



Tecnología de poscosecha de fruta de pepita

Gabriela Calvo
Ana Paula Candan
Adrián Colodner
Teófilo Gomila

INTA Ediciones

Colección
DIVULGACIÓN

Tecnología de poscosecha de fruta de pepita

*Gabriela Calvo, Ana Paula Candan,
Adrián Colodner y Teófilo Gomila*



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle

2018

Tecnología de poscosecha de fruta de pepita / Gabriela Calvo ...
[et al.]. - 1a ed. - Río Negro : Ediciones INTA, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-521-957-1

1. Poscosecha. 2. Almacenamiento. 3. Fruticultura. 4. Fruta de pepita. 5. Conservación I. Calvo, Gabriela.

CDD 635.9

Edición:

Julieta Calí - *Comunicaciones INTA Alto Valle.*

Diseño:

Sebastián Izaguirre - *Comunicaciones INTA Alto Valle.*

© 2018, Ediciones INTA

Libro de edición argentina

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

Índice

5	Introducción
6	Fisiología de la maduración de los frutos
7	Variables que intervienen en la conservación de los frutos
7	<i>a) Temperatura</i>
8	<i>b) Humedad relativa (HR)</i>
11	<i>c) Movimientos de aire</i>
11	<i>d) Composición de la atmósfera</i>
13	Tecnologías utilizadas en postcosecha
14	Manejo de la temperatura
16	Preenfriado
17	<i>a) Enfriamiento en cámara frigorífica</i>
17	<i>b) Aire forzado</i>
18	<i>c) Hidrocooling</i>
19	Almacenamiento en frío convencional
20	Modificación de la atmósfera
20	<i>Atmósfera modificada</i>
21	<i>Atmósfera controlada</i>
25	<i>Atmósfera controlada dinámica</i>
26	Inhibidores de la acción del etileno (1-MCP)
29	Manipulación del etileno
31	Ceras
33	Recubrimientos Comestibles
35	Tratamientos térmicos
36	Tratamientos con radiación UV
37	Muestreo durante la conservación
38	Referencias



Introducción



Las frutas de pepita son productos perecederos que se degradan rápidamente después de la cosecha. El tratamiento durante la recolección, el transporte, el empaque y el almacenamiento es determinante para mantener los atributos obtenidos en el campo, a fin de no transformar un producto de excelentes características con destino al consumo en fresco en uno de menor calidad para industria o descarte, lo que implica altas pérdidas económicas.

La calidad de los frutos está determinada por un conjunto de características y propiedades nutricionales, comerciales, organolépticas y de inocuidad. Para alcanzar la calidad necesaria que satisfaga las expectativas de los consumidores, las frutas de pepita deben ser sometidas a cuidadosos procesos de clasificación, empaque, conservación y distribución. Preservar la calidad durante periodos de almacenamiento prolongados, que pueden llegar a ser de un año requiere el uso de herramientas tecnológicas de conservación, como el manejo del frío, el uso de atmósferas modificadas y controladas y la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP), entre otras.

Estas tecnologías son muy efectivas para extender la vida poscosecha de los frutos, ya que su aplicación correcta provoca el retraso de los procesos bioquímicos y fisiológicos de degradación asociados al deterioro. Afectan la fisiología de los frutos, porque reducen las tasas respiratoria y de producción de etileno y minimizan la pérdida de agua y el ataque de patógenos. Al disminuir la producción de etileno se reducen las transformaciones fisicoquímicas asociadas a la maduración, como el cambio de color (amarilleamiento) debido a una menor degradación de la clorofila, la pérdida de firmeza como consecuencia de la menor degradación de protopectinas insolubles que pasan a pectinas solubles, así como el mantenimiento del sabor por la pérdida de acidez. En el caso del 1-MCP, este provoca transformaciones químicas a nivel celular, por su propiedad de fijarse sobre el receptor del etileno y mantenerse unido de forma irreversible. Actúa como antagonista del etileno al inhibir su mecanismo de acción, ocupando los lugares de unión de esta hormona con sus receptores. Gracias a este modo de acción, el 1-MCP bloquea eficazmente todos los efectos del etileno, tanto endógenos como exógenos, e inhibe, en consecuencia, la maduración y senescencia del fruto.

Sin el uso de una apropiada tecnología de poscosecha, la fruta está expuesta a los procesos naturales de deterioro que ocurren durante su maduración y senescencia. Ralentizar las transformaciones físicas y químicas indeseables que ocurren durante el almacenamiento es fundamental para obtener frutos con la calidad necesaria para su comercialización como producto fresco.

Fisiología de la maduración de los frutos

Un tercio de la producción se pierde entre el momento de la cosecha y el consumo, lo que representa una merma significativa de alimentos y un considerable daño económico (Wilson, 2018). El objetivo de la poscosecha es reducir dichas pérdidas. Para ello es necesario conocer los factores biológicos y ambientales involucrados en el deterioro y usar tecnologías que permitan demorar la senescencia de los frutos y mantener la mejor calidad posible.

Desde el punto de vista fisiológico, cuando los frutos son removidos de su fuente de agua y nutrientes, enseguida comienzan a deteriorarse. La cosecha estimula los cambios metabólicos asociados con la madurez y la senescencia (Lidster *et al.*, 1988).

En cuanto a la maduración, es un proceso fisiológico y bioquímico durante el cual ocurren múltiples cambios a nivel celular. Está asociada a un aumento repentino en la actividad respiratoria, que recibe el nombre de "incremento climatérico" (Herrero y Guardia, 1992).

Según se produzca o no ese aumento, los frutos se clasificarán en climatéricos y no climatéricos (Abeles *et al.*, 1992). Los frutos de pepita son climatéricos de acuerdo con el patrón respiratorio y de síntesis de etileno (Seymour *et al.*, 1993). La crisis climatérica es un período del desarrollo de los frutos en el que suceden cambios bioquímicos. Estos se inician con la producción autocatalítica del etileno, que incrementa la respiración que conduce a la maduración y la senescencia. El etileno (C_2H_4), entre otras funciones, aumenta la tasa respiratoria de los frutos y acelera su maduración y senescencia. Esta hormona regula los cambios generados durante la maduración, como el ablandamiento de la pulpa, la modificación del color y la producción de volátiles o aromas (Chaves Soares y Mello-Farias, 2006).

En cuanto a los carbohidratos, hay una alteración durante la etapa de madurez, ya que se presenta un incremento en el contenido de azúcares debido a la degradación casi total del almidón (reservas). La pérdida de dichas reservas en los productos durante la respiración implica pérdidas de valor del producto, de sabor -especialmente dulzor- y agua. A su vez, se libera energía como calor, que se conoce como "calor de respiración", de mayor o menor importancia dependiendo del producto y de la temperatura exterior. Por lo tanto, la tasa respiratoria y la duración de la vida del producto están ligados estrechamente (CTIFL, 1995).

En general, el potencial de conservación de los productos varía en forma inversa a la tasa de respiración. Los que poseen mayores tasas presentan como tendencia un potencial de conservación más corto.

El cambio en la consistencia se debe principalmente a la degradación de pectinas y hemicelulosas. A medida que avanza la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares, lo que disminuye su contenido.

Ácidos como el málico, succínico y cítrico se encuentran con frecuencia en la mayoría de los frutos (Seymour *et al.*, 1993). La modificación del contenido de ácidos orgánicos es de gran importancia a nivel bioquímico, ya que el pH condiciona la actividad de un gran número de enzimas responsables de los sucesos claves asociados a la maduración, como ablandamiento y color, entre otros.

Entre los factores que modifican la tasa de respiración de los frutos se encuentran: **Variedad:** Generalmente, las variedades de maduración precoz alcanzan el máximo respiratorio (pico climatérico) antes, y este es más acentuado que en las variedades tardías.

Calibre del fruto: El tamaño de los frutos se corresponde con el número de células, y la intensidad respiratoria es más alta cuanto mayor es el número de células del fruto. Por lo tanto, los frutos más grandes presentan una mayor tasa de respiración.

Fecha de cosecha: En general, los frutos presentan un máximo respiratorio más alto cuando se cosechan más tarde.

Golpes, heridas y presencia de patógenos: Los golpes y heridas o la presencia de patógenos sobre los frutos provocan, en general, una intensificación del máximo respiratorio.

Variables que intervienen en la conservación de los frutos

El objetivo de la conservación de los frutos es proporcionar un entorno que permita almacenarlos durante el mayor tiempo posible, sin deteriorar su calidad. Por calidad se entiende un conjunto de características como sabor, textura, contenido de humedad y otros factores asociados con la aceptabilidad (Lidster *et al.*, 1988).

Entender la influencia de cada una de las variables que intervienen en la conservación de los frutos es esencial para seleccionar las mejores combinaciones en función del estado de madurez y el destino de las distintas especies y variedades (Herrero y Guardia, 1992). Entre estas variables se destacan la temperatura, la humedad relativa, los movimientos del aire y la composición de la atmósfera.

a) Temperatura:

Existen distintos conceptos en relación a la temperatura y el daño que ésta podría o no causar en los frutos. La temperatura óptima es aquella en la que el fruto se conserva hasta el punto en que no aparecen alteraciones. Dependerá de la duración de la conservación, de la madurez y del origen de los frutos. La temperatura óptima no es igual para todas las especies y cultivares, y varía, a su vez, en función de diversos factores culturales y del estado de madurez. Las condiciones climáticas registradas durante la estación de crecimiento influyen sobre las características particulares del fruto y, en consecuencia, pueden hacer variar los umbrales de la temperatura óptima de un año al otro (Benítez *et al.*, 2005).

La temperatura crítica es aquella por debajo de la cual pueden aparecer alteraciones irreversibles de las características organolépticas, maduración deficiente y alteraciones fisiológicas. También depende de la duración de la conservación y la madurez. La temperatura puede bajarse cerca del límite crítico, pero nunca tiene que ser inferior al punto de congelación del fruto. Con la congelación se modifica el estado físico de los tejidos, lo que ocasiona la muerte del fruto (Herrero y Guardia, 1992).

La temperatura letal es aquella por debajo de la cual se produce la congelación. El punto de congelamiento de la fruta disminuye a medida que aumenta el contenido de sólidos solubles, por lo que se reduce el riesgo de daños por congelamiento. No obstante, las temperaturas de conservación por debajo del umbral recomendado pueden provocar estrés por frío sin llegar a congelar la fruta (Durán Torrellardona, 1983).

Cada variedad, tanto de peras como de manzanas presenta un rango de temperatura con un límite crítico cercano a su punto de congelamiento (Tabla 1). La temperatura óptima para una larga conservación es la más baja posible que resulte compatible con la supervivencia y la calidad del producto (Fidler *et al.*, 1973).

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas recomendadas para el almacenamiento de distintas variedades de peras y manzanas cultivadas en los valles del Norte de la Patagonia (Benítez, 2001).

	Variedad	Temperatura (°C)	
		Max	Min
Peras	Red Clapp's	-0,5	-1
	Williams	-0,75	-1
	Beurre D'Anjou	-0,5	-1
	Packhams Triumph	0	-1
Manzanas	Gala	0	0
	Red Delicious	0,5	-0,5
	Granny Smith	0,5	-0,5
	Fuji	0,5	0
	Pink Lady	0	0

b) Humedad relativa (HR)

La HR resulta un aspecto determinante de la calidad de los productos conservados y generalmente no recibe la consideración adecuada cuando se diseñan las cámaras de conservación (Lidster *et al.*, 1988). La pérdida de agua de los frutos puede ser una de las principales causas de deterioro, ya que genera una disminución de peso, modificaciones en la apariencia debido al marchitamiento, pérdidas texturales por ablandamiento, menor crocancia y jugosidad, y mermas en la calidad nutricional (Kader *et al.*, 1985). Además, la deshidratación incrementa la sensibilidad de las peras al rolado, lo que reduce el valor comercial del producto debido al deterioro del aspecto.

La principal causa de pérdida de humedad en frutos almacenados es por transpiración, que es la pérdida de agua a través de las aperturas naturales (estomas y lenticelas) y la cutícula (Durán Torrellardona, 1983). Hay dos factores que influyen sobre la tasa de transpiración: el coeficiente de transpiración del producto (CT) y el déficit de presión de vapor (DPV) (Waelti, 1991).

El CT depende de las características físicas y particulares de un fruto, tales como su intensidad respiratoria y el estado de madurez (Waelti, 1991; Waelti *et al.*, 1992). Asimismo, de las características anatómicas, morfológicas y bioquímicas como el grosor de la piel, la presencia de grietas o rugosidad, el número lenticelas (dimensiones y estado de apertura), las sustancias azucaradas capaces de retener el agua,

la presencia de capa cerosa y la continuidad y espesor de la cutícula (Durán Torrellardona, 1983). La cutícula es una estructura formada por varias capas de lípidos cuyo componente principal es la cutina. Es generada y secretada por las células de la epidermis de los frutos y puede subdividirse en una capa externa de ceras, una gruesa capa media de cutina embebida en ceras (la cutícula propiamente dicha) y una capa interna formada por cutina y ceras, unidas a las sustancias de la pared celular como pectina, celulosa y otros carbohidratos (la capa cuticular) (Jeffrey, 1996).

El DPV se produce debido a la diferencia de presión de vapor entre la atmósfera saturada del interior del fruto y la atmósfera que lo rodea. Los frutos presentan un 83-90% de su volumen en agua. Cuando el contenido de vapor de agua en el ambiente es menor al de vapor de agua en los frutos, el sistema tiende al equilibrio extrayendo agua de los frutos y provocando deshidratación y pérdida de peso, con evidente perjuicio de la calidad. El DVP es más elevado durante los primeros días en el almacenamiento, y es mayor cuanto más baja es la HR de la cámara de conservación. Además, influyen la demora en el ingreso de la fruta recién cosechada al frío, el enfriado demasiado lento y ciertos factores asociados a las condiciones de la cámara de conservación, tales como la temperatura y velocidad del aire, el tipo de embalaje, la distribución de las estibas, la calidad del aislamiento y la duración del almacenamiento (Mitchell, 1992; Waelty, 1991; Waelty *et al.*, 1992).

Las peras y las manzanas son relativamente resistentes a la pérdida de agua, pero después de varios meses de conservación pueden perder del 2 al 3% o más de su peso. Cosechar la fruta antes o después del período de madurez óptimo puede incrementar las pérdidas de peso por transpiración. A partir del 4-5% de pérdida de peso pueden aparecer síntomas visibles como marchitamiento (Lidster *et al.*, 1988). La baja HR en la atmósfera que rodea a los frutos provoca el arrugamiento de los tejidos, la pérdida de aroma y de peso, alteraciones de la consistencia, modificaciones de la textura, disminución de azúcares y ácidos, deterioro de la apariencia y reducción del valor nutricional. Por el contrario, la HR excesiva favorece el desarrollo de podredumbres, el pardeamiento interno, la escaldadura superficial, la pérdida de brillo, aumenta el olor a moho y la susceptibilidad a algunos daños mecánicos (Thompson, 1992).

Para una HR dada, la pérdida de agua aumenta cuanto mayor es la temperatura del producto (Lister *et al.*, 1988). El agua que pierden los frutos por transpiración se condensa y se deposita sobre el evaporador (enfriador dentro de la cámara) en forma líquida o sólida como hielo. Una parte importante de esta agua se pierde, mientras que el resto ayuda, en forma de vapor, a mantener o elevar la HR del interior de la cámara. Los frutos, mediante la transpiración, aportan permanentemente agua y elevan la tensión de vapor del aire de la cámara (Durán Torrellardona, 1983).

La cantidad de fruta dentro de la cámara es un factor a considerar, ya que cuanto más vacía esté, más difícil será alcanzar la HR adecuada. En una cámara con menos del 60% de la carga es prácticamente imposible tener la HR adecuada sin operaciones correctivas como mojar el piso o usar humidificadores. Es extremadamente importante no aplicar el agua en forma directa sobre el producto, ya que esto favorece el desarrollo de podredumbres (Durán Torrellardona, 1983; Lister *et al.*, 1988).

En los años '60 y '70 se utilizaban valores de HR del 85% en las cámaras de peras y manzanas. Posteriormente, los avances tecnológicos permitieron lograr valores de 92-96% (Benítez, 2005). En un ambiente saturado las pérdidas son menores, pero se favorecen los ataques por microorganismos.

La proporción de agua perdida decrece con el tiempo. En el segundo mes es de aproximadamente la mitad que en el primero, durante el tercer mes representa un tercio de la pérdida del primero y a partir de allí se mantiene constante, con pérdidas iguales o algo inferiores a las del tercer mes. Esto puede explicarse por la diferencia entre la tensión del vapor de agua de los frutos recién cosechados y la existente en la cámara (DPV), la cual decrece durante el almacenamiento (Durán Torrellardona, 1983).

En peras, las pérdidas por transpiración son más elevadas que en manzanas (Tabla 2). En general, en ambas especies las variedades más tempranas transpiran más intensamente que las tardías (Durán Torrellardona, 1983). Las peras han sido clasificadas dentro de los productos con una tasa de pérdida de humedad media, y el marchitamiento aparece cuando la pérdida de agua es de aproximadamente el 6% de su peso inicial (Thompson *et al.*, 1998). Por otra parte, la pérdida de agua en poscosecha podría alterar el metabolismo de las peras antes de que se observen síntomas visibles de marchitamiento.

