



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Steffens, Cristiano André; Amarante, Cassandro Vidal Talamini do; Silveira, João Paulo Generoso;
Espindola, Bruno Pansera; Hedges, Marcos Vinícius; Brackmann, Auri
Amadurecimento de pêssegos 'Rubidoux' em resposta à presença de pressões parciais de CO₂
durante o tratamento com 1-MCP
Ciência Rural, vol. 39, núm. 8, noviembre, 2009, pp. 2361-2366
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117308006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Amadurecimento de pêssegos 'Rubidoux' em resposta à presença de pressões parciais de CO₂ durante o tratamento com 1-MCP

Ripening of 'Rubidoux' peaches in response to partial pressures of CO₂ exposure during the treatment with 1-MCP

Cristiano André Steffens^{I*} Cassandro Vidal Talamini do Amarante^I João Paulo Generoso Silveira^I
Bruno Pansera Espindola^I Marcos Vinícius Hendges^I Auri Brackmann^{II}

RESUMO

Algumas pesquisas citam que o breve retardo no amadurecimento de pêssego tratados com 1-MCP decorre do acúmulo de CO₂ durante o tratamento; contudo, o efeito do 1-MCP pode ser prejudicado pela presença do CO₂. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de pressões parciais de CO₂ durante a aplicação de 1-MCP (1 μ L L⁻¹) e da reaplicação de 1-MCP (1 μ L L⁻¹), para controlar o amadurecimento de pêssegos 'Rubidoux'. Os tratamentos avaliados foram: sem aplicação de 1-MCP + 0,1kPa de CO₂; 1-MCP + 0,1kPa de CO₂; 1-MCP + 2,5kPa de CO₂; 1-MCP + 7,5kPa de CO₂; e aplicações diárias de 1-MCP por quatro dias + 0,1kPa de CO₂. O aumento nas pressões parciais de CO₂ durante a aplicação do 1-MCP diminuiu a sua eficiência na redução das taxas respiratória e de produção de etileno e no retardamento da perda de firmeza da polpa e da cor verde da epiderme dos frutos. Os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável não foram influenciados pelos tratamentos. O efeito do 1-MCP sobre o amadurecimento em pêssegos 'Rubidoux', determinado por meio do amolecimento e pela alteração da cor, é anulado pelo avanço do tempo após o tratamento, possivelmente pela biossíntese de novos receptores ao etileno.

Palavras-chave: *Prunus persica*, etileno, pós-colheita, armazenamento.

ABSTRACT

Some literatures mention that the retard ripening of peaches 1-MCP-treated is due to accumulation of CO₂ during the application of 1-MCP, however the effect of the 1-MCP can be inhibited by CO₂. The objectives of this research were to evaluate the effect of partial pressure of CO₂ during the treatment with 1-MCP (1 μ L L⁻¹), as well as the reapplication with 1-MCP (1 μ L L⁻¹), on ripening 'Rubidoux' peaches. The treatments evaluated were: without 1-MCP + 0,1kPa of CO₂; 1-MCP + 0,1kPa of CO₂; 1-MCP + 2,5kPa of CO₂; 1-MCP + 7,5kPa of

CO₂; and daily applications of 1-MCP for four days + 0,1kPa of CO₂. The increase of CO₂ partial pressure during the treatment with 1-MCP reduced its efficiency in reducing respiration and ethylene production rates and delayed softening and skin color change. Soluble solids content and titratable acidity were not affected by treatments. The effect of 1-MCP on softening and color change is reduced with the advance in time after treatment, possibly reflecting the biosynthesis of new receptors for ethylene.

Key words: *Prunus persica*, ethylene, postharvest, storage.

INTRODUÇÃO

O 1-MCP tem efeito antagonista ao etileno, retardando o amadurecimento e prolongando a vida pós-colheita de frutos (WATKINS, 2006). Dentre os frutos que têm apresentado boa resposta ao uso do 1-MCP, destaca-se a maçã. Nesse sentido, BRACKMANN et al. (2004) observaram que a aplicação de 625nL L⁻¹ de 1-MCP proporcionou maior firmeza de polpa, cor da epiderme mais verde e menor incidência de distúrbios fisiológicos, podridões e menores taxas respiratória e de produção de etileno, demonstrando o forte efeito desse antagonista ao etileno sobre o controle do amadurecimento de maçãs 'Gala'. O atraso no amadurecimento com o 1-MCP também foi obtido nas cultivares 'Orin', 'Fuji' (TATSUKI et al, 2007), 'Empire' (DeELL et al., 2005) e 'Anna' (PRE-AYMARD et al., 2003).

