

Atmosfera controlada, absorção de etileno e aplicação de 1-MCP durante o armazenamento de pêssegos 'Eragil'

Controlled atmosphere, ethylene absorption and 1-MCP application during storage of 'Eragil' peaches

Auri BRACKMANN¹; Vanderlei BOTH²; Elizandra Pivotto PAVANELLO³; Rogério de Oliveira ANESE³; Jorge Roque Alves dos SANTOS⁴

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia e professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria; auribrackmann@gmail.com

² Autor para correspondência; Engenheiro Agrônomo e Mestre em Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria; Departamento de Fitotecnia, Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita; Av. Roraima n° 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, CEP: 97.105.900; vanderleiboth@yahoo.com.br

³ Engenheiro Agrônomo e mestrando em Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria; elizandra_pavanello@yahoo.com.br; rogerio_anese@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Agrônomo; Universidade federal de Santa Maria; jorgeroquealves@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de O₂ e CO₂ em atmosfera controlada, além da associação com absorção de etileno e aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), sobre a manutenção da qualidade de pêssego 'Eragil'. Os tratamentos foram: (1) armazenamento refrigerado (AR); (2) atmosfera controlada (AC) com 2,0 kPa O₂ + 8,0 kPa CO₂; (3) 1,5 kPa O₂ + 8,0 kPa CO₂; (4) 1,0 kPa O₂ + 8,0 kPa CO₂; (5) 2,0 kPa O₂ + 10,0 kPa CO₂; (6) 1,5 kPa O₂ + 10,0 kPa CO₂; (7) 2,0 kPa O₂ + 8,0 kPa CO₂ + absorção de etileno (AE); (8) 2,0 kPa O₂ + 8,0 kPa CO₂ + aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP). Após oito semanas de armazenamento a -0,5 °C, mais quatro dias em 20 °C, os frutos em condições de AC estavam menos lanosos, com menor incidência de podridões e menor escurecimento interno quando comparados aos do AR. Em função da maior atividade metabólica durante o período de armazenamento, os frutos sob AR produziram menos etileno no período pós-armazenamento, quando comparados aos armazenados em AC, o que justifica a maior lanosidade dos frutos em AR, uma vez que o etileno é necessário para que ocorra a reversão da lanosidade. Apesar da maior firmeza de polpa dos frutos tratados com 1-MCP, não se observaram vantagens adicionais na conservação de pêssegos 'Eragil'. A absorção de etileno nas câmaras de armazenamento também não melhorou a conservação em relação à AC isolada. A AC com 1,0 a 2,0 kPa de O₂ e 8,0 kPa de CO₂ foi a mais eficiente na manutenção da qualidade dos frutos.

Palavras-chave adicionais: 1-metilciclopropeno; lanosidade; *Prunus persica*; qualidade do fruto.

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of different O₂ and CO₂ levels in controlled atmosphere, with the association of ethylene scrubbing and 1-methylcyclopropene (1-MCP) application, on the quality of 'Eragil' peaches. The evaluated treatments were: (1) cold storage (CS); (2) controlled atmosphere (CA) with 2.0 kPa O₂ + 8.0 kPa CO₂; (3) 1.5 kPa O₂ + 8.0 kPa CO₂; (4) 1.0 kPa O₂ + 8.0 kPa CO₂; (5) 2.0 kPa O₂ + 10.0 kPa CO₂; (6) 1.5 kPa O₂ + 10.0 kPa CO₂; (7) 2.0 kPa O₂ + 8.0 kPa CO₂ + ethylene scrubbing (ES); (8) 2.0 kPa O₂ + 8.0 kPa CO₂ + 1-methylcyclopropene (1-MCP) application. After eight weeks at -0.5 °C plus four days at 20 °C, fruits stored in CA conditions showed lower woolliness, decay and internal flesh browning incidence, compared to CS. Due to the higher metabolic activity during the storage period, fruits stored in CS produced less ethylene after storage, when compared to those stored in CA, which explain the high woolliness incidence in fruits stored in CS, once ethylene is necessary to woolliness reversion process. Despite of the higher flesh firmness retention by fruits treated with 1-MCP, doesn't observed advantages on the quality of 'Eragil' peaches. Ethylene scrubbing by storage chambers also did not improve the conservation in relation to CA alone. The CA condition with 1.0 to 2.0 kPa O₂ and 8.0 kPa CO₂ is the most efficient condition to maintain 'Eragil' peaches quality.