Tabla 2. Pérdidas de peso por transpiración (deshidratación) (Duran Torrellardona, 1983)

	H.R. en cámara (%)	Diarias		Mensuales	
		Kg/tn.	%	Kg/tn.	%
Peras	75	1,147	0,1147	34,98	3,498
	80	0,950	0,0950	28,97	2,897
	85	0,753	0,0753	22,96	2,296
	90	0,556	0,0556	16,95	1,695
	95	0,360	0,0360	10,98	1,098
Manzanas	75	0,640	0,064	19,50	1,950
	80	0,530	0,053	16,16	1,616
	85	0,420	0,042	12,81	1,281
	90	0,310	0,031	9,45	0,945
	95	0,210	0,021	6,40	0,640

Los envases más utilizados para el almacenamiento de frutos son los de madera o cartón, que absorben una parte importante del agua procedente de la transpiración de los frutos. Los envases de madera colocados en una cámara a 0°C y con 85% de HR pueden contener hasta un 19% de su peso en agua (Leblond y Paulin, 1968).

El uso de ceras sobre la epidermis de los frutos contribuye a disminuir las pérdidas de agua por transpiración (Benítez, 1995). Asimismo, la colocación de bolsas de polietileno de baja densidad en el embalaje de la fruta es una práctica común para reducir la deshidratación de manzanas y peras durante el almacenamiento frigorífico. Todas las bolsas, ya sean perforadas o no y de distinto micronaje disminuyen en mayor o menor medida la deshidratación de los frutos.

c) Movimientos de aire

La recirculación del aire dentro de la cámara por acción de los ventiladores permite homogeneizar la temperatura y la HR, facilitar el rápido enfriamiento de la fruta y remover el aire del entorno de los frutos y los gases de la respiración (etileno, α -farneseno, CO_2 , etc.) (Leblond y Paulin, 1968). El coeficiente de recirculación es el número de volúmenes de aire, iguales al volumen de la cámara vacía, que impulsan los ventiladores durante una hora. En general, basta con un coeficiente de recirculación de 30 a 35 en una cámara debidamente estibada (Durán Torrellardona, 1983).

La velocidad del aire debe ser la suficiente para asegurar una buena circulación y un intercambio calórico adecuado, pero no excesiva porque aumentarían las pérdidas de agua por deshidratación. Se recomiendan velocidades de 2 a 5 m/s a la salida del evaporador y de 0,25 a 0,5 m/s a nivel de los frutos durante el enfriado y el almacenamiento (Durán Torrellardona, 1983; Leblond y Paulin, 1968).

La ventilación es la renovación del aire con aportes del exterior, y se lleva a cabo para eliminar productos del metabolismo de los frutos, que de acumularse pueden resultar nocivos. En manzanas y peras, las aperturas de cámara para diversos controles garantizan la correcta ventilación. Este procedimiento es aún más aconsejable en cámaras donde se almacenan frutos maduros (Herrero y Guardia, 1992).

d) Composición de la atmósfera

La modificación de la atmósfera puede ser controlada o no, lo que determina la denominación de "atmósfera controlada" o "atmósfera modificada" en uno u otro caso. Ambas se basan en modificar la composición de los gases, al reducir los niveles de oxígeno (O_2) e incrementar los de dióxido de carbono (CO_2).

El bajo O_2 y las concentraciones elevadas de CO_2 reducen la tasa respiratoria y la velocidad de las reacciones que conducen a la senescencia de los frutos. De esta forma se puede prolongar el período de conservación entre un 40% y un 60% respecto a la conservación en atmósfera normal (solo frío). La reducción en la tasa respiratoria implica, a su vez, una menor producción de calor de respiración del fruto. Se requiere una concentración mínima de O_2 , que depende de la especie, para evitar el paso de la respiración aeróbica a la anaeróbica (fermentación) (Durán Torrellardona, 1983; Herrero y Guardia, 1992; Falagán y Terry, 2018).

Los bajos niveles de O_2 reducen la síntesis y la acción del etileno, ya que la enzima ACC oxidasa, que cataliza el último paso de la ruta de síntesis del etileno, requiere O_2 como sustrato. En manzanas, la producción de etileno disminuye a la mitad en presencia de un 3% de O_2 . El CO_2 también inhibe la biosíntesis del etileno ya que puede competir por éste a nivel de receptor (Kader, 1986). Los bajos niveles de O_2 retrasan la pérdida de clorofila (color verde) y la biosíntesis de carotenoides (colores amarillos y anaranjados) y antocianinas (colores rojos y azules). Estos efectos se ven acentuados por el alto CO_2 (Kader, 1997b; Benítez, 2005).

A su vez, la reducción en los niveles de O_2 demora el ablandamiento de los frutos, tanto en especies climatéricas (manzanas, peras, ciruelas, etc.) como en las que no lo son (cerezas, berries, etc.), debido a que en esas condiciones se ralentiza la solubilidad de las pectinas presentes en la pared celular (Herrero y Guardia, 1992; Kader, 1997a; Sozzi, 2007).

Las condiciones de bajo O_2 y alto CO_2 son efectivas para mantener altos niveles de acidez y retrasar su degradación. Al reducirse la intensidad respiratoria se mantienen mayores valores de acidez y la transpiración y la pérdida de peso son menores (Durán Torrellardona, 1983).

Los bajos niveles de O_2 reducen la incidencia de ciertas fisiopatías como la escaldadura superficial y los daños por frío. El CO_2 a determinadas concentraciones inhibe o retrasa el desarrollo de las podredumbres causadas por *Botrytis*, *Rhizopus*, *Trichothecium*, pero afecta poco a *Gloesporium*, *Monilia* y *Penicillium*. A su vez, las altas concentraciones de CO_2 contribuyen a una menor regresión de los ácidos orgánicos, un descenso de la actividad pectolítica y proteica y una menor hidrólisis de sacarosa (Durán Torrellardona, 1983; Herrero y Guardia, 1992; Falagán y Terry, 2018).

Sin embargo, la conservación por tiempos prolongados en estas condiciones podría afectar la producción de compuestos volátiles responsables del aroma, como ha sido observado en manzanas y peras (Sozzi, 2007). También pueden aparecer ciertos desórdenes inherentes a su uso, como el daño por alto CO_2 o bajo O_2 cuando estos niveles son excesivamente altos o bajos, respectivamente, o por ser aplicados durante tiempos prolongados. A estos desórdenes se los denomina daños por bajo O_2 y/o alto CO_2 (*Low-Oxygen Injury/Carbon dioxide Injury*). El bajo O_2 puede afectar a todas las variedades de manzanas y peras. Estas últimas son menos tolerantes al daño por CO_2 que las manzanas.

La manifestación de los síntomas depende de la concentración de O_2/CO_2 , de la madurez de los frutos y de la longitud de la exposición y temperatura. A su vez, el grado de daño varía de acuerdo con la zona de producción, la chacra, y aún entre lotes de una misma chacra. Los daños externos por CO_2 se manifiestan como manchas marrones bien definidas y parcialmente hundidas, similares a la escaldadura superficial, pero, a diferencia de ésta, las manchas no progresan después del almacenamiento. En el interior del fruto se puede observar empardecimiento de los tejidos próximos a la zona carpelar, de textura firme y seca. En casos graves se forman cavernas. Puede presentarse aroma a fermentado cuando se abren las cámaras de AC o al cortar los frutos. Este desorden generalmente se manifiesta al comienzo de la conservación en AC, y el número de frutos afectados y la severidad del daño no se incrementan con el tiempo (Falagán y Terry, 2018).

Los síntomas por bajo O_2 se localizan en el interior de la pulpa y rara vez en la epidermis. Inicialmente la pulpa huele a alcohol, a causa de la fermentación, presenta empardecimientos muy parecidos a los síntomas de escaldadura blanda, y en ocasiones aparecen cavernas. Los síntomas externos también son similares a los de escaldadura blanda y consisten en áreas amarronadas en la piel, con márgenes definidos, que varían desde parches pequeños a grandes áreas y cubren la mayor parte del fruto (Beaudry, 1999).

En concentraciones de O_2 menores a 1-2% y/o mayores al 3-2% de CO_2 se incrementan los riesgos, dependiendo de la susceptibilidad del cultivar. Los daños pueden verse exaltados por las bajas temperaturas. Las altas concentraciones de CO_2 interfieren en la oxidación del ácido succínico, que se puede acumular a niveles tóxicos en las células (Kader, *et al.*, 1989). Las bajas concentraciones de O_2 causan la acumulación de alcohol etílico en los frutos. La susceptibilidad varietal e individual está relacionada con diferencias anatómicas como el tamaño de los espacios intercelulares y la capacidad de difusión de los tejidos celulares.

La difusión del CO₂ en los tejidos de los frutos es más lenta que la del O₂ y por ello el daño por CO₂ es más frecuente (Bangerth, F, 1977; Brecht *et al.*, 2003).

Como condiciones predisponentes a la aparición de daños se pueden citar: temporadas con alta nubosidad, frescas y lluviosas; frutos grandes con exceso de nitrógeno; cosechas muy tempranas o muy tardías; demora en el enfriado; demora mayor a una semana en establecer la atmósfera (bajo O₂); rápido establecimiento de los niveles de CO₂ antes de que los frutos se enfríen; mezcla inadecuada de gases; temperaturas de almacenamiento extremas; tratamiento con 1-MCP; circulación insuficiente de aire en la cámara o en el transporte; almacenamiento prolongado (Benítez y Calvo, 2002).

Para prevenir y controlar este tipo de daños se recomienda cosechar en el momento oportuno y usar las atmósferas recomendadas para cada variedad. Es importante conocer las características de cada cultivar y su comportamiento bajo distintas mezclas gaseosas. También es preciso minimizar las variaciones en los niveles de O₂/CO₂, trabajar con niveles de CO₂ inferiores a los de O₂, seleccionar fruta de cosecha temprana, enfriar y establecer la atmósfera rápidamente, así como regular bien el funcionamiento del reductor o quemador de O₂ y hacerlo de acuerdo con el análisis correcto del aire de la cámara. Se puede inyectar aire con la turbina hasta alcanzar el porcentaje deseado. Ventilar y homogeneizar todo el ambiente, abriendo la ventanilla de la cámara con los ventiladores en marcha, enfriar rápidamente y controlar el funcionamiento correcto de los absorbedores. La susceptibilidad decrece cuando los frutos permanecen un periodo en frío antes de establecer la atmósfera.

Tecnologías utilizadas en poscosecha

Las tecnologías de poscosecha buscan reducir el metabolismo de los productos, a fin de preservar sus atributos de calidad, lo que asegura el abastecimiento de los mercados en épocas de escasez y la obtención de mejores precios. Para ello se emplean diferentes herramientas que contribuyen a reducir los cambios asociados con la senescencia de los frutos, como el manejo de la temperatura, la modificación atmosférica, los inhibidores de la acción del etileno, los recubrimientos comestibles y la aplicación de ceras, entre otros (Sozzi, 2007).

En la actualidad, el mercado de exportación exige frutas de alta calidad, inocuas y obtenidas con el mínimo uso de agroquímicos. La legislación de diferentes países, especialmente los europeos, ha ido aumentando su nivel de exigencia en cuanto al límite de residuos permitidos en los frutos (Lurie y Watkins, 2012). En este contexto, considerando el fuerte perfil exportador de la actividad frutícola de Argentina, es necesario poner énfasis en preservar los frutos mediante el uso de tecnologías respetuosas del medio ambiente y la salud humana.

Manejo de la temperatura

El manejo de la temperatura es la herramienta más común y efectiva para extender la vida poscosecha de los frutos (Sozzi 2007). El objetivo del enfriamiento en esta etapa es disminuir la tasa respiratoria y el calor de respiración, reducir la producción de etileno y minimizar la pérdida de agua (Kader, 2013).

En general, al incrementarse la temperatura aumenta la tasa de respiración y la producción de etileno de los frutos (Tabla 3). Este es el fundamento de la conservación a bajas temperaturas (Kader, 2002). Las distintas especies de frutos tienen diferentes tasas respiratorias. Las enzimas ACC sintasa y ACC oxidasa, responsables químicas de la síntesis del etileno son sensibles a las bajas temperaturas: a medida que estas disminuyen, decrece su actividad y, consecuentemente, la síntesis del etileno. Además, los frutos son menos sensibles al etileno a bajas temperaturas que a 20-25°C (Yang y Hoffman, 1984).

Tabla 3. Efecto de la temperatura en la tasa respiratoria y la tasa de producción de etileno de peras (Mitcham et al., 2003).

Temperatura (°C)	0	5	20
Tasa Respiratoria (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	2-3	6-8	15-35
Producción de etileno (µl C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)	0,1-0,5	2-4	20-100

Las bajas temperaturas contribuyen a prolongar el potencial de conservación de los frutos debido a que reducen: **1**) la tasa respiratoria y por lo tanto el consumo de azúcares, ácidos, vitaminas y otros constituyentes de los frutos; **2**) la pérdida de agua (deshidratación) y **3**) la incidencia de desórdenes relacionados con la senescencia y las podredumbres (Durán Torrellardona, 1983).

El enfriamiento rápido después de la cosecha minimiza los ataques microbianos, ya que algunos hongos no se desarrollan a temperaturas menores a 5°C o lo hacen en forma más lenta (Sommer, 1985). En general, los microorganismos que afectan a los frutos durante la conservación son resistentes a las bajas temperaturas. De este modo, el frío no mata a los patógenos, pero sí ralentiza su desarrollo y contribuye a aumentar el periodo de latencia, debido a que mantiene la barrera física de defensa del fruto, al reducir su ablandamiento. Muchos hongos necesitan que la firmeza de la pulpa sea relativamente baja para producir la infección (Durán Torrellardona, 1983).

Con respecto a los desórdenes relacionados con la senescencia, se ha observado que estos se incrementan a medida que se retrasa el enfriamiento. Por ejemplo, en el caso de la pera Williams, una demora de 14 días en el enfriamiento aumenta la incidencia de decaimiento interno, observándose un 83% de fruta afectada luego de 8 semanas de almacenamiento y 7 días de vida en estante. En tanto, si el fruto es enfriado dentro de las 24 horas posteriores a la cosecha, la incidencia de este desorden se reduce a un 8% (Tabla 4).

En cuanto a la pérdida de agua, a 32 °C puede perderse hasta el 1% del peso en el lapso de 2 horas, mientras que a 21 °C el enfriamiento puede demorarse hasta 12 horas, sin mayores consecuencias en el marchitamiento (Sozzi, 2007). La pérdida de peso por deshidratación comienza desde que el fruto es separado de la planta, y cuando alcanza valores por encima de 4% a 6% se pueden observar síntomas externos como marchitamiento y arrugamiento de la piel, que reducen el valor comercial del producto (Sánchez *et al.*, 2010).

Tabla 4. Efecto de la demora en el ingreso a frío y tasa de enfriamiento en la incidencia del decaimiento interno en pera 'Williams' (Meheriuk y McPhee, 1984)

Demora en alcanzar -1 °C en pulpa (días)	Decaimiento interno (%) después de 8 semanas a -1°C y 7 días a 20°C
1	8
4	21
2	62
8	64
14	83

Existen dos fuentes de calor que afectan a los frutos:

Calor de campo: es el que adquiere la fruta por el hecho de estar expuesta a las condiciones de campo: temperatura ambiente, exposición al sol, etc. Es la principal fuente de calor en el almacenamiento.

Calor de respiración: es la fracción de calor emitida por los frutos debido a su propia actividad metabólica (respiración).

Usualmente se considera que, cuanto más rápido es removido el calor de campo y más velozmente se alcanza la temperatura óptima de almacenamiento, más prolongada será la vida de poscosecha de ese fruto. El calor de campo se remueve al llegar la fruta al frigorífico y es el que más energía requiere para ser eliminado, por lo que deberá aplicarse un método rápido y eficiente. Para no producir incrementos innecesarios de calor de campo es clave que la fruta cosechada no quede expuesta al sol, así como colocar una media sombra durante el transporte y procesar la totalidad de la fruta cosechada en el mismo día.

Una vez que el calor de campo fue removido, los aportes provienen principalmente de las fugas de calor en el almacenamiento y del calor de la respiración de los frutos. En esta instancia, los requerimientos de refrigeración se reducen notablemente y se requiere menos energía. El calor de respiración varía con el tipo de producto, su edad y la temperatura. El calor generado por productos con una alta tasa respiratoria podría contribuir sustancialmente a la carga de enfriamiento (Lister *et al.*, 1988).

Preenfriado

El preenfriado anterior a la conservación tiene como objetivo eliminar el calor de campo de los frutos en el menor tiempo posible (Mitchel, 1985).

Mediante este procedimiento se debe intentar reducir la temperatura inicial de la fruta en 7/8. Por ejemplo, si esta llega del campo con 30°C y la temperatura de conservación es de -1°C, con el sistema de preenfriado puede ser suficiente alcanzar los 3-4°C. El tiempo necesario para disminuir los primeros 7/8 de diferencia de temperatura (87,5%) es el mismo que se requiere para eliminar el último 1/8 (12,5%), por lo que extender el preenfriado más allá de los 7/8 puede resultar ineficiente en términos energéticos y operativos. Luego se pasa a un periodo de estabilización en cámara y a la conservación definitiva de los frutos (Sánchez *et al.*, 2010).