Em pêssego, também tem sido observado atraso no amadurecimento com a aplicação de 1-MCP

^IDepartamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil. Av. Luis de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasil. E-mail: steffens@cav.udesc.br. *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

(WATKINS, 2006), embora com efeitos menores que aqueles reportados em maçãs (DAL CIN et al., 2006). Dessa forma, LIGOURI et al. (2004) observaram que o 1-MCP não afetou o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável em pêssegos. Segundo DAL CIN et al. (2006), o efeito do 1-MCP sobre o controle do amadurecimento desse fruto é limitado a poucas horas após o final da sua aplicação. No pêssego 'Eldorado', não foi observado efeito do 1-MCP nos frutos armazenados sob refrigeração. Em atmosfera controlada, frutos colhidos no estádio verdoengo apresentaram maior firmeza de polpa quando tratados com 1-MCP (FREITAS et al., 2007). O efeito do 1-MCP sobre o controle do amadurecimento pode apresentar diferença entre cultivares (TATSUKI et al., 2007) e espécies, em função de vários fatores endógenos e exógenos que atuam sobre o processo de amadurecimento (BLANKENSHIP & DOLE, 2003).

DAL CIN et al. (2006) afirmam que o atraso no amadurecimento de pêssegos, observado em alguns experimentos com aplicação de 1-MCP, deve-se, em grande parte, ao CO₂, que se acumula no ambiente durante o tratamento e retarda o metabolismo dos frutos, e em menor parte ao 1-MCP. Esses autores citam que pêssegos em amadurecimento, quando são incubados em um recipiente hermético, particularmente quando a relação massa/volume é alta, o CO₂ se acumula rapidamente, atingindo pressões parciais elevadas (8kPa), retardando os processos fisiológicos relativos ao amadurecimento. Em tomate, elevadas pressões parciais de CO₂ suprimem a transcrição de genes dependentes e independentes de etileno relacionados ao amadurecimento (ROTHAN et al., 1997), retardando esse processo. No entanto, como também pode se ligar ao sítio do etileno, o CO₂ também pode reduzir o efeito do 1-MCP. Diferentemente do 1-MCP, a ligação do CO₂ é reversível, o que pode tornar os frutos novamente sensíveis ao etileno, quando retirados do tratamento.

Dessa forma, o acúmulo do CO₂, durante a aplicação de 1-MCP, pode atuar retardando o amadurecimento dos frutos ou até inibir o efeito do 1-MCP. Além disso, o menor efeito do 1-MCP em pêssegos pode ser decorrente da biossíntese de novos receptores de etileno.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de pressões parciais de CO₂, durante a aplicação de 1-MCP, e da reaplicação do 1-MCP, para controlar o amadurecimento de pêssegos 'Rubidoux'.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com pêssegos da cultivar 'Rubidoux' no ano de 2008. Os frutos foram colhidos em pomar comercial, localizado no Município de Lages, Santa Catarina (SC), utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, em que a unidade experimental era constituída por 10 frutos. Os tratamentos avaliados foram: sem aplicação de 1-MCP + 0,1kPa de CO₂; 1-MCP + 0,1kPa de CO₂; 1-MCP + 2,5kPa de CO₂; 1-MCP + 7,5kPa de CO₂; e aplicações diárias de 1-MCP por quatro dias + 0,1kPa de CO₂.

A dose de 1-MCP utilizada foi de 1µL L⁻¹, aplicada em recipientes herméticos de plástico com volume de 7,0L, durante 24 horas. Antes da aplicação, os frutos foram resfriados a 10°C com umidade relativa (UR) de 90%, sendo mantidos nessa temperatura durante as primeiras 24 horas. Após esse período, todos os tratamentos foram mantidos por quatro dias em condição ambiente (23±5°C e UR de 65±5%). O tratamento com quatro aplicações de 1-MCP foi realizado, a cada 24 horas de tratamento, com aeração de 60 minutos para que os recipientes restabelecessem a pressão parcial de oxigênio, antes da nova aplicação de 1-MCP.

