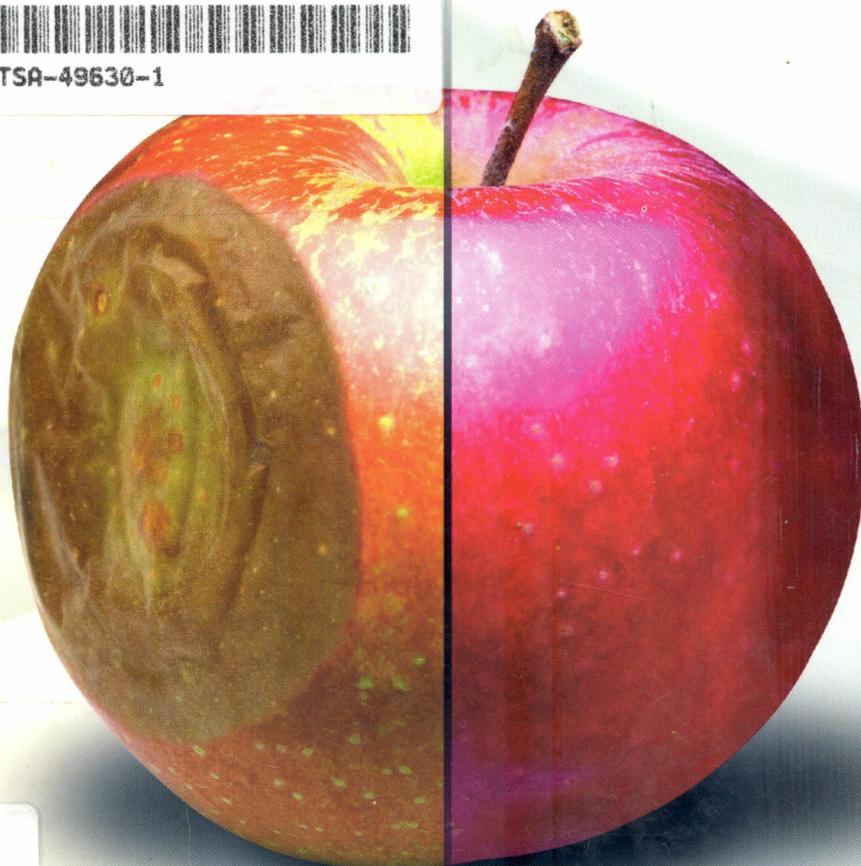


# AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA PATOLOGIA PÓS-COLHEITA

Avancos tecnologicos na ...  
2012 LV-PP-2013.00013



CPATSA-49630-1



0013

Autores:

**Sônia Maria Alves de Oliveira**  
**Severina Rodrigues de Oliveira Lins**  
**Alice Maria Gonçalves Santos**



## DESATIVADORES DE ETILENO

Daniel Terao, Wagner Bettiol e Cassiano Forner

### Introdução

As doenças em pós-colheita têm causado grandes perdas à fruticultura, principalmente na exportação de frutas frescas. Na maioria dos casos os fitopatógenos causadores dessas doenças em pós-colheita estão presentes na forma quiescente, em frutas aparentemente sadias no momento do embarque, manifestando os sintomas durante o transporte e desembarque da mercadoria no local de destino, em função do processo de maturação da fruta, podendo acarretar a rejeição de todo o carregamento pela má qualidade do produto, resultando em sérios prejuízos.

Essa incerteza, quanto à sanidade da fruta, tem levado os produtores a utilizar agrotóxicos no tratamento pós-colheita de frutas, de forma indiscriminada e na maioria das vezes empírica, com o agravante, em alguns casos, do uso de produtos não registrados para a cultura, pela carência de fungicidas recomendados para este fim, o que provoca a contaminação química da fruta, e coloca em risco a saúde da população.

Os consumidores de frutas estão mais conscientes e exigentes e o Mercado Internacional vem restringindo cada vez mais o Limite Máximo de Resíduos (LMR), impondo monitoramento rigoroso e barreiras não alfandegárias à comercialização das frutas nacionais.

Assim, a redução ou mesmo a eliminação de resíduos de agrotóxicos no controle das doenças pós-colheita é, portanto, um imperativo econômico e não apenas uma opção.

O uso irracional de agrotóxicos acarreta, também, sérios problemas ao meio ambiente, homem e animais, desencadeando contaminação de águas superficiais e subterrâneas, solo e atmosfera. Tudo isso tem levado a procura de produtos livres de contaminantes, provenientes de agricultura limpa, sendo cada vez mais valorizados por consumidores do mundo inteiro (BARKAI-GOLAN, 2001).