El tiempo entre la cosecha de la fruta y el inicio del enfriado debe ser mínimo, en lo posible dentro del día de la cosecha. Un día de retraso, por ejemplo, en peras de verano provoca una reducción de la conservación del orden de los 15 días, dependiendo del estado de madurez y de la temperatura y sus oscilaciones (Durán Torrellardona, 1983).

La temperatura final a la que se debe llegar depende también de que se trate de productos muy perecederos (nectarines, cerezas, ciruelas, etc.) o no tan perecederos (manzanas, la mayoría de las variedades de peras, etc.). En los primeros, la temperatura debe bajarse hasta alcanzar los 3-4°C, mientras que en los segundos es suficiente enfriar a temperaturas entre 5-8°C (Durán Torrellardona, 1983).

A su vez, se deben considerar las dimensiones del producto y la relación entre la superficie y el peso o volumen. Otros factores que afectan la eficiencia del preenfriado son la diferencia de temperatura del producto al comienzo de la operación, la naturaleza del refrigerante y su velocidad de circulación y la facilidad de penetración del aire frío en el producto (Herrero y Guardia, 1992).

Los métodos más utilizados para el preenfriado son: a) cámara frigorífica; b) aire forzado y c) *hidrocooling*, cada uno con sus ventajas y desventajas. La velocidad de enfriamiento (tiempos medios) difiere significativamente entre ellos (Figura 1).

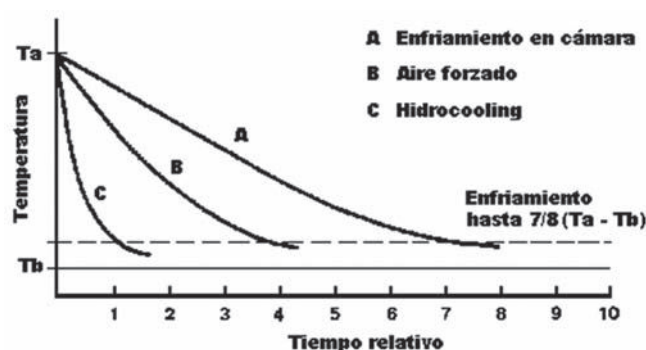


Figura 1. Curvas de enfriamiento comparativas entre los métodos de cámara frigorífica, aire forzado e *hidrocooling* (adaptado de Guillou, 1960).

a) Enfriamiento en cámara frigorífica

Es un enfriamiento pasivo en una cámara que carece de circulación forzada de aire. El aire frío del evaporador no es obligado a entrar al interior de las cajas o bins, o a circular entre frutos, por lo que el enfriamiento es lento (Sozzi, 2007). Los embalajes representan un obstáculo para el enfriamiento. Para evitar que este se prolongue demasiado, se recomienda enfriar la fruta en bins y no embalada (Sánchez *et al.*, 2010).

Es el método más tradicional y el menos eficiente. Se utiliza para el almacenamiento breve de los frutos con buen potencial de conservación, como manzanas y peras de algunas variedades, o con requerimientos menos rigurosos de temperatura como los cítricos. No es aconsejable en frutos muy perecederos o que estén destinados al almacenamiento prolongado (Sozzi, 2007).

Pueden emplearse temperaturas de aire lo más bajas posible, siempre y cuando se monitoree la temperatura en la pulpa, para evitar problemas por congelamiento (Sánchez *et al.*, 2010). El dimensionamiento de la cámara deberá ajustarse a la cantidad de fruta a enfriar, de manera de llegar a los 7/8 de la temperatura inicial en no más de 48 horas (Herrero y Guardia, 1992).

Es aconsejable que las cámaras sean pequeñas para obtener un mayor rendimiento y economía. Se recomienda evitar el ingreso de fruta caliente en cámaras que contengan fruta fría, para que no se presenten distintos estratos de temperaturas y el sobreenfriamiento de esta última (Sánchez *et al.*, 2010).

La ventaja de este método es que no requiere de altas inversiones y puede llevarse a cabo con la infraestructura existente en los establecimientos frigoríficos. Sus desventajas son la lentitud, la baja eficiencia en el uso de la energía y el incremento en la pérdida de agua de los frutos por deshidratación.

b) Aire forzado

El sistema de enfriamiento por aire forzado se basa en obligar la circulación del aire frío a través del producto y los materiales de empaque (cajas, bolsas, etc.), al producir una diferencia de presión por medio de ventiladores que extraen el aire dentro de los recipientes. De esta forma, el aire frío generado en la cámara es forzado a circular a través del material y del producto, aumentando la tasa de transferencia de calor (Sánchez *et al.*, 2010). Por tal motivo es necesario que los contenedores, bins o cajas en los pallets tengan aberturas para la circulación del aire por el interior de los envases. Así, la transferencia de calor desde la superficie del fruto hacia el exterior se realiza por convección.

Existen diferentes diseños de flujo de aire, pero el enfriamiento en túnel es la metodología más usada para forzar el paso del aire frío entre los frutos. Las estibas se ubican en dos hileras a cada lado de un canal abierto. Se coloca una cobertura sobre el producto, cubriendo el canal, y por medio de ventiladores se fuerza el paso del aire desde el canal a través de los productos envasados. El aire caliente es enviado a las espirales del evaporador, se reenfía y retorna a la cámara (Thompson *et al.*, 1988).

La tasa de enfriamiento depende de la diferencia de temperatura entre el fruto y el aire frío, del flujo de aire frío y del diámetro de los frutos. Las velocidades del aire normalmente son de 3 a 5 m/s, con un coeficiente de renovación de 100 a 150 (Chapon y Westercamp, 1996). Los productos con temperaturas más altas en el momento

de ingreso al almacenamiento pierden más agua que aquellos con temperatura menor. Para lograr temperaturas más bajas antes de ingresar al preenfriado se recomienda cosechar temprano, durante las horas de menor calor, mantener los frutos a la sombra durante la recolección y el traslado, así como reducir el tiempo del producto en el campo (Benítez *et al.*, 2005).

A menudo los frutos son enfriados con aire forzado hasta alcanzar temperaturas ligeramente superiores a la óptima y posteriormente se los traslada a la cámara de conservación definitiva. En fruta embalada con bolsa se debería llegar a temperaturas lo más cercanas al régimen de conservación, dentro de las posibilidades de tiempos operativos e infraestructura del empaque, para luego ser llevadas a las cámaras de conservación.

Este método de enfriado puede aplicarse a todos los productos. Está recomendado para especies que no se podrían enfriar mediante métodos que demanden el uso de agua, por ejemplo, kiwis o arándanos. Es muy utilizado en manzanas y peras (Benítez *et al.*, 2005).

Su principal ventaja es su rapidez y eficiencia en la fruta embalada, pero como desventajas se señalan que requiere de una mayor inversión en instalaciones comparado con el método por cámara frigorífica, y que incrementa la pérdida de agua de los frutos por deshidratación.

c) Hidrocooling

Consiste en mojar la fruta con agua tan fría como sea posible (normalmente entre 0 a 2°C) para realizar un elevado salto térmico. Este sistema es el más rápido para lograr el enfriamiento del producto.

La eficiencia del proceso depende de la temperatura del agua y de su velocidad de circulación (Lister *et al.*, 1988). El agua fría absorbe el calor de campo de la fruta al entrar en contacto con ésta (Herrero y Guardia, 1998). El intercambio de temperatura entre el cuerpo y el agua es 20 veces mayor al conseguido entre el mismo cuerpo y el aire (Durán Torrellardona, 1983).

Existen distintos sistemas para la realización del enfriado por agua: de aspersión, de inmersión y mixto. Los de aspersión con recirculado para enfriar frutas en bins necesitan mucha energía para el bombeo y tienen el inconveniente de que solo se enfría adecuadamente la capa superior (Herrero y Guardia, 1992).

En tanto, en los sistemas de inmersión se colocan los productos sueltos, y el contacto con ellos es más efectivo (Benítez *et al.*, 2005). El agua tiene que estar en movimiento para evitar estratificaciones de temperatura; debe poseer una buena calidad química y microbiológica y ser filtrada para eliminar impurezas. Se deberá renovar el agua con frecuencia y agregar un producto sanitizante para minimizar contaminaciones (Benítez *et al.*, 2005). El sanitizante más utilizado es el cloro a 100-150 ppm, y el rango de pH recomendado es de 6,5 a 7,5 (Thompson, 1997).

Por último, en los sistemas mixtos se sumerge el producto en agua y luego se hace pasar por aire frío. Sirven para un enfriamiento muy rápido y son empleados para frutos grandes, de pericarpio impermeable y resistente a la acción de los hongos (Herrero y Guardia, 1992).

En peras y manzanas se requieren 30-40 minutos para disminuir la temperatura del fruto en 7/8, mientras que en cerezas normalmente son necesarios 10 minutos o menos (Sozzi, 2007). Cuando los tiempos de exposición son insuficientes se alcanzan resultados insatisfactorios (Lister *et al.*, 1988).

Mediante este método se reduce la pérdida de peso del producto a valores entre 0 y 0,5%, siendo un 2% inferior a la del enfriamiento por aire (Durán Torrellardona, 1983).

Presenta altos valores de eficiencia en el uso de energía. Para que el enfriamiento sea efectivo y se pueda controlar la contaminación microbiana se deberán tener en cuenta ciertas pautas (Sozzi, 2007). El diseño del bin y su recubrimiento deben facilitar que el agua escurra para mantener un caudal de circulación adecuado. Al igual que en los demás métodos de enfriamiento mencionados, medidas adicionales como la cosecha durante las horas de menor temperatura y el inmediato ingreso de los frutos a la planta, así como la ubicación del hidrocóoler en una zona fresca, aislada y protegida del sol contribuyen a la eficiencia del enfriado.

No es un método apto para todos los productos y, cuando es posible utilizarlo, debe hacerse antes del embalado. Es el método más recomendable para enfriar fruta en bines (Benítez *et al.*, 2005) y el más indicado para peras (Herrero y Guardia, 1992).

Las uvas, los kiwis y arándanos generalmente no son hidrogenfriados porque el agua que permanece en la superficie del fruto facilita el ataque de patógenos (Sozzi, 2007).

Las ventajas de este método son su rapidez y eficacia en el uso de energía, así como la reducción de la pérdida de agua por deshidratación. Las desventajas son que no puede emplearse en fruta embalada, puede incrementar el riesgo de podredumbres y requiere de una elevada inversión en instalaciones (Thompson, 1997).

Almacenamiento en frío Convencional

Se basa únicamente en la conservación a temperaturas en torno a los 0°C, sin que intervengan otros factores reductores del metabolismo (Durán Torrellardona, 1983).

El manejo de la temperatura es hasta hoy la herramienta más efectiva para extender la vida poscosecha de los frutos (Kader, 2013).

En este sistema de conservación hay que considerar factores como la temperatura, la humedad relativa, la circulación y ventilación de aire. En cuanto a la primera, es preciso tener en cuenta la especie, la variedad y el estado de madurez de la fruta. Cuánto más inmadura sea la fruta a conservar, mayor deberá ser la temperatura, ya que los frutos son más susceptibles a diversas fisiopatías como la escaldadura o el marchitamiento (Durán Torrellardona, 1983). A su vez, se debe considerar el periodo de almacenamiento pretendido: cuanto mayor sea éste, más bajas deberán ser las temperaturas, siempre respetando las temperaturas adecuadas a la especie y variedad.

El potencial de conservación de los frutos de las diferentes especies depende de su madurez en el momento de la cosecha. En la mayoría de los casos, el fin de la vida poscosecha obedece al desarrollo de desórdenes fisiológicos relacionados con la senescencia, como el decaimiento interno y la escaldadura de senescencia en peras, los cuales se asocian a cosechas tardías, preenfriado insuficiente y condiciones de conservación inapropiadas o demasiado prolongadas (Sánchez *et al.*, 2010).

Modificación de la Atmósfera

Atmósfera modificada (AM)

La conservación en AM se refiere al almacenamiento en cualquier atmósfera con un contenido gaseoso diferente al del aire (21% de O₂ y 0,03% de CO₂). El aire puede alterarse en el interior de un envase mediante la respiración de los frutos (atmósfera modificada pasiva) o puede reemplazarse por otra mezcla gaseosa (atmósfera modificada activa) (Lidster, 1988). Uno de los mecanismos por los cuales las atmósferas reducidas en O₂ o enriquecidas en CO₂ extienden la conservación de la fruta climatérica es por la supresión de la biosíntesis y acción del etileno. Sin embargo, este efecto no se extiende durante la vida en estante al simular las condiciones de comercialización.

En las atmósferas modificadas pasivas se utilizan películas plásticas (bolsas de nylon) con diferentes características, dentro de las cuales se crea una atmósfera modificada como resultado de la respiración del fruto y la permeabilidad del film (Fonseca *et al.*, 2002). Dentro de las bolsas se generan condiciones de bajo O₂ y alto CO₂ que reducen la tasa metabólica, la pérdida de peso y la pérdida de calidad de los frutos, prolongando su vida en poscosecha (Sánchez *et al.*, 2010).

La atmósfera modificada activa es aquella en la cual la composición de la mezcla gaseosa en el interior de la película se modifica inicialmente, reemplazándose el aire por una mezcla predeterminada inyectada al interior del envase. Esto constituye una ventaja con respecto a la AM pasiva, donde el tiempo que tardan las películas en regular pasivamente la composición de la mezcla en el interior del envase les resta eficiencia.

En las AM pasivas, la composición de la atmósfera dentro de un envase resulta de la interacción de una serie de factores que incluyen la permeabilidad del envase, el comportamiento respiratorio del material vegetal y el medio ambiente. Las películas que constituyen el envase se seleccionan para tener características específicas de permeabilidad, y los cambios en estas características en el tiempo, temperatura y humedad se rigen por leyes físicas conocidas (Beaudry, 2000). La AM fue evaluada por primera vez a fines de la década de 1940 por su capacidad de reducir los niveles de O₂ lo suficiente como para retrasar la maduración de las manzanas. Desde entonces, los tipos y las propiedades de los polímeros han aumentado para proporcionar una gama más amplia de permeabilidad a los gases, resistencia a la tracción, flexibilidad, capacidad de impresión y claridad. Como resultado se han desarrollado con éxito sistemas de AM para una serie de productos (Beaudry y Gran, 1993). La reducción del O₂ y el incremento de CO₂ que resulta de la respiración de los tejidos crean gradientes a través de la película, que proporcionan la fuerza para el movimiento del gas dentro y fuera del envase. Los niveles de O₂ y CO₂ dentro de un envase dependen de la interacción entre la respiración de los productos y las propiedades de permeabilidad de la película y/o micro perforaciones (Beaudry *et al.*, 1992; Kader *et al.*, 1997a).

La temperatura del producto afecta significativamente la permeabilidad del film y de ese modo el contenido de O₂ y CO₂ del envase. La elevada tasa de respiración a altas temperaturas se puede utilizar para establecer rápidamente la atmósfera deseada, pero no retarda los procesos fisiológicos, por lo que resulta útil en casos muy puntuales (Cameron *et al.*, 1995). Debido a ello es importante realizar un manejo adecuado y muy riguroso de la temperatura y conociendo fehacientemente las

características de los films que influyen en el intercambio de gases (Mattos *et al.*, 2012).

Modelos matemáticos pueden integrar la permeabilidad del film al O₂, CO₂ y H₂O y la respuesta respiratoria del producto al O₂ (y en algunos casos al CO₂) junto con sus límites inferior de O₂ y superior de CO₂ (Beaudry *et al.*, 1992, Cameron *et al.*, 1994, Lakakul *et al.*, 1999; Fishman *et al.*, 1996; Hertog *et al.*, 1998). Estos modelos permiten predecir el contenido de O₂, CO₂ y H₂O en el interior del film bajo una variedad de condiciones ambientales.

Los frutos tienden a perder humedad cuando la humedad relativa (HR) es inferior al 99-99,5%. La mayoría de las películas de AM son relativamente impermeables al agua. La HR generalmente está muy cerca de la saturación en los envases de AM. La condensación en la superficie interna de la película es un problema común en AM. Afortunadamente existen tratamientos que se pueden añadir al film, que dan como resultado una dispersión de gotitas, por lo que el agua de condensación forma una capa delgada y uniforme, virtualmente invisible (Fonseca *et al.*, 2002).

Actualmente existen en el mercado bolsas de polietileno de alta o baja densidad, de distinto espesor o micronaje. Asimismo, se encuentran disponibles otras bolsas de marcas comerciales, con permeabilidad selectiva a los gases o impregnadas con adsorbentes de etileno (Sánchez *et al.*, 2010). Estos últimos pueden ayudar a demorar el pico respiratorio asociado con la maduración en los frutos climatéricos. Los absorbentes de CO₂ pueden prevenir la elevación de los niveles de este gas hasta concentraciones perjudiciales para los frutos. A esto se suman los desarrollos de barreras "inteligentes" que controlan el pasaje de gases con creciente eficiencia (Sozzi, 2007).

Es importante abrir los films una vez que los productos fueron retirados del almacenamiento, porque a mayores temperaturas se incrementa la tasa respiratoria y se podrían alcanzar niveles de CO₂ tóxicos para los frutos (Lidster *et al.*, 1988).

Al comparar esta tecnología con otras disponibles para mantener la calidad o prolongar la conservación y la vida en estante de los frutos, cabe destacar como ventajas de la AM el mantenimiento de una elevada HR y la reducción en la pérdida de agua por la presencia de películas plásticas. También la disminución de la abrasión superficial de los frutos, que evita el contacto directo entre el producto y el contenedor, la reducción en la diseminación de patógenos gracias a la presencia de las películas plásticas y el uso de las películas poliméricas como transportadores de absorbentes de etileno (Mattos *et al.*, 2012).