Additional keywords: 1- methylcyclopropene; fruit quality; *Prunus persica*; woolliness.

Introdução

A colheita do pêssego 'Eragil' é realizada no final do mês de janeiro na Serra Gaúcha, sendo, portanto, considerada uma cultivar de ciclo tardio, o que justifica seu armazenamento a fim de ampliar o período de oferta deste fruto no mercado. O 'Eragil', como as demais cultivares, é extremamente perecível e não se adapta a períodos prolongados de armazenamento refrigerado, dada a perda de firmeza da polpa, a ocorrência de distúrbios fisiológicos e a incidência de podridões (BRACKMANN et al., 2003; LURIE & CRISOSTO, 2005), necessitando de técnicas especiais para prolongar seu período de armazenamento.

Os principais distúrbios fisiológicos que ocorrem devido ao armazenamento em baixas temperaturas são a lanosidade (GIEHL, 2006) e o escurecimento interno (LURIE & CRISOSTO, 2005) que afetam, geralmente, apenas a polpa dos frutos, dificultando sua identificação. Dessa forma, são os consumidores que detectam a ocorrência desses distúrbios, o que pode levá-los à insatisfação e à redução no consumo de pêssegos (BRUMMELL et al., 2004). Para diminuir estes problemas, podem-se utilizar técnicas de conservação adicionais ao armazenamento refrigerado, tais como: atmosfera controlada (AC), absorção de etileno ou aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP).

A associação de AC com baixas temperaturas tem sido uma alternativa para a redução de danos pelo frio (LURIE, 1992). A redução da pressão parcial de O₂ e o incremento do CO₂ nas câmaras de armazenamento retardam o amadurecimento dos frutos (LANA & FINGER, 2000), alteram o metabolismo de pigmentos (NAVA & BRACKMANN, 2002), reduzem a síntese e a ação do etileno sobre o metabolismo dos frutos e a ocorrência de podridões (SESTARI et al., 2008).

WANG et al. (2005) observaram, em condições de AC, alta atividade das enzimas superóxido dismutase e catalase, o que está relacionado com a manutenção da integridade da membrana celular e associado à menor ocorrência de danos por frio. As pressões mínimas de O₂ e máximas de CO₂ toleradas, sem causar danos aos frutos, são variáveis para cada cultivar (JIANG et al., 2002).

A absorção do etileno produzido pelos frutos durante o período de armazenamento pode retardar o amadurecimento que ocorre em períodos prolongados de armazenamento refrigerado e prevenir as desordens fisiológicas (DONG et al., 2001). Pode-se também fazer uso do composto 1-metilciclopropeno (1-MCP) que se liga irreversivelmente aos receptores do etileno, em nível de membrana celular, inibindo seu estímulo fisiológico e a transdução de seu sinal hormonal, influen-

ciando no processo de amadurecimento dos frutos (WATKINS, 2006). CERETTA et al. (2000) observaram que a eliminação do etileno no período de armazenamento de pêssegos da cultivar Eldorado, em atmosfera controlada, proporcionou maior retenção da firmeza da polpa dos frutos e reduziu a incidência de podridões.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de diferentes condições de atmosfera controlada, além da associação dessas com a absorção de etileno das câmaras e a aplicação de 1-metilciclopropeno, na manutenção da qualidade de pêssego da cultivar Eragil, durante o armazenamento a -0,5°C.

Material e métodos

Os pêssegos da cultivar Eragil foram colhidos no dia 08 de janeiro de 2009, em um pomar comercial no município de Antônio Prado-RS. Após a colheita, na seleção, foram retirados os frutos machucados, imaturos e excessivamente maduros. No momento da colheita, os frutos apresentaram ângulo Hue (h°) de 90,1 para a cor de fundo da epiderme, 53,8 N de firmeza da polpa, 6,17 meq 100 mL⁻¹ de acidez titulável e 10,6 °Brix de sólidos solúveis.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 15 frutos cada. Os tratamentos avaliados foram: (1) Armazenamento Refrigerado (AR) em condições de 20,8 kPa de O₂ + 0,03 kPa de CO₂; (2) Atmosfera controlada (AC) com 2,0 kPa de O₂ + 8,0 kPa de CO₂; (3) 1,5 kPa de O₂ + 8,0 kPa de CO₂; (4) 1,0 kPa de O₂ + 8,0 kPa de CO₂; (5) 2,0 kPa de O₂ + 10,0 kPa de CO₂; (6) 1,5 kPa de O₂ + 10,0 kPa de CO₂; (7) 2,0 kPa de O₂ + 8,0 kPa de CO₂ + absorção de etileno (AE); (8) 2,0 kPa de O₂ + 8,0 kPa de CO₂ + aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), todos armazenados à temperatura de -0,5°C.

