

REVISÃO DE LITERATURA

CONTROLE ATRAVÉS DE BLOQUEADORES DE ETILENO

Rosemberg Ferreira Senhor

Engº. Agr. Doutorando em Fitopatologia – UFRPE - Recife

E-mail: berg_fit@hotmail.com

Pahlevi Augusto de Souza

Engº. Agr. D. Sc. em Fitotecnia: IF-CE – Limoeiro – Ce

E-mail: Pahlevi10@hotmail.com

Romeu Carvalho Andrade Neto

Engº. Agr. D. Sc. em Fitotecnia – INCRA – Rio Branco Ac

E-mail: romeufersa@hotmail.com

Ariana Carvalho Pinto

Engº Agr. - Intermelon/Agrícola Famosa – Icapui-CE

E-mail: ariana@agrufamosa.com.br

Resumo - As perdas acumuladas em pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais oscilam em torno de 20 e 80%. Estas perdas podem ser de natureza qualitativa ou quantitativa, para os frutos climatéricos e não climatéricos, reduzindo assim, a oferta do produto no mercado. A vida pós-colheita dos produtos hortícolas se vê limitada, principalmente, pelo aparecimento de alterações fisiológicas e pelo ataque de patógenos, que depreciam o valor comercial dos produtos. Uma das respostas comuns da maioria dos tecidos vegetais frente a estas situações é a indução da biossíntese de etileno, o que sugere que este hormônio pode atuar como um sinal que coordena e regula os diferentes mecanismos que desencadeiam uma resposta de defesa frente a estas situações adversas. Diante do exposto, o presente trabalho almeja contribuir para o conhecimento do uso de bloqueadores de etileno no manejo de doenças pos-colheita.

Palavras Chaves: patogenos, fruticultura, bloqueadores

CONTROL A TRAVÉS DE BLOQUEADORES DE ETILENO

Resumen - Las pérdidas acumuladas en post-cosecha de frutos tropicales y subtropicales oscilan en torno a 20 y un 80%. Estas pérdidas pueden ser de naturaleza cualitativa o cuantitativa, para los frutos climatéricos y no climatéricos, reduciendo así, la oferta del producto en el mercado. La vida post-cosecha de los productos hortícolas se ve limitada, principalmente, por la aparición de alteraciones fisiológicas y por el ataque de patógenos, que deprecian el valor comercial de los productos. Una de las respuestas comunes de la mayoría de los tejidos vegetales frente a estas situaciones es la inducción de la biossíntese de etileno, lo que sugiere que esta hormona puede actuar como una señal que coordina y regula los diferentes mecanismos que desencadenan una respuesta de defensa frente a estas situaciones adversas. Delante del expuesto, el presente trabajo anhela contribuir para el conocimiento del uso de bloqueadores de etileno en el manejo de enfermedades pos-cosecha

Palabras llaves: patogenos, fruticultura, bloqueadores

CONTROL THROUGH BLOCK OF ETHYLENE

Abstract - The accumulated losses in post harvest of tropical and subtropical range around 20 to 80%. These losses can be qualitative or quantitative in nature, for fruit climacteric and non climacteric, thus reducing the supply of the product on the market. The postharvest life of vegetables is seen limited, mainly by the appearance of physiological changes and the attack of pathogens, which depreciate the commercial value of products. One of the most common responses of plant tissues facing these situations is the induction of ethylene biosynthesis, which suggests that this hormone can act as a signal that regulates and coordinates the various mechanisms that trigger a response in defense against these adverse situations. Considering the above, this paper aims to contribute to the knowledge of the use of blockers of ethylene in the management of post harvest diseases.

Keywords: pathogens, orchards, blocking

Introdução

Os frutos são produtos perecíveis, com vida útil pós-colheita relativamente curta. Mesmo após a colheita os frutos passam por uma série de transformações fisiológicas resultantes do metabolismo, que se refletem em diversas mudanças nos seus atributos de qualidade, tais como textura, cor, sabor e aroma, indicativas do processo de amadurecimento e posterior senescência. Durante esses processos, há um decréscimo dos componentes fenólicos aumentando a predisposição dos frutos às injúrias mecânicas e a invasão por patógenos (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Depois de ser destacado da planta mãe, o fruto continua com seu metabolismo ativo, e caso não seja controlado, a qualidade do produto é comprometida diminuindo a sua vida útil pós-colheita (VILAS BOAS, 2002).

