ITEA (1997), Vol. 93V N.º 1, 49-64

EL ESCALDADO SUPERFICIAL DE LA MANZANA

Y. Soria
I. Recasens

Área de Postcollita. CeRTA.
Centro UdL-IRTA. Lleida
Av. Alcalde Rovira Roure, 177
25198 Lleida. España

RESUMEN

El escaldado superficial es una alteración fisiológica que se manifiesta en la epidermis de los frutos y que puede originar elevadas pérdidas económicas. El conocimiento del origen del escaldado así como de los factores que predisponen al mismo constituyen una importante ayuda para su control. En el presente trabajo se realiza una amplia revisión bibliográfica en la que se incluye el origen bioquímico del escaldado, los factores fisiológicos, ambientales y de almacenamiento que influyen en la alteración y diversos métodos de control, desde los más ampliamente utilizados, como son los antioxidantes difenilamina y etoxiquina, hasta los más novedosos, consistentes en las atmósferas controladas con bajo oxígeno. Aunque los tratamientos químicos no pueden ser de momento totalmente eliminados, la preocupación cada vez mayor por los residuos así como los buenos resultados obtenidos con métodos físicos parecen indicar que el control del escaldado superficial en un futuro próximo se llevará a cabo únicamente con dichos métodos.

Palabras clave: Escaldado superficial, α-farnaseno, Hidroperóxidos trieno conjugados, Antioxidantes, Atmósferas controladas.

SUMMARY
SUPERFICIAL SCALD IN APPLES

Superficial scald is a physiological disorder that appears on the skin (epidermis) of fruits and can originate substantial economic loss. Understanding the etiology of sclad and the factors that predispose fruits to it will help to control scald. This paper reviews scald biochemistry, influential factors , including physiological, preharvest and storage factors, and control methods, from those more widely used –like diphenylamine and ethoxiquin antioxidants– to the more recent ones – like low oxygen controlled atmosphere storage. At present, agricultural chemicals cannot be totally eliminated in scald control, but the increase of residues problem and the good results obtained with non-chemical treatments suggest that non-chemical control may be essential in the future.

Key words: Superficial scald, α-farnesene, Conjugated triene hydroperoxides, Antioxidants, Controlled atmosphere storage.

Introducción

El escaldado superficial es una alteración fisiológica de la epidermis de las manzanas y peras que se manifiesta después de su conservación frigorífica. Esta alteración también se conoce con los nombres de escaldadura, scald, escaldado común o simplemente escaldado y se considera como la verdadera escaldadura frente a otras similares como son el escaldado blando, el de senescencia, la escaldadura solar, la escaldadura por dióxido de carbono y el escaldado lenticelar.

Los síntomas del escaldado superficial se manifiestan por la aparición de manchas pardas de bordes difusos y de color más o menos intenso que afectan la epidermis del fruto sin dañar a la pulpa, en porcentaje variable según la gravedad de la incidencia. Sin embargo, en determinadas circunstancias el pardeamiento se acentúa muy rápidamente, incluso puede volverse granuloso, hundiéndose un poco las partes más afectadas. Así, en variedades sensibles el pardeamiento puede alcanzar las capas celulares subyacentes si los frutos se mantienen durante algún tiempo a temperatura ambiente después de la conservación frigorífica, sobre todo para las salidas tardías y también en el caso de recolecciones prematuras.

A pesar de no afectar el sabor ni la textura del fruto, el escaldado reduce su valor comercial causando daños variables que pueden llegar a ser muy elevados. En algunas zonas está considerada como una fisiopatía muy grave que en casos concretos ha llegado a provocar un desastroso nivel de pérdidas de hasta el 50 % de la fruta almacenada en cámaras frigoríficas.

Origen bioquímico y desarrollo del escaldado

La causa bioquímica del escaldado es compleja y no del todo conocida. A principios de siglo (1919) Brooks y colaboradores propusieron que la acumulación en la piel de sustancias volátiles generadas por la manzana provocaba el escaldado superficial en los frutos almacenados. Años más tarde se identificó el α-farnaseno como el compuesto volátil inductor del escaldado en la piel del fruto (Murray *et al.*, 1964; Huelin, Murray, 1966). Este compuesto es un sesquiterpeno biosintetizado a partir del farnesil pirofosfato vía farnesol.En 1968, Huelin y Coggiola comprobaron que no era el α-farnaseno sino su oxidación a hidroperóxidos trieno conjugados (Conjugated Triene Hydroperoxides ó CTH) lo que estaba relacionado con el desarrollo del escaldado. Estos compuestos alteran las células epidérmicas causando su desorganización y muerte, y por tanto la decoloración de la piel.

A partir de entonces se desarrollaron numerosos estudios in vitro de la oxidación del α-farnaseno en hexano. Anet (1969) separó dos CTH de α-farnaseno peroxidado in vitro presentando ambos máximos de absorción a 251, 260, 269 y 281 nm. Huelin y Coggiola (1970a) y Meir y Bramlage (1988) observaron similares máximos de absorción (a valores de 258, 269 y 281 nm) a partir de extractos de hexano de superficies de frutos escaldados. Se supuso que estos máximos representaban los CTH en la epidermis. Dados los altos valores de absorbancia de fondo a 260 nm y con el fin de evitar enmascaramientos de CTH, Anet (1972) propuso medir únicamente a 281 nm. Además, debido a las interferencias a esta última longitud de onda, propuso determinar la absorbancia a 290 nm. Desde ese momento, el valor de la densidad óptica a

281 nm menos la densidad óptica a 290nm ($DO_{281-290}$) ha sido utilizado repetidamente para calcular la concentración de los hidroperóxidos trieno conjugados en la piel de los frutos.

Las correlaciones entre $DO_{281-290}$ y la incidencia de escaldado constituyen la base de la generalizada hipótesis según la cual el α-farnaseno se peroxida a CTH, lo cual conduce a la destrucción celular y a la manifestación de la fisiopatía. Recientemente han sido identificados los compuestos trieno conjugados los cuales han sido extraídos de la capa cerosa de las manzanas y separados por Cromatografía gaseosa- Espectrometría de masas (GC-MS) y Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) de fase normal y reversa (ROWAN *et al.*, 1995).