Após a seleção, os frutos foram acondicionados em minicâmaras com volume de 0,232 m³. As condições de atmosfera controlada foram obtidas pela diluição do O₂ das minicâmaras, por meio da injeção de nitrogênio, proveniente de um gerador de N₂ que funciona pelo princípio "Pressure Swing Adsorption" (PSA), até as condições preestabelecidas em cada tratamento. As pressões parciais de CO₂ foram obtidas por meio da injeção deste gás, proveniente de cilindros de alta pressão. A temperatura foi monitorada diariamente com termômetros de mercúrio de alta precisão introduzidos na polpa de frutos.

Devido ao processo de respiração dos frutos, houve consumo de O₂ e produção de CO₂, sendo que os níveis destes gases nas minicâmaras foram monitorados e corrigidos por meio de um equipamento para controle automático de

gases da marca Kronenberger/Clima-sul System-technik®. Para a reposição de O₂ consumido pela respiração dos frutos, utilizou-se da injeção de ar atmosférico no interior das minicâmaras. O CO₂ em excesso, resultante do processo respiratório, foi eliminado com o auxílio de um absorvedor químico contendo solução de hidróxido de potássio a 40%.

Para a absorção de etileno, utilizou-se de *pellets* impregnados com permanganato de potássio, na forma de sachês (Always fresh®), que foram colocados no interior da minicâmara juntamente com os frutos. O 1-MCP (SmartFresh®) foi aplicado antes do armazenamento em AC, na concentração de 900 nL L⁻¹. O produto foi solubilizado em 25 mL de água, em um recipiente hermético, e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de petri, já no interior da minicâmara, que foi imediatamente fechada por 24 horas, à temperatura de -0,5 °C. Em seguida, as minicâmaras foram ventiladas com o auxílio de uma bomba de sucção e posteriormente se deu a instalação da atmosfera controlada.

As análises da qualidade dos frutos foram realizadas após oito semanas de armazenamento mais quatro dias de exposição a 20 °C para simular o período de vida de prateleira. Foram determinados a firmeza de polpa, os teores de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) da polpa, a cor da epiderme, a ocorrência de podridões, o escurecimento interno e a lanosidade, a produção de etileno e a taxa respiratória.

A firmeza da polpa foi determinada na porção equatorial dos frutos, com auxílio de um penetrômetro manual, com ponteira de 7,9 mm de diâmetro, e os dados, expressos em newton (N). Os teores de sólidos solúveis foram determinados com o auxílio de refratômetro manual com correção da temperatura (20 °C), e os valores, expressos em °Brix. A acidez titulável foi determinada por meio da diluição de 10 mL de suco dos frutos, de cada repetição, em 100 mL com água destilada e titulados com solução de NaOH a 0,1 M, até pH 8,1, com valores expressos em meq 100 mL⁻¹. A cor de fundo da epiderme foi determinada com o uso de um colorímetro eletrônico marca Minolta, modelo CR310, sendo as medições de coloração expressas em ângulo Hue (h°).

A avaliação da ocorrência de podridões foi realizada por meio da contagem de frutos com lesões de diâmetro superior a 5 mm, características de ataque por fungos ou bactérias. O escurecimento interno foi determinado visualmente após realizar um corte longitudinal nos frutos, e a incidência de lanosidade foi determinada pela análise visual dos frutos que apresentavam polpa seca e sem suculência, que é característica deste tipo de distúrbio, sendo estes resultados expressos em porcentagem.

A produção de etileno foi determinada com a utilização de aproximadamente 1.400 g de frutos,

acondicionados em recipientes com volume de 5.000 mL. Estes foram fechados hermeticamente durante aproximadamente uma hora. Para a determinação da produção de etileno, foram tomadas duas amostras de 1 mL de gás, de cada recipiente, que foram injetadas em cromatógrafo a gás, marca Varian, equipado com um detector de ionização por chama (FID) e coluna Porapak N80/100. Calculou-se a produção de etileno, em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, por meio da concentração de etileno presente nos recipientes, da massa dos frutos, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo de fechamento.