Entre los inconvenientes se pueden citar el costo de algunos materiales, la disminución de la velocidad de enfriamiento del producto una vez envasado (por la barrera adicional impuesta por la película plástica), el aumento de la condensación de agua dentro del envase (el agua libre sobre la superficie de los frutos puede favorecer el desarrollo de hongos), así como los requerimientos logísticos durante el empaque, relacionados con el entrenamiento del personal, el sellado de las bolsas y la prevención del daño a las películas plásticas. A la vez, se pueden inducir efectos indeseables como la fermentación y los sabores desagradables, si la disminución de los niveles de O₂ no garantiza la respiración aeróbica. Del mismo modo se podrán producir daños si el CO₂ supera los niveles tolerables (Fonseca *et al.*, 2002). Se han publicado los rangos de tolerancia de O₂ y CO₂ para algunas frutas y hortalizas (Kader, 1997a; Kupferman, 1997; Richardson y Kupferman, 1997; Saltveit, 1997; Beaudry 1999, 2000; Fonseca *et al.*, 2002).

Atmósfera controlada (AC)

La AC es una técnica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara, generalmente bajando los niveles de O_2 e incrementando los de CO_2 con respecto a los presentes en el aire (Lidster *et al.*, 1988). En estas atmósferas, la proporción de cada elemento o compuesto gaseoso es manipulada (de allí el término "controlada") durante todo el ciclo de conservación del fruto en niveles preestablecidos por el operador (Herrero y Guardia, 1992).

Su impacto en la conservación de las frutas provocó que se la considerara como la segunda revolución tecnológica de la poscosecha, después del empleo del frío. El uso de esta tecnología se debe considerar como un complemento del adecuado manejo de la temperatura y la humedad relativa.

Al respirar, el fruto absorbe O_2 del medio ambiente, lo que ocasiona la oxidación enzimática de sustancias de reserva, libera energía, produce anabolitos primarios para la síntesis de materia y elimina CO_2 . Al disponer el fruto de una menor concentración de O_2 para respirar y encontrarse en un ambiente con elevado CO_2 , se ralentiza el proceso de maduración. Por lo tanto, en condiciones de AC se alarga la curva de respiración del fruto, y el máximo climaterio se produce más tarde, con una menor intensidad respiratoria, lo que retarda la senescencia (Herrero y Guardia, 1992).

Cuando los niveles de O_2 son menores al 8% y/o los niveles de CO_2 mayores al 1% se reduce la sensibilidad a la acción del etileno, así como la mayoría de los desórdenes como los daños por frío, la escaldadura superficial, el pardeamiento interno y el decaimiento por senescencia (Kader, 1992). Las ventajas de la AC con respecto al frío convencional son más evidentes cuando el periodo de conservación se extiende (Lidster *et al.*, 1988).

La AC puede tener un efecto directo o indirecto sobre los patógenos de poscosecha (bacterias y hongos) y, por lo tanto, sobre su incidencia y severidad. Por ejemplo, el CO_2 de 10 a 15% inhibe en forma significativa el desarrollo de la podredumbre causada por *Botrytis* en frutillas, cerezas y otros productos perecederos (Kader, 1992).

Los bajos niveles de O_2 (<1%) y/o niveles elevados de CO_2 (de 40 a 60%) pueden utilizarse para el control de insectos en algunas frutas frescas y secas, flores, vegetales y granos (Kader, 1992).

La exposición de los frutos a bajos niveles de O_2 y/o elevados niveles de CO_2 dentro del rango tolerado por cada producto reduce su respiración y la producción de etileno. Sin embargo, estas pueden estimularse fuera de ese rango, lo que indica una respuesta de estrés. El estrés puede contribuir a la incidencia de desórdenes fisiológicos y a una mayor susceptibilidad a las podredumbres (Kader, 1992).

El cambio de respiración aeróbica a anaeróbica depende del estado de madurez de los frutos, de la temperatura y de la duración de la exposición a concentraciones que inducen al estrés por O_2 y/o CO_2 . Hasta cierto punto, las frutas son capaces de recuperarse de los efectos perjudiciales del bajo O_2 y/o altos niveles de CO_2 (metabolismo fermentativo) y reanudar el metabolismo respiratorio normal cuando son retirados de la AC. Los frutos posclimatéricos son menos tolerantes y tienen una menor capacidad de recuperación que los preclimatéricos. La velocidad y la magnitud de la recuperación dependerán de la duración y los niveles de estrés (Kader, 1992).

Las desventajas de este sistema son la inversión inicial elevada, el mayor costo de mano de obra y el tiempo necesario para mantener la adecuada composición de la atmósfera. Esta requiere de una evaluación y seguimiento constante dentro de la cámara, así como de instrumental tecnológico sofisticado para su control. Además, presenta limitaciones de apertura con respecto a las cámaras de frío convencional y el problema de la incompatibilidad entre los requerimientos de las distintas variedades (Salveit, 1997). También se ha observado una modificación del sabor y el desarrollo de aromas extraños en concentraciones muy bajas de O_2 , como resultado de la respiración anaeróbica, o niveles de CO_2 muy altos a consecuencia del metabolismo fermentativo (Lidster *et al.*, 1988). En manzanas y peras se pueden producir o agravar ciertos desórdenes fisiológicos como pardeamiento interno y daño por frío (Kader, 1992).

La modificación de la atmósfera también se utiliza durante el transporte de larga distancia en las manzanas y peras. El continuo desarrollo tecnológico para proporcionar AC durante el transporte y el almacenamiento a un costo razonable es esencial para mayores aplicaciones en productos hortofrutícolas frescos (Kader, 1992).

Las concentraciones óptimas de O_2/CO_2 varían con la especie y el cultivar. Se ha determinado que niveles de O_2 mayores al 5% tienen poco valor en retrasar la senescencia y 2% de O_2 parece ser el mínimo valor para que se considere como AC. Sin embargo, niveles menores de O_2 (1.0-1.5%) incrementan aún más la retención de la calidad del producto en conservación, pero solo deben usarse estos niveles cuando se pueda garantizar un adecuado control de las condiciones de conservación. Cuando el O_2 está por encima del 2%, los mayores niveles de CO_2 son los que más contribuyen a los beneficios de la AC. Sin embargo, la tolerancia al CO_2 puede ser crítica para algunos productos y puede variar de acuerdo con las condiciones de crecimiento y el contenido de O_2 , entre otros factores (Falagan y Terry, 2018).

A partir los años 90 se extendió la recomendación de utilizar los menores niveles posibles de O_2 . A la vez, es necesario seleccionar un nivel de CO_2 lo más alto posible para lograr un efecto positivo de alto CO_2 en la reducción del metabolismo del fruto y una reducción en el costo de la absorción del CO_2 , que se incrementa cuando se quieren mantener niveles bajos de este gas. Sin embargo, hay que mantenerse dentro de rangos que no causen daños irreversibles en los frutos. Para una segura conservación que minimice el riesgo de daños por frío a causa de bajo O_2 o alto CO_2 es necesario el compromiso entre los tres parámetros. El nivel a partir del cual ocurren daños por bajo O_2 es dependiente tanto del nivel de CO_2 como de la temperatura de almacenamiento. Los daños por frío se agravan en caso de atmósferas con nivel de CO_2 elevado o nivel de O_2 excesivamente bajo (Graell y Ortiz, 2003).

Las manzanas resisten bien los bajos niveles de O_2 . Según Nardín (1994), el límite inferior tolerado por estos frutos en general es del 0,7-0,8%. Por su parte, Chapon y Bony (1990) comprobaron que en una atmósfera de 1% de O_2 la producción de etileno en manzanas Granny Smith se reduce a $1\mu/kg/h$ (Gran y Beaudry, 1992).

Las peras responden favorablemente a tratamientos con bajos niveles de O_2 (Ke *et al.*, 1990), aunque en general resulta necesario disminuir los niveles de CO_2 de la cámara por debajo de 0,5%, para evitar la aparición de desórdenes fisiológicos (Richardson y Kupferman, 1997).

Aunque el mecanismo regulatorio por el cual el CO₂ influye en el metabolismo respiratorio no es completamente conocido, se especula que la glucólisis podría estar involucrada (Kader, 1986). En peras Williams' expuestas a un 10% de CO₂ por 4 días a 20°C, Kerbel *et al.* (1988) detectaron la acumulación de fructosa-6-fosfato y la reducción en los niveles de fructosa-1,6-bisfosfato, lo que indicaría a la ATP- fosfofructoquinasa como un punto de regulación. También la pirofosfato-fosfofructoquinasa podría ser modulada negativamente. En cuanto a la influencia sobre la ruta de síntesis del etileno, se demostró que elevadas concentraciones de CO₂ (20%) inhiben la producción de etileno en peras Bartlett por inhibición de la actividad de las enzimas ACS y ACO, tanto in vivo como in vitro, en tanto que la actividad de la ACO es estimulada si la concentración de CO₂ es de sólo el 1% (Chávez-Franco, 1991).

Esta diferencia en la regulación de la ACO según la concentración de CO₂ aplicada también fue observada en otras especies. Por otra parte, a pesar de que la baja concentración de oxígeno reduce la respiración, es la inhibición de la síntesis y de la percepción del etileno, más que su efecto sobre la respiración, la base de la extensión de la vida poscosecha mediante la aplicación de AC (Saltveit, 2003).

La eficiencia en el control de escaldadura mediante el uso de AC depende del cultivar, de la región, de la madurez inicial de la fruta y de la demora en la generación de la AC (Chen *et al.*, 1985; Whitaker y Solomos, 1997), entre otros. La biosíntesis del α-farneseno y su oxidación a trienos conjugados puede estar inhibida tanto por bajos niveles de O₂ como por altos niveles de CO₂ (Ben Arie *et al.*, 1993), de acuerdo con lo comprobado en manzanas (Whitaker, 2000) y en peras (Chen *et al.*, 1993; Bai *et al.*, 2009). Aunque los valores óptimos son diferentes y dependen de cada variedad, el efecto sobre la reducción de la escaldadura sólo se logra trabajando con concentraciones de O₂ menores que 1% (Zoffoli *et al.*, 1995). En peras Beurré D'Anjou hay que considerar que la AC puede inducir la aparición de otras fisiopatías como las pecas negras (*black speck*) o el corazón pardo (*pithy brown core*).

Para acentuar los efectos de la AC se pueden aplicar distintas modalidades:

Estrés inicial de O₂ (ILOS): Se utilizan niveles muy bajos de O₂ en ausencia de CO₂ durante 10 días y luego se los almacena en las condiciones normales de AC seleccionada (Little *et al.*, 1982).

Pretratamientos con CO₂: Aplicación de altos niveles de CO₂ (12-18%) durante 10-15 días en manzanas (Lau *et al.*, 1998) y peras (Mellenthin *et al.*, 1974).

Shocks de CO₂: Consiste en aplicar de forma cíclica y durante lapsos de 1 a 3 días, altas concentraciones de CO₂, seguidas de periodos de aireación para evitar los daños por CO₂ (Marcellin, 1979).

AC diferida: Se conserva el producto en frío convencional y luego se continúa su conservación en AC.

Rapid CA: se baja el O₂ a menos del 2% en menos de 7 días (Kupferman, 1991).

El estrés inicial de bajo O₂ inhibe la acumulación de α-farneseno y trienos conjugados en la piel del fruto. Se obtuvieron buenos resultados mediante el empleo de ILOS en manzanas Granny Smith y Topred y en peras Beurré D'Anjou (Calvo *et al.*, 2002). La aplicación de un estrés inicial de bajo O₂ a 20°C previo al almacenamiento en frío convencional fue efectiva para reducir la escaldadura en manzanas Granny Smith (Lurie, S., Watkins, C. B. 2012).

Atmósfera controlada dinámica

A diferencia de las condiciones estáticas en las AC, la atmósfera controlada dinámica (ACD) permite ajustar periódicamente los niveles de O_2 para mantenerlos en el mínimo tolerado por la fruta en cada momento y sin provocar daños. Se monitorean las respuestas al bajo O_2 , midiendo los cambios en el proceso metabólico como la producción de etanol, la respiración de la fruta o la fluorescencia de la clorofila. De esta forma, el metabolismo de la fruta se reduce al mínimo, lo que favorece el mantenimiento de la calidad. Para tal fin es necesario contar con sensores que indiquen el momento en que las concentraciones de O_2 dentro de la cámara son demasiado bajas. El nivel mínimo de oxígeno (NMO) es el nivel por debajo del cual los frutos y vegetales cambian de una respiración predominantemente aeróbica a una predominantemente anaeróbica. Cuando los niveles de O_2 están por debajo del NMO, en general se dispara un repentino incremento del coeficiente respiratorio y de los productos de fermentación. Es necesario evitar la acumulación de estos productos (etanol, acetaldehído y etil acetato) asociados a una respiración anaeróbica, ya que producen sabores desagradables (*off-flavours*) y reducen la calidad de la fruta (Wright *et al.*, 2015).

Los sensores de fluorescencia de la clorofila demostraron ser efectivos en detectar el estrés debido a bajos valores de O_2 en manzanas, peras, bananas, mango, paltas y diversos vegetales (Prange *et al.*, 2005). Otra forma de hacerlo es el monitoreo de la producción de CO_2 o de los productos de la fermentación, como el etanol.

Determinar umbrales apropiados de CO_2 a escala comercial es difícil debido al tamaño de las cámaras, la cantidad de producto y la tasa de respiración. También es problemático basarse en la producción de metabolitos de la fermentación, ya que para que esto ocurra la fruta debe haber estado por debajo de los NMO. La medición de etanol no siempre es un indicador confiable del estrés por bajo O_2 , según ha quedado demostrado. Sin embargo, Yearsley *et al.* (2003) determinaron que la ACD basada en las mediciones de etanol podría usarse exitosamente en paltas (Prange *et al.*, 2015).

Debido a lo mencionado, la ACD basada en la fluorescencia es la tecnología más utilizada. La colocación de este tipo de sensores en las cámaras de almacenamiento permitiría almacenar los frutos a niveles mínimos de O_2 y determinar los NMO de frutos y vegetales. La adopción de la ACD basada en la fluorescencia está limitada a órganos de plantas que contengan clorofila (Prange *et al.*, 2005). HarvestWatch® es una ACD basada en fluorescencia, que fue comercializada por Satlantic Inc. (Nueva Escocia, Canadá). Hace una década, la compañía Sudafricana Gas At Site Inc. se convirtió en titular de la licencia de esta tecnología en América del Norte (DeEll, 2008).

El proceso consiste en un barrido inicial de la cámara hasta alcanzar los niveles de O_2 comúnmente usados en AC y el descenso gradual posterior debido a la propia respiración de la fruta. Al ir descendiendo los niveles de O_2 , la línea base de fluorescencia se mantiene relativamente estable hasta que se cruza el nivel de NMO y se incrementan rápidamente los valores de fluorescencia, visualizándose como picos. Se elevarán los niveles de este gas en un 0.2% iniciándose aquí un nuevo ciclo de descenso del O_2 .

Los NMO pueden variar mucho entre especies de frutas y vegetales (Prange *et al.*, 2005) y dentro de las especies (DeLong *et al.*, 2004) o como resultado de la región de crecimiento o la temporada (DeLong *et al.*, 2004b; Zanella *et al.*, 2005). Debido a ello deben ser determinados para cada situación particular.

El mantenimiento de niveles mínimos de O₂ podría reducir el desarrollo de desórdenes relacionados con reacciones de oxidación. De esta forma, la ACD constituye una interesante herramienta para peras y manzanas de corto y largo potencial de conservación. Hasta el momento, el uso comercial de la ACD solo ha sido evaluado en manzanas, especie en la cual favorece el mantenimiento de la firmeza y la acidez y reduce el desarrollo de algunos desórdenes internos, sin afectar la calidad sensorial de los frutos (Prange *et al.*, 2015; DeLong *et al.*, 2004; Zanella *et al.*, 2005; Candan y Calvo, 2011). Sobre su efecto en el almacenamiento de peras se dispone de escasa información publicada. Un beneficio interesante en manzanas es la reducción de la incidencia de escaldadura superficial, comparada con el control obtenido con la AC tradicional (DeLong *et al.*, 2007). Mattheis y Rudell (2011) determinaron que la ACD en peras Beurre D'Anjou también puede prevenir la escaldadura superficial, pero se podría desarrollar el desorden de "pecas negras" (*Black Speck*), así como un insuficiente ablandamiento durante el periodo normal de vida en estante de los frutos.

En países desarrollados se ha producido un incremento del consumo de productos orgánicos, y esto proporciona un incentivo para futuras investigaciones y desarrollos de ACD (Prange *et al.*, 2005).

Inhibidores de la acción del etileno (1-MCP)

En los últimos años fueron descubiertos algunos agentes inhibidores de la acción del etileno, entre los que se encuentra el 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Sisler y Serek, 1999). El 1-MCP demostró su efectividad en inhibir la acción del etileno, y su aplicación en poscosecha tiene profundos efectos sobre la maduración y senescencia en diversos cultivos (Blankenship y Dole, 2003; Watkins, 2007, 2008; Sozzi y Beaudry, 2007; Chiriborga *et al.*, 2014). En la actualidad está registrado para uso comercial en más de 40 países del mundo (Watkins, 2016). El 1-MCP fue definido como la innovación más trascendente desde el desarrollo de la atmósfera controlada en el sector de la poscosecha de fruta (Larrigaudiere *et al.*, 2005).