A pressão parcial de CO₂ de 0,1kPa foi obtida mediante a introdução de um sachê com cal hidratada dentro do recipiente onde foi realizada a aplicação de 1-MCP. A pressão parcial média de CO₂ de 2,5kPa foi obtida pelo acúmulo desse gás no recipiente onde foi aplicado o 1-MCP, decorrente do processo respiratório dos frutos. Já a pressão parcial de 7,5kPa de CO₂ foi obtida mediante a injeção do gás CO₂ até a pressão parcial de 5kPa de CO₂. Com a respiração dos frutos, houve um aumento na pressão parcial desse gás, atingindo uma pressão média de 7,5kPa. Essas pressões parciais de CO₂ foram monitoradas por meio de cromatógrafo Varian®, modelo CP-3800, equipado com coluna Porapak N® de 3,0m de comprimento (80-100mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300mL min⁻¹, respectivamente. Foram realizadas leituras no início da aplicação de CO₂, após 12 horas e no final do tratamento.

Os frutos foram analisados após os quatro dias de armazenamento em temperatura ambiente,

quanto às taxas respiratórias e de produção de etileno, à firmeza de polpa, aos atributos de textura (força para ruptura da epiderme, força para penetração da polpa e resistência do fruto à compressão), aos teores de acidez titulável e de sólidos solúveis e à cor da epiderme.

As taxas respiratórias e de produção de etileno foram quantificadas colocando os frutos de cada amostra em recipientes com o volume de 4.100mL, com fechamento hermético. Alíquotas de gás (1mL) foram retiradas dos recipientes com uma seringa plástica, por meio de um septo, e injetadas em cromatógrafo Varian®, com as mesmas configurações citadas anteriormente. Por meio da diferença entre as concentrações de CO₂ e C₂H₄ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora, foram calculadas as taxas respiratória (nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (nmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹), segundo fórmula descrita por BANKS et al. (1995). A curva de calibração para CO₂ e C₂H₄ foi obtida por meio da injeção de gases padrões com concentrações 0 e 5% para CO₂ e 0, 10, 50 e 100ppm para o C₂H₄.

A firmeza de polpa foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro manual equipado com ponteira de 11,1mm de diâmetro, sendo os resultados expressos em Newton (N).

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltda., Reino Unido). Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30mm s⁻¹, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma, modelo P/75, com 75mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5mm na superfície do fruto. Os resultados de atributos de textura foram expressos em Newton (N).

Os valores de acidez titulável (meq 100mL⁻¹) foram obtidos por meio de uma amostra de 10mL de suco dos frutos, previamente extraída de fatias transversais, retiradas da região equatorial dos pêssegos e trituradas em uma centrífuga elétrica. Essa amostra foi diluída com 90mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1M até pH 8,1.

Os teores de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco, extraído para a determinação da acidez titulável, com correção do efeito da temperatura (20°C). A determinação da cor da epiderme foi expressa em ângulo 'hue' (h°), utilizando-se um colorímetro Minolta, modelo CR 400, com leituras efetuadas nos lados opostos da região equatorial do fruto.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). As pressuposições básicas da análise da variância e da homogeneidade das variâncias e a aleatoriedade e aderência dos erros à distribuição normal foram testadas antes dos dados serem submetidos à ANOVA, não sendo necessário realizar transformação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de produção de etileno foi mais elevada nos tratamentos controle e 1-MCP aplicado na presença de 7,5kPa de CO₂ (Tabela 1). Vários trabalhos têm demonstrado que o 1-MCP reduz a taxa de produção de etileno em frutos (WATKINS et al., 2000; BLANKENSHIP & DOLE, 2003; BRACKMANN et al., 2004; DAL CIN et al., 2006; WATKINS, 2006). No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que o efeito da aplicação de 1-MCP sobre o controle da produção de etileno é prejudicado pela presença de altas pressões parciais de CO₂ (7,5kPa) durante a aplicação. O 1-MCP, de maneira geral, diminui as taxas respiratória e de produção de etileno; no entanto, em pêssegos 'Eldorado', não foi observado efeito do 1-MCP sobre estas variáveis (FREITAS et al., 2007).

A taxa respiratória foi mais elevada nos frutos dos tratamentos controle e 1-MCP aplicado na presença de 2,5kPa de CO₂. Esse resultado demonstra que o efeito do 1-MCP, sobre o controle do processo respiratório, foi prejudicado pela presença de 2,5kPa de CO₂ durante a aplicação de 1-MCP. No entanto, o tratamento 1-MCP aplicado na presença de 7,5kPa de CO₂ apresentou um valor de taxa respiratória tão baixo quanto nos tratamentos com aplicação sequencial de 1-MCP e 1-MCP aplicado na presença de baixa pressão parcial de CO₂ (Tabela 1). Esse resultado está de acordo com DAL CIN et al. (2006), os quais citam que o CO₂ em

Tabela 1 - Taxas respiratórias e de produção de etileno em pêssegos 'Rubidoux' tratados com 1-MCP, em função de sua reaplicação e da presença de diferentes pressões parciais de CO₂, após quatro dias em temperatura ambiente.

Tratamentos	Taxa respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)	Taxa de produção de etileno (nmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)
Sem 1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	1.755,8a	0,65a
1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	641,5c	0,21b
1-MCP + 2,5kPa de CO ₂	1.358,4b	0,06b
1-MCP + 7,5kPa de CO ₂	553,9c	0,62a
1-MCP (4 aplic.) + 0,1kPa de CO ₂	484,9c	0,07b
CV (%)	13,6	15,6

*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

altas pressões parciais pode diminuir a intensidade de processos fisiológicos em pêssegos tratados com 1-MCP. Em pressões parciais de CO₂ de 7,5kPa, a respiração diminuiu possivelmente por um efeito direto do CO₂ na atividade das enzimas do ciclo dos ácidos tricarboxílicos (MATHOOKO, 1996). De maneira geral, o efeito do 1-MCP sobre a redução da taxa respiratória está de acordo com resultados obtidos em outros trabalhos (WATKINS et al., 2000; BLANKENSHIP & DOLE, 2003; BRACKMANN et al., 2004; DAL CIN et al., 2006; WATKINS, 2006).

Os atributos de textura, força para ruptura da epiderme, força para penetração da polpa e resistência do fruto à compressão apresentaram valores mais elevados nos frutos que receberam aplicações diárias de 1-MCP por quatro dias (Tabela 2). Esse tratamento também possibilitou os maiores valores de firmeza de polpa, porém não diferiu dos frutos tratados com 1-MCP na presença de baixo CO₂. A força para ruptura da epiderme não apresentou diferença entre os tratamentos controle e aqueles com uma aplicação de 1-MCP. Com relação à força para penetração da polpa, os frutos tratados com 1-MCP na presença de baixo

CO₂ não diferiram do tratamento com 1-MCP na presença de 2,5kPa de CO₂, porém apresentaram valores mais elevados que no tratamento controle e na aplicação de 1-MCP na presença de 7,5kPa de CO₂. A resistência do fruto à compressão apresentou menor valor no tratamento controle, e o efeito do 1-MCP na manutenção da força para compressão do fruto foi menor quando a aplicação foi realizada na presença de 7,5kPa de CO₂ (Tabela 2).

O efeito do 1-MCP na manutenção da textura e da firmeza de polpa deve-se à inibição da ação do etileno por esse regulador de crescimento, pois a redução da consistência da polpa está relacionada com a presença e ação do etileno, fatores necessários para a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular (JOHNSTON et al., 2001; MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002). O fato de o tratamento com aplicações sequenciais de 1-MCP ter apresentado melhores resultados de atributos de textura sugere que a redução na consistência da polpa de pêssegos 'Rubidoux', tratados com 1-MCP, está relacionada com a produção de novos receptores. Em maçãs 'Redchief Delicious', a aplicação de 1-MCP retardou o

Tabela 2 - Atributos de textura, firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssegos 'Rubidoux' tratados com 1-MCP, em função da presença de diferentes pressões parciais de CO₂ e de sua reaplicação, após quatro dias em temperatura ambiente.

Tratamentos	Atributos de textura (N)			Firmeza da polpa (N)	Cor da epiderme (h°)
	Força para ruptura da epiderme	Força para penetração da polpa	Resistência do fruto à compressão		
Sem 1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	52,6b*	5,77c	218,1d	33,1bc	98,4b
1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	61,2b	8,81b	285,3b	46,3ab	98,5ab
1-MCP + 2,5kPa de CO ₂	58,9b	5,87bc	292,6b	31,1c	98,6ab
1-MCP + 7,5kPa de CO ₂	53,8b	5,43c	246,4c	30,3c	98,3b
1-MCP (4 aplic.) + 0,1kPa de CO ₂	82,1a	14,2a	374,8a	59,3a	100,5a
CV (%)	9,5	6,3	1,6	6,0	0,75

*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

amolecimento dos frutos, obtendo-se melhores resultados quando foram realizadas aplicações sequenciais de 1-MCP (MIR et al., 2001) e demonstrando que novos receptores de etileno são produzidos, o que torna os frutos novamente responsivos ao etileno. A ineficiência do 1-MCP em retardar o amolecimento da polpa em pêssegos 'Summer Rich' foi atribuída a uma rápida produção de novos receptores ao etileno após o tratamento com 1-MCP (DAL CIN et al., 2006). Assim, os resultados de MIR et al. (2001) e de DAL CIN et al. (2006) estão de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho.

A cor da epiderme apresentou-se mais verde nos frutos do tratamento com aplicação diária de 1-MCP, não diferindo dos tratamentos com 1-MCP na presença de baixo CO₂ e na presença de 2,5kPa de CO₂ (Tabela 2). Vários trabalhos têm demonstrado que o 1-MCP retarda o amarelecimento dos frutos (BLANKENSHIP & DOLE, 2003; BRACKMANN et al., 2004; WATKINS, 2006), pois a presença e ação do etileno são necessários para a atividade das enzimas clorofilases (JOHNSTON et al., 2001; WATKINS, 2006). A mudança da cor verde para a cor amarela na epiderme de pêssegos 'Rubidoux', tratados com 1-MCP, parece estar relacionada com a produção de novos receptores de etileno e com a ligação do CO₂ aos receptores preexistentes durante o tratamento com 1-MCP, prejudicando a sua eficiência. MIR et al. (2004) observaram, em tomates, que a aplicação sucessiva de 1-MCP por 34 dias inibiu as alterações de coloração do fruto, sugerindo que a evolução da coloração em tomates após uma simples aplicação de 1-MCP está relacionada à produção de novos receptores de etileno pelo fruto.

Os atributos de qualidade relacionados aos teores de sólidos solúveis e acidez titulável não apresentaram diferença estatística entre tratamentos

(Tabela 3). FREITAS et al. (2007) também não observaram efeito da aplicação do 1-MCP sobre esses atributos de qualidade em pêssegos 'Eldorado'. O efeito do 1-MCP sobre a manutenção da acidez titulável em pêssegos é dependente da cultivar, sendo esse efeito observado somente nos frutos de cultivares que apresentam elevada acidez titulável (LIGOURI et al., 2004). Em frutos tratados com 1-MCP, com a redução do processo respiratório, são esperados maiores teores de sólidos solúveis, uma vez que deveria ocorrer menor consumo de açúcares. Porém, o efeito do 1-MCP sobre os teores de SS é influenciado pela cultivar, podendo ocorrer aumento, redução ou nenhuma alteração (FAN et al., 1999; WATKINS et al., 2000; BENASSI et al., 2003).

O 1-MCP, de maneira geral, diminui as taxas respiratória e de produção de etileno em pêssegos 'Rubidoux'. No entanto, pressões parciais de CO₂ superiores a 2,5kPa apresentam efeito antagonista ao 1-MCP, reduzindo o seu efeito no retardamento do amadurecimento, especialmente no amolecimento da polpa. A reaplicação de 1-MCP, visando a retardar o amadurecimento dos frutos, se faz necessária, possivelmente devido à produção de novos receptores de etileno; contudo, isto se torna inviável em função do alto custo.

CONCLUSÃO

A presença de altas pressões parciais de CO₂ durante a aplicação do 1-MCP diminui seu efeito sobre o retardamento do amadurecimento. O efeito do 1-MCP sobre o controle do amadurecimento em pêssegos 'Rubidoux' é anulado com o avanço do tempo após o tratamento, possivelmente pela biossíntese de novos receptores de etileno.

Tabela 3 - Acidez titulável e sólidos solúveis em pêssegos 'Rubidoux' tratados com 1-MCP, em função da presença de diferentes pressões parciais de CO₂ e de sua reaplicação, após quatro dias em temperatura ambiente.

Tratamentos	Acidez titulável (meq 100mL ⁻¹)	Sólidos solúveis (°Brix)
Sem 1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	11,8a	11,0a
1-MCP + 0,1kPa de CO ₂	11,6a	10,3a
1-MCP + 2,5kPa de CO ₂	11,5a	10,1a
1-MCP + 7,5kPa de CO ₂	11,1a	10,2a
1-MCP (4 aplic.) + 0,1kPa de CO ₂	11,7a	10,1a
CV (%)	2,44	10,5

*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

REFERÊNCIAS

- BANKS, N.H. et al. Proposal for a rationalized system of units for postharvest research in gas exchange. **HortScience**, Alexandria, n.30, p.1129-1131, 1995.
- BENASSI, G. et al. Shelf life of custard apple treated with 1-methylcyclopropene – an antagonist to the ethylene action. **Brazilian Archives Biology and Technology**, Rio de Janeiro, n.46, p.115-119, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-89132003000100016&script=sci_abstract&tlang=pt>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi: 10.1590/S1516-89132003000100016.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.28, p.1-25, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TBJ-4JW123J-1&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937714376&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=a254acf2f7f7d4ad67d4fe91d3eb5b55>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.01.018.
- BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. 'Gala' tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.5, n.34, p.1415-1420, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782004000500014&script=sci_abstract&tlang=pt>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782004000500014.
- DAL CIN, V. et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.42, p.125-133, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TBJ-4KYY3R6-2&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937719886&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=f5e3578da2313cf5ce5346f5560f94be>. Acesso em: 23 de jun 2009. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.06.008.
- DeELL, J.R. et al. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA), and CO₂ concentration during storage on 'Empire' apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.38, p.1-8, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TBJ-4GYH7MT-1&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937720229&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=eda2e012765e957e526c5ee56612399>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi:10.1016/j.postharvbio.2005.04.009.
- FAN, X.T.; et al. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, n.124, p.690-695, 1999.
- FREITAS, S.T. et al. Evaluacion del efecto de la aplicacion de 1-MCP y la conservacion en atmosfera controlada sobre la calidad poscosecha de duraznos en dos estados de madurez. **Agrociencia Montevideo**, Montevideo, v.1, n.11, p.67-72, 2007.
- JOHNSTON, J.W. et al. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.23, p.185-196, 2001.
- LIGOURI, G. et al. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of melting flesh peaches and nectarines. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.31, p.263-268, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TBJ-4BSW7MF-4&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937719580&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=e70407e2b7a636f93aab4f4d3a7ef01d>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi:10.1016/j.postharvbio.2003.09.007.
- MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B.C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n.96, p.91-101, 2002.
- MATHOOKO, F.M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.3, p.247-264, 1996.
- MIR, N. et al. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.5, n.126, p.618-624, 2001.
- MIR, N. et al. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.1, n.129, p.112-120, 2004.
- PRÉ-AYMARD, C. et al. Responses of 'Anna', a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.27, p.163-170, 2003.
- ROTHAN, C. et al. Suppression of ripening-associated gene expression in tomato fruits subjected to a high CO₂ concentration. **Plant Physiology**, Rockville, n.114, p.255-263, 1997.
- TATSUKI, M. et al. Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.43, p.28-35, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TBJ-4MJS025-3&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937721548&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=7889c029129299984b3d957ecdb095b1>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.08.010.
- WATKINS, C.B. et al. Response of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.19, p.17-32, 2000.
- WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, n.24, p.389-409, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4X-4JFGFB4-1&_user=686176&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=937721975&_rerunOrigin=google&_acct=C000037169&_version=1&_urlVersion=0&_userid=686176&md5=4f565f96e51cc866896dc85fe2ef07b>. Acesso em: 23 de jun. 2009. doi:10.1016/j.biotechadv.2006.01.005.