A taxa respiratória foi determinada pela quantificação da produção de CO₂. O ar do mesmo recipiente utilizado para a determinação do etileno foi circulado através de um analisador eletrônico de CO₂, marca Agri-datalog. A partir da concentração de CO₂ do espaço livre do recipiente, do peso do fruto e do tempo de fechamento, foi calculada a respiração em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade de erro. Os dados expressos em porcentagem foram transformados pela fórmula arco-seno $[(X+0,5)/100]^{1/2}$.

Resultados e discussão

Após oito semanas de armazenamento a -0,5 °C, mais quatro dias de exposição a 20 °C, os frutos que permaneceram em armazenamento refrigerado (AR) apresentavam mais de 90% de lanosidade, o que é significativamente maior que os demais tratamentos (Tabela 1). A condição de armazenamento com 1,0 kPa de O₂ e 8,0 kPa de CO₂ proporcionou frutos com menor porcentagem de lanosidade, porém não diferiu da maioria das condições de AC testadas, inclusive dos frutos submetidos à absorção de etileno e aplicação de 1-MCP. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por ROMBALDI et al. (2002), que constataram maior incidência de lanosidade em frutos sob armazenamento refrigerado do que em atmosfera controlada. Da mesma forma, GIEHL (2006) constatou menor suculência em pêssegos 'Chiripá' quando armazenados por mais de 30 dias em AR, enquanto a AC proporcionou um restabelecimento mais rápido e consistente dos níveis de suco livre, reduzindo significativamente a incidência de lanosidade depois de dois dias a 20 °C. De acordo com este autor, os frutos conservados em AR perdem a habilidade normal de produzir etileno à medida que o período de armazenamento é estendido, o que afeta a capacidade desses frutos em restabelecer a suculência e, portanto, apresentam-se mais lanosos.

No presente trabalho, possivelmente, os frutos armazenados em AR tiveram seu metabolismo acelerado durante as oito semanas de

armazenamento, quando comparados aos pêssegos armazenados em AC, fazendo com que tenham consumido grande parte do ACC, que é o substrato na rota da produção de etileno. Desta forma, produziram menos etileno quando submetidos à temperatura ambiente, interferindo em sua capacidade de reversão da lanosidade, durante a simulação do período de comercialização. A existência de uma relação entre a síntese de etileno e a incidência de lanosidade também foi constatada por ZHOU et al. (2001), que observaram que nectarinas com sintomas severos de lanosidade apresentaram baixa produção de etileno durante o amadurecimento pós-armazenamento.

Não foi verificada diferença estatística na lanosidade de frutos com aplicação de 1-MCP e as demais condições de AC, possivelmente porque, no momento das avaliações, aos quatro dias de exposição à temperatura de 20 °C, a síntese de etileno não foi inibida pelo 1-MCP, e a produção de etileno foi semelhante à dos demais tratamentos (Tabela 3). DONG et al. (2002), porém, constataram a maior incidência de lanosidade em damascos e ameixas tratados com 1-MCP quando comparados com a testemunha em armazenamento refrigerado, por um período de 30 dias a 0 °C.

A ocorrência de podridões foi maior no armazenamento refrigerado (AR), chegando próximo a 50% no quarto dia de exposição a 20 °C (Tabela 1). No armazenamento em AC com 1,0 kPa de O₂ e 8,0 kPa de CO₂ ocorreu a menor porcentagem de frutos com podridões, no entanto diferiu estatisticamente apenas do tratamento em AR, sendo que todas as condições de AC e com manejo de etileno apresentaram um comportamento semelhante quanto ao número de frutos com podridões. Esses resultados estão de acordo com SESTARI et al. (2008), que verificaram menor incidência de podridões em pêssegos 'Maciel' armazenados em atmosfera controlada com baixas concentrações de O₂.

Na avaliação da cor da epiderme dos frutos, na saída da câmara, os armazenados em AC com 1,0 kPa de O₂ e 8,0 kPa de CO₂ e aqueles com manejo de etileno apresentaram a cor de fundo da epiderme mais verde, representada pelo maior valor do ângulo de cor Hue (h°). No entanto, estes tratamentos diferiram estatisticamente apenas do AR (Tabela 1).