En condiciones normales (en ausencia de 1-MCP) el etileno se acopla a un receptor e induce su respuesta metabólica (Sisler *et al.*, 1996). Esto representa una serie de señales moleculares en cascada, necesarias para la formación de las enzimas y proteínas responsables de las modificaciones de la maduración. Como se mencionó, el 1-MCP, como análogo estructural del etileno, tiene la propiedad de fijarse sobre el receptor e impedir el acoplamiento del etileno. De esta forma evita la transcripción de la señal correspondiente y, en consecuencia, inhibe la maduración del fruto (Sisler y Serek, 1999). La efectividad de la inhibición depende de la concentración aplicada hasta la saturación de los sitios de unión.

El producto tiene algunas características que lo hacen muy seguro: es efectivo en concentraciones extremadamente bajas debido a que la afinidad del 1-MCP por los receptores es aproximadamente 10 veces mayor que la del propio etileno (Blankenship y Dole, 2003). Además, tiene un modo de acción no tóxico, es químicamente similar a sustancias naturales y deja muy bajos residuos en los frutos (no más de 5 ppb).

A temperatura y presión estándar es un gas con un peso molecular de 54, de fórmula C_4H_6 (Blankenship y Dole, 2003).

En condiciones comerciales, el tratamiento se lleva a cabo en cámaras de atmósfera controlada, donde los frutos son expuestos a concentraciones iniciales de 0,3-0,6 $\mu L L^{-1}$ 1-MCP dependiendo del cultivo, durante 24 horas. El gas es muy móvil y puede penetrar en las cajas embaladas o en los bins. Luego del tratamiento la fruta se conserva en cámaras comunes (Blankenship y Dole, 2003). La efectividad del tratamiento depende de la rapidez con que los tejidos vegetales sintetizan nuevos receptores. El tratamiento será más efectivo si la fruta se conserva a bajas temperaturas, porque se reduce el metabolismo del fruto y, por lo tanto, la síntesis de nuevos receptores (Watkins, 2003.).

La aplicación de 1-MCP reduce la producción de etileno en varios cultivares de manzana (Blankenship, y Dole, 2003; Watkins, C.B. 2003; Lurie, 2007). Sin embargo, después de un periodo de tiempo se reinicia la producción de etileno, que depende de varios factores, entre ellos la concentración de 1-MCP aplicada, el estado de madurez, el tiempo y las condiciones de conservación de los frutos (Watkins *et al.*, 2000).

Como la unión del 1-MCP a los receptores de etileno es irreversible (Sisler *et al.*, 1996), el reinicio de la maduración se da probablemente por la síntesis de nuevos receptores durante este periodo. En algunos frutos, y concretamente en peras, la inhibición de la producción de etileno por una aplicación de 1-MCP va paralela a una menor expresión de los genes que codifican las dos enzimas clave de la ruta biosintética del etileno: ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) sintasa y ACC oxidasa (Lelievre *et al.*, 1997).

En general, el 1-MCP reduce la tasa de respiración o retrasa su incremento en manzanas y peras (Blankenship y Dole 2003; Argenta *et al.*, 2003; Ekman *et al.*, 2004; Trincherro *et al.*, 2004). El efecto no es proporcional a la concentración aplicada, ya que a partir de una concentración efectiva, la reducción de la respiración no es mayor aunque se aumente la concentración (Argenta *et al.*, 2003).

El efecto más apreciado dentro de los beneficios en los parámetros de calidad es la reducción del ablandamiento de los frutos (Blankenship y Dole, 2003; Watkins, 2002; Sisler y Serek, 2003; Watkins, 2006, Sozzi y Beaudry, 2007; Chiriborga *et al.*, 2104). En general se observa un efecto sinérgico entre el tratamiento con 1-MCP y la conservación en atmósfera controlada en el mantenimiento de la firmeza (Rizzolo *et al.*, 2005). La reducción del ablandamiento en frutos tratados con 1-MCP podría brindar mayor flexibilidad a las diferentes operaciones comerciales (selección, empaque, transporte y expedición) que requieren fruta resistente a los daños físicos (Calvo y Sozzi, 2004).

El 1-MCP previene o retrasa la degradación de la clorofila en peras (Argenta *et al.*, 2003; Ekman *et al.*, 2004; Larrigaudière *et al.*, 2005; Trincherro *et al.*, 2004; Calvo, 2016) y en manzanas (Watkins, 2006). En cuanto a su efecto sobre la acidez titulable, este varía según las especies y cultivares. En peras, la acidez titulable de frutos tratados con 1-MCP fue mayor comparada con los controles (Argenta *et al.*, 2003; Isidoro y Almeida, 2006). Sin embargo, otros investigadores encontraron que la acidez titulable no resultó afectada significativamente (Trincherro *et al.*, 2004) o en forma consistente (Calvo, 2004a). El contenido de sólidos solubles puede aumentar, disminuir o no ser afectado por el tratamiento (Watkins, 2006).

El 1-MCP podría disminuir en cierto grado la producción de compuestos volátiles durante el almacenamiento (Blankenship y Dole, 2003). No obstante, estos se recuperan cuando los frutos comienzan a producir etileno (Fan y Mattheis, 1999; Argenta *et al.*, 2003). El efecto de su aplicación en la calidad sensorial y nutricional de los frutos ha sido poco evaluado (Watkins, 2006). Los frutos tratados con 1-MCP son valorados como más firmes, más crujientes, y, en general, más jugosos. Sumado a esto, el tratamiento reduce en forma significativa la harinosidad en manzanas, lo que es considerado como una mejora notable de la calidad (Larrigaudiere *et al.*, 2008). En tanto, el nivel de vitamina C es más bajo en peras tratadas que en los controles, probablemente porque en los frutos tratados aumenta la actividad de la enzima ascorbato peroxidasa (Larrigaudiere *et al.*, 2005).

La aplicación de 1-MCP reduce diversos desórdenes asociados con la senescencia y los daños por frío debido a la inhibición de la producción de etileno, como es el caso del decaimiento interno y la escaldadura superficial en manzanas y peras (Watkins, 2006). También disminuye sustancialmente la incidencia de escaldadura blanda (soft scald) y cerosidad en manzanas (Xuetong y Mattheis, 1998), el corazón rosado y la escaldadura de senescencia (Fan *et al.*, 1999). Esta última también ha sido observada en peras (Argenta *et al.*, 2003; EccherZerbini *et al.*, 2005).

El retraso de la maduración asociado a la reducción de etileno puede aumentar la resistencia de los frutos a las podredumbres (Watkins, 2006). Sin embargo, se necesitan pequeñas cantidades de etileno endógeno para mantener los niveles básicos de resistencia al estrés patológico y medioambiental debido al efecto de esta hormona sobre la regulación de los genes de defensa contra el estrés (Marcos *et al.*, 2005). Argenta *et al.* (2003) encontraron que el 1-MCP disminuye la incidencia de podredumbres en algunos cultivares de peras.

El tratamiento con 1-MCP mantiene e incluso mejora las capacidades antioxidantes del fruto (Larrigaudiere *et al.*, 2004; Viplana *et al.*, 2006). Estos autores determinaron que peras Blanquilla y manzanas Golden Smoothie tratadas con 1-MCP tenían niveles más bajos de peróxido de hidrógeno y ascorbato, así como una capacidad antioxidante enzimática más elevada debido a una mayor actividad de las enzimas catalasa, peroxidasa y ascorbato peroxidasa a lo largo de la conservación frigorífica. Tales variaciones se correlacionan con una mayor resistencia a los daños oxidativos que se pueden producir durante la conservación, y explican, al menos en parte, los efectos beneficiosos de este tratamiento en el control de los procesos de senescencia y retención de calidad.

En forma general, el tratamiento con 1-MCP no provoca alteraciones o desórdenes fisiológicos. Sin embargo, en ciertos casos podría incrementar la sensibilidad a bitter pit o a pardeamientos difusos en la piel (*diffuse skin browning*) (Watkins, 2007).

El 1-MCP es una herramienta tecnológica que tuvo un gran impacto a nivel comercial. Existen varias formulaciones registradas para uso comercial en más de 25 productos, 18 de los cuales son frutas, donde se esperan buenos, muy buenos o excelentes beneficios, según expertos consultados en distintos países (Sozzi y Beaudry, 2007). Pero donde más éxito ha tenido y más se ha extendido su uso comercial a nivel mundial es en el caso de las manzanas, debido en gran parte a que estas no necesitan ablandarse para ser consumidas, a diferencia de las peras.

En este caso la aplicación es más complicada, porque se busca demorar pero no inhibir la maduración, de manera que el consumidor reciba un producto con los cambios deseados en cuanto a textura y/o color (Watkins *et al.*, 2010). Existen diversos trabajos donde se resumen los principales resultados obtenidos con 1-MCP y sus perspectivas de uso en los cultivos frutales (Watkins, 2007; 2008; Sozzi, y Beaudry, 2007, Watkins, 2016).

En Argentina, el 1-MCP está registrado para su uso comercial en frutos de pepita, ciruelas y kiwis desde 2002. Su introducción en la industria de las manzanas ha resultado en una reducción del ablandamiento y de la escaldadura superficial en la mayoría de los cultivares (Calvo, 2016). En la región de Alto Valle de Río Negro, las principales empresas empacadoras-exportadoras de manzanas tratan buena parte de la producción con 1-MCP como complemento del uso del frío. En peras, la autorización para uso comercial está menos difundida y su aplicación comercial es más compleja y requiere ajustes.

Las peras deben tratarse con concentraciones sub-saturantes de 1-MCP para retrasar la maduración durante el tiempo necesario y permitir la normal maduración durante la vida en estante, post conservación. De esta forma se garantizará que alcancen las características deseadas por los consumidores: coloración amarilla, sabor dulce, aroma agradable, textura jugosa y ablandamiento normal (2-4 libras de firmeza de pulpa). Para lograrlo se necesita conocer fehacientemente los factores que influyen sobre la respuesta de la fruta y cómo se relacionan entre sí en condiciones de aplicación comercial. Es imprescindible seguir en detalle las recomendaciones de uso del producto para cada especie y cultivar, basadas en el estado fisiológico de los frutos en el momento del tratamiento. Además, es importante realizar un seguimiento del estado de madurez todos los meses, para tomar la decisión de comercializar en el momento oportuno. Al igual que en todas las tecnologías de conservación, el manejo adecuado de la temperatura es un punto clave para el éxito del tratamiento con 1-MCP (Calvo, 2008; Chiriborga *et al.*, 2014; Calvo, 2016).

La combinación de almacenamiento refrigerado con la aplicación de 1-MCP puede utilizarse a nivel comercial para mantener la calidad de frutos climatéricos de madurez óptima y extender su vida en poscosecha durante la comercialización, o bien para retrasar su cosecha obteniendo frutos de mayor tamaño y coloración, sin que el avance de la madurez limite la conservación.

El uso comercial del 1-MCP como herramienta de poscosecha podría cambiar el rol de la AC. La AC continuará siendo la principal elección para conservar frutas y vegetales orgánicos. En el caso de los no orgánicos es probable que se utilice una combinación de AC con 1-MCP. En 2005, Prange *et al.* propusieron la combinación de AC con estrategias complementarias como control de patógenos y de humedad, AC retrasada, AC a mayores temperaturas, 1-MCP u otros ciclopropenos como temas promisorios para investigar.

Manipulación del etileno

Una herramienta muy empleada en la poscosecha para conservar la calidad o para incorporar valor a los frutos al momento de la comercialización es la manipulación del etileno (Salveit, 1999).

Este puede aplicarse en forma exógena en cámaras, para acelerar la maduración de los frutos y aumentar la uniformidad del lote (Sozzi, 2007).

En el caso de las peras, puede usarse para superar parte o todos los requerimientos de frío y desarrollar la capacidad de maduración que necesitan algunas variedades. Este tratamiento se conoce como “acondicionado con etileno” y generalmente incluye la exposición a temperaturas cercanas a los 20°C y la aplicación de 100 µl l⁻¹ de etileno, que estimula la biosíntesis de este compuesto (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008).

Por el contrario, la remoción del etileno de las cámaras se utiliza para frenar el proceso de maduración y senescencia de los productos (Suárez, 1990). El etileno producido por los frutos debe ser removido de la atmósfera de conservación para minimizar la estimulación a la producción de etileno y, por consiguiente, la maduración. Los principales beneficios obtenidos en los frutos son mayor firmeza y acidez, menor desarrollo de podredumbres y menor incidencia de escaldadura superficial en manzanas.

Sin embargo, remover el etileno en cámaras comerciales es dificultoso, por el gran volumen de aire y la gran fuente de emisión de etileno (fruta) existente. Para preservar la firmeza y retener la acidez se deberán mantener valores menores a 1 ppm (Lidster *et al.*, 1974). También habrá que considerar que la reducción del etileno exógeno no disminuye la concentración interna en frutos climatéricos, que puede exceder los 100 ppm, aún cuando las concentraciones externas sean cero. Otro factor a tener en cuenta será el estado de madurez de los frutos, ya que en general la reducción del etileno no tiene efectos en la maduración posterior de frutos maduros. Pero, al inicio de la maduración, cuando los niveles internos de etileno son todavía bajos, incrementar la tasa de difusión con baja presión puede retardar la maduración. Las cámaras de AC, debido a su estanqueidad, presentan valores de etileno superiores a las cámaras de frío normal.

Los factores que influyen en la efectividad para remover etileno son:

Variedad: Liu (1979) evaluó influencia de la variedad en manzanas y observó que ‘Delicious’, ‘Golden Delicious’, ‘Idared’ y ‘Cortland’, cosechadas en cualquier fecha, no mostraban una respuesta frente a la eliminación de etileno, mientras que ‘McIntosh’ mostró beneficios.

Madurez a cosecha: En manzanas cosechados con madurez avanzada se reducen drásticamente los beneficios de la reducción de etileno.

Humedad relativa (HR): Blanpied *et al.*, (1979) encontraron que la HR alta reduce los beneficios derivados de la eliminación de etileno.

Concentración de O₂, CO₂, y etileno en cámaras de AC: Lidster *et al.*, (1983) observaron que en manzanas ‘McIntosh’, la eliminación fue efectiva en AC con 3% O₂ + 5% CO₂, pero no en 1% O₂.

En el caso de las peras, Bower *et al.* (2003) determinaron que el efecto del etileno en las cámaras de conservación es menor comparado con la influencia que tiene la temperatura. Testoni *et al.* (2002), Sugar (2002), Retamales *et al.* (1998), Truter y Combrink (1993) también encontraron poco efecto en reducir la maduración durante la conservación removiendo el etileno de la atmósfera.

La eliminación del etileno se realiza en forma muy simple mediante la renovación del aire de la cámara, de manera discontinua o continua, de tal forma que se mantenga

la concentración de etileno por debajo del nivel fisiológicamente activo. Dicha técnica implica un notable gasto energético, a la vez que hay que operar con precaución para no elevar la temperatura de la cámara. Además, no siempre se consigue rebajar suficientemente el nivel de etileno y, por supuesto, no se puede usar en AC.

Los sistemas de depuración de etileno son bastante numerosos e incluyen la depuración química, física, catalítica o por ozono (Scout *et al.*, 1971). Sin embargo, no todos son usados en forma generalizada a nivel industrial por diversas causas: eficiencia a bajos niveles de etileno, dificultades de orden técnico, aspectos económicos, etc. De todos los sistemas mencionados, solo dos han conseguido un amplio desarrollo y aplicación comercial: la depuración química con permanganato de potasio y la depuración catalítica.

El KMnO_4 es el 'secuestrador' de etileno más utilizado, que lo oxida a CO_2 y H_2O (Sozzi, 2007). Una solución de permanganato de potasio es aplicada a un soporte inerte para incrementar la superficie expuesta y facilitar su manipulación. Los requerimientos para dichos materiales son una alta superficie de área cubierta con permanganato y permeabilidad a los gases. Diversos materiales porosos han sido utilizados para fabricar absorbentes de permanganato, incluidas la vermiculita, perlita, sílica gel y alúmina (Sozzi, 2007).

Las lámparas ultravioletas son otro método efectivo para remover el etileno. El aire del ambiente de conservación se hace pasar por estas, que producen ozono como agente activo. Este es muy tóxico para los productos frescos y debe ser removido mediante filtros.

Se han desarrollado diversos sistemas basados en la combustión catalítica del etileno (Dover, 1985). Dicha oxidación tiene lugar a temperaturas entre 200°C y 500°C , y se utilizan diversos catalizadores para acelerar la reacción (por ejemplo, platino, cobre, cobre-zinc o bien óxidos de cromo, plata). El tiempo de combustión es de unos pocos segundos y la reacción global es: $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Ceras

Las frutas poseen una capa de cera natural en la superficie, que puede ser removida de manera intencional por medio del lavado con fines higiénicos, tratamientos cuarentenarios o involuntariamente como consecuencia del manejo al que son sometidas durante el proceso de cosecha y empaque o embalaje (Hardenburg, 1967). Cuando los frutos se deshidratan pierden su calidad. En la mayoría de las frutas, cuando la deshidratación es del orden del 4-7% los frutos pierden brillo y tienden a manifestar síntomas de marchitamiento (Sparks, 1976).