En 1988, MEIR y BRAMLAGE detectaron algunas incongruencias en coeficientes de correlación entre las absorbancias $DO_{281-290}$, $DO_{269-290}$ y $DO_{258-290}$ y la incidencia de escaldado. Sabiendo además que la oxidación del α-farnaseno en vivo puede dar lugar a una mezcla de hidroperóxidos compleja y variable según las condiciones de oxidación, DU y BRAMLAGE (1993) han modificado la hipótesis del papel de los CTH en el desarrollo de escaldado superficial. Estos autores han visto que concentraciones de CTH de extractos de hexano de la piel de los frutos, medidas a $DO_{281-290}$ (que denominan CT_{281}) no siempre se corresponden con concentraciones medidas a $DO_{258-290}$ (CT_{258}) y proponen que estas mediciones representan distintos grupos o especies de compuestos trieno conjugados, estando los compuestos CT_{269} influenciados por ambos grupos. Mientras que las concentraciones de CT_{281} están correlacionadas positivamente con el desarrollo del escaldado (HUELIN, COGGIOLA, 1970a, 1970b; MEIR, BRAMLAGE, 1988), las de CT_{258} se correlacionan de forma negativa. Si estas concentraciones se representan con el ratio CT_{258}/CT_{281}, en general, altos y bajos ratios están asociados de forma negativa o positiva respectivamente, con la incidencia de escaldado. Se propone que los CT_{281} producen metabolitos tanto tóxicos, es decir inductores del escaldado, como no tóxicos mientras que los CT_{258} representarían los metabolitos no tóxicos (DU, BRAMLAGE, 1993).

Según CURRY y KUPFERMAN (1993) en el desarrollo del escaldado se diferencian tres fases. La primera fase se da entre el primer y segundo mes de conservación frigorífica. Durante este periodo el α-farnaseno se autooxida, en presencia de oxígeno, dando alguno de los compuestos trieno conjugados. La formación de estos hidroperóxidos tiene lugar gracias a moléculas intermedias conocidas como radicales peróxidos las cuales son muy reactivas y capaces de inactivar proteínas, oxidar lípidos de membrana, formar polímeros y causar disfunciones orgánicas en la célula. La segunda fase en el desarrollo del escaldado está marcada por la reducción de los niveles de α-farnaseno debido a su autooxidación y por el incremento de los trieno conjugados que comienzan a dañar componentes celulares. Este proceso continúa durante uno o dos meses, normalmente sin síntomas visibles. El daño, sin embargo, es irreversible. La tercera y última fase se define cuando el daño en los tejidos es tal, que empiezan a aparecer manchas oscuras. Probablemente estas manchas se deben a la oxidación de polifenoles así como de lípidos de membrana que provoca alteraciones en la célula cada vez mayores y que culmina con la muerte celular.

DUVENAGE y DE SWARDT (1973) fueron los primeros autores en investigar la relación de los polifenoles en el escaldado superficial. Esta hipótesis parece interesante debido a la elevada cantidad de polifenoles presentes en la piel de la manzana y a su

capacidad de inducir reacciones de pardeamiento (PIRETTI *et al.,* 1996). El contenido de ciertos compuestos fenólicos de la piel, tipo glicósidos de quercitina, epicatequina, procianidina B2 y otros no identificados, disminuye progresivamente a la vez que incrementa el daño por escaldado (PIRETTI *et al.,* 1994). Para explicar el descenso de los glicosidos de quercitina, se ha planteado una hipotética relación entre la oxidación del α-farnaseno y la reducción de quercitina a moléculas tipo flavanes, la polimerización de las cuales daría lugar a compuestos proantocianidínicos (HASLAM, 1989a; PIRETTI *et al.,* 1994). Estos nuevos compuestos poliméricos podrían formar enlaces irreversibles con matrices proteicas de la piel escaldada (HASLAM *et al.,* 1989b, PIRETTI *et al.,* 1996). Si las membranas celulares estuviesen alteradas, la interacción entre los sustratos polifenólicos formados y las polifenoloxidasas produciría manchas oscuras en la piel, típicas del escaldado superficial (PIRETTI *et al.,* 1996).

Al ser el escaldado un proceso de oxidación depende de la disponibilidad de O_2 por parte del fruto así como de la actividad de los antioxidantes naturales del mismo. La relación de los antioxidantes respecto al α-farnaseno y a los trieno conjugados en el periodo de crecimiento del fruto puede ser de gran importancia en el desarrollo del escaldado durante el almacenamiento (EMONGOR *et al.,* 1994). Un amplio rango de antioxidantes naturales como algunos compuestos con grupos amino, grupos fenólicos o grupos sulfuro pueden inhibir la oxidación del α-farnaseno a CTH y por tanto el desarrollo del escaldado (ANET, COGGIOLA, 1974; JOHNSON *et al.,* 1986; MEIR, BRAMLAGE, 1988). La cantidad de antioxidantes necesaria depende de la cantidad de α-farnaseno producido antes y/o durante el almacenamiento (EMONGOR *et al,* 1994).

Factores de predisposición

Factores fisiológicos

La variedad es el primer y principal factor de predisposición. En manzanas son muy sensibles Granny Smith, Belleza de Roma, Stayman, Winesap, Idared y variedades del grupo Delicious. En peras son sensibles las variedades Anjou, Blanquilla, Alejandrina y Decana de Comice.

La diferente concentración de antioxidantes naturales en la piel del fruto puede marcar diferencias entre variedades en cuanto a la susceptibilidad al escaldado (MEIR, BRAMLAGE, 1988). Sin embargo, en el nivel de hidroperóxidos influye tanto la concentración de antioxidantes como la capacidad de síntesis de α-farnaseno por parte del fruto. El α-farnaseno es un constituyente de los aceites esenciales y de las ceras de muchos cultivos entre ellos las manzanas y las peras; el contenido y composición de dichos compuestos depende de la expresión genética del cultivo que a su vez está influída por los factores ambientales (BERNATH, 1986; EMONGOR, CHWEYA, 1989). La incidencia de escaldado aumenta paralelamente a la producción de α-farnaseno así como a la sensibilidad de las células a los efectos negativos de sus compuestos de oxidación. La diferencia varietal también viene marcada por la facilidad de intercambio gaseoso entre la atmósfera y el fruto, donde ejerce un papel importante la cutícula. Así, en Golden Delicious la superficie de la cutícula vista al microscopio electrónico presenta fuertes depresiones o grietas que favorecen los cambios gaseosos, lo que podría explicar la débil sensibilidad de esta variedad al escaldado.

Otro factor fisiológico muy importante es el estado de madurez en la recolección, de manera que la intensidad de la alteración

es tanto mayor cuanto más precoz haya sido la cosecha. ANET (1972) observó que los productos de oxidación del α-farnaseno se acumulaban con mayor rapidez en los frutos recolectados precozmente. Estos frutos no producen más α-farnaseno que los recolectados más tardiamente por lo que la mayor incidencia de escaldado sería debida a una menor eficacia de los antioxidantes presentes en el fruto. BARDEN y BRAMLAGE (1994a, 1994b) han realizado experiencias con frutos recolectados tardíamente o premadurados con etefón para determinar la concentración de antioxidantes que contienen en la piel. Se ha observado que en ambos tratamientos el nivel de antioxidantes aumenta y que el desarrollo del escaldado es notablemente menor en los frutos de recolección tardía y ligeramente menor en los tratados con etefón.