Ângulo Hue de 90 significa cor amarela, e à medida que este valor se afasta em direção a zero, mais vermelha a cor de fundo, ou seja, mais maduro está o pêssego. De acordo com NAVA & BRACKMANN (2002), a degradação das clorofilas é retardada com o controle da atmosfera, por meio da redução da concentração de O₂ e/ou a elevação do CO₂, o que justifica os maiores valores de ângulo Hue encontrados nos

frutos armazenados em AC, neste trabalho. Após quatro dias a 20 °C, a menor evolução da cor de fundo da epiderme ocorreu nos tratamentos em AC com 1,5 kPa de O₂ e 10,0 kPa de CO₂ e 2,0 kPa de O₂ e 8,0 kPa de CO₂ com absorção de etileno, representado pelo maior valor de h°, indicando que a epiderme dos frutos estava mais verde. No entanto, estes tratamentos diferiram significativamente apenas da condição de armazenamento refrigerado.

O teor de SS não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 2). Os frutos tratados com 1-MCP mantiveram maior a acidez titulável comparados com a absorção de etileno nas câmaras, no entanto não diferiram estatisticamente da maioria das condições de AC nem mesmo do armazenamento refrigerado (Tabela 2). Em ameixas 'Red Rosa', DONG et al. (2002) também constataram que a aplicação de 1-MCP foi o tratamento que melhor manteve a acidez titulável.

A aplicação de 1-MCP nos frutos proporcionou maior manutenção da firmeza de polpa quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 2). Outros autores também constataram redução na perda de firmeza de polpa, em pêssegos 'Chiripá' (GIRARDI et al., 2003) e ameixas (MENNITI et al., 2006) tratados com 1-MCP. Os frutos em AR apresentaram valores intermediários de firmeza de polpa, mas superiores a alguns tratamentos com algumas condições de AC. Possivelmente, esta maior firmeza possa estar relacionada com a ocorrência de dano por frio, que está associada à alta porcentagem de frutos lanosos encontrados nos frutos em AR, que acaba influenciando na firmeza de polpa em função da geleificação das pectinas, parcialmente degradadas, da parede celular destes frutos (LUCH-SINGER, 2000). GIEHL (2006) também verificou que após 35 e 40 dias de armazenamento de pêssegos 'Chiripá', os frutos do AR apresentaram maior firmeza da polpa aos dois dias a 20 °C, quando comparados aos tratamentos em AC, e credita esse resultado à baixa produção de etileno nos frutos mantidos em AR, pois a expressão das poligalacturonases (PG), das expansinas e de outras enzimas da parede celular, é dependente de etileno (BRUMMELL & HARPSTER, 2001; ZANUZO, 2004).

A absorção do etileno e a aplicação de 1-MCP não reduziram a ocorrência de escurecimento interno, permanecendo com valores semelhantes às demais condições de AC, que tiveram entre 28,5% a 39,8% de frutos afetados. O escurecimento interno foi estatisticamente superior nos frutos do tratamento em AR, quando comparado com os tratamentos em AC, atingindo valores superiores a 70% (Tabela 2).

Tabela 1 – Ocorrência de lanosidade, podridão e cor de fundo em pêssegos 'Eragil' armazenados durante oito semanas em diferentes concentrações gasosas e formas de controle de etileno, na temperatura de -0,5 °C, mais quatro dias de exposição a 20 °C. *Occurrence of wooliness, rot, and background color in peaches 'Eragil' stored during eight weeks at different gaseous concentrations and forms of ethylene control, at -0.5 °C, plus four days at 20 °C.*

| Tratamentos O ₂ + CO ₂ (kPa) | Frutos lanosos (%) | Podridão (%) | Cor (h°) | |
|--|-----------------------|-----------------|-------------|---------|
| | | | 1 dia | 4 dias |
| 20,8 + 0,03 | 90,5 a* | 49,0 a | 85,2 b | 73,3 b |
| 2,0 + 8,0 | 61,9 bc | 22,1 b | 89,8 ab | 78,3 ab |
| 1,5 + 8,0 | 47,9 cd | 28,6 b | 88,6 ab | 79,1 ab |
| 1,0 + 8,0 | 35,3 d | 26,2 b | 91,1 a | 79,5 ab |
| 2,0 + 10,0 | 69,6 b | 23,2 b | 90,7 ab | 77,1 ab |
| 1,5 + 10,0 | 55,0 bcd | 30,4 ab | 89,7 ab | 80,7 a |
| 2,0 + 8,0 + AE** | 54,8 bcd | 32,1 ab | 93,4 a | 82,1 a |
| 2,0 + 8,0 + 1-MCP*** | 50,0 bcd | 32,1 ab | 91,9 a | 77,3 ab |
| CV (%) | 10,18 | 14,1 | 2,71 | 3,52 |

Médias não seguidas da mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ** Absorção de etileno; *** Aplicação de 1-Metilciclopropeno.

