

TRATAMIENTOS POSTCOSECHA *en fruta de pepita y hueso*

Los principales tratamientos postcosecha para extender la capacidad de almacenamiento y mantener la calidad de las frutas incluyen una combinación de técnicas físicas, químicas y optimizaciones tecnológicas de las cámaras. Estos tratamientos están diseñados para retardar los procesos fisiológicos y bioquímicos que llevan al deterioro, prolongando así la vida útil y manteniendo la calidad general de las frutas.

GEMMA ECHEVERRIA CORTADA, CHRISTIAN LARRIGAUDIÈRE
Programa de Postcosecha. Grupo de Fisiología y Tecnología. IRTA. Lleida

La temperatura es un factor clave del proceso de almacenamiento postcosecha que permite alargar la vida comercial del fruto. Las temperaturas bajas permiten ralentizar los procesos metabólicos y especialmente la maduración y tasa respiratoria de los frutos. El control de la temperatura es también esencial

para ralentizar el crecimiento microbiano y reducir el desarrollo de podredumbres. Cabe destacar la acción que tienen las bajas temperaturas en inhibir las acciones de enzimas, y especialmente de las enzimas involucradas en procesos degradativos de la calidad y/o inducción de procesos de senescencia. Las bajas temperaturas permiten ralentizar especialmente

la pérdida de firmeza y de acidez de los frutos, lo que contribuye en la mejora de la calidad comercial. Al contrario, las bajas temperaturas pueden también ser necesarias para inducir la madurez y la calidad en frutos incapaces de madurar sin una estancia previa en frío. Es el caso especialmente de ciertas variedades de peras, como la Flor de Invierno, Passa Crassana, peras americanas como d'Anjou y 'Bartlett', y en menor medida la Conferencia, que deben ser sometidas a estancias en frío de unas semanas a hasta 2-3 meses para llegar a su calidad óptima.

Para frutas como la manzana, la pera y el melocotón, temperatura cercana a 0°C es la óptima, ya que se encuentra cerca del punto de congelación del agua, pero aún por encima de él. Sin embargo, algunas frutas son sensibles al frío y pueden sufrir lo que se conoce como los daños por frío. Este es el caso de la fruta de hueso. El daño por frío en la fruta de hueso es un problema común durante su conservación a bajas temperaturas. Los daños por frío son varios pero los principales son el pardeamiento de la pulpa y la falta de jugosidad (harinosidad o cuerosidad) en la fruta (**Figura 1**). Se puede observar también, problemas



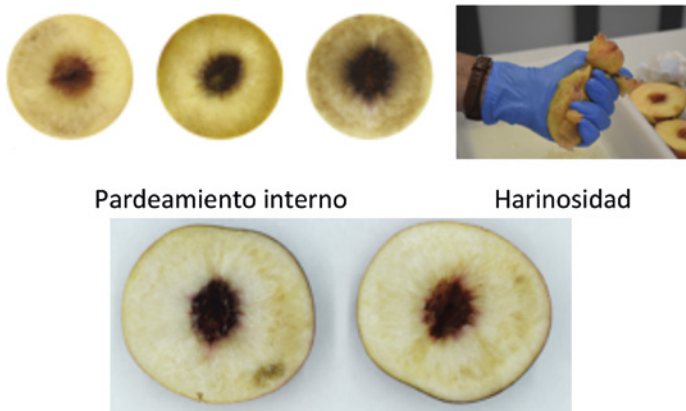


FIGURA 1
Principales daños por frío en fruta de hueso



FIGURA 2
Conservación de nectarina plana en atmósfera modificada pasiva

de tipo gelificación o transparencia que suele afectar más especialmente a las ciruelas (**Figura 1**). Dichas alteraciones aparecen después de un período de conservación en frío (especialmente a temperaturas entre 2 y 8°C) y después de permanecer unos días a temperatura ambiente (Lurie y Crisosto, 2005).

Es importante resaltar que, junto a la temperatura, es imperativo controlar de forma adecuada la humedad relativa en el interior de la cámara de conservación. El control de la humedad relativa es necesario para limitar el efecto desecante que tienen las bajas temperaturas y evitar problemas de deshidratación y/o acumulación de agua de condensación. Cada especie tiene requisitos específicos de temperatura, por lo que es esencial comprender estas necesidades y aplicar prácticas de manejo adecuadas para lograr el mejor resultado.