Existe una relación directa entre la pigmentación y la incidencia de escaldado. Cualquier razón que provoque una coloración incompleta, como frutos procedentes de la parte interior del árbol o frutos inmaduros, aumenta el riesgo. Es conocido que la parte verde del fruto está más estrechamente ligada al desarrollo de la fisiopatía que la roja. Si bien es cierto que la concentración de antocianos tiene una correlación negativa con la de CTH (BARDEN, BRAMLAGE, 1994b), experiencias con dos variedades mostraron que para valores muy desiguales de antocianos, el nivel de CTH fué el mismo. Por ello, el papel de los antocianos como antioxidantes hidrosolubles (WINSTON, 1990) es dudoso hoy en día. El tamaño del fruto también influye en la alteración. Los frutos grandes son más susceptibles al escaldado que los pequeños (FIDLER, 1956; GINSBURG, 1961; SMOCK, 1961) probablemente debido a su menor nivel de calcio que en general predispone a desórdenes durante el almacenamiento (FERGUSON, WATKINS, 1992).

Factores ambientales durante el desarrollo del fruto

Mientras que la susceptibilidad varietal al escaldado está muy ligada a la concentración de antioxidantes endógenos, la actividad de los mismos puede estar muy influenciada por los factores ambientales antes de la cosecha (MEIR, BRAMLAGE, 1988). De entre éstos se distinguen la climatología, la nutrición mineral y los tratamientos químicos.

El clima tiene una clara influencia en la aparición de escaldado, debido a la acción conjunta de diversos parámetros como son la temperatura, humedad, insolación, etc. Parece ser que la temperatura ambiente antes de la cosecha es el factor determinante a la hora de predisponer el fruto a la incidencia de escaldado. En general, temperaturas bajas tienden a reducir el escaldado mientras que las altas lo inducen. También es importante el contraste de temperaturas en las 4-6 semanas previas a la recolección; dicho contraste favorece la coloración de los frutos y por tanto incide negativamente sobre el escaldado. Según BARDEN y BRAMLAGE (1994c) temperaturas bajas previas a la cosecha pueden ser más efectivas para reducir la susceptibilidad al escaldado que la acumulación de antioxidantes en la piel del fruto.

En zonas de clima seco el riesgo de escaldado es mayor que en climas húmedos. Asimismo el déficit de agua está directamente relacionado con la incidencia de esta alteración. Se sabe que el estrés hídrico afecta a la naturaleza de la piel del fruto, ya que puede aumentar la formación y acumulación de aceites esenciales y ceras como

mecanismo para reducir la pérdida de agua. En variedades coloreadas, una buena insolación e aireación ayudan a obtener una correcta pigmentación antociánica por lo que, indirectamente, perjudican el desarrollo de escaldado. BARDEN y BRAMLAGE (1994a) han observado que reduciendo la intensidad de la luz desciende la concentración de antioxidantes en la piel y aumenta la susceptibilidad al escaldado.

La nutrición mineral no es muy decisiva pero un aporte excesivo de nitrógeno (rebasando las 200-250 unidades/ha) favorece la aparición de la fisiopatía. La fertilización nitrogenada incrementa el nivel de α-farnaseno, entre otros terpenos, en los aceites esenciales (FRANZ, 1983; EMONGOR, 1988). Por contra, el fósforo reduce la susceptibilidad al escaldado ya que disminuye el contenido de α-farnaseno en los aceites esenciales (EMONGOR, 1988). También se ha comprobado que las manzanas con bajos contenidos de calcio y/o altos contenidos de potasio son más sensibles al escaldado. DRAKE *et al.* (1979) y BRAMLAGE *et al.* (1985) correlacionaron negativamente el nivel de calcio en el fruto con el nivel de escaldado. Según BRAMLAGE *et al.* (1974) el riesgo al escaldado aumenta cuando el nivel de calcio en la piel es menor de 700 mg l^{-1}.

Los tratamientos químicos que se aplican en el campo son tan variados que se hace muy difícil establecer globalmente los efectos de los mismos. Mención aparte puede hacerse para comentar la influencia de los tratamientos hormonales en el desarrollo de escaldado. Tratamientos precosecha con etefón para inducir la maduración han reducido tanto el porcentaje como la intensidad de escaldadura en el fruto. DU y BRAMLAGE (1994) han estudiado el papel del etileno en los cambios bioquímicos que preceden al desarrollo de escaldado después del almacenamiento en frío. Para ello se realizaron tratamientos con etefón antes, después o en el momento de la cosecha. El etefón provocó en el fruto respuesta a corto y a largo plazo. Al principio se estimuló la producción de etileno, α-farnaseno y CTH en la piel, lo cual podría favorecer el escaldado; más tarde, durante el almacenamiento en frío, el nivel de los compuestos CT_{258} incrementó muy por encima del de los CT_{281}, lo cual está asociado con una reducción de la fisiopatía. Estos resultados sugieren que el etileno está relacionado con la incidencia de escaldado.Tratamientos con daminozida o con paclobutrazol para controlar el desarrollo vegetativo del árbol favorecen la aparición de escaldado durante la frigoconservación en manzanas Starking Delicious (ARBIOL *et al.*, 1991; GRAELL, RECASENS, 1992) debido probablente a la recolección del fruto en un estado menos avanzado del desarrollo por la acción de los retardantes del crecimiento.

Factores de conservación

Recientemente, se ha considerado al escaldado como una típica enfermedad del frío. Existen diversos hechos que parecen soportar esta hipótesis: 1) Muchos estudios demuestran que el escaldado se desarrolla a temperaturas por debajo de los 15 °C. 2) La relación tiempo-temperatura de almacenamiento influye en la expresión de los síntomas. Así, mientras que a temperaturas cercanas a 10 °C el escaldado se desarrolla antes, al bajar la temperatura el daño es más severo. 3) Tratamientos que controlan el escaldado (antioxidantes, atmósferas controladas, tratamientos de calor) también inhiben el desarrollo en el fruto de daños por frío (WANG, 1993). WATKINS *et al.* (1995) comprobaron que la concentración de CTH en manzanas Granny Smith alamacenadas era más elevada a 0 y 4 °C que a 10,



Figura 1. Manzanas Granny Smith afectadas con escaldado superficial, después de tres meses y medio de frigoconservación a 0°C en atmósfera convencional y tras cinco días a temperatura ambiente

15 y 20 °C. Mantener los frutos a 10 °C durante 5 días antes de la conservación frigorífica no redujo el escaldado pero una interrupción del almacenamiento a 0 °C con un periodo de calentamiento de 3-5 días a 20 °C sí lo hizo. Estos resultados llevaron a los autores a concluir que el frío induce el escaldado superficial en manzanas Granny Smith. Por lo tanto, existe más riesgo de escaldadura cuanto más baja sea la temperatura de conservación, dentro del rango permitido por la variedad. Sin embargo, aunque las temperatura bajas inducen el escaldado, también retrasan su aparición.

En cuanto a la concentración gaseosa, la incidencia de escaldado es mayor en atmósfera convencional que en atmósfera controlada. Las condiciones favorables para conseguir un buen control de la fisiopatía consisten en mantener bajos niveles de oxígeno, hasta los límites permitidos para evitar fermentaciones, y altos niveles de dióxido de carbono justo por debajo del límite de toxicidad. La humedad relativa elevada reduce la transpiración y las pérdidas de peso, pero incide negativamente sobre el escaldado. Una buena recirculación del aire dentro de la cámara ayuda a frenar esta alteración. En cualquier caso, el peligro aumenta cuanto más larga sea la conservación.

Control del escaldado

Para combatir el escaldado lo ideal sería utilizar conjuntamente índices de predicción y métodos de control con el fin de reducir al máximo esta fisiopatía.

Previsión

Atendiendo a la influencia de los factores ambientales así como a la respuesta del tejido del fruto, ha sido posible desarrollar una serie de índices que predicen el potencial de escaldado en cámara.

Es conocido que las temperaturas bajas antes de la cosecha diminuyen la susceptibilidad al escaldado. MERRIT *et al.* (1961) encontraron que con 100 horas por debajo de 10 ºC antes de la cosecha, la susceptibilidad empezaba a disminuir y que con 150 horas, ésta era mucho menor. Resultados similares obtuvieron GORINI (1965) y BRAMLAGE y BARDEN (1989). Para MORRIS (1964) fué mejor utilizar como temperatura base 12,8 ºC. En otros casos se ha visto una buena relación de la temperatura entre 5 y 15 ºC y la incidencia de escaldado. Diversos autores han confirmado que el número de horas por debajo de 10 ºC es un buen índice para predecir el riesgo de escaldado, aunque ello dependerá de la variedad y zona de que se trate. Por ejemplo, BLANPIED *et al.* (1991) encontraron una buena relación entre el número de horas por debajo de 10 ºC y la severidad de escaldado en la variedad Starkrimson Delicious, mientras que LOUGHEED *et al.* (1992) vieron que en Mc Intosh y Delicious esta relación no era tan buena.

El estado de la maduración y más concretamente la fecha de recolección están reconocidos como buenos sistemas de previsión desde hace muchos años. WATKINS (1993) sugiere utilizar el índice de almidón para determinar el estado de madurez del fruto. Sin embargo para LAU (1993) las predicciones basadas en las horas por debajo de 10 ºC dan mejores resultados que las basadas en el índice de almidón. Otras medidas pueden ser la concentración de pigmentos antociánicos y el número de días después de máxima floración.También es posible combinar índices. Así, MORRIS (1964) y BLANPIED *et al.* (1991) obtuvieron una mejor predicción del escaldado usando el índice de madurez junto con las temperaturas anteriores a la cosecha.

MEIR y BRAMLAGE (1988) encontraron que la actividad antioxidante en el momento de la cosecha estaba relacionada más estrechamente con el desarrollo del escaldado que el nivel de α-farnaseno o de hidroperóxidos. Por ello, estos autores pensaron que el nivel de antioxidantes en la cosecha podría ser un buen índice químico para determinar la susceptibilidad al escaldado. Se correlacionaron los cambios en α-farnaseno, CTH y antioxidantes en la piel del fruto durante la maduración y almacenamiento con el desarrollo de la fisiopatía. Se encontró que el valor DO_{200} de extractos de hexano de la superficie del fruto representa la actividad antioxidante.

La experiencia realizada por Bramlage y colaboradores durante varios años, les ha llevado a la conclusión de que las horas por debajo de 10 ºC es mejor índice de predicción que el índice de almidón o el valor DO_{200}. En cualquier caso, la funcionalidad de estos índices viene determinada por las condiciones ambientales y por la variedad.

Métodos de control

Los posibles métodos de lucha tienen por objeto evitar la formación o favorecer la eliminación de α-farnaseno o bien impedir su oxidación. Se distinguen los métodos que se basan en tratamientos químicos de los que utilizan medios físicos.

Los primeros tratamientos químicos contra el escaldado superficial se hicieron envolviendo los frutos en papel impregnado de aceites minerales para absorber el α-far-

naseno del fruto. Esta técnica no siempre fué satisfactoria, además era costosa y necesitaba mucha mano de obra, por ello ha sido sustituida por el empleo de antioxidantes. Los aceites usados como antioxidantes dieron buenos resultados en las variedades FUJI y MUTSU (KANG, LEE, 1987). Recientemente se han probado diversos tipos de aceites vegetales como aceite de palma y de cacahuete aplicados manualmente en manzana Granny Smith. Estos tratamientos reducen el escaldado relacionándose el control más con un efecto físico que con la estructura química del aceite (SCOTT *et al.,* 1995b).

Las aplicaciones de antioxidantes intentan evitar la oxidación del α-farnaseno a hidroperóxidos, que en definitiva son los que originan el escaldado. Entre los diferentes antioxidantes que se han experimentado, la difenilamina (DPA) y la etoxiquina han demostrado ser los más eficaces. Actualmente, en España, ambos compuestos están autorizados y son los que más se usan en el control del escaldado. Los tratamientos suelen realizarse mediante baños o duchas. Según NARDIN (1985) la difenilamina es más efectiva y puede utilizarse a dosis más bajas. Así, en los tratamientos con baños para las variedades más sensibles, se utilizan entre 1500 y 2000 ppm de DPA o más de 2000 ppm de etoxiquina. CHEN y VARGA (1993) han estudiado la efectividad de tratamientos poscosecha con DPA mediante ducha a distintas dosis entre 500 y 2000 ppm, en peras Anjou. Los tratamientos sólo son efectivos si no se almacena el fruto más de 3 meses y además pueden causar fitotoxicidad. Varios investigadores han ensayado la termonebulización con DPA o con etoxiquina para controlar el escaldado obteniendo buenos resultados junto con un bajo nivel de residuos (CHAPON *et al.,* 1987; SIVE, RESNIZKY, 1989; LOTZ, COMBRINK, 1993a).

La legislación de los diferentes países cada vez es más exigente en cuanto al nivel de residuos permitido en los frutos. Ello conlleva a que, además de nuevos métodos de aplicación, se ensayen otros antioxidantes autorizados para el uso alimentario, como el ácido ascórbico, el butilhidroxitolueno (BHT) o los tocoferoles, con más o menos éxito según los casos. LOTZ y COMBRINK (1993b) probaron diversos antioxidantes naturales (palmitato de ascorbilo, α-tocoferol, aceite de sésamo) y otros sintéticos (BHT, Butilhidroxianisol) y compararon su eficacia con la del DPA. Según estos ensayos, el DPA sigue siendo, con diferencia, el tratamiento más efectivo. BLANPIED (1993) consiguió buenos resultados con BHT, incrementando la dosis hasta 5000 ppm así como el número de tratamientos poscosecha.

La aplicación de ceras en manzanas, utilizadas para mejorar su conservación y presentación externa, ha resultado ser parcialmente eficaz para el control del escaldado común. Se han señalado resultados similares con films de naturaleza polisacárida tales como Semperfresh, Pro-long, etc. Para KERBEL *et al.* (1989), el tratamiento con Semperfresh no redujo el desarrollo del escaldado y en los frutos de cosechas tempranas agravó la incidencia. En otros casos se han obtenido buenos resultados, tanto si se usa el recubrimiento sólo (KOKSAL *et al.,* 1994; LAU, MEHERIUK, 1994) como si se combina con antioxidantes. Tratamientos de Semperfresh con palmitato de ascorbilo o con galato de n-propilo disminuyeron la incidencia de escaldado en la variedad Red Chief y Golden Delicious (BAUCHOT *et al.,* 1995). Con BHT a concentraciones por encima de 750 ppm más Semperfresh el escaldado descenció de forma significativa según KALLAY y SASS (1994).

El tratamiento precosecha con etefón puede reducir ligeramente la incidencia de escaldado, sobre todo cuando la predisposición a la fisiopatía no es elevada (LURIE *et al.,* 1987), pero no es una solución definitiva. Los tratamientos con calcio pueden ayudar a reducir el escaldado. SHARPLES *et al.* (1979) vieron que el escaldado se controlaba de forma efectiva con baños poscosecha de 0,25 M de $CaCl_2$. Si además del baño con calcio se realiza un calentamiento de los frutos previamente a su entrada en cámara, ambos tratamientos actúan de forma sinérgica en la reducción de la severidad del escaldado (KLEIN, LURIE, 1994). Por otro lado, VANG-PETERSEN (1990) no encontró relación alguna entre frutos tratados con calcio aplicado por pulverización en campo y el desarrollo de escaldado. Se ha podido controlar el escaldado superficial en manzanas Granny Smith con un tratamiento de vapor de etanol a dosis de 0,5 o 1 g fruto^{-1}. Para evitar la contaminación cruzada con el etanol, los frutos se almacenaban en bolsas de polietileno (SCOTT *et al.,* 1995a).

Aunque la difenilamina y la etoxiquina normalmente reducen la incidencia de escaldado, no siempre proporcionan un completo control (LAU, 1990). Por otra parte, es creciente la preocupación por el medio ambiente y la salud, reflejada en el nivel de residuos no sólo en el fruto sino también en la naturaleza. La limitación y seguramente la futura prohibición de los antioxidantes químicos utilizados ha obligado a buscar métodos de tipo físico para el control del escaldado. Tratamientos físicos previos al almacenamiento y determinadas condiciones de atmósfera controlada parecen ser prometedoras alternativas al uso de compuestos químicos.

Se han probado diferentes tratamientos de calor para reducir el escaldado. Según MORAS *et al.* (1980), una premaduración de la manzana Granny Smith antes del almacenamiento en frío ejerce una reducción muy eficaz del escaldado. La duración del tratamiento (entre 8 y 15 días) depende de la fecha de recolección y la temperatura debe situarse entre 18 y 20 °C. LURIE y KLEIN (1993) probaron distintas temperaturas y tiempos de tratamiento de manera que 38 °C durante 72 horas y 46 °C durante 12 horas, resultaron ser tan efectivos como las aplicaciones de DPA en la prevención del escaldado de manzanas almacenadas 6 meses en atmósfera controlada más 2 meses en atmósfera normal. Incluso en otros casos (PIRETTI *et al.,* 1994) el tratamiento físico (20 °C durante 10 días) fue más efectivo que el químico (DPA, 2000 ppm). Esto podría ser debido a que el tratamiento de calor inhibe la acumulación tanto de α-farnaseno como de CTH, mientras que el DPA solamente inhibe los CTH (EMENGOR *et al.,* 1994). CURRY (1989) realizó baños con agua caliente y comparó diversas temperaturas (20, 30, 40, 50 y 60 °C). 50 °C durante 60 segundos fué el mejor tratamiento, aunque sólo se consiguió una reducción aceptable del nivel de escaldado en cosechas tardías. A 60 °C, el sistema antioxidante natural del fruto sufría un considerable daño.

Desde hace unos diez años, se ha desarrollado la posibilidad de reducir el etileno presente en la atmósfera de la cámara hasta niveles de 1 ppm con el fin de mantener la calidad del fruto y reducir la incidencia de escaldado. Sin embargo los resultados no son consistentes para diferentes años y autores. Algunas veces, manteniendo la concentración de etileno por debajo de 1 ppm se lograron buenos resultados a la hora de reducir la fisiopatía (KNEE, HATFIELD, 1981) pero en otros casos no (LAU, 1990). Asimismo, GRAELL y RECASENS (1992) estudiando el barrido de etileno en dos campañas sucesivas, obtuvieron un resultado

satisfactorio en la primera, pero no en la segunda.

La atmósfera controlada tradicional (aproximadamente 3% O_2 / 5% CO_2) permite mantener la calidad del fruto a lo largo de su almacenamiento. En los últimos años se ha visto que si se disminuye la concentración de estos gases, la calidad se mantiene aún mejor y que algunos desórdenes, como el escaldado y el bitter-pit, se reducen. Por contra, pueden aparecer nuevas lesiones. A niveles de O_2 demasiado bajos la respiración pasa de ser aeróbica a anaeróbica, produciéndose etanol y acetaldehido. También puede verse reducida la capacidad de producir aromas por parte del fruto una vez finalizada la conservación (KE, KADER, 1989).