La aplicación de una capa artificial de cera sobre la superficie de las frutas reduce la pérdida de agua y mejora la apariencia del producto. Las ceras deben estar autorizadas para el consumo humano, ya que la mayoría de las frutas son consumidas con cáscara por su valor nutricional (Meheriuk and McPhee, 1984).

A nivel comercial, las ceras solventes se usan ampliamente para recubrir cítricos, y están compuestas de un 70 a 80% de hidrocarburos alifáticos, hasta un 25% de hidrocarburos aromáticos y un solvente como la acetona o el acetato de etilo. Este solvente contendrá una resina sintética o natural de madera, y uno o más plastificantes (Hardenburg, *et al.*, 1988).

Las ceras acuosas son el segundo tipo más utilizado y se emplean principalmente bajo la forma de soluciones o emulsiones. Las primeras consisten en soluciones de resinas solubles en álcali o materiales de apariencia resinosa como la gomalaca, la goma de proteína natural y la resina de madera. Las segundas son emulsiones compuestas por una cera natural (como la carnaúba o la parafina) o una sintética (como una emulación de polietileno suspendida en jabón o detergente).

La cera de carnaúba o carnauba se obtiene de las hojas de la palma *Copernicia prunifera*, planta originaria del noreste de Brasil. Una vez que se cortan, las hojas se secan y trituran para que se desprenda la cera, que es reconocida por sus propiedades de brillo. Esta combina dureza con resistencia al desgaste y su punto de fusión es de 78 a 85°C, el más alto entre las ceras naturales. Contiene principalmente ésteres de ácidos grasos (80-85%), alcoholes grasos (10 a 15%), ácidos (3 a 6%) e hidrocarburos (1 a 3%). Se compone de dioles esterificados grasos (cerca del 20%), ácidos grasos hidroxilados (cerca del 6%) y ácido cinnámico (cerca del 10%). Este último es un antioxidante que puede ser hidroxilado o metoxilado.

Shellac es una forma refinada de laca cruda, más barata que la anterior. Es secretada por un insecto, *Laccifera lacca*, que se encuentra en la India, Sri Lanka, Tailandia e Indonesia. Las ceras con shellac y resinas alcalinas solubles disueltas en agua fueron introducidas en el mercado en 1962 y 1964 (Schomer y Pierson, 1968).

Las concentradas tienen un alto contenido de sólidos, se aplican con boquillas y aire, producen un brillo extremadamente alto y cuentan con la ventaja de que necesitan que se remueva menos agua durante el proceso de secado. La mayoría de las ceras usadas en la actualidad están basadas en carnaúba, shellac o una combinación de ambas, todas con variados aditivos para mejorar la fluidez y el tiempo de secado y disminuir la temperatura de este proceso.

Algunas ventajas del encerado son:

- Como principal beneficio, reduce la deshidratación.
- Protege la superficie del fruto, especialmente cuando existen lesiones y daños que pueden ser sellados con la cera.
- Mejora la apariencia externa del fruto al proveerle un brillo uniforme.
- Permite un control del intercambio gaseoso, ya que la cera actúa como una barrera para los gases que entran y salen del fruto. Esto genera una atmósfera modificada y retarda el proceso de maduración.

El uso incorrecto del encerado puede ocasionar problemas de fermentación, al limitarse el normal intercambio de gases respiratorios (O_2 y CO_2). Además, puede producir desórdenes fisiológicos en el interior de la fruta y provocar cambios no deseados de color y sabor en diversas combinaciones.

La cantidad de cera aplicada y su grosor en la superficie de la fruta son críticos. Un recubrimiento demasiado delgado puede brindar una protección insuficiente frente a la pérdida de humedad, mientras que una capa demasiado gruesa puede favorecer la descomposición (Hardenburg, 1967). Generalmente la cera se utiliza como sustituto de la propia cera natural del producto. Algunos mercados exigen este tratamiento por la preferencia de los consumidores, que asocian un producto brillante a una mejor calidad.

La película del producto aplicado debe ser lo suficientemente fina para permitir cierta transpiración, y no debe alterar el sabor de la fruta. En algunos casos se puede añadir un fungicida para evitar el desarrollo de podredumbres, pero esta adición puede reducir la eficacia de la cera (Durán Torrellardona, 1983).

Los métodos de aplicación son variados. La forma más simple es por inmersión en un tanque. También existe el sistema de pulverización mediante boquillas, donde las frutas pasan por debajo de un rociado constante de cera. Después de la aplicación, los productos son secados con aire caliente y pulidos con cepillos rotatorios. La uniformidad del recubrimiento es importante para lograr un buen resultado. El tipo de aplicador que se utilice será el factor más influyente en la aplicación uniforme de recubrimientos de cera. El proceso de encerado se emplea comercialmente en diversas frutas como manzana, mango, tomate, palta, melón y cítricos, entre otros (Erbil y Muftugil, 1986).

En manzanas, el uso de ceras para mejorar la apariencia poscosecha y prevenir la pérdida de agua es una práctica común (Schomer and Pierson, 1967; Smock, 1969).

La cera se aplica en general después la conservación, cuando los frutos son procesados en el empaque. Una vez embalados, los productos encerados se vuelven a colocar en las cámaras de conservación hasta el momento de comercializarlos.

El uso de ceras en manzanas ha demostrado reducir la pérdida de agua (Espelie *et al.*, 1982) y la respiración (Trout *et al.*, 1952; Bramlage, 1986). Drake y Nelson (1990) encontraron cambios en la tasa de respiración, una retención de firmeza y peso debido a la aplicación de cera, y diferencias entre variedades. Sin embargo, Meheriuk y Porritt (1972) determinaron que los niveles internos de CO₂ y de etileno eran mayores en manzanas enceradas, y hallaron un efecto poco consistente en acidez, firmeza, sólidos solubles o desórdenes fisiológicos. Trout *et al.* (1952) encontraron cambios en el modelo de maduración de manzanas por la aplicación de cera y Paull (1990) observó cierta protección a los daños por frío (*chilling injury*) en frutos encerados.

Recubrimientos comestibles

Teniendo en cuenta el creciente interés de los consumidores en productos naturales, más sanos, seguros y respetuosos del medio ambiente, en los últimos años se están desarrollando recubrimientos naturales a base de hidrocoloides y ceras naturales, conocidos como "comestibles" o *edible coatings*. La aplicación de recubrimientos a las frutas genera una barrera semipermeable a los gases (creando una AM) y al vapor de agua, lo que reduce la velocidad de respiración y la deshidratación de los productos. Además, permite la incorporación de aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, sales minerales, etc.) que retardan el pardeamiento enzimático, la aparición de desórdenes fisiológicos como el escaldado superficial, el crecimiento microbiano y la pérdida de textura (Gómez, 2017). Cuando los frutos son cubiertos por películas comestibles, se genera una atmósfera modificada en su interior que reduce la velocidad de respiración y, por lo tanto, el proceso de senescencia. También se crea una barrera a la transferencia de vapor de agua, que retrasa la deshidratación.

Los principales componentes utilizados en la preparación de recubrimientos comestibles son: lípidos, proteínas y polisacáridos. Además, se añaden otros como los plastificantes, emulsificantes, surfactantes y antioxidantes de uso alimentario, que ayudan a mejorar la integridad mecánica, la calidad y el valor nutricional de los alimentos.

La funcionalidad de los recubrimientos depende de la naturaleza de los distintos componentes, de su composición final y estructura. En general, los lípidos son efectivos para retardar la transferencia de humedad, dado su carácter hidrofóbico, lo que se traduce en una menor pérdida de peso del fruto. Los lípidos más utilizados en recubrimientos comestibles incluyen ceras de origen natural como la de abeja, carnaúba y candelilla. Por el contrario, los hidrocoloides solubles en agua, como los polisacáridos y proteínas son poco eficaces como barreras a la transferencia al vapor de agua y ofrecen una mayor barrera a los gases (CO_2 y O_2) que los lípidos.

Además, los hidrocoloides proporcionan mejores propiedades mecánicas que los lípidos. Por este motivo, la tendencia es combinar ambos para tomar ventajas de sus propiedades en lo que se conoce como "recubrimiento comestible compuesto".

Investigadores de distintos países han estudiado el efecto de la composición de recubrimientos comestibles formulados a base de derivados de celulosa, ceras naturales y otros componentes en la calidad de los frutos. Los resultados demuestran que los recubrimientos comestibles formulados reducen la pérdida de peso, de textura y el índice de deterioro y, en algunos casos, los daños por frío, sin modificar la calidad sensorial de los frutos. Sin embargo, el efecto depende de la atmósfera final que se genera debido a la tasa de respiración de cada fruto y de la permeabilidad de la epidermis, por lo que hay una gran variabilidad en la efectividad, comparada con el almacenamiento en atmósferas controladas.

El Semperfresh® es un recubrimiento comestible compuesto por una combinación de ésteres de sacarosa con ácidos grasos, carboximetil celulosa de sodio y mono diglicéridos, que forma una película semipermeable al paso del CO_2 y del O_2 , generando una atmósfera modificada en los frutos (Lowings y Cutts, 1982). Se han encontrado diferentes respuestas cuando se aplica únicamente el Semperfresh®. En algunos estudios se observó una reducción de la escaldadura (Meheriuk y Lau, 1988; Van Zyl *et al.*, 1987), mientras que en otros el Semperfresh® no aportó ningún beneficio (Kerbel *et al.*, 1989; Bauchot *et al.*, 1995). Incluso algunos investigadores observaron que el producto agravó la incidencia de este desorden en fruta cosechada tempranamente (Kerbel *et al.*, 1989; Calvo y Veronessi, 1998). También se comprobó que el Semperfresh® aplicado con una concentración reducida de DPA (500 ppm) (Bester, 1987; Calvo, 1997) o con ácido ascórbico (Little y Barrant, 1989) controla la escaldadura en manzanas Granny Smith, mientras que en peras Beurré D'Anjou mejora la efectividad de la etoxiquina cuando se aplican combinados (Chen, 1986). Aplicado solo en peras se constató una reducción de la escaldadura superficial en Packham's Triumph y en menor medida en Beurré D'Anjou (Calvo, 1997).

Natureseal® es un recubrimiento comestible desarrollado por AgriCoat Industries Ltd., del Reino Unido, que se utiliza para retardar la senescencia de manzanas, peras y otros productos lavados y cortados, listos para consumir (IV gama). Está compuesto por una mezcla de vitaminas y minerales. Es de fácil aplicación, por inmersión o aspersión. Los frutos retienen su color natural, textura y firmeza; no es necesario el envasado en atmósfera modificada; extiende la vida poscosecha hasta dos semanas

respecto a la normal; aumenta el tiempo disponible para la distribución del producto y mejora las eficiencias de producción y procesamiento al ofrecer una mayor vida poscosecha.

El Naturcover Conservación Extra® es un recubrimiento comestible formulado en base a sucroésteres de ácidos grasos y otros componentes alimentarios para ser aplicados en drencher después de la cosecha de peras y manzanas junto a los fungicidas de uso habitual. Se observaron beneficios en mantener el color verde y retrasar el desarrollo de escaldadura superficial (Gómez, 2017).

Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos con altas temperaturas son métodos físicos, inocuos a la salud humana, que han despertado un creciente interés en los últimos años por las posibilidades que brindan, tanto en el control de plagas y prevención de ataques de patógenos como en el retraso de la maduración de los frutos y el control de fisiopatías (Lurie, 1998; Paull y Chen, 2000). En buena medida, dicho interés se debe a la necesidad de encontrar alternativas inocuas al uso de tratamientos químicos. Sin embargo, estos presentan como limitante la dificultad en la determinación de la temperatura y el tiempo óptimos para cada producto y situación. Son difíciles de implementar en escala comercial, dado que el rango de temperaturas que resultan eficaces y seguras es, por lo general, muy estrecho (Sozzi, 2007).

Los tratamientos térmicos con altas temperaturas produjeron un retardo en el ablandamiento de muchas frutas, como manzanas y peras. No obstante esto, se registraron efectos fitotóxicos en buena parte de los casos (Paull y Chen, 2000).

Existen tres grandes grupos de tratamientos con calor: **a)** con agua caliente; **b)** con vapor; **c)** con aire caliente. El agua caliente fue inicialmente usada para el control de patógenos y posteriormente para el control de insectos. También demostró efectividad en reducir fisiopatías como la escaldadura superficial. La inmersión en agua a 54°C por 30 o 60 segundos inhibió la escaldadura en manzanas Taíman y Delicious, pero fue menos efectiva en Rome Beauty (Ingle y D'Souza, 1989). El vapor se desarrolló como método específico para el control de insectos. En cuanto al aire caliente, puede aplicarse previo al almacenamiento o durante éste, para controlar o reducir la escaldadura superficial en manzanas. Estos frutos, sometidos a un tratamiento con aire caliente (4 días a 38°C antes del almacenamiento) desarrollaron menos escaldado (Lurie, 2005). Resultados similares fueron encontrados por Klein y Lurie (1992) cuando realizaron tratamientos de 42°C por 24 horas o de 46°C por 12 horas. Asimismo, Smith (1959) y Watkins *et al.* (1995) demostraron que un solo tratamiento de 5 días durante el almacenamiento inhibió el desarrollo de escaldadura en manzanas. El calentamiento intermitente de los frutos cada 2 o 4 semanas durante el almacenamiento inhibió el desarrollo de escaldado (Kidd y West, 1935). Alwan y Watkins (1999) encontraron que la acumulación del α -farneseno fue generalmente menor en la fruta que había recibido un calentamiento intermitente. Este tratamiento afecta el desarrollo del escaldado e incrementa la resistencia de los tejidos de los frutos a los efectos dañinos de la oxidación del α -farneseno. Sin embargo, podría no ser recomendable para su uso comercial, debido a que acelera la madurez de los frutos.

Tratamientos con radiación UV

Se ha comprobado que la aplicación de radiación ultravioleta corta (UV-C, 254nm) a diferentes productos vegetales controla el crecimiento microbiano y retrasa los procesos asociados con su maduración y senescencia (Civello *et al.*, 2006). Los tratamientos de UV-C consisten en exponer los productos por un cierto periodo de tiempo bajo un banco de lámparas UV, con un máximo de emisión a 254 nm, que es la longitud de onda más eficiente para dañar el ácido desoxirribonucleico (ADN) (Wolfe, 1990).

La mayor parte de la bibliografía sobre la acción ejercida por estos tratamientos se relaciona con su actividad germicida y la inducción de mecanismos de defensa a enfermedades en los frutos. Se ha observado que la aplicación de UV-C reduce el crecimiento microbiano en duraznos (Stevens *et al.*, 1996); frutillas (Marquenie *et al.*, 2002), mangos (González Aguilar *et al.*, 2001), manzanas (Stevens *et al.*, 1996), melones (Silveira *et al.*, 2008) y uvas (Nigro *et al.*, 1998).

Además, los tratamientos fotoquímicos con radiación UV-C probaron ser beneficiosos para modular la maduración y senescencia, expandiendo de este modo los beneficios de esta tecnología (Maharaj *et al.*, 1999; Stevens *et al.*, 1998). Los resultados obtenidos en general son variables dependiendo del producto, el estado de madurez, la temporada y la concentración aplicada.

El efecto de los tratamientos UV-C sobre la producción de etileno ha sido variable, y se ha encontrado tanto un incremento como una reducción de la producción de etileno en diferentes frutos, o incluso en la misma especie, pero bajo condiciones de tratamiento distintas. Se ha observado una reducción en el ablandamiento y la senescencia de frutos de varias especies, entre ellos los berries (Vicente *et al.*, 2004), los duraznos, las manzanas (Lu *et al.*, 1991) y las frutillas (Pan *et al.*, 2004).

Los tratamientos con UV-C reducen la degradación de clorofila (color verde) (Stevens *et al.*, 1998) debido a que disminuyen la actividad de la enzima clorofilasa, involucrada en el catabolismo de la clorofila (Costa *et al.*, 2006). También se ha determinado un incremento de la acumulación de antioxidantes en uvas tratadas con UV-C, lo que mejoraría el valor nutricional de algunos productos. Asimismo, se ha podido observar una reducción en la incidencia y severidad de los daños por frío en duraznos.

Los tratamientos con UV-C tienen una serie de ventajas que fomentan su uso en la poscosecha de frutas. Son simples, rápidos, requieren menos espacio que otros métodos y tienen un bajo costo de instalación y mantenimiento. En general, no hay restricciones legales para su uso.

Podrían ser considerados como una herramienta para sumar a las actualmente disponibles. La adopción a escala comercial dependerá de su eficacia al tratar mayores volúmenes de fruta (Civello *et al.*, 2006).

Muestreo durante la conservación

Durante el proceso de conservación es necesario un seguimiento de la fruta, con el fin de evaluar tanto el estado actual como su potencial de comercialización. Los controles deberán hacerse de manera más frecuente cuando más dudosa sea la partida en cuestión (Sánchez *et al.*, 2010).

Se recomienda tomar 20 frutos por partida y hacer dos lotes iguales de 10 frutos cada uno. Sobre el primero se determinan los índices de madurez (firmeza, ácidos, azúcares, color, etileno, etc.) y calidad (interna y externa). El segundo se deberá mantener a temperatura ambiente (20°C) unos 4-7 días, para simular el proceso normal de comercialización y conocer el estado en que esta fruta llegaría al consumidor.