Um dos processos metabólicos mais importantes no ciclo de vida dos frutos climatéricos é a produção de etileno. O etileno (C_2H_4) é um hormônio volátil produzido praticamente por todos os vegetais, que pode se difundir para dentro ou para fora dos tecidos vegetais, a partir de fontes endógenas e exógenas biológicas e não biológicas, as quais desempenham um papel fundamental no processo de amadurecimento e senescência dos frutos (VILAS BOAS, 2002). O etileno é o mais simples dos compostos orgânicos dentro dos processos fisiológicos das plantas, é um produto natural do metabolismo das mesmas, é produzido em todos os tecidos das plantas superiores e por alguns organismos. Este fitohormônio pode ser endógeno, sintetizado nas células das plantas, ou exógeno, oriundo de fontes externas, como frutos em amadurecimento. Devido aos efeitos diversos do etileno em grande número de espécies de plantas, muitos deles indesejáveis, há necessidade de manejar esses efeitos durante a fase de pós-colheita dos produtos. Este fitohormônio, em quantidades mínimas, regula uma série de processos de desenvolvimento e responde a estresse, incluindo abscisão das folhas, senescência de órgãos, germinação de sementes, crescimento de plantas e patógenos (PEREIRA; BELTRAN, 2002). Geralmente, a taxa de produção de etileno aumenta com a maturação da fruta, as injúrias físicas, a incidência de doenças, o aumento da temperatura, acima de 30 °C, e o estresse hídrico (KADER, 1992).

Estima-se que as perdas acumuladas pós-colheita em frutos tropicais e subtropicais, como banana, mamão, tomate e frutos cítricos, oscilem em torno de 20 e 80% na maioria dos países em desenvolvimento. Estas perdas podem ser de natureza qualitativa ou quantitativa, reduzindo assim, a oferta do produto no mercado. Quanto ao comportamento da respiração durante o amadurecimento, os frutos são

classificados em climatéricos e não climatéricos, sendo distintas suas respostas à ação do hormônio etileno (FINGER; VIEIRA, 2002).

A vida pós-colheita dos produtos hortícolas se vê limitada, principalmente, pelo aparecimento de alterações fisiológicas e pelo ataque de patógenos, que depreciam o valor comercial dos produtos e são a causa de importantes perdas econômicas. Uma das respostas comuns da maioria dos tecidos vegetais frente a estas situações é a indução da biossíntese de etileno, o que sugere que este hormônio pode atuar como um sinal que coordena e regula os diferentes mecanismos que desencadeiam uma resposta de defesa frente a estas situações adversas (BOLLER, 1991; ZACARIAS, 1993).

Com a crescente restrição ao uso de fungicidas, por questões de segurança alimentar e impacto ambiental, tem sido estimulado o uso de métodos alternativos para o controle de doenças pós-colheita (STEVENS et al., 1991). Possivelmente, estratégias de manejo que não proporcionem variações bruscas nos fatores do ambiente próximo ao fruto e possam contribuir para a redução das perdas pós-colheita (FINGER; VIEIRA, 2002).

Papel do etileno no amadurecimento dos frutos

Nos frutos climatéricos o etileno é o hormônio que induz o início do amadurecimento, porém nos frutos não climatéricos parece haver o envolvimento de outros fatores endógenos, como interação com outros hormônios, presença de ácido jasmônico e poliaminas, e, possivelmente, influência de fatores do ambiente na indução e no controle do amadurecimento. A expressão de muitas enzimas durante o amadurecimento pode ou não ser dependente da presença do etileno. Nos frutos climatéricos, há grande número de genes ativados durante o amadurecimento, os quais são dependentes deste hormônio, como o da poligalacturonase, endo-1,4- β -glucanase, sintase do ácido 1-carboxílico 1-aminociclopropano (ACC), oxidase da ACC, sintase do fitoeno e invertase. Em frutos não-climatéricos, apenas alguns genes têm a expressão aumentada pela aplicação de etileno, como síntese de pigmentos em uvas, degradação de clorofila e síntese de carotenóides em frutos cítricos (FINGER; VIEIRA, 2002).

O aumento natural na produção de etileno, que pode preceder o amadurecimento, catalisa o climatério respiratório, o qual, possivelmente, dá o suporte energético para as rápidas transformações na aparência, no aroma e na textura tornando os frutos prontos para serem consumidos. A presença do etileno é indesejável durante o transporte e o armazenamento de frutos, sendo considerado um dos grandes vilões na pós-colheita, pois compromete a qualidade de frutos

climatéricos e não climatéricos por conduzi-los a senescência (VILAS BOAS, 2002).

A produção deste fitohormônio pode ser induzida pela invasão de patógenos, por toxinas fúngicas, assim como por raças específicas e elicitores endógenos. O etileno também pode ativar os mecanismos de defesa da planta como da produção de fitoalexinas (FAN; MATTHEIS, 2000).

Os diferentes resultados relacionados com a função do etileno na defesa de plantas refletem seu desenvolvimento em múltiplos processos fisiológicos na planta. Este fitohormônio pode acelerar a senescência em folhas e o amadurecimento dos frutos (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 2002).

O potencial de armazenamento de frutos tropicais e subtropicais é função da interação de diversos fatores endógenos e do ambiente, que incidem tanto na pré-colheita como na pós-colheita. A sensibilidade da maioria dos frutos ao etileno aumenta na medida em que o fruto se aproxima da maturidade fisiológica e do início do amadurecimento. Além de induzir o amadurecimento, o etileno pode afetar outros aspectos da fisiologia dos frutos como o destacamento prematuro dos frutos, além de efeitos marcantes no desverdecimento da casca de frutos não-climatéricos.

Produção autocatalítica do etileno

A produção catalítica de etileno que ocorre no amadurecimento de frutos climatéricos esta relacionada com a capacidade dos tecidos em produzir altas quantidades de gás, em respostas às baixas concentrações de etileno no início da ascensão climática da respiração. Substâncias análogas, como acetileno e propileno, mimetizam a ação do etileno, induzindo a autocatálise do mesmo quando aplicado em frutos no estágio pré-climatérico. Entretanto, essas substâncias análogas têm menor atividade que o etileno, sendo necessárias maiores concentrações para se obter respostas semelhantes àquelas observadas pelo uso de etileno. Esses dados sugerem que a produção de altas quantidades de etileno no climatérico é necessária para o desenvolvimento das alterações bioquímicas relativas ao amadurecimento dos frutos (FINGER; VIEIRA, 2002).

Inibidores da ação do etileno

Nos últimos anos, várias técnicas têm sido desenvolvidas para regular o efeito da ação do etileno. A utilização de atmosfera em condições controladas com baixo nível de oxigênio atmosférico, geralmente, reduz a atividade respiratória dos frutos, no entanto, os efeitos de elevadas concentrações de dióxido de carbono no ar variam muito de acordo com a espécie (LIU et al., 2004). A atmosfera controlada (AC), com o uso de baixas concentrações de O₂ e elevadas concentrações de CO₂, é utilizada extensivamente para

controlar a produção de etileno e a respiração das frutas durante o armazenamento (ZAMBOLIM, 2002). A AC associada com baixa temperatura e baixo nível de oxigênio, e alto nível de dióxido de carbono, além de causar redução da produção e ação do etileno, também atua no retardamento da maturação e na deterioração dos frutos após a colheita (ARGENTA; FAN; MATTHEIS, 2001).

O oxigênio é um substrato do 1-ácido carboxílico 1-aminociclopropano (ACC), enzima que catalisa a conversão do ACC a etileno, enquanto o gás carbônico é considerado um inibidor competitivo da ligação do etileno ao receptor. Embora o íon Ag⁺ tenha capacidade de inibir efetivamente a ação do etileno, seu uso restringe-se a produtos não comestíveis. E em virtude do seu potencial de poluição ambiental, seu uso comercial não foi difundido comercialmente (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Argenta; Fan e Mattheis (2001) afirmam que o bloqueio da síntese de etileno também tem sido obtido pela expressão de uma “antisense” da sintase do ACC ou da oxidase do ACC em plantas transgênicas. Mais recentemente, um inibidor da síntese de etileno, o aminoetoxivinilglicina (AVG), foi introduzido no mercado para aumentar a retenção de frutos em plantas de maçã. O AVG é um inibidor da atividade de enzimas dependentes de grupamento piroxidil fosfato, incluindo a síntese de ACC, enzima que catalisa a conversão da S-adenosil metionina a ACC. Por não controlar o efeito do etileno externo, o AVG é menos utilizado em aplicações pós-colheita. Alguns extratores de etileno têm sido desenvolvidos, porém nenhum deles tem apresentado resultados totalmente satisfatórios, pois não reduzem as concentrações de etileno endógeno abaixo do nível de atividade biológica. Conforme Blankenship e Dole (2003), vários componentes inibidores da ação de etileno, tais como tiosulfeto de prata, (STS), 2,5-norbornadiene (2,5-NBD) e diazociclopentadieno (DACP) têm se mostrado efetivo.

Estudos recentes têm demonstrado que um novo produto, o 1- metilciclopropeno (1-MCP), tem um efeito inibidor sobre a ação do etileno, retardando, dessa forma, o amadurecimento e a senescência de frutos. A combinação do uso de 1-MCP e armazenamentos em temperaturas baixas têm se mostrado como excelente opção para viabilizar a exportação marítima de várias frutas, abrindo novos mercados para países produtores como o Brasil (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Segundo Sisler e Serek (1997) os ciclopropenos desativam a ação do etileno e aquele que apresenta maior potencial para ser a mais eficiente e conveniente ferramenta para manejar os efeitos adversos do etileno em flores, frutos e hortaliças é o 1-MCP. O uso de inibidores da ação do etileno, como o 1-MCP, retarda o início do amadurecimento dos frutos climatéricos e reduz alguns dos sintomas associados a senescência

dos frutos não-climatéricos (FINGER; VIEIRA, 2002). O 1-MCP é aplicado na forma gasosa, em condições herméticas, como em salas de armazenamento, câmaras de refrigeração, containers ou trailers, sendo então imediatamente liberado, pela mistura do produto a água (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Mecanismo de ação do 1-MCP

O 1-MCP é um produto que após a sua aplicação na pós-colheita bloqueia a ligação do etileno a seu receptor. Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, de onde surge a resposta. A ligação do etileno ao receptor sugere o encaixe de uma chave à fechadura, considerando-se o etileno como a chave e o receptor como a fechadura. Quando o etileno se liga ao receptor, é como se a fechadura destravasse e a porta abrisse. Com isso é desencadeada uma série de reações associadas à qualidade e a vida útil pós-colheita dos frutos. O 1-MCP, também é capaz de se ligar ao receptor de etileno agindo como uma chave que se acopla na fechadura, mas é incapaz de destravá-la e abrir a porta, quando o 1-MCP está ocupando o sítio receptor, é impossível para o etileno se ligar a ele. É desta forma que o 1-MCP atua como um inibidor de etileno, em vegetais (VILAS BOAS, 2002).

Foi demonstrado que o 1-MCP se liga aos receptores de etileno com uma meia vida de difusão entre 7 e 12 dias, comparando com 2 a 10 minutos no caso do etileno. Esse tipo de difusão sugere que a ligação do 1-MCP ao receptor de etileno é praticamente irreversível, porém, assim que o complexo receptor do 1-MCP é metabolizado ou novos receptores são gerados a altas temperaturas, o processo é revertido (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

O período de ação do etileno é limitado, visto que novos receptores do etileno vão sendo sintetizados, dinamicamente, permitindo o amadurecimento normal dos frutos, preferentemente, após o período de armazenamento. Aplicações sucessivas (semanais, mensais, por exemplo) deste produto podem ser viáveis na manutenção da qualidade de frutos por longos períodos (VILAS BOAS, 2002).

A afinidade deste produto pelo receptor é aproximadamente 10 vezes maior que o etileno, sendo mais ativos em concentrações menores. O 1-MCP influencia na biossíntese de etileno em algumas espécies através da inibição em *feedback* (SISLER; SEREK, 1997).

O 1-MCP tem sido considerado inibidor em potencial de vários processos dependentes do etileno em plantas, frutos (ABDI et al., 1998; GOLDING et al., 1998; FENG et al., 2000; DONG et al., 2001), abscisão de órgãos (PORAT et al., 1995; SEREK; SISLER, 2001), senescência de flores, amarelecimento dos brócolis (FAN; MATTHEIS, 2000) e biossíntese

de etileno (MULLER; SEREK; SISLER, 2000; MULLINS; MCCOLLUM; MCDONALD, 2000). Todos esses relatos citados, demonstram o potencial do uso do 1-MCP para a manutenção da qualidade dos frutos e flores durante o armazenamento e vida de prateleira. Entretanto, poucas informações acerca do uso de 1-MCP como inibidor da síntese de etileno em flores são disponíveis. Recentemente o 1-MCP foi demonstrado como inibidor da senescência de folhas em vegetais (JIANG et al., 2002).

Uma vez que os controles alternativos, geralmente, não são de largo espectro e de menor eficiência que os químicos, a combinação de métodos alternativos poderá ser mais efetiva que a utilização de um método isoladamente (LEVERENTZ et al., 2003).

O 1-MCP retarda o início do aumento da produção de etileno retardando a respiração, a produção de aromas e o amaciamento dos frutos. Este produto pode reduzir a incidência de distúrbios fisiológicos do armazenamento e diminuição da emissão de produtos voláteis (VILAS BOAS, 2002).

Aplicação de 1-MCP

A aplicação do 1-MCP representa uma nova ferramenta que pode ser, adotada como opção para a manutenção da vida de prateleira e qualidade dos produtos vegetais, mostrando-se promissor não apenas para uso comercial como também nos programas de pesquisa para um melhor entendimento e desenvolvimento de novas pesquisas sobre as respostas ao etileno (BLANKENSHIP, 2003). O 1-MCP apresenta grande potencial no controle da atividade do etileno em pós-colheita de vários produtos. Os benefícios do uso desta tecnologia incluem a redução significativa de perdas, pela manutenção das características de qualidade por maior tempo de armazenamento e comercialização; a possibilidade de misturar produtos com diferentes níveis de produção e sensibilidade ao etileno o aumento da competitividade no mercado; e a expansão da oportunidade de exportação (PEREIRA; BELTRAN, 2002). Aliado ao incremento na vida útil pós-colheita de vários frutos testados, a aplicação desse produto, assim como, de outras substâncias inibidoras de ação de etileno, apresentam a vantagem de proteger o tecido dos vegetais e de produzir fitohormônios tanto endogenamente como exógena (FENG et al., 2000).

Considerando a dificuldade de manipular gases, o 1-MCP é encontrado em uma formulação sólida. A formulação em contato com a água libera-se rapidamente, como já foi citado anteriormente, sendo o tempo de liberação em torno de 1 hora, dependendo da temperatura e outras condições do meio. Após o período de exposição dos frutos 6 a 24 horas, estes devem voltar às condições normais de armazenamento (ar ou atmosfera controlada) (VILAS BOAS, 2002).

O 1-MCP pode ser aplicado imediatamente após a colheita, durante o armazenamento e o transporte ou nos centros de distribuição. Para se obter o máximo de benefício no controle do amadurecimento e da senescência, o tratamento deve ser feito o mais próximo possível da colheita. Muitos produtos vegetais podem beneficiados com a aplicação do 1-MCP, principalmente os frutos climatéricos e aqueles sensíveis ao etileno. Para fins de pesquisa, pequenos recipientes como tambores, caixas plásticas ou sacos plásticos, com espessura mínima de 60 mm, têm sido utilizados. O 1-MCP é um produto que pode ser aplicado a qualquer temperatura. Deste modo, em condições de temperatura ambiente a sua dissipação no local de tratamento, assim como sua penetração nos tecidos de diferentes produtos, são relativamente rápidas, pois um período de exposição de 4 a 12 horas é normalmente suficiente para se obter à máxima performance do produto. No entanto, em condições de baixas temperaturas, o período de exposição das frutas ao 1-MCP pode ser maior. Vários tipos de geradores de 1-MCP têm sido desenvolvidos para facilitar a aplicação do produto e evitar erros nas dosagens a serem usadas (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

No momento da aplicação do 1-MCP alguns pontos devem ser considerados, tais como a concentração do produto que deve ser suficiente para saturar os receptores e competir com qualquer etileno presente, sabe-se que as concentrações variando entre 10 a 1000 partes por bilhão (ppb) têm demonstrado serem adequadas para aumentar a vida de prateleira dos frutos. O tempo de exposição dos produtos vegetais deve ser longo o bastante para que o gás seja liberado e penetre no tecido vegetal, sendo que o tempo de exposição ao produto está diretamente relacionado com a temperatura de aplicação que pode ser tanto ambiente quanto em condições de refrigeração, entretanto o uso de temperatura ambiente pode quebrar a cadeia de frio, fundamental na conservação de frutos; os frutos maduros ou em estágio de maturação mais avançado são menos suscetíveis a ação do 1-MCP; o gás é um produto, aparentemente, efetivo em retardar o amadurecimento de frutos no estágio pré-climatérico, embora, uma vez atingindo o pico climatérico, torna-se muito mais difícil retardar o posterior amadurecimento com o tratamento de 1-MCP, isoladamente; e finalmente o 1-MCP é um produto seguro que não deixa resíduos detectáveis, podendo ser usados em pequenas ou grandes operações (VILAS BOAS, 2002).

Ku; Wills e Ben-Yehoshua (1999), observaram que em frutos não climatéricos, o 1-MCP pode aumentar, reduzir ou não ter nenhum efeito no desenvolvimento de doenças em pós-colheita.

No entanto, Jiang; Joyce e Terry (2001), afirmaram que dosagens elevadas de 1-MCP aceleraram o desenvolvimento de doenças em morango, em função da inibição da síntese de

fenilalaninaamônia-liase (PAL) e de compostos fenólicos.

Segundo Leverentz et al. (2003), teoricamente, frutos com grau de maturação retardada pelo 1-MCP seriam mais resistentes à deterioração por doenças.

O tratamento com 1-MCP oferece grandes benefícios para as pomáceas. Um deles é o controle de desordens fisiológicas, como escaldadura superficial e mancha de superfície. Em maçã variedade Granny Smith o controle total da escaldadura superficial tem sido obtido (CALVO, 2000).

Resultados de manutenção de firmeza de polpa em maçã, de distintas variedades e origens, têm sido obtidos em extensa série de experimentos, em vários países, com a aplicação de 625 a 1000 ppb de 1-MCP em câmaras experimentais ou de armazenamento. No Brasil, nos últimos anos, vários trabalhos em maçã cv. 'Gala' têm sido realizados e comprovados esses resultados (ARGENTA, 2001).

Argenta e Amarante (2001), verificara quem em frutos de ameixa 'Laetitia' tratados com 1-MCP logo após a colheita apresentaram diminuição da produção autocatalítica de etileno, com atraso do amadurecimento quando armazenados em baixa temperatura e com aumento na vida de prateleira.

Em hortaliças como tomate, o 1-MCP tem apresentado excelentes resultados no aumento da vida de prateleira de variedades tradicionais, bem como daquelas com gene de vida, possibilitando ao produtor planejar a produção, o transporte e a comercialização para localidades mais distantes (ZAMBOLIM, 2002).

Segundo Serciloto et al. (2001), floretes de brócolis minimamente processados, tratados com 1-MCP e armazenados a 5 °C, apresentaram aumento de até 200% em sua vida útil quando comparados aos não tratados.

A utilização de 1-MCP em pêra tem apresentado excelentes resultados, tanto na manutenção dos seus caracteres de qualidade como no controle de doenças abióticas, como distúrbios fisiológicos (REMATALES, 2001).

Em vários países do mundo têm sido realizados vários estudos visando à ação do 1-MCP em melão, especialmente, o melão cantaloupe (PEREIRA; BELTRAN, 2002). Conforme Almeida et al. (2001), os melões cantaloupe, híbrido "Acclaim" não tratados com 1-MSP foram considerados aceitáveis para a comercialização por até cinco dias após a colheita, enquanto que os tratados com 100 ppb de 1-MCP conservaram-se com boa aparência por até 12 dias e os que receberam doses mais altas por até 15 dias.

Comercialização de 1-MCP

Na década de 90 foi descoberto, nos Estados Unidos da América, que alguns ciclopropanos desativavam a ação do etileno e que o 1-MCP era o que apresentava possibilidades de ser comercializado

(SISLER; SEREK, 1997). Apresentando potencial para ser a mais eficiente e conveniente ferramenta para manejar os efeitos adversos do etileno em flores, frutos e hortaliças (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Este produto está sendo desenvolvido, em nível mundial, pela Agrofresh Inc, subsidiária da Rohm and Haas Company, para o uso em tratamento pós-colheita em frutos, hortaliças e flores na formulação de pó solúvel. Além de não ter modo de ação tóxico é aplicado em doses extremamente pequenas (ppb), não havendo expectativa de encontrar resíduos nos produtos tratados. As autoridades de regulamentação norte-americanas (agência de proteção ambiental-EPA) classificaram-no como um regulador de crescimento com estrutura relacionada ao material encontrado nas plantas (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

No mercado, o bloqueador de etileno 1-MCP é encontrado na forma comercial de EthylBloc e Smartfresh, ambos aprovados para o uso em culturas ornamentais nos Estados Unidos da América (BLANKENSHIP, 2003). Embora diversos estudos tenham revelado a sua eficiência e inocuidade aos frutos, este químico ainda não foi liberado para tal uso, em uma gama de outros países, incluindo o Brasil. Em contra partida o Chile e Argentina já têm registro para uso na cultura da macieira (uso pós-colheita em maçãs). Acredita-se que esse produto terá seu registro aprovado para frutos, nos Estados Unidos e Comunidade européia, entre os anos de 2003 e 2004 (VILAS BOAS, 2002).

No sentido de facilitar ainda mais a utilização do 1-MCP, um kit de único passo está sendo desenvolvido para câmaras de armazenamento de maçãs e outras aplicações em grandes câmaras. Tudo que o usuário precisa fazer é adicionar água, acionar um botão e deixar a câmara. A maior parte dos trabalhos realizados até agora utiliza uma formulação 0,14%, embora uma formulação de 3,3% esteja sendo estudada e deve ser colocada no mercado quando o produto for totalmente liberado por esta última formulação, requer menos água para ser ativada e oferece uma liberação mais eficiente em câmaras de armazenamento maiores (VILAS BOAS, 2002).

Portanto, para a aplicação do 1-MCP com eficiência é necessário levar em consideração alguns fatores nas condições de uso, tais como temperatura de aplicação, concentração do produto, duração do tratamento, estágio de maturidade do produto vegetal, o intervalo entre a colheita ao tratamento e o número de aplicações (BLANKENSHIP, 2003). Uma vez que a utilização desta nova ferramenta, de grande potencial no controle da atividade do etileno em pós-colheita, mantém as características de qualidades dos produtos por mais tempo de armazenamento e comercialização, bem como aumenta a competitividade no mercado e expande as oportunidades de exportação (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Informações sobre o uso de bloqueadores de etileno no manejo de doenças pós-colheita são subsídios fundamentais para o planejamento de estratégias de manejo de enfermidades pós-colheita.

Com a crescente restrição ao uso de fungicidas, por questões de segurança alimentar e impacto ambiental, tem sido estimulado o uso de métodos alternativos para o controle de doenças pós-colheita. Possivelmente, estratégias de manejo que não proporcionem variações bruscas nos fatores do ambiente próximo ao fruto e possam contribuir para a redução das perdas pós-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, JR. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. London: Academic press., 1992, 414p.
- ABDI, N. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p. 29-39. 1998.
- ALMEIDA, A. S. et al. Conservação de melão cantaloupe 'acclaim' submetido à aplicação pós-colheita de 1-MCP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41., 2001, Brasília. **Resumos...** Brasília, DF, 2001.
- ARGENTA, L. C. **Conservação da qualidade e respostas fisiológicas de caqui ao inibidor da ação do etileno 1-MCP**. Caçador, SC: Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina/estação experimental de caçador, 2001 (relatório técnico).
- ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T. 1-Methylcyclopropene suppresses ethylene production and delays fruit ripening during shelf life and cold storage of plums. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Resumos...** Ilhéus, Ba, 2001.
- ARGENTA, L. C.; FAN, X; MATTHEIS, J. Efeitos interativos do tratamento 1-MCP e atmosfera controlada sobre a conservação da qualidade de maçãs 'Gala', 'Fuji' e 'Braeburn'. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 4. 2001, Fraiburgo. **Anais...** Caçador, SC: EPAGRI, 2001, p. 168-169.

- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p.1-25, 2003.
- CALVO, G. **Control de escaldadura superficial mediante la aplicación de 1-MCP en manzanas cv. Granny Smith**. Rio negro, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária/Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle Del Rio Negro, 2000. (Relatório técnico).
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- DONG, L., et al. Ripening of 'Red Rosa' plums: effect of ethylene and 1-ethylcyclopropene. Australia. **Journal Plant Physiology**. Amsterdam, v.28, p.1039-1045, 2001.
- FAN, X.T., MATTHEIS, J.P. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. **Hort Science**, v. 35, p. 885-887, 2000.
- FENG, X. et al. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, V. 20, p. 143-150, 2000.
- FIGER, F. L.; VIEIRA, G. Fisiologia de frutos tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Fisiologia pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. v. 1, p. 1-30.
- GOLDING, J.B. et al. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p. 87-98. 1998.
- JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; TERRY, L. A. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, n.3, p.227-232, 2001.
- JIANG, W. Regulation of detached coriander leaf senescence by 1- methylcyclopropene and ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 339-345, 2002.
- KADER, A. A. (ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: Divisão of Agricultural and Natural Resources, 2ed. California: university of California, 1992. 296p.
- KU, V.V.V.; WILLS, R.B.H.; BEN-YEHOSHUA, S. 1-methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. **Hort Science**, v. 34, p. 119-120, 1999.
- LEVERENTZ, B. et al. Effect of combining MCP treatment, heat treatment and biocontrol on the reduction of postharvest decay of 'Golden Delicious' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, n.3, p.221-233, 2003.
- LIU, S.; et al. Effects of CO₂ on respiratory metabolism in ripening banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 27-34, 2004.
- MULLER, R., SISLER, E.C., SEREK, M., Stress induced ethylene production, ethylene binding, and the response to the ethylene action inhibitor 1-MCP in miniature roses. **Hort Science**, v. 83, p.51-59, 2000.
- MULLINS, E.D.; MCCOLLUM, T.G.; MCDONALD, R.E. Consequences on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased non-climacteric fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p.155-164, 2000.
- PEREIRA, W. S.P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 31-44.
- PORAT, R. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p.313-319, 1995.
- REMATALES, J. **Informe aplicaciones de 1-MCP em pêras variedad Packham's Triumph**. Santiago do Chile: Instituto de investigaciones Agropecuarias/Centro regional de Investigación La Platina, 2001 (Relatório técnico).
- SERCILOTO, C.M.; ARRUDA, M. C.; VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A. A.; JACOMINO, A. P. Efeito do 1-MCP e do ácido giberélico na Conservação de brócolis minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41, 2001, Brasília. **Resumos...** Brasília, 2001.
- SEREK, M.; SISLER, E.C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 161-166, 2001.
- STEVENS, C. et al. Ultraviolet light induced resistance against postharvest diseases in vegetables

and fruits. In: WILSON, C.; CHALUTZ, E. (Ed.).
**Biological control of postharvest diseases of fruits
and vegetables.** Washington, DC: U.S. Department of
Agriculture, 1991. p.268-290.

VILAS BOAS, E. V. B. 1- MCP: um inibidor da ação
do etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE
DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-
COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS,
3.,Lavras-MG. **Palestras...**2002.

ZACARÍAS, L. Etileno. In: AZCÓN-BIETO, J.;
TALÓN, M. (Ed.). **Fisiología y bioquímica vegetal.**
S.l.: McGraw-Interamericana, 1993. p. 343-356.

ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado:** fruteiras
tropicais – doenças e pragas. Viçosa: Universidade
Federal de Viçosa, 2002. v. 1. 672p.