La biosíntesis de α-farnaseno y su oxidación a CTH puede estar inhibida tanto por bajos niveles de oxígeno como por altos niveles de dióxido de carbono (BEN-ARIE *et al.*, 1993; BLANPIED, CREASY, 1993). Según estos autores, manteniendo un 10% de CO_2 y 10-15% de O_2 (para evitar daños por CO_2) se pudo controlar el escaldado. En otros casos, un 6-8% de CO_2 fue suficiente para neutralizar este desorden (RASMUSSEN, 1990). Sin embargo, al colocar los frutos a temperatura ambiente se agravó el problema. Otro inconveniente del uso de concentraciones de CO_2 demasiado elevadas es que puede provocar pardeamiento del corazón, siendo Granny Smith una variedad especialmente sensible a esta alteración.

En cuanto al oxígeno, se ha visto que la reducción de los niveles de O_2 (Ultra Low Oxygen o ULO) pueden constituir un eficaz remedio para el control del escaldado. Para manzanas resultó ser más efectivo un nivel de O_2 del 1% frente al 2%. Además, para evitar la proliferación de la fisiopatía al trasladar los frutos a temperatura ambiente se combinó el ULO con el barrido de etileno (JOHNSON *et al.*, 1989). Por su parte, Nardin (1993) recomienda niveles de O_2 entre 0,9-1,2%, siempre que no se usen antioxidantes antes del almacenamiento. Igualmente en peras es mejor usar 1 o 2% de O_2 que 2,5% (FRANCILE, BATTAGLIA, 1992).

Otra técnica desarrollada con éxito para el control del escaldado ha sido someter al fruto a un estrés inicial de muy bajo oxígeno (ILOS) y/o de alto dióxido de carbono. Ya en 1985 se comprobó que un estrés inicial de O_2 (0-0,5%) seguido de una conservación en ULO (O_2 < 1,7%, O °C, 92-96% HR) conseguía reducir satisfactoriamente la sensibilidad al escaldado (LITTLE *et al.*, 1985). Comparando distintos estados de maduración del fruto, con un tratamiento ILOS más coservación ULO se obtuvieron niveles bajos de escaldado en todos los casos, mientras que sin el tratamiento inicial, solamente las manzanas almacenadas en ULO con un estado óptimo de maduración consiguieron un buen control (COMBRINK, 1993). Este estrés inicial de bajo O_2 / alto CO_2 inhibe la acumulación de α-farnaseno y CTH en la piel del fruto. El efecto inhibidor persiste durante la conservación pero puede desaparecer en atmósfera normal (CHEN *et al.*, 1993). Sin embargo, estos autores consiguieron un control total del escaldado en frutos sometidos a este estrés cuando, una vez fuera de la cámara, permanecieron 9 semanas en atmósfera normal a -1 °C y 7 días a 20 °C. El único inconveniente es que el elevado nivel de CO_2 puede provocar pardeamientos del corazón.

En cualquier caso, los resultados obtenidos con atmósferas con bajo oxígeno, sobre todo en la última década, son esperanzadores. Cabe señalar, sin embargo, que si bien se han obtenido conservaciones exitosas, se hace difícil una solución de aplicación universal, dada la necesaria y correcta consideración de diversos factores que influyen en

el grado final de escaldado: variedad, estado de madurez, periodo de almacenamiento, temperatura, nivel de O_2 y CO_2, principalmente.

MEHERIUK (1993) ha realizado un estudio sobre las condiciones en atmósfera controlada por variedades y paises. Concretamente, en España, para la variedad Granny Smith considera que las mejores condiciones son: 2,5% O2 / 4-5% CO_2 / 1 ºC. Finalmente, se pueden citar algunas recomendaciones que NARDIN (1993) considera importantes para que el control del escaldado, sin el uso de productos químicos, sea exitoso:

1. Que el fruto no sea recolectado antes del inicio del climaterio.

2. Puesta a punto inmediata de las condiciones de la atmósfera controlada.

3. Mantener una circulación de aire suficiente en la cámara (por lo menos 5-6 horas/día). Dejar pasillos entre hileras de envases y que éstos sean suficientemente abiertos.

4. Mantener una humedad relativa óptima (90-93% para la variedad Granny Smith).

5. No prolongar demasiado la estancia de la fruta a temperatura ambiente, una vez sale de la cámara (máximo 10-12 días).

Conclusiones

Aunque no está totalmente aclarado el origen bioquímico del escaldado superficial, la mayoría de los autores opinan que es un proceso oxidativo el que determina el desarrollo de la fisiopatía. Es importante considerar todos los compuestos que intervienen en dicho proceso, especialmente el contenido en α-farnaseno, hidroperóxidos trieno conjugados y antioxidantes naturales.

Para evitar el escaldado también hay que tener en cuenta los factores que condicionan esta oxidación, como son la variedad, estado de madurez, climatología, estado nutricional, tratamientos químicos y sistema de conservación. El control del escaldado debe pasar por un conocimiento previo de los factores de predisposición algunos de los cuales son utilizados como índices de predicción. Dada la necesidad de reducir el nivel de residuos, ha existido una evolución en los métodos de control, desde tratamientos químicos a físicos aunque los primeros no pueden ser de momento totalmente eliminados. Teniendo en cuenta que no pueden generalizarse los resultados obtenidos, los tratamientos físicos previos al almacenamiento y determinadas condiciones de atmósfera controlada parecen ser prometedoras alternativas al uso de compuestos químicos. Se propone seguir la investigación en esta línea.

Bibliografía

ANET, E.F.L.J. 1969. Autoxidation of α-farnesene. Austral. J. Chem., 22:2403-2410.

ANET, E.F.L.J. 1972. Superficial scald, a fuctional disorder of stored apples. IX. Effect of maturity and ventilation. J. Sci. Food Agric., 23:763-769.

ANET, E.F.L.J.; COGGIOLA, I.M. 1974. Superficial scald, a fuctional disorder of stored apples. X. Control of α-farnesene autoxidation. J. Sci. Food Agric., 25:293-298.

ARBIOL, E.; SALAS, J.; RECASENS, I., CANELA, I.; BLANCO, A. 1991. Influencia de la reducción de etileno en cámara sobre la calidad de manzanas Starking tratadas con paclobutrazol o etoxiquina. En: El etileno en la maduración y post-recolección de frutos y hortalizas. I. Recasens, J. Graell y M. Vendrell (Editores). 204-212 pp.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE,W.J. 1994a. Separating the effects of cool temperatures, ripening, and light on development of scald resistance in apples before harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119:54-58.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE, W.J. 1994b. Relationships of antioxidants in apple peel to changes in a-farnesene and conjugated trienes during storage, and to superficial scald development after storage. Postharvest Biology and Technology., 4:23-33.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE, W.J. 1994c. Accumulation of antioxidants in apple peel as related to preharvest factors and superficial scald susceptibility of the fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119(2):264-269.

