

El 1-MCP: una nueva herramienta en la poscosecha de peras y manzanas

Inmaculada Recasens (Catedrática de Universidad. Dept. Hortofruticultura Botánica y Jardinería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universitat de Lleida).

Receptores del etileno

El etileno (C_2H_4), como hormona vegetal, regula un gran número de procesos fisiológicos en las plantas, sólo o en combinación con otras hormonas. Entre los procesos fisiológicos que regula están la maduración de los frutos, la abscisión de hojas y frutos, la pérdida del color verde (desverdización) y los procesos relacionados con el estrés y la senescencia, por lo que juega un papel clave en la vida poscosecha de la mayoría de los productos hortofrutícolas (Saltveit 1999). Es por ello que tiene un gran interés conocer en profundidad el mecanismo de acción de esta hormona y los procesos que regula (Barry y Giovannoni 2007). El etileno dentro de las células vegetales, se forma a partir del aminoácido metionina, debido a su bajo peso molecular, es una molécula gaseosa, por lo que una vez producido puede difundirse a través de los tejidos hacia la atmósfera que rodea al producto (Figura 1), de forma que los propios frutos pueden ser fuentes de etileno para otros que estén a su alrededor (Wang y col. 2002).

Al igual que otras hormonas, para que pueda darse la ruta de transducción de la señal hormonal en la célula, el etileno debe unirse a unos receptores de membrana. La acción del etileno se realiza a través de la proteína la EIN2 que pone en marcha, cuando está activa, todos los procesos que se atribuyen al etileno a través de la familia EIN3 de factores de transcripción (Binder y Bleecker 2003). A nulas o bajas concentraciones de etileno los receptores de membrana actúan como reguladores negativos, forman complejos con una proteína llamada CTR1, la cual inhibe la actividad de la EIN2, suprimiendo todas las respuestas ligadas al etileno (Figura 2). Los receptores más importantes (más expresados) reciben el nombre de ETR1 y ERS1. Hay también otros menos efectivos (menos expresados) (ETR2, EIN4 y ERS2) pero que a su vez pueden estimular a los anteriores ETR1 y ERS1 y en consecuencia también actúan sobre la proteína CTR1 (Binder 2008). Cuando la concentración del etileno se incrementa, éste se

une a los receptores. Al unirse el etileno a los receptores, se suprime la acción inhibitoria de la proteína CTR1 sobre la actividad de la proteína EIN2, lo cual lleva a un incremento de la actividad de esta proteína y se estimulan todas las respuestas ligadas a la acción del etileno (Figura 3). Es por ello que para que puedan darse todos los procesos que regula el etileno éste debe estar unido a los receptores de la membrana.

Eliminación del etileno

El etileno se produce en gran cantidad durante la maduración de frutos climatéricos y también en los tejidos senescentes. En los frutos climatéricos, como las peras y las manzanas el etileno es autocatalítico, o sea que favorece su propia síntesis. Muchas de las técnicas empleadas para el mantenimiento de la calidad de frutas y hortalizas están basadas en estrategias que de una forma u otra tratan de controlar



Figura 1. Sistema de medida de la producción de etileno en manzanas mediante flujo continuo de aire.

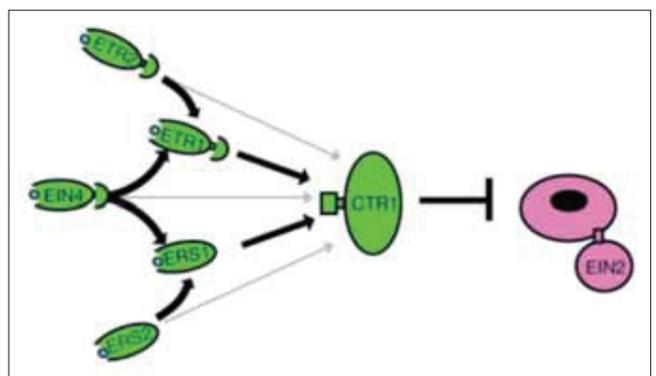


Figura 2. Modelo basado en los receptores de membrana del etileno en la planta *Arabidopsis* (CTR = CONSTITUTIVE TRIPLE RESPONSE; EIN = ETHYLENE INSENSITIVE; ERS = ETHYLENE RESPONSE SENSOR; ETR = ETHYLENE RECEPTOR) (Tomado de Binder y Bleecker, 2003).