Principales tratamientos postcosecha

Además del control de la temperatura, entre los principales tratamientos, cabe destacar el uso de sistemas de control de la atmósfera (especialmente de las concentraciones de O₂ y CO₂) alrededor del fruto (AMP y AC), el manejo y control del etileno, el uso de

Junto a la temperatura, es imperativo controlar de forma adecuada la humedad relativa en el interior de la cámara de conservación

técnicas térmicas como el pre-enfriamiento o acondicionamiento térmico, y finalmente el uso de recubrimientos comestibles. La elección y efectividad de estos tratamientos pueden variar según la especie, la variedad, su grado de madurez, de las condiciones de almacenamiento y de los requisitos específicos de la cadena de suministro. Una combinación de estos tratamientos, adaptados a las características de la fruta, puede prolongar significativamente la capacidad de almacenamiento y mantener su calidad.

- Modificación de la atmósfera

La atmósfera modificada pasiva (AMP) es una técnica postcosecha que implica el ajuste de la composición de los gases que rodean los frutos mediante la aplicación de un envoltorio plástico de permeabilidad selectiva (**Figura 2**). A diferencia de la atmósfera modificada activa, donde se introducen gases específicos de forma controlada, en la AMP la composición de gases cambia naturalmente debido a los intercambios que se producen entre el fruto y la atmósfera. La AMP se basa en la respiración de los productos. Las frutas y verduras continúan respirando después de la cosecha, consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono y etileno. Como resultado de esta disminución de los niveles de O₂ y aumento de CO₂ en el interior del envoltorio, se logra controlar y limitar los procesos de respiración y maduración, y prolongar la vida útil del producto. Los envases utilizados para la AMP deben tener propiedades de barrera adecuadas para permitir una tasa controlada de intercambio de gases entre el interior del paquete y el ambiente exterior. Esto se logra mediante la selección de películas plásticas con permeabilidades específicas al oxígeno, dióxido de car-

bono y vapor de agua. Mantener una humedad relativa adecuada dentro del envase es también esencial para prevenir la deshidratación y mantener la calidad del producto. Algunas frutas y verduras requieren un nivel específico de humedad para evitar la pérdida de agua o la acumulación de condensación.

La atmósfera controlada (AC) es una técnica de conservación que implica la modificación precisa de la composición gaseosa que rodea el producto almacenado, ajustando los niveles de oxígeno, dióxido de carbono, humedad y otros gases. Esto permite controlar y ralentizar los procesos de maduración, respiración y deterioro, lo que resulta en una prolongación significativa de la vida útil y la preservación de la calidad. Al inhibir la respiración y otros procesos metabólicos, las atmósferas controladas tienen un efecto positivo sobre parámetros de calidad como el sabor, el color, la textura y los nutrientes de los productos. Sin embargo, algunos autores han mostrado que la conservación en AC puede también modificar el perfil de compuestos volátiles aromáticos del producto. La intensidad del cambio depende principalmente de la especie, variedad, tiempo de conservación y condiciones gaseosas (Mattheis y Fellman, 2000). Hay que tener en consideración que no todas las especies y variedades son aptos para el almacenamiento en atmósferas controladas. Algunas pueden ser más sensibles a los niveles de oxígeno y dióxido de carbono modificados. Las atmósferas controladas son una técnica avanzada y efectiva para la preservación postcosecha de manzana, pera y melocotón. Aunque sea más costosa que el almacenamiento en frío normal, y requiera equipos especializados, puede ofrecer beneficios significativos en términos de extensión de la vida útil, calidad y reducción de pérdidas. La implementación exitosa de esta técnica requiere un conocimiento profundo de las necesidades de cada producto (% de O_2 y CO_2) y un control preciso de las condiciones gaseosas en el



FIGURA 3
Tratamiento de peras con etileno exógeno (a nivel de investigación)

Las atmósferas controladas son una técnica avanzada y efectiva para la preservación postcosecha de manzana, pera y melocotón

entorno de almacenamiento. Un almacenamiento a niveles demasiados bajos de O_2 y/o demasiados altos de CO_2 puede conducir al desarrollo de desórdenes fisiológicos, problemas de anoxia, fermentación y corazón pardo entre otros.

Las atmósferas controladas dinámicas (ACD) son una evolución avanzada de la técnica de atmósfera controlada estática. A diferencia de las atmósferas controladas estáticas, donde se establece una composición

gaseosa constante y se mantiene así durante todo el período de almacenamiento, las ACD implican la modificación de la composición gaseosa de manera continua o intermitente a lo largo del tiempo. En este sistema se pasa de un sistema de control pasivo, la AC, a uno activo, en el cual es el fruto mismo que define las condiciones de conservación. Esto permite un mayor control y adaptabilidad para responder a las necesidades cambiantes del producto almacenado. La implementación de ACD requiere sensores precisos para monitorear continuamente los niveles de oxígeno, dióxido de carbono y otros gases. Esta técnica permite extender de forma más significativa el periodo de vida útil del producto y es de gran interés para eliminar desórdenes específicos como el escaldado superficial especialmente en manzana.

- Control de las concentraciones de etileno en cámara

El etileno es la hormona clave involucrada en el desarrollo de la maduración y de los procesos de senescencia de los frutos (**Figura 3**). Un buen control de los niveles de etileno en postcosecha es fundamental para la

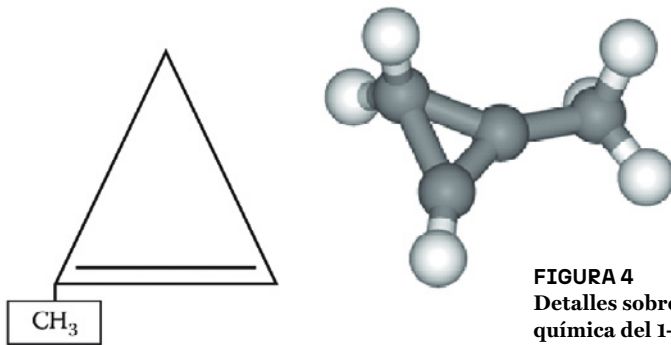


FIGURA 4
Detalles sobre la estructura química del 1-MCP (Vijay and Rakesh, 2018)

preservación postcosecha de los frutos climatéricos. El etileno estimula la síntesis de enzimas responsables de la descomposición de almidones en azúcares, necesario como sustratos para la respiración. Esta hormona, además, está involucrada en los procesos de ablandamiento del fruto, vía la activación de enzimas como las pectinasas que descomponen las paredes celulares. La exposición al etileno puede alterar el sabor y el aroma de los productos, ya que influye en la conversión de compuestos aromáticos.

Aunque el etileno es necesario para el desarrollo de la maduración y para alcanzar la calidad sensorial de los frutos, su producción se tiene que

limitar si lo que se pretende es alargar la vida útil del producto. Esto se suele hacer limitando la acumulación de etileno en la atmósfera mediante una buena ventilación en las áreas de almacenamiento. Se puede utilizar también absorbedores de etileno provistos de filtros específicamente diseñados para absorber el etileno. Estos filtros son particularmente útiles cuando se almacenan productos sensibles al etileno, que en general no se tienen que almacenar con frutos que liberan alto niveles de etileno. La combinación de estas técnicas, ventilación, filtración y separación de productos sensibles puede ayudar a mantener un ambiente libre de etileno y prolongar la vida útil de las

frutas y verduras. En todos los casos, es importante entender las fuentes potenciales de etileno y cómo afecta a los productos específicos para aplicar estrategias de manejo adecuadas. Sin embargo, algunas veces también se recomienda realizar tratamientos con etileno exógeno para regular y acelerar el proceso de maduración de los frutos a través de la exposición controlada a esta hormona. Esto se logra con el propósito de homogeneizar el estado de madurez de los productos, mejorar su calidad sensorial y extender su vida útil, minimizando las pérdidas postcosecha y facilitando la planificación y sincronización de la producción agrícola.

El 1-MCP (1-metilciclopropeno) es un compuesto químico que tiene la capacidad de inhibir la producción y la acción del etileno (**Figura 4**). De ahí, este producto se ha utilizado ampliamente para prolongar la vida útil y mantener la calidad especialmente de frutas de pepita (como manzanas y peras). De su acción sobre el etileno, el 1-MCP permite reducir de forma muy importante las pérdidas de firmeza en conservación y hasta durante la vida comercial. Este producto es también de gran interés para limitar las pérdidas de acidez, inhibir la respiración y la inducción de la crisis climatérica en frutos climatéricos.

Una gran ventaja del tratamiento es eliminar el desarrollo del escaldado superficial en peras y manzanas, y limitar el desarrollo de otras alteraciones en frutos recolectados demasiado maduros como el escaldado de senescencia, pardeamientos internos en pera y otros problemas de sobre maduración. En fruta de hueso, y aunque la aplicación comercial de este tratamiento en estos frutos es mucho más limitada, el 1-MCP permite también una reducción de los problemas de pardeamiento interno, pero con efectos a veces negativos en la harinosidad de los frutos

La efectividad del 1-MCP depende de la dosis y la duración del tratamiento, así como del momento en que se aplica después de la cosecha. No todas las especies y/o variedades responden igual al 1-MCP. La sensibilidad varía según el estado de madurez de la variedad. Las temperaturas de almacenamiento también pueden afectar la eficacia del 1-MCP.

- Tratamientos térmicos

El pre-enfriamiento con agua o hidrogenfriamiento consiste en enfriar rápidamente la fruta después de cosecha sumergiéndola en agua fría o aplicando un chorro de agua a alta velocidad (Figura 5). Este proceso ayuda a eliminar el calor del campo y a reducir rápidamente la temperatura de la fruta. De este hecho, se limita de forma importante la intensidad respiratoria del producto antes de su entrada en cámara y la acumulación de CO₂ en los tejidos. Lo que permite finalmente limitar el desarrollo de alteraciones postcosecha como el corazón pardo en peras y en general los procesos de senescencia. El hidrogenfriamiento se ha utilizado con éxito en manzanas, peras (Molinu *et al.*, 2009) y melocotones (Pervitasari *et al.*, 2021).

Pre-acondicionamiento térmico en melocotones: Este tratamiento consiste en mantener los frutos inmediatamente después de cosecha, un cierto periodo de tiempo a 20°C (unas 24 horas) antes de su entrada en cámara fría. Este tratamiento se ha mostrado eficaz para reducir la incidencia de



FIGURA 5
Colocación de palots de pera Conferencia en un equipo de hidrogenfriamiento de la empresa INDUSTRIAL LLEIDATANA DEL FRED S.L.U.

harinosidad en frutos de hueso. Las condiciones exactas de tratamiento dependen de las variedades y del estado de madurez en los cuales los frutos son recolectados.

- Recubrimientos comestibles

Recientemente, en respuesta a las nuevas restricciones sanitarias, particularmente en lo que respecta al uso de difenilamina y etoxiquina como agentes antiescaldantes, se ha observado un aumento significativo en la investigación y desarrollo de nuevos productos, específicamente recubrimientos. Estos recubrimientos suelen estar compuestos por una matriz comestible, generalmente de naturaleza polisacárida, junto con sustancias activas de origen natural. En términos generales, estos productos se emplean con el propósito de prolongar la vida útil de los productos, al tiempo que reducen las pérdidas de peso y minimizan la incidencia de diversos trastornos de conservación, como el escaldado superficial.

Bibliografía

Lurie, S., Crisosto, C.H. 2005. Chi-

lling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37 (3), 195-208.

Mattheis, J., Fellman, J. K. 2000. *Impacts of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor, and quality of horticultural commodities*. *Hort-Technology*, 10(3), 507-510.

Molinu, M. G., Venditti, T., Dore, A., Petretto, A., D'hallewin, G., Agabbio, M. 2009). *The effect of hydrocooling on the keeping quality of early ripening pear cultivars*. In VI International Postharvest Symposium 877 (pp. 861-867).

Pervitasari, A. N., Kim, J. H., Cho, K., Choi, D., Yun, S. K., Kim, D., Kim, D.H., Kim, J. 2021. *Effects of hydrocooling and 1-MCP treatment on the quality changes of peach fruit during storage*. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 39(6), 769-780.

Vijay, P., Rakesh, P. 2018. *1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatments*. Pareek, S. (Ed.). (2018). *Novel Postharvest Treatments of Fresh Produce (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315370149>.