BAUCHOT, A.D.; JOHN P.; SORIA, Y.; RECASENS, I. 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.

BEN-ARIE, R.; LEVIN, A., ZUTKHI, Y. 1993. Elevated CO_2 for control of superficial scald on CA-stored apples. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 42-43.

BERNATH, J.B. 1986. Production ecology of secondary plant products. En: E.C. Cracker and J.E. Simon (Editors), Herbs, Spices and Medicinal Plants. Recent advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology. Vol. 1, Oryx Press, Phoenix Ariz., pp.185-234.

BLANPIED, G.D. 1993. Effect of repeated postharvest of butylated hydroxytoluene (BHT) on storage scald apples. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol. 2. 466-469.

BLANPIED, G.D.; BRAMLAGE, W.J.; CHU, C.L.; INGLE, M.; KUSHAD, M.M.; LAU, O.L.; LIDSTER, P.D. 1991. A survey of the relationships among accumulated orchard hours below 10 °C, fruit maturity, and the incidence of storage scald on Starkrimson Delicious apples. Can. J. Plant Sci., 71:605-608.

BLANPIED, G.D.; CREASY, L.L. 1993. Concentrations of farnesene and conjugated trienes in the skin of Cortland apples stored in 2% and 4% oxygen with 1%, 3% and 5% carbon dioxide at 2,2 °C. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 481-486.

BRAMLAGE, W.J.; BARDEN, C.L. 1989. Predictability of scald susceptibility of apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 137-143.

BRAMLAGE, W.J.; DRAKE, M.; BAKER, J.H. 1974. Relationships of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 99:376-378.

BRAMLAGE, W.J.; WEIS, S.A., DRAKE, M. 1985. Predicting the occurrence of poststorage disorders of McIntosh apples from preharvest mineral analyses. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110:493-498.

BROOKS, C.; COOLEY, J.S.; FISHER, D.F 1919. J. Agric. Res. 18:221.

CHAPON, J.F.; NGUYEN, C., BOMPEIX, G. 1987. Apple scald. Treatment with diphenylamine applied by thermofogging. Infos, Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Légumes, 33:21-23.

CHEN, P.M.; VARGA, D.M. 1993. Reevaluating DPA postharvest drenching of Anjou pears to control superficial scald disorder. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 35-38.

CHEN, P.M.; VARGA, R.J.; XIAOY, Q. 1993. Inhibition of a-farnesene biosynthesis and its oxidation in the peel tissue of d'Anjou pears by low O_2 / elevated CO_2 atmospheres. Postharvest Biology and Technology, 3:215-223.

COMBRINK, J.C. 1993. Control of superficial scald of apples by ultra-low and stress levels of oxygen as an alternative to diphenylamine. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 470-480.

CURRY, E.A. 1993. Scald reduction in Granny Smith apples with hot water. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 31-32.

CURRY, E.A., KUPFERMAN, E.M. 1993. A systems approach to scald control. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 3-5.

DRAKE, M.; BRAMLAGE, W.J.; BAKER, J.H.; 1979. Effects of foliar calcium on McIntosh apple storage disorders. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 10:303-309.

DU, Z.; BRAMLAGE, W. J. 1993. A modified hypothesis on the role of conjugated trienes in superficial scald development on stored apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 118:807-813.

DU, Z.; BRAMLAGE, W.J. 1994. Roles of ethylene in the development of superficial scald in Cortland apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119(3):516-523.

DUVENAGE, A.J.; DE SWARDT, G.H. 1973. Superficial scald on apples: the effect of maturity and diphenylamine on the flavonoid content in the skin of two cultivars. Z. Pflanzenphysiol., 70:222-234.

EMONGOR, V.E. 1988. The effect of nitrogen and phosphorus on growth, yield of flowers, and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown under Kenyan conditions. Master of Science Thesis, Faculty of Agriculture, University of Nairobi, 131pp.

EMONGOR, V.E.; CHWEYA, J.A. 1989. Effect of plant age on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flower yield, essential oil content and composition. Discovery Innovation J. , 1(4):63-66.

EMONGOR, V.E.; MURR, D.P., LOUGHEED, E.C. 1994. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald. Postharvest Biology and Technology, 4:289-300.

FERGUSON, I.B.; WATTKINS, C.B. 1992. Crop load effects on mineral content and incidence of bitter pit in Cox's Orange Pippin apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 117:373-376.

FIDLER, J.C. 1956. Scald and weather. Food Sci. Abstr., 28:545-554.

FRANCILE, A.S.; BATTAGLIA, M. 1992. Control of superficial scald in Beurré d'Anjou pears and Granny Smith apples. Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, 86(2):397-410.

FRANZ, C. 1983. Nutrient and water management of medicinal and aromatic plants. Acta Hortic., 132:203-215.

GINSBURG, L. 1961. Superficial scald and its control on South African apples. Symposium on Refrigerated Storage of Fruits and Vegetables, Wageningen, May 23-26. Int. Inst. Refrig. Bull., Annex 1961-1, 179-193 pp.

GORINI, F.L. 1965. Influenze della temperatura pre-reccolta sul riscaldo della mella Stayman. Rio Ortoflorofruttic. Ital., 49:290-294.

GRAELL, J.; RECASENS, I. 1992. Effects of ethylene removal on Starking Delicious apple quality in controlled atmosphere storage. Posharvest Biology and Technology, 2:101-108.

HASLAM, E. 1989a. Proanthocyanidins. In: Plant Polyphenols - Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 14-89.

HASLAM, E. 1989b. Polyphenol complexation. In: Plant Polyphenols - Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 154-219.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1968. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IV. Effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of α-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agr., 19:297-301.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1970a. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V. Oxidation of α-farnesene and its inhibition by diphenylamine. J. Sci. Food Agr., 21:44-48.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1970b. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. VII. Effects of applied farnesene, temperature, and diphenylamine on scald and the concentration and oxidation of a-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agr., 21:584-589.

HUELIN, F.E.; MURRAY, K.E. 1966. α-Farnesene in the natural coating of apples. Nature (London), 210: 1260-1261.

JOHNSON, D.; KNEE, M.; SMITH, S.; DOVER, C. 1986. Mesures to take to combat scald. Grower. 106(16): 45-47.

JOHNSON, D.S.; PRINJA, J.; SMITH, S.M. 1989. The use of controlled atmosphere (CA) conditions for the control of bitter-pit and superficial scald in Bramley's Seedling apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 157-168.