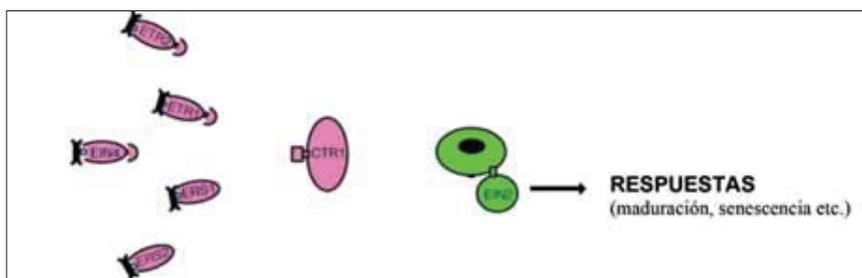


Figura 3. Modelo basado en los receptores y respuestas del etileno en la planta *Arabidopsis*, en presencia de etileno (Tomado de Binder y Bleecker, 2003).



Figura 4. Sistema de eliminación de etileno mediante adsorbedores.

la acción del etileno. Hasta ahora para evitar los efectos no deseables del etileno, se ha actuado reduciendo o eliminándolo de la atmósfera que rodea a los productos hortofrutícolas. Los sistemas más utilizados han sido desde la ventilación o la eliminación de las posibles fuentes de etileno (motores de combustión etc.) evitando así la acumulación de etileno en el aire, hasta el uso de presiones hipobáricas, oxidación del etileno mediante generadores de ozono o usando quemadores catalíticos en cámaras frigoríficas. También se han utilizado adsorbedores del etileno (Figura 4), como el carbono activo o el permanganato potásico en espacios y contenedores cerrados durante el transporte o almacenamiento. Hoy en día, la tendencia es distinta, ahora se trata de reducir o eliminar la acción del etileno en los propios productos hortofrutícolas (Watkins y Miller 2005)

El 1-metilciclopropeno

El 1-MCP (1-metilciclopropeno) es un compuesto químico, que tiene la capacidad de inhibir la ac-

ción del etileno, a través de su acción sobre los receptores de la membrana, evitando así que se activen los procesos de maduración y senescencia, de forma que puedan mantenerse los estándares de calidad durante la poscosecha de frutas y hortalizas. Descubierta por Ed. Silster y Sylvia Bankenship en el año 1994 en North Carolina State University, (EE.UU), el 1-MCP es una olefina cíclica obtenida sintéticamente. Es un compuesto orgánico simple que a temperatura ambiente y presión atmosférica presenta un estado gaseoso, con un peso molecular de 54 y su fórmula molecular es C_4H_6 (Figura 5). La Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los EE.UU (EPA), en 1999 catalogó al 1-MCP como un producto de riesgo reducido, de muy baja toxicidad y con un perfil medioambiental muy favorable en lo que respecta a personas, animales y medio ambiente. Su modo de acción no tóxico es debido a las dosis tan bajas a las que se usa (Sisler y Seker, 2003) ya que no deja un residuo detectable, ésta es una de las ventajas del 1-MCP, que resulta muy efectivo a muy bajas concentraciones,

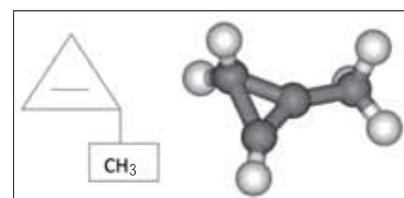


Figura 5. Estructura molecular del 1-MCP.



Figura 6. Envase de SmartFresh™.

del orden de partes por billón (ppb). (Mitcham y col. 2001). En los últimos años, se han realizado numerosas investigaciones probando su eficacia en diferentes productos hortofrutícolas (Blankenship y Dole, 2003).