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza da polpa e escurecimento interno em pêssegos 'Eragil' armazenados durante oito semanas em diferentes concentrações gasosas e formas de controle de etileno, na temperatura de -0,5 °C, mais quatro dias de exposição a 20 °C. *Soluble solids, titratable acidity, firmness and internal browning in peaches 'Eragil' stored during eight weeks at different gaseous concentrations and forms of ethylene control, at -0.5 °C, plus four days at 20 °C.*

| Tratamentos O ₂ + CO ₂ (kPa) | SS (°Brix) | Acidez titulável (meq 100mL ⁻¹) | Firmeza da polpa (N) | Escurecimento Interno (%) |
|--|---------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| 20,8 + 0,03 | 10,5 a* | 2,80 ab | 5,58 b | 71,3 a |
| 2,0 + 8,0 | 10,4 a | 2,55 abc | 4,28 c | 39,8 b |
| 1,5 + 8,0 | 10,8 a | 2,70 abc | 4,68 bc | 36,1 b |
| 1,0 + 8,0 | 10,8 a | 2,58 abc | 4,40 c | 28,5 b |
| 2,0 + 10,0 | 10,2 a | 2,28 c | 4,17 c | 39,3 b |
| 1,5 + 10,0 | 10,5 a | 2,38 bc | 4,66 bc | 39,7 b |
| 2,0 + 8,0 + AE** | 10,4 a | 2,32 c | 4,98 bc | 37,2 b |
| 2,0 + 8,0 + 1-MCP*** | 10,6 a | 3,00 a | 7,06 a | 35,7 b |
| CV (%) | 2,90 | 7,68 | 9,04 | 15,2 |

Médias não seguidas da mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ** Absorção de etileno; *** Aplicação de 1-Metilciclopropeno.

ROMBALDI et al. (2002) já haviam constatado que o armazenamento em AC de pêssegos 'Chiripá' reduz o surgimento desse distúrbio. O escurecimento interno está relacionado com a quantidade de compostos fenólicos presentes na fruta, do nível de atividade da enzima polifenoloxidase, da alteração na permeabilidade das membranas plasmáticas, permitindo o contato das polifenoloxidasas com seus substratos (LURIE & CRISOSTO, 2005) e da presença de O₂ (PHILIPPON & ROUET-MAYER, 1973). Possivelmente, os menores valores de escurecimento de polpa dos frutos armazenados em AC

estejam relacionados às baixas pressões parciais de O₂ utilizadas nestas condições de armazenamento, além do menor metabolismo e da manutenção da integridade das membranas, quando comparado ao armazenamento refrigerado. Além disso, a incidência de escurecimento da polpa em pêssegos está positivamente correlacionada com a taxa respiratória dos frutos (STEFFENS et al., 2006), o que pode explicar a maior ocorrência de escurecimento dos frutos em AR, pois a respiração desses também foi maior em praticamente todos os dias de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3 - Produção de etileno de pêssegos 'Eragil' durante quatro dias de exposição a 20 °C, após oito semanas de armazenamento em diferentes concentrações gasosas e formas de controle de etileno, na temperatura de -0,5 °C. *Ethylene production of 'Eragil' peaches during four days of exposure at 20 °C, after eight weeks of storage at different gaseous concentrations and forms of ethylene control, at -0.5 °C.*