Esto es importante ya que con frecuencia la fruta que parece estar en buenas condiciones puede tener una degradación muy rápida durante el proceso comercial. En el caso de las peras, resulta fundamental la evolución del color de la fruta, mientras que en manzanas la mayor importancia comercial está dada por la firmeza de la pulpa (Sánchez *et al.*, 2010).



Referencias

- ABELES, F.B., MORGAN, P.W. and SALTVEIT, M.E. 1992. Ethylene in Plant Biology. 2nd ed., Acad. Press, San Diego CA., 414 pp
- ALWAN, T.F., WATKINS, C.B. 1999. Intermittent warming effects on superficial scald development of "Cortland", "Delicious" and "Law Rome" apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 16, 203-212.
- ARGENTA, L.C., FAN, X.T. and MATTHEIS, J.P. (2003). Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by 'd'Anjou' cv. pear fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3858-3864.
- BANCROFT, R.D. 1995. The use of a surface coating to ameliorate the rate of spread of post-harvest fungal diseases of top fruit. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 385-405.
- BANGERTH, F. 1977. The effect of different partial pressures of CO₂, C₂H₄, and O₂ in the storage atmosphere on the ascorbic acid content of fruits and vegetables. *Qual. Plant*. 27, 125-133.
- BAI, J.H., YIN, X.H., WHITAKER, B.D., DESCHUYTTER, K., CHEN, P.M. 2009. Combination of 1-methylcyclopropene and ethoxyquin to control superficial scald of 'Anjou' pears. *HortTechnology* 19, 521-525.
- BODBODAK, S. and MOSHFEGHIFAR, M. *Advances in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*.
- BAUCHOT, A.D.; P. JOHN ; Y. SORIA and I. RECASENS. 1995. Sucrose Ester-based Coatings Formulated with Food-compatible Antioxidants in the prevention of Superficial Scald in stored apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 120(3):491-496.
- BEAUDRY, R.M. 1999. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol. Technol.* 15:293-303.
- BEAUDRY, R.M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *Hort-Technology* 10:491-500.
- BEAUDRY, R.M. and C.D. GRAN. 1993. Using a modified-atmosphere packaging approach to answer some postharvest questions: Factors affecting the lower oxygen limit. *Acta Hort.* 362:203-212.
- BEAUDRY, R.M.; A.C. CAMERON; A. SHIRAZI and D.L. DOSTAL-LANGE. 1992. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: Effect of temperature on package O₂ and CO₂. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:436-441.
- BENÍTEZ, C.E. 2001. Cosecha y poscosecha de peras y manzanas en los Valles Irrigados de la Patagonia. INTA EEA Alto Valle. General Roca, Río Negro. Argentina. 126 pp.
- BENÍTEZ, C.E.; CALVO, G. 2002. Fisiopatías y pérdidas de calidad en manzanas y peras. Ediciones INTA. 92 p. ISBN: 987-521-053-6
- BENÍTEZ, C.E.; CASTRO, H.R.; RICCA, A.P.; VAUDAGNA, S.R. 2005. Peras y Manzanas: Factores que afectan la calidad de los frutos. Buenos Aires. Ediciones INTA. Buenos Aires-Argentina. 396 p.
- BRAMALAGE, W.J. 1986. Physiological effects of waxing on apples. *Pr. C. Mass Fruit Growers Ass C.* 111-113.
- BRECHT, J.K.; CHAU, K.V.; FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; SILVA, F.M.; NUNES, M.C.N. and BENDER, R.J.. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology* 2003:27:87-101.
- BLANKENSHIP, S.M. and J.M. DOLE. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.* 28:1-25.
- BOWER, J.H.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. 2003. Effect of ethylene in the storage environment on quality of "Bartlett" pears. *Postharvest Biology and Technology* 28, 371-379.
- CALDERON, M. and R. BARKAI-GOLAN (eds). 1990. Food preservation by modified atmospheres. CRC Press, Boca Raton FL, 402 pp.
- CALVO, G y A. VERONESI. 1998 Evaluación del efecto de ésteres de sacarosa en la vida post-cosecha de peras y manzanas. Estación Experimental INTA Alto Valle. Río Negro. Argentina.
- CALVO, G. 1997. Evaluación del efecto de ésteres de sacarosa en la vida post-cosecha de peras y manzanas. X Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Septiembre 1997. Buenos Aires. Argentina.
- CALVO, G. 2002. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en manzanas cv. Red Delicious cosechadas con tres estados de madurez y conservadas en frío convencional y atmósfera controlada. *RIA* 3, 9-24. Ediciones INTA. Argentina.
- CALVO, G. 2003. Control de escaldadura superficial en peras "Beurré d'Anjou" mediante la aplicación de antioxidantes. General Roca, Río Negro, Argentina. INTA, EEA Alto Valle.
- CALVO, G. 2004a. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on pear maturity and quality. *Acta Horticulturae* 628, 203-211.

- CALVO, G. 2004b. Control de fisiopatías de postcosecha en manzanas "Granny Smith" mediante la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP). RIA 34, 45-59. INTA. Argentina.
- CALVO, G. 2004c. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras cv. Williams cosechadas con dos estados de madurez. RIA 33, 3-26. INTA. Argentina.
- CALVO, G. 2008. Tesis: 'Impacto del 1-MCP en cultivares de peras tempranas producidas en Alto Valle'. Magister Scientiae de la Universidad de Buenos Aires, Area Producción Vegetal. 16 de mayo, 2008.
- CALVO, G. 2016. El escaldado superficial en pera Beurré d'Anjou : etiología y desarrollo de sistemas de control. Tesis para obtener el grado de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Agropecuarias Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados. Mayo 2016.140 p.
- CALVO, G.; SALVADOR, M.E. 2000. Evaluación de la eficiencia de antioxidantes de origen natural en el control de escaldadura superficial en manzanas cv. Granny Smith.IIR- Postharvest & Refrigeration Conference: Improving postharvest technologies of fruit and vegetables. Murcia, España.
- CALVO, G.; SALVADOR, M.E.; SANCHEZ, E.E. 2002. Control of Superficial scald in "Beurré d'Anjou" pears with low oxygen levels. *Acta Horticulturae* 596, 879-882.
- CALVO, G.; CANDAN, A.P. 2003. Efecto del 1-metilciclopropeno sobre la madurez y control de escaldadura en peras cv. "Beurré d'Anjou" y "Packham's Triumph". Resúmenes del 9º Congreso Nacional de Horticultura. Montevideo, Uruguay, del 1 al 3 de abril, 2003. p: 79.
- CALVO, G.; CANDAN, A.P. 2011. Alternativas de control de escaldadura superficial en peras "Beurré d'Anjou". Informe Técnico INTA Alto Valle, 22 p.
- CALVO, G.; CANDAN, A.P. 2012. Evaluación de distintos sistemas de almacenamiento para controlar la maduración y el desarrollo de escaldadura superficial en peras "Beurré d'Anjou". 42 pp. Informe INTA Alto Valle, Rio Negro, Argentina.
- CALVO, G.; CANDAN, A.P. 2014. Strategies to modulate 1-MCP effects in "Packham's Triumph" pears: simultaneous application with ethylene or CO2 and temperature treatments. RIA 39, 2. INTA. Argentina.
- CALVO, G.; SOZZI, G.O. 2004. Improvement of postharvest storage quality of "Red Clapp's" pears by treatment with 1-methylcyclopropene at low temperature. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79, 930-934.
- CALVO, G.; MACADAM, C. 2005. Interacciones entre el 1-MCP y la conservación en atmósfera controlada en la madurez y calidad de manzanas cv. Red Delicious. Libro de Resúmenes XII Congreso Latinoamericano y XXVIII Congreso de Horticultura, III Jornadas Argentinas de Postcosecha. Pag. 93.
- CALVO, G.; KUPPERMAN, E. 2012. Current DPA and ethoxyquin situation and alternatives to superficial scald control in apples and pears. *Acta Horticulturae* 945, 51-54. http://www.actahort.org/books/945/945_5.htm
- CALVO, G.; CANDAN, A.P.; CIVELLO, M.; GINÉ-BORDONABA, J.; LARRIGAUDIÈRE, C. 2015. An insight into the role of fruit maturity at harvest on superficial scald development in "Beurré d'Anjou" pear. *Scientia Horticulturae* 192, 173-179.
- CANDAN, A.P.; CALVO, G. 2002. Uso de 1-MCP en frutas argentinas: manzanas, peras y ciruelas. Proceedings del "Seminario Internacional de Post Cosecha y procesamiento mínimo de frutas y hortalizas". Embrapa hortalizas, Brasilia, Brasil, 26 al 28 de noviembre, 2002.
- CANDAN, A.P.; CALVO, G. 2008. Evaluación del sistema de Atmósferas Controladas Dinámicas para la conservación de manzanas "Granny Smith" y "Cripp's Pink". Informe técnico INTA Alto Valle. 18 pp.
- CANDAN, A.P.; CALVO, G. 2009. Evaluación del sistema de Atmósferas Controladas Dinámicas para la conservación de peras "Williams" y "Beurré d'Anjou". Informe Técnico INTA Alto Valle, 25 pp.
- CANDAN, A.P.; CALVO, G.; STAHL, E. 2010. Almacenamiento de peras "Beurré d'Anjou" en Atmósferas Controladas Dinámicas. Informe Técnico INTA Alto Valle, 19 p.
- CANDAN, A.P.; STAHL, E.; CALVO, G. 2011. Atmósferas controladas dinámicas: una herramienta efectiva para el mantenimiento de la calidad postcosecha de peras 'Williams'. VI Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología de Postcosecha. 23 al 25 de Noviembre, 2011, Mendoza, Argentina. Pp20.
- CIVELLO, P.; VICENTE, A.; MARTÍNEZ, G. 2006. UVc technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits & Vegetables. Transworld Research Network, 37/661 (2), Fort P.O. Trivandrum-695 023, Kerala, India. 71-102.
- CAMERON, A.C.; B.D. PATTERSON; P.C. TALASILA and D.W. JOLLES. 1993. Modeling the risk in modified atmosphere packaging: A case for sense-and-respond packaging. In: G. Blanpied, J. Bartsch and J. Hicks (eds), Proc. 6th Int'l Contr. Atmos. Res. Conf., NRAES-71, Cornell Univ., Ithaca NY, pp. 95-102.
- CAMERON, A.C.; P.C. TALASILA and D.J. JOLLES. 1995. Predicting the film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:25-34.
- CAMERON, A.C.; R.M. BEAUDRY; N.H. BANKS and M.V. YELANICH. 1994. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: modeling respiration and package oxygen partial pressures as a function of temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:534-539.
- CHAPON, J.F.; WESTERCAMP, P. 1996. Entreposage frigorifiques Give pommes et give poires. It take 2: conduite of the conservation. CTIFL, Paris.
- CHAVES SOARES, A. L.; MELLO-FARIAS, P. C. (2006). Ethylene and fruit ripening: from illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. *Genetics and Molecular Biology*, 29(3), 508-515. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572006000300020>.
- CHAVEZ FRANCO, S.H. 1991. Effects of CO2 levels on ethylene biosynthesis and action in pear fruit (*pyrus communis* L.). PhD diss. Univ of California, Davis.
- CHEN, P.M.; OLSEN, K.L.; MEHERIUK, M. 1985. Effect of low-oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110, 16-20.

- CHEN, P.M.; VARGA, R.J.; XIAO, Y.Q. 1993. Inhibition of α -farnesene biosynthesis and its oxidation in the peel tissue of "d'Anjou" pears by low-O₂/elevated CO₂ atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* 3, 215-223.
- CHIRIBOGA, M. A.; LARRIGAUDIÈRE, C.; RECASENS, I.; SORIA, Y. 2008. Aplicación poscosecha de 1-metilciclopropeno en peras. En: ITEA: información técnica económica agraria, Volumen 104, núm. 1 marzo, pág. 12 - pág. 30 (19 págs.).
- CHIRIBOGA, M.A.; SCHOTSMANS, W.C.; LARRIGAUDIÈRE, C.; RECASENS GUINJUAN, I. 2014. Últimos avances en la aplicación del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras. *ITEA* 1, 34-48.
- CLAYPOOL, L.L. 1939. The waxing of deciduous fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37 :443-447.
- CTIFL, 1995. La réduction des meurtrissures des pommes. 4 p.
- DELONG, J.M.; PRANGE, R.K.; LEYTE, J.C. and HARRISON, P.A. 2004. A new technology that determines low-oxygen thresholds in controlled-atmosphere-stored apples. *Hort Technology* 14:262-266.
- DRAKE, S.R. 1997. Fruit quality as influenced by wax application. *Proceedings of the 1997 Washington Tree Fruit Postharvest Conference*, pages 47-52. Edited by Eugene
- DRAKE, S.R. and NELSON, J.W. 1990. Storage quality of waxed and non-waxed 'Delicious' and 'Golden Delicious' apples. *J. Food Qual.* 13:331-341.
- DRAKE, S.R.; J.K. FELLMAN and J.W. NELSON. 1987. Postharvest Use of Sucrose Polyesters for Extending the shelf- life of Stored "Golden Delicious" Apples. *J.Food Sci.* 52(3):655-690.
- DOVER, C.J. (1985). Commercial scale catalytic oxidation of ethylene as applied to fruit stores. In *Ethylene and Plant Development*, pp. 373-383. Eds J. A. Roberts and G. A. Tucker. Butterworths, London.
- DURÁN TORRELLARDONA, S. 1983. Frigoconservación de la fruta. 1ª ed. - Barcelona. Editorial Aedos. Pág. 369. ISBN 84-7003-257-7.
- EL-GOORANI, M.A. and N.F. SOMMER. 1981. Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 3:412-461.
- ELSON, C.M.; E.R. HAYES and P.D. LIDSTER. 1985. Development of the differentially permeable fruit coating 'Nutri-Save' for the modified atmosphere storage of fruit. In : S.M.
- EKMAN, J.H.; CLAYTON, M.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. (2004): Interaction between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for 'Bartlett' pears. *Postharvest Biol. Tec.*, 31, 127-136.
- ERBIL, H. and MUFTUĞLU, N. 1986. Lengthening the Postharvest Life of Peaches by Coating with Hydrophobic Emulsions. *J. Food Pro. and Pre.* 10, pp. 269-279.
- ESPELIE, K.E.; CARVALHO, S.C. and KOLATTUKUDY, P.E. 1982. Effects of commercial waxing on the content and composition of total wax and on diffusion resistance of 'Delicious' apples. *HortScience* 17:779-780.
- FAN, X.; BLANKSHIP, S.M. and MATTHEIS, J.P. 1999. 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening. *J.Amer. Soc. Hort.Sci.* 124(6):690-695.
- FALAGÁN, N. and TERRY, L.A. 2018. Recent Advances in Controlled and Modified Atmosphere of Fresh Produce. *Johnson Matthey Technol. Rev.*, 2018, 62, (1), 107-117.
- FIDLER, J.C.; WILKINSON, B.G.; EDNEY, K.L.; SHARPLES, R.O. 1973. The biology of apple and pear storage. Book: *Research Review of the Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops 1973 No.3* pp. East Mailing 235 pp.
- FISHMAN, S.; V. RODOV and S. BEN-YEHOSHUA. 1996. Mathematical model for perforation effect on oxygen and water vapor dynamics in modified-atmosphere packages. *J. Food Sci.* 61:956-961.
- FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. and CHAU, K.V. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for MAP: a review. *Journal of Food Engineering* 2002: 52:99-119.
- GAC, A. 1982. Gestion des stocks en entreposage frigorifique. *R.G. Froid*, mayo, 82: 277-281.
- GASSER, F.; DÄTWYLER, D.; SCHNEIDER, K.; NAUNHEIM, W. and HÖHN, E. 2003. Effects of decreasing oxygen levels in the storage atmosphere on the respiration of 'Idared' apples. *Acta Hort.* 600:189-192.
- GÓMEZ, E. 2017. Recubrimientos de frutas. *Biblioteca Horticultura*. Recuperado de <http://publicaciones.poscosecha.com/es/home/342-recubrimientos-de-frutas.html#>
- GRAELL, J. y ORTIZ, A. 2003. Recomendaciones para almacenamiento en atmósfera controlada. *Revista Horticultura*. 172:38-43
- GRAN, C.D.; BEAUDRY, R.M. (1992). Determination of the low oxygen limit for several commercial apple cultivars by respiratory quotient breakpoint. *Postharvest Biology and Technology*, 3, 259-267.
- HARDENBURG, R.E. 1967. 'Wax and Related Coatings for Horticultural Products' in A Bibliography. *Agricultural Research Service Bulletin* 51-55, United States Department of Agriculture, Washington, DC
- HARDENBURG, R.E.; A.E. WATADA; CHIEN YI WANG. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. *Agriculture Handbook* N° 66 del US department of Agriculture, 150 p.
- HERRERO, A. y GUARDIA, J. 1992. Conservación de frutos: Manual técnico. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- HERTOG, M.L.A.T.M.; H.W. PEPPLENBOS; R.G. EVELD and L.M.M. TIJSKENS. 1998. A dynamic and generic model of gas exchange of respiring produce: the effects of oxygen, carbon dioxide and temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 14:335-349.
- JEFFREE, C.E. 1996. "Structure and ontogeny of plant cuticles". En: *Plant cuticles: An Integrated Functional Approach*, G. Kerstiens (editor), BIOS Scientific, Oxford, pp. 33-85.