KALLAY, T.; SASS, P. 1994. New measures against superficial scald of apples. Acta Hortic., 368:220-224.

KANG, S.D.; LEE, S.K. 1987. Nature and control of apple during cold storage. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 28(4):343-351.

KE, D.; KADER, A.A. 1989. Tolerance and responses of fresh fruits to oxygen levels at or below 1%. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.2. 209-216.

KERBEL, E.L.; MITCHELL, F.G.; KADER, A.A.; MAYER, G. 1989. Effects of Semperfresh coating on post-

harvest life, internal atmosphere modification and quality maintenace of Granny Smith apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 247-254.

KLEIN, J.D.; LURIE, S. 1994. Time, temperature, and calcium interact in scald reduction and firmness retention in heated apples. Hortscience, 29(3):194-195.

KNEE, M.; HATFIELD, S.G.S. 1981. Benefits of ethylene removal during apple storage. Ann. appl. Biol., 98:157-165.

KOKSAL, A.I.; DUMANOGLU, H.; TUNA, N.; SASS, P. 1994. The effect of Semperfresh on the storage of Williams pear and Starkspur Golden Delicious apple cultivars. Acta Hortic. 368:793-801.

LAU, O.L. 1990. Efficacy of diphenylamine, ultra-low O_2, and ethylene scrubbing on scald control in Delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 115:959-961.

LAU, O.L. 1993. Prediction and non-chemical control of Delicious apple scald. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.1. 435-446.

LAU, O.L.; MEHERIUK, M. 1994. The effect of edible coatings on storage quality of McIntosh, Delicious and Spartan apples. Can. J. Plant Sci., 74(4):847-852.

LITTLE, C.R., TAYLOR, H.J.; MCFARLANE, F. 1985. Postharvest and storage factors affecting superficial scald and core flush of Granny Smith apples. Hortscience, 20(6):1080-1082.

LOTZ, E.; COMBRINK, J.C. 1993a. Thermofogging apples with DPA. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 21-23.

LOTZ, E.; COMBRINK, J.C. 1993b. Alternative antioxidants for control of superficial scald. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 33-34.

LOUGHEED, E.C.; WILSON, K.; CHU, C.L.; WILEY, L.S.; TSCHANZ, R., COULING, S.; HUSTWIT, K.; SUTTON, N. 1992. Storage scald of Ontario apples. Can. J. Plant Sci., 72(4):1287-1288.

LURIE, S.; KLEIN, J.D. 1993. Prestorage heat and anaerobic treatments to control apple scald. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 447-452.

LURIE, S.; MAIER, S.; BEN-ARIE, R. 1987. Superficial scald on Granny Smith apples: The effect of preharvest ethephon sprays. Alon Hanotea, 42(1):53-57.

MEHERIUK, M. 1993. CA Storage conditions for apples, pears and nashi. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New Yok. Vol.2. 819-854.

MEIR, S.; BRAMLAGE, W.J. 1988. Antioxidant activity in Cortland apple peel and susceptibility to superficial scald after storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 113:412-418.

MERRITT, R.H.; STILES, W.C.; HAVENS, A.V.; MITTERLING, L.A. 1961. Effects of preharvest air temperatures on storage scald of Stayman apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 78:24-34.

MORAS, P.; CHAPON, J.F.; FERRE, G. 1980. L'echaudure de la pomme Granny Smith. Influence d'une prématuration avant l'entreposage et d'un traitement à l'éthoxiquine. L'Arboriculture Fruitère, 314:49-51.

MORRIS, J.R. 1964. The relationship of preharvest air temperature and several maturity indices to storage scald on Stayman and Rome Beauty apples. Ph. D. Diss., Rutgers Univ., New Brunswick, New Jersey.

MURRAY, K.E.; HUELIN, F.E.; DAVENPORT, J.B. 1964. Occurence of a-farnesene in the natural coating of apples. Nature (London). 204:80.

NARDIN, C. 1985. Post-harvest scald treatments with ethoxiquin and diphenylamine on different apple cultivars: effectiveness and residues. Trattamenti alla frutta dopo la raccolta, pp.39-56.

NARDIN, C. 1993. Control of scald of apples by ultralow oxygen storage. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 49-52.

PIRETTI, M.V.; GALLERANI, G.; BRODNIK, U. 1996. Polyphenol polymerisation involvement in apple superficial scald. Postharvest Biology and Technology, 8:11-18.

PIRETTI, M.V.; GALLENARI, G.; PRATELLA, G.C. 1994. Polyphenol fate and superficial scald in apple. Postharvest Biology and Technology, 4:213-224.

RASMUSSEN, P.M. 1990. Storage experiments with apples 1984-89. Tidsskrift for Planteavl., 94(1):39-49.

ROWAN, D.D.; ALLEN, J.M.; FIELDER, S.; SPICER, J.A.; BRIMBLE, M.A. 1995. Identification of conjugated triene oxidation products of a-farnesene in apple skin. J. Agric. Food Chem., 43:2040-2045.

SCOTT, K.J.; YUEN, C.M.C.; GHAHRAMANI, F. 1995a. Ethanol vapour- a new anti-scald treatment for apples. Postharvest Biology and Technology, 6:201-208.

SCOTT, K.J.; YUEN, C.M.C.; KIM, G.H. 1995b. Reduction of superficial scald of apples with vegetable oils. Postharvest Biology and Technology, 6:219-223.

SHARPLES, R.O.; REID, M.S.; TURNER, N.A. 1979. The effects of postharvest mineral element and lecithin treatments on the storage disorders of apples. J. Hortic. Sci., 54:299-304.

SIVE, A.; RESNIZKY, D. 1989. Thermal fogging with DPA and ethoxyquin. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 457-464.

SMOCK, R.M. 1961. Methods of scald control on the apple. Bull. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn., 970:1-55.

VANG PETERSEN, O. 1990. Calcium for apple trees. V. The effect of early spraying with calcium. Tidsskrift for Planteavl., 94(1):33-37.

WANG, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. Hort. Rev., 15:63-95.

WATKINS, C. 1993. Preharvest factors affecting superficial scald. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 16-20.

WATKINS, C.B.; BRAMLAGE, W.J. CREGOE, B.A. 1995. Superficial scald of Granny Smith apples is expressed as a typical chilling injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 120(1):88-94.

WINSTON, G.W.M. 1990. Physiochemical basis for free radical formation in cells: production and defenses. En: R.G. Alscher and Cucuming (Editors), Stress Responses in Plants. Adaptation and Acclimation Mechanisms. Wiley-Liss, Inc., New York, pp. 57-86.

(Aceptado para publicación el 21 de enero de 1997)