| Tratamentos O ₂ + CO ₂ (kPa) | Produção de Etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) | | | |
|--|---|---------|---------|---------|
| | 1 dia | 2 dias | 3 dias | 4 dias |
| 20,8 + 0,03 | 0,28 ab* | 2,8 c | 4,6 c | 4,6 b |
| 2,0 + 8,0 | 0,16 c | 10,3 ab | 24,5 a | 25,0 a |
| 1,5 + 8,0 | 0,16 c | 9,9 ab | 22,5 a | 20,7 a |
| 1,0 + 8,0 | 0,28 ab | 11,3 a | 21,8 a | 12,3 ab |
| 2,0 + 10,0 | 0,15 c | 7,4 ab | 18,5 ab | 16,5 ab |
| 1,5 + 10,0 | 0,17 bc | 8,8 ab | 18,5 ab | 21,3 a |
| 2,0 + 8,0 + AE** | 0,21 abc | 10,8 a | 17,4 ab | 24,8 a |
| 2,0 + 8,0 + 1-MCP*** | 0,30 a | 6,5 bc | 10,0 bc | 15,8 ab |
| CV (%) | 23,05 | 21,72 | 24,06 | 35,80 |

Médias não seguidas da mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ** Absorção de etileno; *** Aplicação de 1-Metilciclopropeno.

A produção de etileno na avaliação realizada no primeiro dia após a abertura das câmaras foi baixa nos frutos de todos os tratamentos, sendo que, nesta avaliação, a aplicação de 1-MCP não foi eficiente em manter menor a produção de etileno (Tabela 3). A partir do segundo dia de exposição a 20 °C, os frutos em AR sempre produziram menos etileno que os demais, não diferindo estatisticamente daqueles que receberam 1-MCP. As demais condições de AC e manejo de etileno não diferiram significativamente a partir do segundo dia de avaliação, com exceção dos frutos tratados com 1-MCP, que mostraram uma tendência de menor produ-

ção de etileno sem, no entanto, diferir estatisticamente da maioria das condições de AC. Estes resultados encontrados para a cultivar Eragil estão de acordo com ZILLOTTO et al. (2002), que afirmam que em algumas espécies e cultivares, como, por exemplo, em pêssego cv. Glohaven, as aplicações de 1-MCP não interferem no potencial de conservação.

Na avaliação da taxa respiratória, houve uma tendência de menores níveis nos frutos tratados com 1-MCP, especialmente no terceiro dia de análise; no entanto, sem diferir estatisticamente da maior parte dos tratamentos com AC (Tabela 4).

Tabela 4 - Respiração de pêssegos 'Eragil' durante quatro dias de exposição a 20 °C, após oito semanas de armazenamento em diferentes concentrações gasosas e formas de controle de etileno, na temperatura de -0,5 °C. *Respiration of 'Eragil' peaches during four days of exposure at 20 °C, after eight weeks of storage at different gaseous concentrations and forms of ethylene control, at -0.5 °C.*

| Tratamentos O ₂ + CO ₂ (kPa) | Respiração (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) | | | |
|--|--|--------|---------|---------|
| | 1 dia | 2 dias | 3 dias | 4 dias |
| 20,8 + 0,03 | 55,4 a* | 30,1 a | 45,5 a | 53,8 a |
| 2,0 + 8,0 | 33,1 b | 27,1 a | 37,9 ab | 45,7 ab |
| 1,5 + 8,0 | 25,0 c | 25,9 a | 38,3 ab | 41,7 ab |
| 1,0 + 8,0 | 26,0 c | 27,5 a | 35,1 bc | 29,7 b |
| 2,0 + 10,0 | 23,8 c | 27,1 a | 32,0 bc | 39,5 ab |
| 1,5 + 10,0 | 24,0 c | 26,7 a | 33,4 bc | 45,9 ab |
| 2,0 + 8,0 + AE** | 26,0 c | 29,4 a | 34,1 bc | 50,9 a |
| 2,0 + 8,0 + 1-MCP*** | 22,0 c | 24,5 a | 27,7 c | 45,4 ab |
| CV (%) | 9,04 | 10,10 | 9,76 | 20,28 |

Médias não seguidas da mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ** Absorção de etileno; *** Aplicação de 1-Metilciclopropeno.

Nos demais dias de análise, não foi possível verificar diferenças significativas entre a maioria das condições de AC e manejo de etileno. Este fato confirma o comportamento das demais características avaliadas neste trabalho, em que se pode inferir que as condições de AC testadas são superiores ao AR, porém a absorção do etileno e a inibição de sua ação, com a aplicação de 1-MCP, não apresentam eficiência superior na manutenção da qualidade de pêssegos 'Eragil'. BRACKMANN et al. (2003) constataram que, na cultivar Chimarrita, o uso de absorvedores de etileno também não traz benefícios na manutenção da qualidade dos pêssegos. Entretanto, para a cultivar Chiripá, o armazenamento refrigerado e a absorção de etileno mostraram-se eficientes, proporcionando maior retenção da firmeza (BRACKMANN et al., 2001).

Conclusões

As condições de AC com 1,0 a 2,0 kPa de O₂ combinados com 8,0 kPa de CO₂ proporcionam a melhor manutenção da qualidade de pêssegos 'Eragil' durante o armazenamento.

A absorção de etileno dos frutos em AC não apresenta resultados superiores na manutenção da qualidade de pêssegos 'Eragil', quando comparados com as demais condições de AC.

A aplicação de 1-MCP em pêssegos 'Eragil' armazenados em AC não é vantajosa, apesar de manter mais elevada a firmeza de polpa dos frutos.

Referências

- BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; CERETTA, M. Pré-resfriamento e absorção de etileno durante o armazenamento de pêssegos cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.26, p.12-15, 2001.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Armazenamento de pêssego 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.431-435, 2003.
- BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, Amsterdam, v.47, p.311-340, 2001.
- BRUMMELL, D. A.; CIN, V. D.; LURIE, S.; CRISOSTO, C. H.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.2.041-2.052, 2004.
- CERETTA, M.; ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A.; NAKASU, B. H. Conservação em atmosfera controlada de pêssego cultivar Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.73-79, 2000.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. W. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of "Canino" apricots and "Royal Zee" plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.24, p.135-145, 2002.
- DONG, L.; ZHOU, H. W.; LURIE, S. The role of ethylene in development of storage disorders in nectarine and plum. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.553, n.1, p.285-287, 2001.
- GIEHL, R. F. H. **Controle da lanosidade, em pêssegos 'Chiripá', com o uso de atmosfera controlada e etileno**. 2006. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- GIRARDI, C. L.; MARTINS, C. R.; PARUSSOLO, A.; TOMASI, R. J.; CORRENT, A. R.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chiripá. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.2, p.157-161, 2003.
- JIANG, A. L.; TIAN, S. P.; XU, Y. Effects of controlled atmospheres with high-O₂ or high CO₂ concentrations on postharvest physiology and storability of "Napoleon" sweet cherry. **Acta Botanica Sinica**, Peiping, v.44, p.925-930, 2002.
- LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília : Embrapa Hortaliças, 2000. 34p.
- LUCHSINGER, L. Avanços na conservação de frutas de caroço. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS DE CAROÇO: PÊSSEGO, NECTARINA E AMEIXA, 1., 2000, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 95-104.
- LURIE, S. Controlled atmosphere storage to decrease physiological disorders in nectarines. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.27, p.507-514, 1992.
- LURIE, S.; CRISOSTO, C. H. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.37, n.2, p.195-208, 2005.

- MENNITI, A. M.; DONATI, I.; GREGORI, R. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.243-246, 2006.
- NAVA, A. G.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p.328-332, 2002.
- PHILIPPON, J.; ROUET-MAYER, M. A. Decogelation des fruits a noyau - prevention des brunissements enzymatiques. **Revue Générale du Froid**, Paris, v.5, p.487-493, 1973.
- ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A.; PARUSSOLO, A.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; GIRARDI, C. L.; CANTILLANO, R. F. F. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chiripá, em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.43-47, 2002.
- SESTARI, I.; GIEHL, R. F. H.; PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A. Condições de atmosfera controlada para pêssegos "Maciel" colhidos em dois estádios de maturação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1240-1245, 2008.
- STEFFENS C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Escurecimento da polpa e respiração de pêssegos em função das condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, p.71-75, 2006.
- WANG, Y. S.; TIAN, S. P.; XU, Y. Effects of high oxygen concentration on pro and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. **Food Chemistry**, London, v.91, p.99-104, 2005.
- WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, n.24, p.389-409, 2006.
- ZANUZO, M. R. **Etileno na transcrição de poligalacturonases em melões transformados geneticamente com o clone pAP4 antisense**. 2004. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.
- ZHOU, H. W.; DONG, L.; BEN-AIRE, R.; LURIE, S. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.158, p.55-61, 2001.
- ZILIOOTTO, F.; BOTTON, A.; BONGHI, C. Effect of 1-MCP on peach fruit postharvest physiology. In: NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY OF THE PLANT HORMONE ETHYLENE, 2002, Murcia. **Annals...**p.457-458.