- ISIDORO, N.; ALMEIDA, D.P.F. 2006. α -Farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in "Rocha" pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylamine. *Postharvest Biology and Technology* 42, 49-56.
- INGLE M.; D'SOUZA, M.C. 1989. Physiology and control of superficial scald of apples: a review. *Hortscience* 24, 28-31.
- KADER, A.A. (1992) *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 3311. Oakland, California EEUU. 296 pp.
- KADER, A.A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortScience*. 20:54-57.
- KADER, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5):99-100, 102-104.
- KADER, A.A. 1997a. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. *In: A. Kader (ed) Fruits other than apples and pears*. *Postharvest Hort. Series No. 17*, Univ. Calif., Davis CA, CA97 Proc. 2:1-36.
- KADER, A.A. 1997b. Biological bases of O₂ and CO₂ effects on postharvest life of horticultural perishables. *In: M.E. Saltveit (ed.) CA97 Proc., Vol.4, Vegetables and ornamentals*. *Postharv. Hort. Series No. 18*, Univ. Calif., Davis CA. pp. 160-163.
- KADER, A.A.; D. ZAGORY and E.L. KERBEL. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci.* 28:1-30.
- KADER, A.A.; R.F.KASMIRE; F.GORDON MITCHEL; M.S.REIS; N. F. SOMMER and J.F. THOMPSON. 1985. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Cooperative Extension University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.
- KADER, A.A. 2013. *Postharvest Technology of Horticultural Crops – An Overview from Farm to Fork*. *Ethiop. J. Appl. Sci. Technol. (Special Issue No.1):* 1- 8 (2013).
- KADER, A.A; M. CANTWELL and F. GORDON MITCHELL. 1986. Gas diffusion, water loss and quality of pears and stone fruits affected by 'Semperfresh' coating. University of California, Davis, CA.
- KADER, AA. (editor). 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*, third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535p.
- KAYS, S.J. 1997. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Van Nostrand Reinhold, NY.
- KERBEL, E; F.G. MITCHELL; A.A. KADER and G. MAYER. 1989. Effect of "Semperfresh" coating on postharvest life, internal atmosphere modification and quality maintenance of "Granny Smith" apples. *J. Hort. Sci.* 247-254.
- KERBEL, E.L. 1987. Effects of elevated CO₂ concentrations on glycolysis in intact 'Bartlett' pear (*Pyrus communis* L.) fruit and suspension-cultured 'Passe Crassane' pear fruit cells. PhD Diss., Univ. Calif., Davis.
- KIDD, F. and WEST. 1935. The course of respiratory activity throughout the life of an apple. *Rep. Food Invest. Board for the year 1924*, DSIR, London, pp 27-33.
- KUPFERMAN, E. 1997. Controlled atmosphere storage of apples. *In: E.J. Mitcham (ed) Apples and Pears*. *Postharvest Hort. Series No. 16*, Univ. Calif., Davis CA, CA97 Proc. 3:1-30.
- LAKAKUL, R.; R.M. BEAUDRY and R.J. HERNANDEZ. 1999. Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages. *J. Food Sci.* 64:105-110.
- LARRIGAUDIÈRE C.; VILAPLANA, R.; DUPILLE, E. 2005. 1-MCP: una nueva alternativa para mejorar el almacenamiento y la calidad de la fruta. *Fruticultura profesional*, 153. Págs. 37-44.
- LAU, O.L.; BARDEN, C.L.; BLANKENSHIP, S.M.; CHEN, P.M.; CURRY, E.A.; DEELL, J.R.; LEHMAN-SALADA, L.; MITCHAM, E.J.; PRANGE, R.K.; WATKINS, C.B. 1998. A North American cooperative survey of 'Starkrimson Delicious' apple responses to 0.7% O₂-2 storage on superficial scald and other disorders. *Postharvest Biol. Technol.* 13, 19-26.
- LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. (1997) Ethylene and fruit ripening. *Physiol Plant* 101: 727-739.
- LEBLOND, C. and PAULIN, A. 1968. *La Conservation frigorifique des pommes et des poires*. J.-B. Baillièrre et fils, Volumen 1 de *Technique et biologie* Collection *Technique et biologie*, 161 páginas
- LIDSTER, P.D.; HILDEBRAND, P.D.; BÉRAUD, L.S.; PORRITT, S.W. 1988. Commercial storage of fruits and vegetables. *Publ. 1532/E. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario, Canada.*
- LITTLE, C.R.; FARAGHER, J.D.; TAYLOR, H.J. 1982. Effects of initial oxygen stress treatments in low oxygen modified atmosphere storage of "Granny Smith" apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107, 320-323.
- LOWINGS and CUTTS. 1982. The preservation of fresh fruits and vegetables. *Proc. Inst. Food Sci. Tech. Annual Symp.* July, 1981. Nottingham, U.K.
- LU, J.Y.; STEVENS, C.; KHAN, V.A.; KABWE, M.; WILSON, C.L. 1991. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal of Food Quality* 14, 299-305.
- LURIE, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14, 257-269.
- LURIE, S. 2005. Heat treatments to reduce superficial scald and chilling injury. *In: New Environmentally Friendly Technologies to Prevent Spoilage and Maintain Quality of Agricultural Produce* (S. Ben-Yehoshua, ed.) CRC Press, Boca Raton, Fla., USA, pp. 43-61.
- LURIE, S.; WATKINS, C.B. 2012. Superficial scald, its etiology and control, *Postharvest Biology and Technology* 65, 44-60.
- MATTOS, L.M.; MORETTI, C.L. and FERREIRA, M.D. 2012. *Modified Atmosphere Packaging for Perishable Plant Products*. INTECH Open Access Publisher, 2012.

- MATTHEIS, J.P. and J.P. FELLMAN. 2000. Impact of modified atmosphere packaging and controlled atmosphere on aroma, flavor and quality of horticultural produce. *HortTechnology* 10:507-510.
- MCGLOSSON, W.B. 1985. Ethylene and fruit ripening. *HortScience*. 20:51-54.
- MEHERIUK, M. and O.L. LAU. 1988. Effect of Two Polymeric Coatings on Fruit Quality of "Bartlett" and "D'Anjou" pears. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 113(2):222-226.
- MEHERIUK, M. and MCPHEE, W.J. 1984. Postharvest handling of pome fruits, soft fruits, and grapes. *Agric. Canada Public.* 1768E.
- MEHERIUK, M. and PORRITT, S.W. 1972. Effects of waxing on respiration, ethylene production and other physical and chemical changes in selected apple cultivars. *Can. J. Pl. Sci.*, 52: 257-259.
- MITCHAM, E.J.; LEE, T.; MARTIN, A.; ZHOU, S.; KADER, A.A. 2003. Summary of CA for arthropod control on fresh horticultural perishables. *Acta Hort.* 600, 741-745.
- MITCHELL, F.G. 1992. Cooling Horticultural Commodities. *In: Kader, AA (ed) Postharvest Technology of Horticultural Crops.* University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 296 pp.
- NIGRO, F., IPPOLITTO, A., LIMA, G. 1998. Use of UVc light to reduce Botrytis storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 13, 171-181.
- PAULL R.E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharvest News and Information* 1, 355-361.
- PAULL, R.E. and ROHRBACH, K.G. 1985. Symptoms development of chilling injury in pineapple fruit. *J. Am. S C Hort. Sci.* 110: 100-105.
- PESIS, E.; BEN-ARIE, R.; FEYGENBERG, O.; LICHTER, A.; GADIYEVA, O.; ANTILDFEYEV, I.; URYUPINA, T. 2007a. A simple pretreatment with low O₂ to alleviate superficial scald in Granny Smith apples. *J. Sci. Food Agric.* 87, 1836-1844.
- PRANGE, R.K.; DELONG, J.M. and HARRISON, P.A. 2005. Quality management through respiration control: is there a relationship between lowest acceptable respiration, chlorophyll fluorescence and cytoplasmic acidosis? *Acta Hort.* 682:823-830.
- PRANGE, R.K.; WRIGHT, A.H.; DELONG J.M. and A. ZANELLA. 2015. A Review on the Successful Adoption of Dynamic Controlled-Atmosphere (DCA) Storage as a Replacement for Diphenylamine (DPA), the Chemical Used for Control of Superficial Scald in Apples and Pears. *Proc. XIth Int. Controlled and Modified Atmosphere Research Conf.* Eds.: M.L. Amodio and G. Colelli. *Acta Hort.* 1071, ISHS 2015.
- RETAMALES, J.; CAMPOS, R.; CASTRO, D. 1998. Ethylene control and ripening in Packham's Triumph and Beurre Bosc pears. *Acta Hortic.* 475, 559/566.
- RICHARDSON, D.G. and E. KUPFERMAN. 1997. Controlled atmosphere storage of pears. *In: E.J. Mitcham (ed) Apples and pears.* *Postharvest Hort. Series No. 16*, Univ. Calif., Davis CA, CA'97 Proc. 2:31-35.
- SALTVEIT, M.E. (ed). 1997. CA'97 Proc., Vol. 4, Vegetables and ornamentals. *Postharv. Hort. Ser. No. 18*, Univ. Calif., Davis CA, 168 pp.
- SALTVEIT, M.E. 1997. A summary of CA and MA recommendations for harvested vegetables. *In: M.E. Saltveit (ed) Vegetables and ornamentals.* *Postharvest Hort. Series No. 18*, Univ. Calif., Davis CA, CA'97 Proc. 4:98-117.
- SALTVEIT, M.E. 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? *Postharvest Biology and Technology* 2003:27:3-13.
- SANCHEZ, E.; CALVO, G.; CANDAN, A.P.; GOMILA, T.; COLODNER, A. y OTROS. 2010. Pera Williams: Manual para el productor y el empacador. Primera edición. 168 pp. Editado en el marco del Proyecto CoFeCyt 'Respuesta a las limitantes tecnológicas que amenazan la competitividad de la pera Williams Argentina'. Capítulo 12: Manejo de Poscosecha. 124-136 ps. ISBN:978-987-25872-0-8.
- SCHOMER, H.A. and PIERSON, C.F. 1967. The use of wax on apples and pears. *Pr C. Wash. State Hort. Ass C.* 1967: 198-200.
- SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E. and TUCKER, G.A. (1993) *Biochemistry of fruit ripening.* Chapman and Hall Publishers, London, 454 pp.
- SILVEIRA, A.C.; E. AGUAYO; F. ARTÉS-HERNÁNDEZ and F. ARTÉS. 2008. Alternative sanitizers as substitution of chlorine use on fresh-cut "Galía" (*Cucumis melo* var. *catalupensis*) melon. *Journal of Food Science* 73: 405-411.
- SISLER, E.C. and SEREK, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Bot.Bull. Acad.Sin* 40:1-7.
- SISLER, E.C.; DUPILLE, E.; SEREK, M. 1996. Effects of 1-methylcyclopropene and methylcyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnation. *Plant Growth regul.* 18, 79-86.
- SOMMER, N.F. 1985. Role of controlled environments in suppression of postharvest diseases. *Can. J.Plant Patholo.* 7:331-339.
- SOZZI, G.O. 2007. Tecnología de postcosecha de frutos de especies leñosas, pp. 769-805. En: Sozzi, G.O. (Ed.), *Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento.* Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 805 p. ISBN 950-29-0974-7.
- SOZZI, G.O.; BEAUDRY, R.M. 2007. Current perspectives on the use of 1-methylcyclopropene in tree fruit crops: An international survey. *Stewart Postharvest Review* 3 (2), art. no. 86.
- SPARKS, W.C. 1976. 'Losses in Potatoes and Lesser Fruits and Vegetables' in *Proc. of National Food Loss Conf.*, M. V. Zaehring and J. O. Early (eds.), College of Agriculture, University of Idaho, Moscow.
- STEVENS, C.; LUI, J.; KHAN, V.; LU, J.; KABWE, M.; WILSON, C.; IGWEGBE, E.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. 2004. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. *Crop Protection* 23, 551-554.
- SUAREZ, R. 1990. El permanganato potásico como controlador del etileno en post-recolección. *Fruticultura profesional* 32- Julio-septiembre 1990.

- THOMPSON, J.F. 1992. Storage Systems, pp. 69 - 78. In: Kader, AA (ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.
- THOMPSON, A.K. 1998. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CAB International, Wallingford, U.K., 288 pp.
- THOMPSON, J.F.; MITCHELL, G.; RUMSEY, R.; EKASMIRE, R. and CRISOSTO, C.H. 1998. Commercial cooling of fruits, vegetable and flowers. Oakland:Univ. Calif. Div. of A. and Nat. Res. Pub.21567. 61 pp.
- TRINCHERO, G.D.; SOZZI, G.O.; COVATTA, F. & FRASCHINA, A.A. (2004): Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of 'Bartlett' pears. *Postharvest Biol. Tec.*, 32, 193-204.
- TROUT, S.A.; HOLD, E.G. and SYKES, S.M. 1952. Effect of skin coatings on the behavior of apples in storage. *Austral. J.Agric.Res.* 4:57-81.
- VAN ZYL, H.J.; H.TORMANN y L.J.VON MOLLENDOR. 1987. Effect of wax treatment on fruit Postharvest Biology and Technology *Biología y Tecnología Poscosecha* Volume 40, Issue 2, May 2006, Pages 116-122 Volumen 40, Número 20, mayo de 2006, Páginas 116-122.
- VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G; CHAVES, A. y CIVELLO, P.M. 2006. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage *Postharvest Biology and Technology*, 40, 116-122.
- VILAPLANA, R.; VALENTINES, M.C.; TOIVONEN, P.; LARRIGAUDIÈRE, C. 2006. Antioxidant potential and peroxidative state of "Golden Smoothee" apples treated with 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131, 104-109.
- VILLALOBOS-ACUÑA, M.; MITCHAM, E.J. 2008 Ripening of European pears: The chilling dilemma. *Postharvest Biology and Technology* 49, 187-200.
- WALTEI, H. 1991. Humidity Management in CA Storages. *Tree Fruit Postharvest J.* 2:16-20.
- Waelti, Henry, M. Johnson and R. P. Cavalieri. 1992. Energy conservation, cooling rate and storage environment in fan-cycled rooms. Paper No. PNW 92-113, presented at the Pacific Northwest Section, American Society-Canadian Society of Agricultural Engineers 47th Annual Meeting, Bozeman, MT (Sept. 16-18, 1992).
- WATKINS, C.B.; BRAMLAGE, W.J.; CREGOE, B.A. 1995. Superficial scald of "Granny Smith" apples is expressed as a typical chilling injury. *Journal of American Society for Horticultural Science* 120, 88-94.
- WATKINS, C.B.; NOCK J.F.; WHITAKER, B.D. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19:17-23.
- WATKINS, C.B. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1): 1-25.
- WATKINS, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*. 24:389-409.
- WATKINS, C.B. 2007. The effect of 1-MCP on the development of physiological storage disorders in horticultural crops *Stewart Postharvest Review* 3 (2), art. no. 11 5.
- WATKINS, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops *HortScience* 43 (1), pp. 86-94 28.
- WILSON, C.L. 2018. World Food Preservation Center® LLC. *Acta Hort.* 1194, 5-12. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1194.2>
- WHITAKER, B.D., SOLOMOS, T., HARRISON, D.J. 1997. Quantification of -farnesene and its conjugated trienol oxidation products from apple peel by C18-HPLC with UV detection. *J. Agric. Food Chem.* 45, 760-765.
- WHITAKER, B.D.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. 2000. Peel tissue -farnesene and conjugated trienol concentrations during storage of 'White Angel' × 'Rome Beauty' hybrid apple selections susceptible and resistant to superficial scald. *Postharvest Biol.Technol.* 20, 231-241.
- WRIGHT, A.; DELONG, J.; ARUL, J.; PRANGE, R. 2015. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus x domestica* Borkh) storage-A review. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 90, 1-13.
- XUETONG, F. and MATHEIS, J.P. 1998. Development of apple superficial scald, soft scale, core flush and greasiness require ethylene action. *Tektran. United States Department of Agriculture. Agricultural Reserarch Service.*
- YANG, S.F. and HOFFMAN, N.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol* 35:155-189.
- ZANELLA, A.; CAZZANELLI, P.; PANARESE, A.; COSER, M.; CECCHINEL, M.; ROSSI, O. 2005. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. *Acta Hort.* 682:1535-1542.
- ZOFFOLI, J.P; D. RICHARDSON and P. CHEN. 1995. Principales Antecedentes Orientados al manejo Integrado del Desorden fisiológico Escaldadura de manzanas y peras. *Rev. Frutícola* 16:3.Technol. 15:293-303.

En la presente publicación el lector encontrará una reseña de las principales tecnologías disponibles para preservar la calidad de peras y manzanas durante la etapa de la poscosecha.

Entre las diferentes alternativas se analizan el manejo del frío, el uso de atmósferas modificadas y controladas y la aplicación de 1-metilciclopropano (1-MCP). Su uso correcto retrasa con eficiencia los procesos bioquímicos y fisiológicos de degradación asociados al deterioro y permite ofrecer al consumidor un producto de excelentes atributos.

La información fue generada y recopilada por profesionales del Área de Poscosecha de la Estación Experimental Alto Valle del INTA durante 16 años sobre la base de ensayos científicos, experiencias con productores y técnicos de la actividad privada y referencias de la bibliografía internacional.



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación