

Situación legal de los medios de lucha químicos actuales y desarrollo de tecnologías alternativas

Situación actual del escaldado superficial en peras y manzanas

A finales de los años 60, comenzó a extenderse la aplicación de la técnica de la atmósfera controlada (AC) para la conservación de fruta, con la cual se consiguió prolongar el periodo de conservación de dichos productos en las instalaciones que trabajan en condiciones de bajas temperaturas. El hecho de prolongar la vida útil de una fruta tras su cosecha conlleva el beneficio de poder almacenar los excedentes de producción para irlos comercializando a lo largo de un periodo de tiempo, pero presenta efectos negativos sobre el producto, por el hecho de influir sobre su metabolismo y su fisiología tras la cosecha, que se manifiestan, entre otras, en forma de fisiopatías y se traducen en mermas en cantidad y calidad del producto conservado.

Victoria Llorens Hernández ⁽¹⁾
y Josep Usall i Rodié ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Técnico del Servicio Técnico de Postcosecha. IRTA.

⁽²⁾ Director del Servicio Técnico de Postcosecha. IRTA.

En el caso de la conservación de peras y manzanas, la principal fisiopatía que se desarrolla es el escaldado superficial (*Common scald*, Su-

perficial scald). Según diversos autores se trata de un daño por frío (Soria, Y., 1998; Artés, F *et al.*, 2003), que se manifiesta en forma de manchas de coloración marrón en la epidermis del fruto, de consistencia más bien dura y seca, que no llegan a afectar a la pulpa. El escaldado es una expresión de daño y muerte celular de las zonas del fruto afectadas, que tiene lugar por la acción fitotóxica

de los trienios conjugados. Éstos son compuestos resultantes de la oxidación del alfa-farnaseno, producido por los frutos al inicio de su conservación, que tienden a producirse y a acumularse en la epidermis del fruto a lo largo de toda su conservación.

La incidencia del escaldado depende de muchos factores precosecha: variedad, vigor del árbol (relacionado con la poda y el sombreado de los frutos), madurez del fruto a la cosecha y climatología de la campaña, básicamente (Soria, Y., 1998; Chu, C.L., 2000).

En cualquier caso, independientemente de su severidad, la manifestación de esta alteración en conservación no es inmediata. A partir de las ocho semanas de conservación frigorífica pueden irse desarrollando lentamente los primeros síntomas, pero una vez se saca de la cámara, es cuando los síntomas se manifiestan con mayor intensidad (Soria, Y., 1998; Kupferman, E., 2001).

Una de las medidas de control de esta fisiopatía es precisamente la reducción de los niveles de oxígeno. Los beneficios positivos sobre el control del escaldado son mayores cuanto antes se alcanzan las condiciones de composición gaseosa de la atmósfera establecidas para cada variedad, y cuanto más bajas se mantienen las concentraciones de oxígeno en la cámara. Esto es debido a que la reducción del contenido de oxígeno en el entorno de los frutos dificulta la oxidación del alfa-farnaseno en trienios conjugados y, por tanto, la manifestación fitotóxica de la presencia de estos compuestos sobre la piel de los mismos. No obstante, con las condiciones habituales de atmósfera controlada, con niveles de oxígeno por encima del 1%, esta acción no puede considerarse un tratamiento antiescaldante como tal, ya que no puede conseguirse de modo inmediato y simultáneo al de la síntesis de alfa-farnaseno por los frutos, por lo que su efecto no deja de ser parcial, y claramente insuficiente en variedades



Aspecto de la fisiopatía del escaldado por frío en manzana *Granny smith*.



Equipo utilizado para el tratamiento postcosecha tradicional de fruta de pepita (*drencher*).

extremadamente sensibles, como sería el caso de la manzana *Granny smith*.

Por este motivo, desde los inicios de la aplicación de la atmósfera controlada en la conservación de la fruta se desarrollaron productos químicos de síntesis con capacidad antioxidante y efecto directo de control sobre la fisiopatía del escaldado. Dichos compuestos son la difenilamina (DPA) y la etoxiquina, y se han utilizado ampliamente con éxito en los últimos cuarenta años, aunque con ciertos matices: el uso de la DPA se ha extendido más en variedades susceptibles de manzana y menos en variedades de pera (donde ha mostrado ser menos eficiente), mientras que el uso de la etoxiquina se ha extendido más en variedades de pera y por presentar una menor fitotoxicidad (Kupferman, E, *et al.*, 2003).

Sin embargo, el uso de antioxidantes no está exento de problemas. Estas sustancias deben usarse con precaución, ya que si se exceden las recomendaciones de dosis de aplicación pueden provocarse importantes daños a los frutos. Incluso, a las dosis recomendadas la disolución del tratamiento puede quedar retenida en exceso entre frutos, en sus cavidades o en los envases de almacenamiento (palots de madera o plástico, elementos protectores, etc.) y, al evaporarse la fracción líquida, concentrarse el antioxidante hasta niveles dañinos para el producto.

Situación de la difenilamina y la etoxiquina

En la actualidad, la Unión Europea se ocupa de la armonización de los requisitos y los procedimientos de autorización de los productos fitosanitarios, con objeto de proteger la salud humana y el medio ambiente. Asimismo, establece una lista de sustancias autorizadas y un programa escalonado de evaluación de las sustancias ya comercializadas.

La herramienta para dicha armonización es la Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios. Según marca esta Directiva, dentro de la Unión Europea únicamente están autorizados los productos fitosanitarios cuyas sustancias activas figuren en la lista del Anejo I de la misma, porque se ha podido demostrar que, si se utilizan en condiciones normales, no presentan riesgos para la salud humana o animal ni para el medio ambiente.



Equipo de aplicación del 1-MCP y bolsa con el producto comercial.



Urna para contener muestras de fruta, dotada de sensor de fluorescencia.

En medio de este proceso de revisión se hallan también inmersas las dos materias activas que se comercializan actualmente como antiescaldantes, aunque su situación es algo diferente para cada una.

Respecto a la etoxiquina, los fabricantes decidieron la retirada voluntaria del registro de esta materia activa. De este modo, la situación de la etoxiquina en la Unión Europea queda como sigue: el plazo de comercialización es el 3 de marzo de 2012 y el 3 de septiembre del mismo año es la fecha límite de su uso, exclusivamente en variedades de pera y con un LMR de 3 ppm, a la espera de si deciden volverla a presentar para su evaluación.

Respecto a la difenilamina, su situación es algo diferente. La reglamentación de la UE referente a esta materia activa dio un giro radical cuando, en noviembre de 2009, la Comisión Europea decidió no incluirla en el Anejo I de la Directiva 91/414/CEE, debido a que durante su evaluación se detectaron diversos problemas relacionados con la seguridad de los consumidores. El problema fundamental está asociado a la posibilidad de que en determinados procesos de manipulación de las frutas tratadas con DPA (por ejemplo, el tratamiento del fruto entero con calor) pueden producirse determinados metabolitos de degradación (de carácter nitrosante) que en presencia de las aminas que existen de forma natural en muchos alimentos, den lugar a la aparición de nitrosaminas, que son sustancias tóxicas para el organismo y con un efecto cancerígeno para el mismo. Según esta decisión de la Comisión, los productos que contienen DPA sólo han podido ser comercializados hasta mayo de 2010 y la última fecha de utilización ha sido el 30 de mayo de 2011. A pesar de todo esto, la si-

tuación no está clarificada en cuanto al uso de la DPA para la presente campaña de tratamientos (verano de 2011), ya que las organizaciones de productores, se han movilizadas para solicitar a la Dirección de Recursos Agrícolas y Ganaderos del MARM (que tiene capacidad legal en estas cuestiones) la autorización de Uso Excepcional de la DPA para esta campaña, alegando que no existen otros sistemas alternativos de control del escaldado.

Otros países europeos vecinos, como Portugal e Italia, ya han concedido la autorización de uso excepcional de la DPA para esta campaña. Por otra parte, los fabricantes de la DPA han presentado estudios complementarios y en la actualidad se está a la espera de una respuesta de la Comisión, en uno u otro sentido, antes de finales de 2011.

Enfoque del tratamiento ante la posible ausencia de químicos

Ante esta situación, el servicio Técnico Postcosecha del IRTA en Lleida, centró la X Jornada Técnica de Postcosecha, que se realizó el pasado mes de mayo, en analizar esta problemática y en presentar nuevas estrategias de control, que permitan a medio plazo afrontar con seguridad el escaldado. A continuación se describen estas alternativas.

El 1-metil ciclopropeno (1-MCP)

Una de las alternativas es el uso del 1-metil ciclopropeno (1-MCP) que se comercializa como SmartFresh (Agro-Fresh, Inc., división de Rohm and Haas). Esta materia activa está incluida en el Anejo I de la Directiva 91/414/CEE desde 2006 y su uso está auto-

rizado en España para manzana desde 2007 y para pera desde 2009. Se aplica en forma gaseosa con la fruta ya dentro de la cámara.

El 1-MCP actúa como antagonista del etileno, ocupando los lugares de unión de esta hormona con sus receptores. Como consecuencia de ello, esta sustancia retrasa la maduración en los frutos climatéricos (como la manzana y la pera) y las respuestas fisiológicas etileno-dependientes, como el ablandamiento de la pulpa, la producción de compuestos volátiles y la pérdida de color verde. Del mismo modo, también tiene un efecto beneficioso sobre la incidencia de desórdenes fisiológicos como el escaldado superficial y otros relacionados con la senescencia (corazón pardo, descomposición interna, etc.) (Chiriboga, M.A., *et al.* 2008b). Este producto ha demostrado su capacidad de reducir el escaldado en algunas variedades, pero no en todas, como es el caso de Pink Lady (Larrigaudière, C., *et al.*; 2008; Watkins; C.B., *et al.*; 2000).

El potencial de acción de este producto está estrechamente ligado al cumplimiento de las recomendaciones técnicas de aplicación que lleva a cabo la casa comercial. Sobre todo hay que ser muy estricto con el momento de realización de la aplicación respecto a la fecha de inicio de cosecha de los lotes que se van a tratar en una cámara, y con el estado de madurez de dichos lotes, que debe estar comprendido entre unos valores máximos y mínimos de dureza y unos valores máximos de almidón, para el caso de la manzana.

De todas formas, por tratarse de un producto que interfiere directamente en diversos procesos fisiológicos de los frutos, puede presentar efectos paralelos en forma de fisiopatías (de naturaleza más bien desconocida). En manzana es el caso de la aparición de manchas en frutos desequilibrados nutricionalmente (suelen darse en variedades rojas o bicolors y tienen el aspecto de manchas convergentes de plara o *bitter pit*), o la manifestación del *Diffuse browning* en Golden (manchas sobre la epidermis en forma de pardeamiento difuso del color verde-amarillo natural de la misma) (Larrigaudière, C., *et al.*, 2010).

En pera, el principal problema que pueden tener los frutos tratados con 1-MCP es que en ocasiones no recobran su capacidad para madurar después de la conservación frigorífica (permanecen siempre verdes y no alcanzan la madurez óptima de consumo). Se están estu-



Equipo y reactivos para determinación enzimática de contenido de etanol en fruto.

diando las condiciones necesarias para recuperar la capacidad de madurar, incluyendo tratamientos térmicos o aplicaciones exógenas de etileno. En algunas variedades estos estudios han permitido aplicar condiciones y metodologías de trabajo a nivel comercial con buenos resultados (Chiriboga, M.A. *et al.*, 2008a).

Muy bajos niveles de oxígeno

Otra alternativa desarrollada a nivel comercial es la aplicación en la cámara de conservación de niveles de estrés gaseoso. El estrés gaseoso lo marca el contenido de O_2 en la cámara, que se mantiene en valores próximos a la anoxia (punto de compensación anaeróbica, ACP) para garantizar la menor actividad respiratoria tolerada por el fruto. Al mismo tiempo, se debe fijar un valor de CO_2 adecuado, inferior al que se mantiene en condiciones de AC estándar.

Precusores de esta tecnología han sido la conservación de los frutos en condiciones de muy bajo oxígeno (ULO, *Ultra Low Oxygen*), próximas al 1% de concentración de O_2 , o la tecnología ILOS (*Initial Low Oxygen Stress*), consistente en la aplicación de concentraciones de oxígeno próximas al 0% (0,2-0,4%) durante las dos primeras semanas de conservación, asumiendo luego, y hasta el final de la conservación, valores propios de ULO o de AC. Estas técnicas han mostrado mejores resultados que las atmósferas convencionales en el control del escaldado y en el mantenimiento de determinadas características cualitativas de los frutos relacionadas con el control de la maduración (mantenimiento de la dureza de la pulpa, del color verde de la epidermis, etc.), pero presen-



Equipos para el mantenimiento de las condiciones de CO_2 y O_2 requeridas en cámaras de conservación según los principios de las atmósferas dinámicas.

tan alguna limitación: las condiciones ULO no son suficientes para garantizar un control eficiente del escaldado en ausencia del uso de antiscaudantes químicos (especialmente en variedades sensibles) y la tecnología ILOS debe implementarse junto al empleo de métodos de medida de etanol fiables y reproducibles en condiciones comerciales, para evitar riesgos de fitotoxicidad o sabores indeseables en la fruta, como consecuencia de la producción de este compuesto por el fruto en niveles excesivos durante el periodo de estrés (Soria, Y., 1998; Prange, R., *et al.*, 2005).

A partir de la base fisiológica de estas técnicas se ha desarrollado el uso de atmósferas dinámicas, que pretenden ir un paso más allá. Estas atmósferas se sirven de técnicas que permiten detectar y medir las respuestas del fruto a bajos contenidos de O_2 . Por ello, en lugar de mantener los niveles de oxígeno que se conocen como seguros para las diferentes variedades, pero que son superiores al óptimo que permite obtener los máximos beneficios, es posible disminuir los niveles de O_2 a lo largo del tiempo en respuesta a determinados cambios en el metabolismo del fruto.

Esta tecnología se está llevando a la práctica con sensibles modificaciones que, aunque tienen diversa nomenclatura: DCA (*Dynamic Controlled Atmosphere*) o LOS (*Low Oxygen Stress*), están siempre basadas en la aplicación de atmósferas controladas dinámicas en condiciones de estrés gaseoso (Wang, Z., *et al.*, 2000). Su aplicación comercial se ha extendido en los últimos cinco años en las principales zonas productoras de manzana del mundo (con unas mil cámaras dotadas de esta tecno-



Equipo comercial para tratamiento de la fruta con agua caliente (bañado de palots; Xeda-Cedax).

logía), pero ha sido en Italia donde ha alcanzado un mayor desarrollo (donde se encuentran más de la mitad de las cámaras totales).

Las respuestas metabólicas del fruto a bajos contenidos de O_2 se pueden detectar midiendo la producción de etanol, la producción de ciertos compuestos volátiles orgánicos, la

respiración del fruto o la fluorescencia de la clorofila de su epidermis. La medida de la respiración o de la presencia de compuestos volátiles orgánicos no puede ponerse en práctica en la actualidad, porque no se han desarrollado sensores o equipos de medida que sean capaces de llevar a cabo el seguimiento de dichos parámetros en cámara. Por el contrario, sí que se dispone de técnicas y equipos, desarrollados para su aplicación comercial, para la medida de la fluorescencia de la clorofila o de la presencia de etanol en la pulpa del fruto.

En 2002 se patentó el primer sensor de fluorescencia de la clorofila (comercializado como HarvestWatch), diseñado para medir en continuo y en tiempo real los cambios en la respuesta de los fotosistemas de la epidermis del fruto sometido a una fuente de luz de baja energía. A medida que el contenido de O_2 en la cámara va disminuyendo, se alcanza un punto en que la señal de fluorescencia aumenta. El aumento es el indicador de que el fruto está sometido a estrés por bajo O_2 . Como respuesta, debe operarse aumentando el contenido de O_2

en la cámara (normalmente el aumento se hace en tramos del 0,2% de oxígeno). La desaparición del estrés en el fruto se refleja en un descenso de la señal de fluorescencia hasta los niveles anteriores a la inducción del estrés (Prange, R.K., et al., 1997; DeEll, J.R., et al., 1999).

La técnica más utilizada para la medida del contenido de etanol en fruto a nivel experimental es la cromatografía de gases; pero presenta el inconveniente de que aunque es un método muy fiable no se puede aplicar con facilidad a nivel comercial. Como alternativa a esta limitación analítica, se ha adaptado un método de medida enzimático más sencillo, más rápido y con una fiabilidad óptima, ya que muestra buena correlación con los resultados de los análisis cromatográficos. En la práctica, las analíticas del contenido de etanol en fruto se están llevando a cabo en instalaciones que aplican la técnica de atmósfera dinámica LOS repetida (consiste en ir provocando sucesivos periodos de estrés a la fruta, a lo largo de todo el tiempo de conservación, sometiendo la cámara a bajas condiciones de O_2 tipo ILOS,



**QUANTUM F:
ESTRECHO PERO ESPACIOSO**

El Quantum F proporciona más espacio para el conductor y mejores prestaciones en huertos frutales o en viñedos más extensos. Además se puede escoger la versión de cabina o bastidor para personalizar un Quantum F a sus necesidades particulares.



MAX-Soporte al Cliente
00 800/22 73 44 00



www.caseih.com

para luego volver a niveles de O₂ próximos al ULO). Por este motivo, se recomienda hacer extracción de muestras de frutos de las cámaras sometidas a esta técnica y las analíticas correspondientes coincidiendo con los periodos de estrés y en los intervalos entre éstos, de manera que, según la experiencia que se tenga en la implementación de la técnica, pueden llevarse a cabo de seis a diez analíticas anuales por cámara (Fadanelli, L., 2011).

En manzanas, la técnica ya está muy desarrollada, pero en el caso de la pera, las aplicaciones de estas técnicas se están llevando a cabo a nivel experimental aunque con resultados esperanzadores (Matte, P., *et al.*, 2004; Zanella, A., *et al.*, 2005; DeLong, J.M., *et al.*, 2007).

El principal problema para poder adaptar esta técnica de forma inmediata y masiva, es que las instalaciones que pretendan hacer atmósferas controladas dinámicas deberán disponer de unas instalaciones y unos equipos de características específicas: cámaras con muy buena estanqueidad y capacidad no superior a la 500 t, adsorbedor de CO₂ bien dimensionado, generador de nitrógeno de riqueza elevada (99,5%), control preciso y computerizado de temperatura y contenido de O₂/CO₂, posibilidad de controlar la estratificación del aire (con establecimiento automático de ventilaciones forzadas), sistemas de regulación y medida de los cambios de presión en las cámaras (pulmones compensatorios, regulación del salto térmico del refrigerante, manómetros de sobrepresión/depresión, etc.) y posibilidad de alcanzar con rapidez la temperatura requerida por el fruto y un bajo contenido de oxígeno en cámara.

Baños con agua caliente

Los baños de agua caliente ejercen su acción contra el escaldado a tres niveles: inhibición de la síntesis de etileno por el calor (limitando la acumulación de alfa-farneseno), reducción de la capa cerosa (con lo que se facilita la disipación de alfa-farneseno y se limita la acumulación en el fruto de compuestos oxidativos) e inducción de termotolerancia (debido a la síntesis de proteínas relacionadas con estrés térmico y protección del fruto). La aplicación del agua caliente puede llevarse a cabo por ducha o baño, estableciendo tratamientos de 2 ó 3 minutos de duración con agua a 48 y 50°C de temperatura (aunque algunas variedades soportan bien hasta 52°C). El control sobre el escaldado es menos eficaz

que el de los tratamientos químicos y las atmósferas con muy bajo oxígeno, pero puede ser interesante por su eficacia simultánea sobre las alteraciones causadas por hongos, en producciones de agricultura ecológica y como complemento a tratamientos con AC o ULO.

Los principales inconvenientes de esta metodología son que requiere de la implementación de maquinaria específica de elevado coste, de la disponibilidad de mano de obra adicional y de un exhaustivo control de la temperatura del agua y del tiempo de remojo (que debe ser establecido para cada variedad). Si este último punto no se controla convenientemente es posible inducir quemaduras en la epidermis del fruto (Jemric, T., *et al.*, 2006; Bony, P., 2010).

Sistemas de predicción

El desarrollo y aplicación de sistemas de predicción del escaldado no está pensado para reemplazar a los sistemas de control, pero puede mejorarlos, sobre todo si el control que se consigue es solamente parcial, como sucede con los sistemas alternativos no químicos. Su objetivo es permitir la discriminación de lotes sensibles, de manera que se pueda tomar una decisión y adoptar soluciones correctoras antes de la aparición de síntomas.

Desde hace ya unos años, existen modelos predictivos basados en índices de madurez de los frutos y en parámetros climáticos (Bourgeois, G. 2002-2003). Estos modelos funcionan bien para determinadas variedades de manzana, con la limitación, además, de que no están desarrollados para adoptar soluciones correctoras en situaciones de ausencia de DPA, sino para ajustar las dosis del antiescaldante en función de la sensibilidad del lote. Por otra parte, están planteados en base a las condiciones climáticas de sus países de origen, por lo que debe hacerse un esfuerzo para adaptarlos a la realidad de cada zona productora.

Como alternativa a la base de los parámetros climáticos, se está trabajando en el desarrollo de métodos predictivos basados en indicadores más consistentes. Es el caso del empleo de indicadores bioquímicos involucrados en la ruta metabólica del escaldado, que se está estudiando en el Programa de Postcosecha del IRTA en Lleida. De los indicadores estudiados hasta el momento, uno de ellos ha mostrado resultados interesantes por su buena correlación con el índice de escaldado y la ca-

pacidad de predicción a medio plazo (30-45 días), lo que es compatible con una toma de decisión y la adopción de soluciones correctoras. No obstante, debe seguirse investigando en esta línea, para optimizar la aplicación de este sistema de manera general (sobre cualquier variedad o condición de conservación) (Larrigaudière, C., *et al.*, 2011).

Otras posibilidades

Otro aspecto que se está volviendo a tomar en consideración para el control del escaldado son los niveles de etileno presentes en las cámaras a lo largo del proceso de conservación. Esta reconsideración ha derivado de observar que en las cámaras mantenidas en condiciones de ULO extremo (<1% de oxígeno) los niveles de etileno también se mantienen muy bajos, debido al efecto barrido que llevan a cabo los generadores de nitrógeno cuando van trabajando en la cámara para conseguir mantener los bajos niveles de oxígeno que se pretenden. Por lo tanto, se puede estar ante un efecto antiescaldante combinado de la baja tasa de oxígeno y la eliminación del etileno. Este efecto asociado se ha conseguido probar en trabajos experimentales, en condiciones de AC y con contenidos de etileno entre 2-3 ppm, pero todavía no se han obtenido resultados en condiciones de ULO extremo (Westercamp, P., 2010).

Finalmente, existen líneas de trabajo cuyos resultados no podrán ser aplicados en un futuro inmediato, como el desarrollo de variedades resistentes o la extracción de un antioxidante natural a partir de la piel de pera, pero que pueden abrir la puerta a nuevas soluciones, más o menos eficaces, pero interesantes sin duda por su inocuidad.

En cualquier caso, en lo que coinciden los investigadores es que algunas de las alternativas que se han desarrollado al margen de los productos antiescaldantes químicos tradicionales, sólo permiten un control parcial del escaldado. Por ello, el objetivo a partir de ahora se centra en seguir desarrollando nuevas estrategias de control y estudiar la eficacia de los sistemas combinados, ante la previsión de que en un futuro quede prohibido definitivamente el uso de los productos químicos. ●

Bibliografía ▼

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar a través del e-mail: redaccion@eumedia.es