El 1-MCP fue comercializado por primera vez bajo la marca EthylBloc™ por la empresa Floralife, Inc. (Walterboro, S.C.) para uso en cultivos ornamentales. Posteriormente la empresa AgroFresh Inc. (Rohm and Haas) lo empezó a comercializar bajo la marca SmartFresh™ para su uso en productos hortofrutícolas comestibles (Figura 6). En la actualidad hay varias empresas a nivel mundial, que han desarrollado su propia marca comercial de 1-MCP. El SmartFresh™ es un formulado estable en forma de polvo. Las moléculas de 1-MCP se encuentran 'encapsuladas' en un compuesto, la α -ciclodextrina, que en contacto con el agua se disuelve liberando el 1-MCP en forma de gas (Watkins y Miller, 2005).

El 1-MCP ha sido registrado en multitud de países de todo el mundo, y está siendo comercia-

ATILA

23 años sin Talowamina

Para Afrasa,
la calidad no
es una moda

- Formulación pionera de glifosato sin amina grasa etoxilada.
- Alta penetrabilidad: elevada eficacia.
- Resultados avalados internacionalmente.



afrasa.es

INDUSTRIAS AFRASA, S.A. - Ciudad de Sevilla, 53 · 46988 · Pol. Ind. Fuente del Jarro · PATERNA (Valencia)
Tel. 96 132 17 00 · Fax. 96 132 17 16 · e-mail: afrasa@afrasa.es

USE LOS PRODUCTOS FITOSANITARIOS DE MANERA SEGURA. LEA SIEMPRE LA ETIQUETA Y LA INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO ANTES DE USARLO

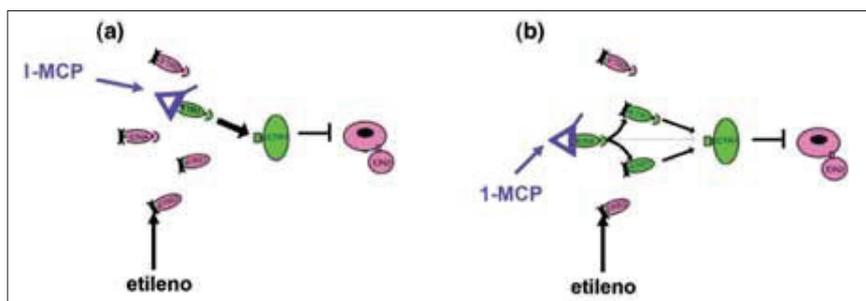


Figura 7. Inhibición de las respuestas ligadas al etileno por el 1-MCP. Modelo basado en los receptores y respuestas del etileno en la planta *Arabidopsis*, en presencia de 1-MCP. (a) El 1-MCP se une a los receptores más expresados. (b) El 1-MCP se une a los receptores menos expresados. (Tomado de Binder y Bleeker, 2003).

lizado desde hace varios años como tratamiento de poscosecha para preservar la calidad de manzanas, albaricoques, aguacates, caquis, ciruelas, kiwis, mangos, melocotones, melones, nectarinas, papayas, peras, pimientos, piñas, tomates y bulbos de tulipán. Actualmente se sigue trabajando para ampliar los registros a más cultivos. El empleo del 1-MCP ha abierto un amplio abanico de posibilidades para regular la maduración y senescencia, aunque se ha comprobado que el 1-MCP no tiene la misma eficacia para reducir la acción del etileno y retrasar la maduración por igual, en los diferentes productos hortofrutícolas.

El 1-MCP es un compuesto capaz de inhibir la acción del etileno, tanto del endógeno (sintetizado por los frutos) como del exógeno (presente en la atmósfera) en los tejidos vegetales (Blankenship y Dole, 2003). Según el modelo descrito anteriormente el 1-MCP suprime la vía de respuesta del etileno activando permanentemente los receptores del etileno. (a) Cuando el 1-MCP se une a un receptor altamente expresado como el ETR1, éste se queda en la conformación activa, esto lleva a una activación continua de la CTR1 incluso aunque queden algunos receptores unidos al etileno. (b) Cuando el 1-MCP se une a los menos expresados como EIN4, éstos activan ETR1 y ERS1, los cuales a su vez actúan sobre la CTR1, inhibiendo las respuestas ligadas al etileno, aún en presencia de etileno (Figura 7).