Além disso, o controle das doenças pós-colheita realizado, atualmente, não tem proporcionado resultados satisfatórios, pelo declínio da eficiência dos poucos princípios ativos registrados para o controle químico de podridões em pós-colheita, devido ao aumento e predominância de isolados resistentes dos principais patógenos envolvidos nas podridões o que tem encorajado o avanço de alternativas naturais e seguras dentro do contexto de agricultura sustentável e produtos voltados para exportação

(JANISIEWICZ; KOSTEN, 2002).

Uma vez que a manifestação de sintomas de podridão de infecções quiescentes ocorre em função da maturação da fruta, mecanismos que permitam administrar as condições de armazenamento, de modo a retardar os processos que levam a senescência, apresentam-se como estratégias limpas bastante promissoras no controle de doenças na pós-colheita de frutas, evitando-se os resíduos tóxicos.

Depois de colhidos, os produtos hortícolas frescos, com vida útil de prateleira relativamente curto, passam por uma série de transformações, que se reflete em mudanças nas características de textura, cor, sabor e aroma, indicativas do processo de amadurecimento e posterior senescência, que não pode ser interrompida, mas podem ser desaceleradas, dentro de certos limites (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Durante esses processos, os frutos, geralmente, tornam-se mais suscetíveis à invasão por fitopatógenos, devido ao decréscimo de componentes fenólicos e de compostos tóxicos e fitoalexinas, que inibem o crescimento do fitopatógeno, bem como pela transformação do substrato, disponibilizando nutrientes, como o açúcar (frutose, glicose, sucrose e sorbitol), que possibilita o rápido desenvolvimento dos micro-organismos. Ocorre, também, um aumento na predisposição dos frutos a danos mecânicos e da parede celular dos tecidos a enzimas pectinolíticas produzidas pelos fitopatógenos (KADER, 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A atividade respiratória e a produção de etileno são processos metabólicos muito importantes, principalmente nos frutos climatéricos.

O etileno, que é o mais simples dos compostos orgânicos, dentro dos processos fisiológicos das plantas, é produzido em todos os tecidos das plantas e por alguns micro-organismos, que pode ser difundido para dentro ou fora dos tecidos vegetais, a partir de fontes endógena e exógena biológicas e não biológicas, as quais desempenham um papel fundamental no amadurecimento e senescência dos frutos (VILAS BOAS, 2002).

Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína da membrana, de onde surge a resposta, desencadeando uma cascata de reações associadas à maturação e vida pós-colheita dos frutos. O aumento natural de produção de etileno, que precede o amadurecimento, catalisa o climatério respiratório, o qual, possivelmente, dá o suporte energético para as rápidas transformações na aparência, no aroma e na textura, que tornam os frutos para o consumo (VILAS BOAS, 2002).

O etileno pode ser usado em centrais de distribuição na uniformização do amadurecimento de vários produtos, ou ser deletérico durante o armazenamento e transporte de frutas e hortaliças, acelerando o

processo de senescência (PINHEIRO; VILAS BOAS; MESQUITA, 2005). Isso pode predispor o tecido ao desenvolvimento de doenças causadas por alguns patógenos, geralmente necrotróficos (LUNDI; SALL; KLEE, 1998).

Por outro lado, a produção induzida de etileno pela invasão de fitopatógenos, por toxinas fúngicas, assim como por raças específicas e elicitores endógenos está envolvida na ativação de mecanismos de defesa da planta, como a produção de fitoalexinas (FAN; MATHEIS; ROBERTS, 2000), PR-proteínas (RODRIGO et al., 1999), fenilpropanóides (CHAPPELL; HALBROCK; BOLLER, 1984) e alterações na parede celular (BELL, 1981).

No entanto, Palou et al. (2003) constataram que a aplicação de etileno endógeno tanto pode induzir a resistência, suscetibilidade, ou não ter nenhum efeito, dependendo da interação planta-patógeno estudado. Da mesma maneira, Thomma et al. (1999) consideraram bastante variável a função do etileno na defesa da planta, uma vez que a percepção da sinalização do etileno é requerida para alguns fitopatógenos mas não para outros.

O etileno é, também, um importante sinalizador de situações de estresse abiótico e em interações planta-patógeno (BLEECKER; KENDE, 2000). Portanto, a taxa de produção de etileno aumenta durante a maturação do fruto, com as injúrias físicas, o aumento brusco da temperatura de armazenagem, o estresse hídrico e a incidência de doenças (KADER, 2002). Argenta (2000) constatou que a associação de temperatura baixa com a atmosfera modificada, com baixo nível de oxigênio e alto nível de dióxido de carbono, durante a armazenagem, reduziu a produção e ação do etileno, bem como o retardamento da maturação e a deterioração dos frutos.

Portanto, uma das maneiras de desacelerar o processo de senescências dos frutos é administrando as condições de armazenagem, observando a intensidade da atividade respiratória e de produção de etileno do produto, e sua sensibilidade ao etileno exógeno (CANTWELL, 2001).

A maturação do fruto pode ser retardada por meio do uso de inibidores da produção e da ação de etileno (KENDE, 1993), como o permanganato de potássio, quitosana e alguns ciclopropenos que desativam a ação do etileno. Dentre eles, o 1-MCP (1-metilciclopropeno) tem sido bastante estudado, como alternativa para manejar os efeitos adversos do etileno em flores, frutas e hortaliças, objetivando aumentar a vida útil de prateleira do produto.

Em meados da década de 90, o Dr. E. Sisler, da Universidade do Estado da Carolina do Norte (EUA), descobriu que alguns ciclopropenos desativavam a ação do etileno, dentre eles o 1-MCP, apresentava maior possibilidade de se tornar comercial (SISLER; BLANKENSHIP, 1996).

O 1-MCP ( $C_4H_8$ ) é um gás que compete com o etileno pelos sítios de ligação nos receptores das membranas, podendo retardar ou inibir eventos da maturação de frutos, dependente daquele fito-hormônio e, assim, reduzir o desenvolvimento de podridões causadas por fitopatógenos em pós-colheita durante o armazenamento, com base na teoria de que frutos menos maduros são mais resistentes à podridão (TUCKER, 1993; SISLER; SEREK, 1997).

Estudos de toxicidade aguda, mutagenicidade e físico-químicos, traçaram perfis de segurança e toxicidade extremamente favoráveis do 1-MCP em relação ao ser humano, animais e meio ambiente. O composto é aplicado em doses extremamente baixas, tem um modo de ação não tóxica e é quimicamente similar a substâncias que ocorrem na natureza. Em testes de toxicidade aguda de 1-MCP, nenhuma morte ou sinais clínicos de intoxicação sistêmica foi observado, e não foram detectados resíduos nos produtos tratados (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002).

Pela adição de água ao produto, o 1-MCP é imediatamente liberado na forma gasosa, em áreas fechadas, como em salas de armazenamento, câmaras de refrigeração ou containers, durante a armazenagem, transporte ou nos centros de distribuição. Uma simples aplicação pode proporcionar tempo suficiente para o transporte de frutas a longas distâncias, assim como viabilizar opções de meios de transporte com melhor custo/benefício. Além disso, a combinação do uso de 1-MCP e armazenagem refrigerada têm mostrado como excelente opção para viabilizar a exportação marítima de várias frutas, abrindo assim novos mercados para os países produtores. Para se obter o máximo de benefício no controle do amadurecimento e da senescência, recomenda-se o tratamento com 1-MCP o mais próximo possível da colheita. Muitos produtos vegetais podem ser beneficiados com a aplicação do 1-MCP, principalmente os climatéricos e aqueles mais sensíveis ao etileno (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Blankenship e Dole (2003) observaram que a concentração efetiva de 1-MCP é baixa, entre  $2,5 \text{ NL.L}^{-1}$  a  $1 \mu\text{L.L}^{-1}$ , e que esta interage com a temperatura, sendo mais comumente aplicado à  $20\text{-}25^\circ\text{C}$ , podendo ser usado, também, em baixas temperaturas em alguns produtos. Bem como, que a duração do tratamento de  $12\text{-}24 \text{ h}$  é suficiente para alcançar a resposta completa e que diversos fatores como: cultivar, estágio de desenvolvimento, período entre a colheita e o tratamento, devem ser considerados para melhor eficiência do tratamento.

No entanto, apesar do comprovado aumento no tempo de vida útil prateleira para várias espécies hortícolas e frutíferas, os resultados obtidos até o momento, sobre o efeito de 1-MCP no controle de doenças pós-colheita e no desenvolvimento de fungos fitopatogênicos, são bastante controversos, demonstrando ser específico para cada produto e fitopatógeno

envolvido num determinado patossistema. Por exemplo, constatou-se que 1-MCP foi efetivo no controle de doenças pós-colheita de pêssego, quando inoculado com *Penicillium expansum*, ao passo que não induziu nenhuma mudança significativa na suscetibilidade de grapefruit infectado com *P. digitatum*. Por outro lado, laranjas pré-tratadas com 1-MCP apresentaram aumento na suscetibilidade a *P. digitatum* (KU et al., 1999; CAO; ZHENG, 2010).

Resultados semelhantes foram obtidos por Porat et al. (1999), que observaram um aumento na incidência de podridão causada por *Diplodia natalensis* e bolor causado por *P. digitatum* e *P. italicum* em laranjas tratadas com 1-MCP. Os autores postularam que o etileno endógeno pode ser necessário para a manutenção de mecanismos de defesa da fruta.

Mullins, McCollum e McDonald (2000) afirmaram que em frutos não-climatéricos, como os citros, o tratamento com 1-MCP pode aumentar, diminuir ou não ter efeito sobre o desenvolvimento de podridões, constando-se que em pomelo o tratamento com 1-MCP, apesar de ter prevenido a infecção, não afetou o desenvolvimento de *P. digitatum* sobre o tecido do hospedeiro.

Um fator muito importante a ser observado no tratamento com 1-MCP é o ajuste da dose para cada espécie estudada.

Sisler, Margareth e Dupille (1996) verificaram que 1-MCP inibe a ação do etileno em concentrações muito baixas, aumentando a vida prateleira de morango, e consequentemente, retarda o apodrecimento; enquanto que observou expressivo aumento na severidade da doença quando as frutas foram tratadas com doses elevadas da ordem de  $500 \text{ nL.L}^{-1}$ . Resultado semelhante foi observado por Jiang, Joyce e Terry (2001), para *Rhizopus stolonifer* em morango, observando elevação na severidade doença com o aumento na concentração de 10 para 500 a  $1000 \text{ nL.L}^{-1}$ , afirmando que as reduções no conteúdo de antocianinas e compostos fenólicos, bem como na atividade da enzima fenilalanina amônia liase (FAL) em morangos tratados com altas doses de 1-MCP, poderiam ser as responsáveis por esse aumento.

Vale ressaltar, também, a importância do controle da temperatura do local de armazenagem, para se obter resultados favoráveis. Terao et al. (2003) constataram que o tratamento de melão Orange com 1-MCP mostrou-se mais efetivo no controle da podridão por *Fusarium* quando os frutos foram armazenados em ambiente refrigerado. Resultados semelhantes foram observados em maçã, em que o 1-MCP reduziu, mas não preveniu a podridão, acelerando o processo quando a armazenagem de frutos ocorreu sob temperaturas elevadas e inadequadas (MIR et al., 2001).

Existem diversos trabalhos na literatura que confirmam a eficiência

do uso de 1-MCP no controle de doenças pós-colheita, especialmente em frutos climatéricos.

Segundo Kluge, Jacomini e Castro (2000), o tratamento com 1-MCP proporcionou aumento da vida de prateleira de goiaba vermelha da cultivar Pedro Sato, de quatro para seis dias, para o estágio verde, e de dois para cinco dias, para o estágio meio maduro, apresentando níveis de incidência de podridões significativamente inferiores aos não tratados.

Mangas Keitt tratadas com 1-MCP e armazenadas em condições de mercado local (temperatura ambiente) apresentaram efetivo atraso no processo de maturação, na mudança da cor, no acúmulo de sólidos solúveis, retardando a perda fisiológica, prolongando a manutenção da firmeza da polpa, além de, nitidamente, serem menos afetadas pela antracnose (OSUNA-GARCIA; BELTRAN, 2001).

O desenvolvimento de podridão, também foi mais lento, em damascos tratados com 1-MCP (PESIS et al., 2002). O tratamento com 1-MCP, na dose de 50 nL.L<sup>-1</sup> reduziu significativamente a incidência de podridão causada por *Colletotrichum acutatum* em nêspas inoculadas com o fitopatógeno. O tratamento inibiu o acúmulo de radicais superóxido e de peróxido de hidrogênio e manteve elevado o nível de superóxido de dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. Induziu a atividade de duas enzimas de defesa: quitinase e β-1,3-glucanase, durante os seis dias de armazenagem. Além disso, o tratamento prolongou a manutenção de características físico-químicas das frutas, retardando o processo de senescência, mantendo a resistência natural da fruta e induziu a resistência contra o ataque de fitopatógenos, sugerindo que 1-MCP tem potencial para o controle de *C. acutatum* em nêspera (CAO; ZHENG, 2010).

Resultado semelhante foi observado por LIU et al. (2005), em tratamento de pêssego cv. Jiubao com 1-MCP na dose de 500 nL.L<sup>-1</sup>. Houve significativa redução no progresso da doença em frutos inoculados com *P. expansum*. Aspectos qualitativos relacionados à maturação como firmeza, sólidos solúveis, açúcares totais, acidez titulável, pectina solúvel e produção de etileno, foram atenuados ou retardados em frutas tratadas com 1-MCP durante o armazenamento, quando comparados com a testemunha. No geral, observou-se que a resistência da fruta estava relacionada com o seu grau de maturação. À medida que a maturação do pêssego foi significativamente inibida pelo 1-MCP, aumentou sua resistência a doenças pós-colheita. No entanto, os mecanismos envolvidos na inibição de maturação da fruta podem não ser os mesmos para o aumento na resistência a doenças. Verificou-se em pêssegos tratados com 1-MCP um aumento nas atividades de fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase.

Terao et al (2009) trabalhando com melão tipo Orange cv. Orange

Flesh, observaram que o uso de 1-MCP, na dose de 300 nL.L<sup>-1</sup>, reduziu ou atrasou, significativamente, as alterações fisiológicas que ocorrem durante o amadurecimento. Frutos tratados com 1-MCP, armazenados em ambiente sem refrigeração, mantiveram firmeza da polpa praticamente inalterada até o 15º dia e quando em refrigeração mantiveram-se inalterados até o final da avaliação aos 24 dias após a colheita (Figura 1), o qual retardou também a abscisão do pedúnculo, uma variável indicativa de maturação (Figura 2), não alterando significativamente as variáveis qualitativas do fruto: coloração da casca e polpa dos frutos, teor de sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais durante o período de armazenamento, bem como pH e acidez total titulável nas diferentes condições de armazenamento estudadas. Verificou-se que o tratamento com 1-MCP retardou o amadurecimento de frutos controlando a podridão de *Fusarium pallidoroseum* (Figura 3). As atividades respiratórias e a produção de etileno foram atenuadas, não ocorrendo o pico climatérico como ocorrido na testemunha (Figura 4). A refrigeração interagiu positivamente com o 1-MCP, aumentando o tempo de conservação e sanidade do melão.

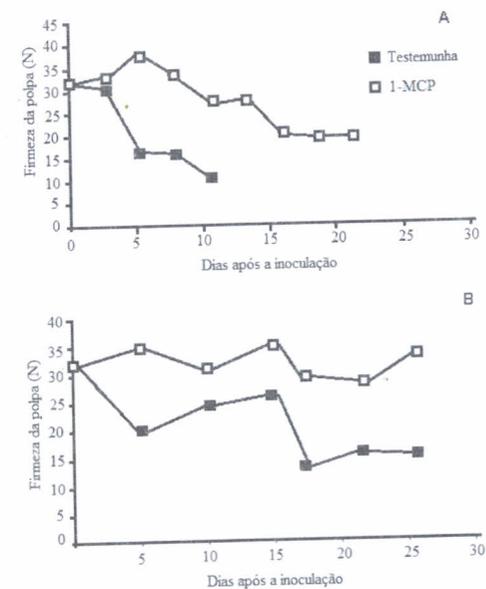
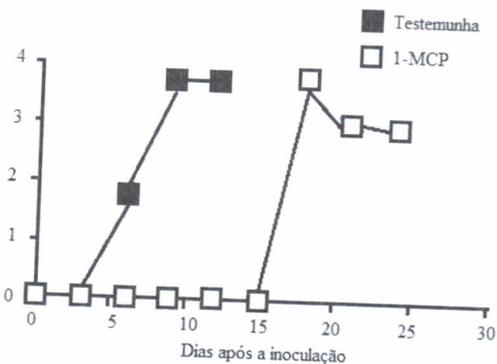
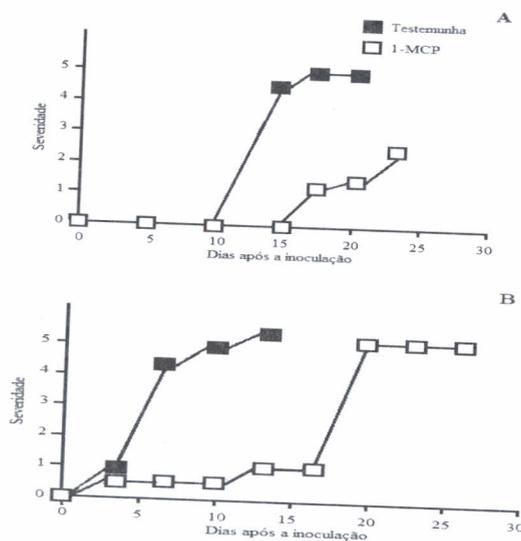


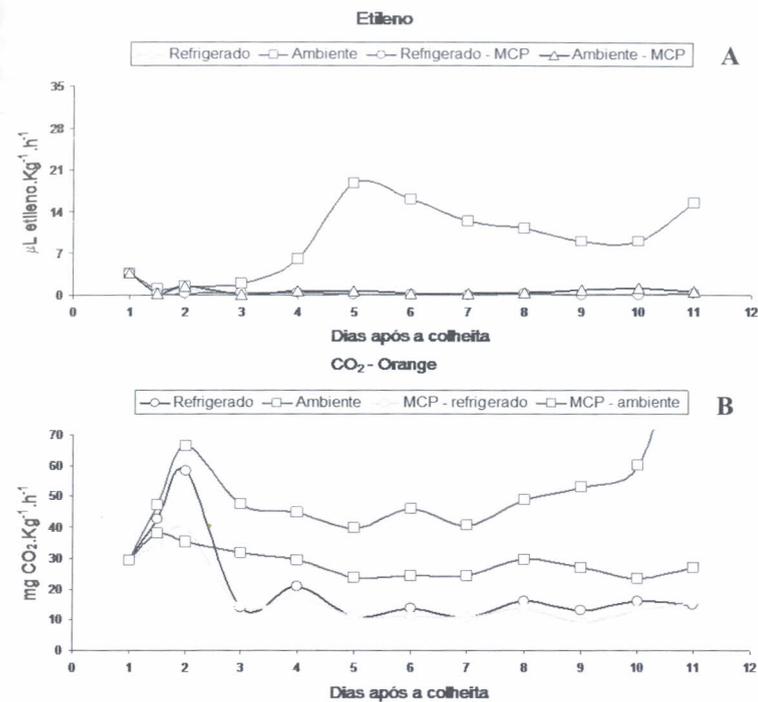
Figura 1. Firmeza da polpa de melões, cv. Orange Flesh, tratados e não tratados com 1-MCP (300 ppb), inoculados com *Fusarium pallidoroseum* e armazenados sob condição ambiente ( $29 \pm 1$  °C e umidade relativa de  $65 \pm 2$  %) (A) e refrigeração ( $10 \pm 2$  °C e umidade relativa  $90 \pm 3$  %) (B). (\*) Dia em que os frutos foram retirados da refrigeração.



**Figura 2.** Abscissão do pedúnculo de melão, cv. Orange Flesh, inoculados com *Fusarium pallidoroseum*, tratados com 1-MCP e armazenados sob condição ambiente ( $29^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 2\%$ ).



**Figura 3.** Severidade da podridão pela Escala de Notas de *Fusarium pallidoroseum* em melão, cv. Orange Flesh tratados e não tratados com 1-MCP, inoculados com *F. pallidoroseum* e armazenados sob condição ambiente ( $29^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 2\%$ ) (A) e refrigeração ( $10 \pm 2^{\circ} \text{C}$  e umidade relativa  $90 \pm 3\%$ ) (B). (\*) Dia em que os frutos foram retirados da refrigeração.



**Figura 4.** Produção de  $\text{CO}_2$  (A) e etileno (B) por melão, cv. Orange Flesh, inoculados com *Fusarium pallidoroseum*, tratados com 1-MCP e armazenados sob condição ambiente ( $29^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 2\%$ ) e refrigeração ( $10 \pm 2^{\circ} \text{C}$  e umidade relativa  $90 \pm 3\%$ ).

Resultados semelhantes foram obtidos com melão Hami, uma variedade bastante apreciada na China, por sua textura suculenta e sabor delicioso. No entanto, apresenta maturação rápida após a colheita, e é bastante perecível e suscetível a podridões. Normalmente, é armazenado a temperatura ambiente, durante o processo de distribuição, devido a carência de cadeias de frio na região. Observou-se que mesmo armazenado a

temperatura ambiente (25°C), o tratamento com 1-MCP inibiu a taxa de respiração e a produção de etileno, atrasou o pico climatérico, bem como desacelerou a perda de firmeza, retardando a maturação e mantendo os aspectos qualitativos, e diminuiu significativamente a incidência e a severidade da podridão de frutos. Os resultados indicam que o tratamento com 1-MCP tem grande potencial para estender a vida útil prateleira durante a distribuição a temperatura ambiente e manter a qualidade do melão Hami, viabilizando a sua comercialização. Considerou-se a concentração de 1  $\mu\text{L.L}^{-1}$ , como a mais recomendada para o tratamento de melão Hami com 1-MCP (LI et al., 2011).

Zhang et al. (2012) verificaram que o tratamento de jujuba, uma fruta exótica cultivada e apreciada na China e Índia, com 1-MCP na dose de 1  $\mu\text{L.L}^{-1}$  durante 24 horas, reduziu a produção de etileno e a respiração, mantendo a qualidade da fruta e atrasando o amolecimento. Houve uma redução significativa na incidência natural de doenças pós-colheita e a severidade de lesões inoculadas com *P. expansum*. O controle das doenças pode estar associado, também, a indução de resistência, uma vez que se observou aumento nas atividades de catalase, superóxido dismutase, felinalanina amônia liase e polifenoloxidase.

Leverentz et al. (2003) sugerem que a combinação de métodos alternativos poderia ser mais efetiva que a utilização de um método isoladamente, uma vez que não são de largo espectro e geralmente têm menor eficiência que os produtos químicos.

Janisiewicz et al. (2003) observaram que o tratamento com 1-MCP, isoladamente em maçã aumentou a severidade a podridões causadas por *P. expansum* e *C. acutatum*. No entanto, quando combinado com o tratamento com antagonistas e tratamento hidrotérmico, foi capaz de diminuir a severidade das podridões.

Resultados semelhantes foram obtidos por Osman, Sivakumar e Korsten (2011) no estudo do efeito de agente de biocontrolador *Bacillus amyloliquefaciens* e de 1-MCP no controle de doenças pós-colheita, antracnose e podridão de *Phomopsis* e na manutenção da qualidade de mamão Papaya 'Solo'. O tratamento isolado com 1-MCP apesar de desacelerar o processo de maturação, após a armazenagem em câmara fria (10°C e UR 85%), apresentaram maior incidência e severidade de antracnose e podridão de *Phomopsis* que o tratamento comercial. A aplicação do biocontrolador após o pré-tratamento com 1-MCP reduziu a incidência e severidade durante a armazenagem refrigerada e o período de maturação a 25°C, mantendo a qualidade da fruta. Afirmaram que esse tratamento tem potencial para ser usado comercialmente na produção de mamão orgânico.

Além do 1-MCP outros produtos são estudados, porém em menor escala, para reduzir o processo de maturação, visando estender a vida útil prateleira e, conseqüentemente, minimizar as perdas causadas pelas doenças pós-colheita.

Dentre eles podemos citar a quitosana, que é um polímero policatiônico, derivado de crustáceo e solúvel em ácidos orgânicos, que tem sido usado com sucesso na manutenção da qualidade de frutas e olerícolas na pós-colheita. Jitareerat et al. (2007) observaram que o revestimento de manga com quitosana a 0,5 e 1% retardou o processo de maturação, reduziu a taxa de respiração e produção de etileno. Esse tratamento reduziu a severidade da podridão causada por *C. gloeosporioides* em frutas inoculadas. Essa redução pode estar associada ao aumento de quitinase e  $\beta$ -1,3-glucanase observada pelo atraso na maturação das frutas, ou pelo baixo nível de oxigênio, pela atmosfera modificada proporcionada pela cobertura de quitina, podendo ter um impacto direto no metabolismo do fungo, reduzindo a sua capacidade de invadir o tecido da fruta.

Existem muitos outros trabalhos na literatura confirmando a eficiência dos desativadores de etileno na manutenção da qualidade de diversas espécies frutíferas, estendendo a vida de prateleira, bem como conservando ou mesmo ativando os mecanismos de defesa da fruta contra o ataque de fitopatógenos causadores de podridão. Portanto, existe grande potencialidade no uso dessa tecnologia como alternativa aos fungicidas, buscando a produção sadia de frutas pela minimização de resíduos químicos.

## Referências

- ARGENTA, L. C. **Conservação da qualidade e respostas fisiológicas de caqui ao inibidor da ação do etileno 1-MCP**. Caçador: Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina: Estação Experimental de Caçador, 2000. (Relatório Técnico apresentado a Rohm and Haas Co.).
- BARKAI-GOLAN, R. **Postharvest diseases of fruit and vegetables: development and control**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 2001. 432 p.
- BELL, A. A. Biochemical mechanisms of disease resistance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 32, p. 21-81, 1981.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.
- BLEECKER, A. B.; KENDE, H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental biology**, Palo Alto, v. 16, p. 13-18, 2000.

- CANTWELL, M. Properties and recommended condition for storage of fruit and vegetables. Disponível em: [http://postharvest.ucdavis.edu/produce/storage/prop\\_Im.html](http://postharvest.ucdavis.edu/produce/storage/prop_Im.html)> Acesso em: 30 mar. 2001.
- CAO, S.; ZHENG, Y. Effect of 1-methylcyclopropene on anthracnose rot caused by *Colletotrichum acutatum* and disease resistance in loquat fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 90, n. 13, p. 2289-2294, 2010.
- CHAPELL, J.; HAHNBROCK, K.; BOLLER, T. Rapid induction of ethylene biosynthesis in cultured parsley cells by fungal elicitor and its relationship to the induction of phenylalanine ammonia-lyase (*Phytophthora megasperma*). **Planta**, Berlin, v. 161, p. 475-480, 1984.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: ESAL: FAEPE, 2005. 728 p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY FEDERAL REGISTER, USA, v. 67, n.144, p. 48796-48800, 2002.
- FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; ROBERTS, R. G. Biosynthesis of phytoalexin in carrot root requires ethylene action. **Physiologia Plantarum**, Bornholm, v. 110, p. 450-454, 2000.
- JANISIEWICZ, W. J.; KORSTEN, L. Biological control of postharvest diseases of fruit. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 40, p. 411-441, 2002.
- JANISIEWICZ, W. J.; LEVERENTZ, B.; CONWAY, W. S.; SAFTNER, R. A.; REED, A. N.; CAMPO, M. J. Control of bitter rot & blue mold apples by integrating heat and antagonist treatments on 1-MCP treated fruit stored under controlled atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, p. 129-143, 2003.
- JIANG, Y. JOYCE, D. C.; TERRY, L. A. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 227-232, 2001.
- JITAREERAT, P.; PAUMCHAI, S.; KANLAYANARAT, S.; SANGCHOTE, S. Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruit. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 35, n. 2, p. 211-218, 2007.
- KADER, A. A. **Postharvest biology and technology: an overview**. California: USA, 2002. 535 p.
- KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 44, p. 283-307, 1993.
- KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; CASTRO, P. R. C. Controle do amadurecimento e senescência de goiaba vermelha tratada com 1-metilciclopropeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SBF, 2000.

- KU, V. V. V.; WILLS, R. B. H.; BEN-YEHORSHUA. 1-methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 119-120, 1999.
- LEVERENTZ, B.; CONWAY, W. S.; JANISIEWICZ, W. J. SAFNER, R. A.; CAMP, M. J. Effect of combining MCP treatment, heat treatment and biocontrol on the reduction of postharvest decay of 'Golden Delicious' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, p. 221-233, 2003.
- LI, X. W.; JIN, P.; ZHU, X.; YANG, H. Y.; ZENG, Y. H. 1-methylcyclopropene delays postharvest ripening and reduces decay un Hami melon. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 34, p. 119-125, 2011.
- LIU, H. X.; JIANG, W. B.; ZHOU, L. G.; WANG, B. G.; LUO, Y. B. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 1-7, 2005.
- LUNDI, S. T.; STALL, R. E.; KLEE, H. J. Ethylene regulates the susceptible response to pathogen infection in tomato. **Plant Cell**, Baltimore, v. 10, p. 371-382, 1998.
- MIR, N. A.; CURREL, E.; KHAN, N.; WHITAKER, M.; BEAUDRY, R. M. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness sensitivity retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. **Journal of American Society of Horticulture Science**, Alexandria, v. 126, p. 618-624, 2001.
- MULLINS, E. D.; McCOLLUM T. G.; McDONALD, R. E. Consequences on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased non-climateric fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, p. 155-164, 2000.
- OSMAN, M. S.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Effect of biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* and 1-methyl cyclopropene on the control of postharvest diseases and maintenance of fruit quality. **Crop Protection**, Guildford, v. 30, n. 2, p. 173-178, 2011.
- OSUNA-GARCIA, J. A.; BELTRAN, A. **Scale-up/demo Trial with SmartFresh for extending the postharvest quality of mangoes under Mexican semi-commercial conditions**. Santiago Ixcuintla, Naryarit-Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Florestales, Agrícolas y Pecuaria, 2001. (Relatório Técnico apresentado a Rohm and Haas Co.).
- PALOU, L.; CRISOSTO, C. H.; GARNER, D.; BASINAL, L. M. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, p. 243-254, 2003.
- PEREIRA, W. S. P.; BELTRAN, A. Mecanismos de ação e uso de 1-MCP -

bloqueador da ação de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais: doenças e pragas**. Viçosa: UFV, 2002. p. 31-42.

PESIS, E.; ACKERMAN, M.; BEM-ARIE, R.; FEYGENBERG, O.; FENG, X.; ApELBAUm, A.; GOREN, R.; PRUSKY, D. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, p. 171-181, 2002.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PORAT, R.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOREN, R.; DROBY, S. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities 'Shamouti' oranges. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 155-163, 1999.

RODRIGO, I.; VERA, P. TORNERO, P.; JERNANDEZ-YAGO, J.; CONEJERO, V. cDNA cloning of viroid induced tomato pathogenesis-related protein P-23: characterization as a vacuolar antifungal factor. **Plant Physiology**, Rockville, v. 102, p. 939-945, 1999.

SISLER, C. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 100, p. 577-582, 1997.

SISLER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M. **Method of counteracting an ethylene response in plants**. United States patent 5518988, Washington, 1996.

SISLER, E. C.; MARGARETHE, S.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Journal of Growth Regulation**, Dordrecht, v. 18, p. 169-174, 1996.

TERAO, D.; OLIVEIRA, S. M. A.; VIANA, F. M. P.; ALVES, R. E. A.; ROSSETTI, A. G.; GONDIM, D. M. F. Efeito de 1-metilciclopropeno (1-MCP) combinado à refrigeração no controle de podridão pós-colheita em frutos de melão. **Proceeding of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Homestead, v. 46, p. 53-57, 2003.

TERAO, D.; OLIVEIRA, S. M. A.; VIANA, F. M. P.; SÁ, C. R. L.; MOURA, R. D., GONDIM, D. M. F. Manejo da podridão de melão pelo controle do amadurecimento através do 1-MCP, sob duas condições de armazenamento. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 35, p. 110 - 115, 2009.

THOMMA, B. P. H. J.; EGGERMONT, K.; KOENRAAD, F. M.; TIERENS, J.; BROEKAERT, W. F. Requirement of functional ethylene-insensitive 2 gene for efficient resistance of Arabidopsis to infection by *Botrytis cinerea*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 121, p. 1093-1101, 1999.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER,

G. A. (eds.) **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 1-51.

VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS, 2., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 24-30.

ZHANG, Z. Q.; TIAN, S. P.; ZHU, Z.; XU, Y.; QIN, G. Z. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease. **Lwt-Food Science and Technology**, Londres, v. 45, n. 1, p. 13-19, 2012.