Dentro de la gama de inhibidores del etileno desarrollados, el 1-MCP es el más efectivo. Tiene mucha afinidad por los receptores del etileno, 10 veces mayor que la del propio etileno, de modo que actúa como su competidor, evitando el acceso del etileno a los receptores. Además, es activo a concentraciones notablemente inferiores a las que lo es el etileno, y se une al receptor de forma irreversible (Sisler y Serek, 2003; Ekman y col., 2004). El 1-MCP bloquea totalmente los procesos

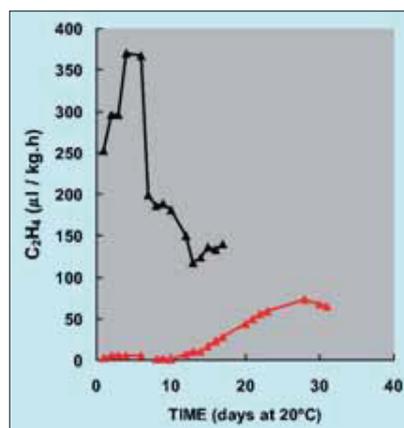


Figura 9. Producción de etileno a 20°C en manzanas 'Golden Smoothie', después de 4 meses en cámara frigorífica (negro: control; rojo: tratadas con 1-MCP).

de maduración dependientes del etileno (Baritelle y col. 2001), es por eso que cobra un especial papel como herramienta para aumentar la vida comercial, evitar el reblandecimiento de los frutos y mejorar la calidad después de la conservación (Mitcham y col. 2001). Este bloqueo no dura indefinidamente, la mayoría de tejidos vegetales sometidos a la acción del 1-MCP recuperan total o parcialmente la sensibilidad al etileno transcurrido cierto tiempo. Aunque tras la aplicación del 1-MCP todos los receptores de etileno permanezcan bloqueados, las células tienen la capacidad de regenerar nuevos receptores, que estando libres, pueden fijar nuevas moléculas de etileno y activar posteriormente los procesos de maduración (Villalobos Acuña y col. 2011), pero ello también depende de varios factores.

La aparición de la molécula del 1-MCP ha dado pie a un aumento de las investigaciones no solo en relación a sus efectos sobre el mantenimiento de la calidad en frutas y hortalizas, sino que también

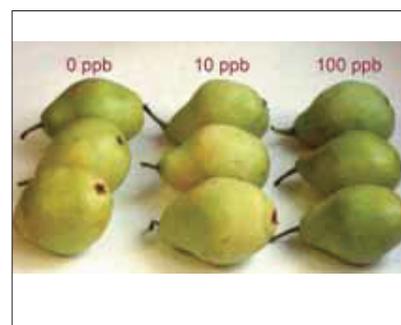


Figura 8. Retención del color y de la firmeza en pera 'Blanquilla', por el tratamiento con diferentes dosis de 1-MCP.

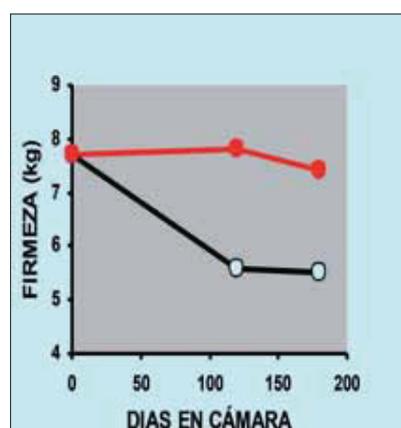


Figura 10. Mantenimiento de la firmeza en manzanas 'Golden Smoothie' tras 6 meses en cámara frigorífica de atmósfera controlada (negro: control; rojo: tratadas con 1-MCP).

sobre otros efectos del etileno en los vegetales y los mecanismos de inhibición de su síntesis y acción. A pesar de todos los avances en torno al 1-MCP, su uso sigue estando limitado a ciertos productos (Watkins, 2006). En todos los estudios se confirma que el 1-MCP bloquea no solo los receptores sino también la producción auto catalítica de etileno. También se está estudiando el efecto del 1-MCP sobre diferentes procesos metabólicos, como por ejemplo el metabolismo del ácido 1-aminopropano 1-carboxílico (ACC) precursor del etileno y su efecto sobre la actividad de los enzimas ACC-sintasa (ACS) y ACC-oxidasa (ACO), o sobre el estrés oxidativo y el potencial antioxidante de diferentes frutos durante la conservación (Chiriboga y col. 2013a)

Después de 20 años del descubrimiento del 1-MCP, esta molécula se ha erigido como una buena posibilidad para alargar la vida útil de los frutos, aunque su uso no está libre de riesgos y



Figura 11. Eliminación del escaldado superficial en manzana 'Granny Smith' por aplicación de 1-MCP.

dificultades. Hoy en día todavía se está tratando de ajustar las dosis y la forma de aplicación a una gran cantidad de productos, ya que la efectividad del 1-MCP viene afectada por diversos factores tales como la especie y variedad, la temperatura, las dosis, grado de madurez, la concentración de etileno dentro del fruto, la temperatura de conservación, la duración del tratamiento o incluso los días transcurridos después de la cosecha.

Aplicación de 1-MCP en peras

En España actualmente está autorizado su uso peras para las variedades 'Ercolini', 'Limonera', 'Williams', 'Bartlett', 'Blanquilla', 'Conference', y 'Alejandrina', con recomendaciones específicas para cada una de ellas. Las peras son muy sensibles a la exposición al 1-MCP y la eficacia del tratamiento depende en gran parte de la variedad (Mitcham y col. 2001). Algunas peras son mucho más sensibles que otras, por ello se precisa aplicar la concentración adecuada para cada una de ellas.

El mayor beneficio del tratamiento con 1-MCP es que reduce la producción autocatalítica de etileno y mejora la calidad de las peras durante el periodo poscosecha ya que permite mantener la firmeza y retener el color verde de la epidermis después de un largo periodo de conservación (Figura 8). A su vez puede prevenir la aparición de alteraciones poscosecha, como la descomposición interna, el corazón pardo o el escaldado superficial (Recasens y col. 2007). También puede reducir la susceptibilidad de la fruta a sufrir magulladuras por vibración e impacto (Ekman y col. 2004), lo que permite una mayor flexibilidad durante la clasificación, envasado y transporte. Se ha demostrado que los frutos tratados con 1-MCP también son

menos susceptibles al desarrollo de podredumbres.

El tratamiento con 1-MCP en peras ha resultado ser más complejo que en otros productos, debido a la alta sensibilidad de esta fruta al tratamiento y al hecho de que en algunas ocasiones, las peras quedan excesivamente firmes y verdes y pierden de forma irreversible su capacidad de madurar. La respuesta al 1-MCP depende de la variedad, de la dosis aplicada, del sistema de enfriamiento y del estado de madurez de la fruta cuando se realiza el tratamiento. (Chiriboga y col. 2013c). Se ha descrito este bloqueo de la maduración en variedades tales como 'd'Anjou', 'Bartlett', 'Blanquilla', 'Rocha' y 'Conference' (Gonçalves y col. 2012).

El principal interés del tratamiento con 1-MCP, es lograr un mantenimiento de la firmeza durante la conservación, clasificación y transporte de la fruta, pero a la vez después de un tiempo, conseguir un reblandecimiento y una calidad óptima cuando ésta llega al consumidor. Es preciso por tanto que transcurrido ese periodo después del tratamiento, se produzca la regeneración de los receptores que permitan que las peras recuperen su habilidad para madurar (Chiriboga y col. 2013b).

En muchas variedades de peras, ya se conoce cuál es la mejor combinación de madurez a la cosecha, concentración de 1-MCP, condiciones de aplicación y tiempo de almacenamiento después del tratamiento para permitir que maduren adecuadamente (Chiriboga y col. 2011) pero todavía se sigue investigando su aplicación en otras variedades (Calvo y col. 2015).

Aplicación de 1-MCP en manzanas

En España, en el año 2006 se registró el 1-MCP para su uso en manzanas. Una de las grandes ven-

tajas de la aplicación de 1-MCP en poscosecha de manzanas es la reducción y el retraso en la producción de etileno (Figura 9) y el mantenimiento de la firmeza y de la acidez durante todo el periodo de conservación, con valores parecidos a los de cosecha (Rupasinghe y col. 2000), de forma que las manzanas se mantienen crocantes hasta el momento del consumo (Figura 10). Debido a la acción que tiene sobre la respiración, también puede reducir en ciertos casos las pérdidas de peso. No afecta a la evolución de los azúcares, pero puede afectar ligeramente la intensidad aromática inhibiendo la síntesis de ciertos volátiles.

Un aspecto beneficioso muy importante del tratamiento con 1-MCP, es que puede prevenir la aparición de alteraciones como el escaldado superficial (Tsantili y col. 2007), siendo muy efectivo en la variedad de manzana 'Granny Smith' (Figura 11). Tanto es así que se ha llegado a sugerir que el 1-MCP podría presentarse como alternativa al uso de las atmósferas controladas como método de conservación, sin embargo se ha demostrado que las dos tecnologías tienen efectos sinérgicos cuando se usan conjuntamente (Watkins y Miller, 2005). La inhibición del escaldado superficial por el tratamiento 1-MCP se asocia a una menor acumulación de alfa farneseno y a sus productos de oxidación (compuestos trieno-conjugados) que son los que producen la alteración. El 1-MCP también reduce otras alteraciones ligadas a procesos de senescencia.

Su efecto sin embargo viene condicionado, como se ha indicado anteriormente, por diversos factores, tales como la especie y variedad, la temperatura, las dosis, la duración del tratamiento, el grado de madurez, la concentración de etileno interno, la temperatura de conservación o los días transcurridos después de la cosecha, incluso el



Figura 12. Manzana 'Golden' (derecha) afectada por DSB, tras el tratamiento con 1-MCP.



Figura 13. Manzanas con bajos contenidos en calcio, afectadas por plara tras el tratamiento con 1-MCP.

lugar de crecimiento del fruto (Watkins, 2006). Hay que conocer la dosis adecuada y la forma de aplicación para cada variedad. En general existe una correlación temperatura de aplicación/eficacia, a mayor temperatura, menor tiempo de tratamiento y menor dosis (Blankenship y Dole, 2003).

En algunos casos el tratamiento no está exento de problemas ya que puede provocar una alteración en la piel, descrita como *diffuse skin browning* (DSB) (Larrigaudière y col. 2010) en manzanas de la variedad 'Golden' cultivadas en zonas cálidas (Figura 12). Por otro lado también se ha visto que se pueden intensificar las manchas de plara (*lentilcel botch pit*) y *bitter pit* en manzanas con poco calcio (Figura 13). En general, las manzanas con bajos contenidos de calcio son menos resistentes a las condiciones de conservación, al estrés por

frío de las cámaras frigoríficas o al estrés por determinados tratamientos. Se puede dar el caso que manzanas con una concentración baja de calcio y fuerte desequilibrio mineral si se tratan con 1-MCP se acentúa la aparición y severidad de las manchas de plara durante la conservación frigorífica, cosa que no ocurre si la fruta tiene un buen equilibrio mineral y altos contenidos en calcio.

Conclusiones

El efecto beneficioso del tratamiento con 1-MCP se manifiesta con un retraso de la maduración permitiendo alargar la vida útil, con una mayor retención de la firmeza y control de las alteraciones de poscosecha, tanto en peras como en manzanas. El 1-MCP es una nueva herramienta que una

vez disponible comercialmente, brinda nuevas oportunidades para el manejo de frutas y hortalizas, permitiendo prolongar su vida comercial y mantener la calidad durante más tiempo. Sin embargo esta molécula que bloquea los receptores del etileno, no es utilizable por igual en todos los productos, requiriendo un estudio muy específico para cada caso, ya que su efecto varía según las condiciones de la aplicación y las características del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Baritelle A.L., Hyde G.M., Fellma J.K., Varit J., 2001. Using 1-MCP to inhibit the influence of ripening on impact properties of pear and apple tissue. *Postharvest Biology and Technology* 23:153-160.
- Barry C.S., Giovannoni J.J., 2007. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 26(2):143-159.
- Binder B.M., 2008. The ethylene receptors: complex perception for a simple gas. *Plant Science* 175:8-17
- Binder B.M., Bleeker A.B., 2003. A model for ethylene receptor function and 1-methylcyclopropene action. *ACTA Horticulturae* 628:177-187
- Blankenship S.M., Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28:1-25.
- Calvo G., Candan A.P., Civello M., Giné-Bordonaba J., 2015. An insight the role of fruit maturity at harvest on superficial scald development in 'Beurre d'Anjou' pear. *Scientia Horticulturae*, 192:173-179
- Chiriboga M.A., Giné-Bordonaba J., Schotsmans W.C., Larrigaudière C., Recasens I., 2013a. Antioxidant potential of 'Conference' pears during cold storage and shelf life in response to 1-methylcyclopropene. *Lwt-Food Science and Technology* 51(1):170-176.
- Chiriboga M.A., Saladié M., Giné Bordonaba J., Recasens I. García-Mas J., Larrigaudière C., 2013b. Effect of cold storage and 1-MCP treatment on ethylene perception, signalling and synthesis: influence of the evergreen behaviour in 'Conference' pears. *Postharvest Biology and Technology* 86:212-220
- Chiriboga M.A., Schotsmans W., Larrigaudière C., Dupille E., Recasens I., 2011. How to prevent ripening blockage in 1-MCP-treated 'Conference' pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1781-1788
- Chiriboga M.A., Schotsmans W.C., Larrigaudière C., Dupille E., Recasens I., 2013c. Responsiveness of 'Conference' pears to 1-methylcyclopropene: the role of harvest date, orchard location and year. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93: 619-625.
- Ekmann J.H., Clayton M., Biasi W.V., Mitcham E.J., 2004. Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 31:127-136

Excelente **eficacia**
contra la **monilia**

Botrisec[®]

La
protección
más **segura**

PLAZO DE
SEGURIDAD

3 días

TRADEC ● **ORP**
ESPAÑA



Alcalá, 498 - 3ª Planta
28027 Madrid
91 327 29 30
www.tradecorp.es

- Gonçalves P., Franco J., Salazar M., Neto C., Mendes S., Dupille E., 2012. Evolução do amadurecimento de peras 'Rocha' em resposta à aplicação conjunta de 1-metilciclopropeno e etileno. En: Recasens I., Graell J., Echeverría G. Avances en poscosecha de frutas y hortalizas. Ed. Universitat de Lleida. Pg 41- 46.
- Larrigaudière C., Vilaplana R., Recasens I., Soria Y., Dupille E., 2010. Diffuse skin browning in 1-MCP treated apples: etiology and systems of control. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90:2379-2385
- Mitcham B., Mattheis J., Bower J., Biasi B., Clayton M., 2001. Responses of European Pears to 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* 108:16-19.
- Recasens I., Soria Y., Vilaplana R., Larrigaudière C., 2007. El tratamiento poscosecha con 1-MCP es efectivo para el control del escaldado superficial y la descomposición interna en peras 'Blanquilla'. *Fruticultura Profesional* 168:55-58
- Rupasinghe H., Vasantha M., Dennis P., Paliyath G., Skog L., 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75:271-276
- Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 279-292
- Sisler E.C., Serek M. 2003. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biology* 5(5):473-480
- Tsantili E., Gapper N.E., Apollo Arquiza J.M.R., Whitaker B.D. Watkins C.B. 2007. Ethylene and α -farnesene metabolism in green and red skin of three apple cultivars in response to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (13):5267-5276
- Villalobos Acuña M.G., Biasi W.V., Mitcham E.J., Holcroft D. 2011. Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Barlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 60:17-23.
- Wang K.L.C., Li H., Ecker J.R., 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *The Plant Cell*. 14 Suppl S.;S131-S151.
- Watkins C.B., 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24:389-409.
- Watkins C.B., Miller W.B. 2005. 1-Methylcyclopropene (1-MCP), based technologies for storage and shelf-life extension. *Acta Horticulturae* 687:201-208.