

Condições de atmosfera controlada para armazenamento de ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-metilciclopropeno¹

Conditions of a controlled atmosphere for the storage of 'Laetitia' plums treated with 1-methylcyclopropene

Cristiano André Steffens^{2*}, Hélio Tanaka³, Cassandro Vidal Talamini do Amarante³, Auri Brackmann⁴, Mayara Cristiana Stanger³ e Marcos Vinicius Hendges³

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de condições de atmosfera controlada (AC), combinadas ou não com a aplicação de 1-MCP, sobre o amadurecimento e a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia', especialmente sobre a incidência de degenerescência da polpa. Os tratamentos avaliados foram: T₁ - 21 kPa de O₂ + <0,05 kPa de CO₂; T₂ - 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂; T₃ - 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, com 1-MCP (1 µL L⁻¹); T₄ - 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂; T₅ - 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂ com 1-MCP (1 µL L⁻¹). Após 60 dias de armazenamento (0,5 ± 0,1 °C e 96 ± 2% de UR) e mais três dias em condição ambiente (20 ± 2 °C e 60 ± 5% de UR), os frutos foram avaliados quanto aos atributos de índice de cor vermelha (ICV), cor da polpa e epiderme, firmeza de polpa, atributos de textura, acidez titulável, taxas respiratória e de produção de etileno e incidência de degenerescência de polpa. Também foi realizada análise sensorial dos frutos com painel não-treinado. O armazenamento nas duas condições de AC (1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂) retardou o amadurecimento de ameixas 'Laetitia', porém não inibiu a incidência de degenerescência da polpa. Contudo, a condição de AC 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, associada ao tratamento com 1-MCP, reduziu a intensidade do escurecimento da polpa e conferiu maior aceitabilidade dos frutos.

Palavras-chave: *Prunus salicina*. Armazenamento. 1-MCP. Amadurecimento. Degenerescência da polpa.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effect of controlled-atmosphere (CA) conditions, both when combined and not with an application of 1-MCP, on the ripening and quality maintenance of 'Laetitia' plums, especially on the incidence of flesh breakdown. The treatments evaluated were: T₁ - 21 kPa O₂ + <0.05 kPa CO₂; T₂ - 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂; T₃ - 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, com 1-MCP (1 µL L⁻¹); T₄ - 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂; T₅ - 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂ com 1-MCP (1 µL L⁻¹). After 60 days in storage (0.5 ± 0.1 °C and 96 ± 2% RH) and three more days at ambient temperature (20 ± 2 °C and 60 ± 5% RH), the fruits were assessed for the attributes: red-color index (RCI); flesh and skin colour; firmness; texture; titratable acidity; respiratory rate; ethylene-production and incidence of flesh breakdown. A tasting of the fruit was also carried out using an untrained panel of people. Storage under both of the CA conditions (1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂ and 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂) delayed ripening of the 'Laetitia' plums but did not inhibit the incidence of breakdown. However, the AC conditions of 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂ associated with the 1-MCP reduced the intensity of browning and produced a greater acceptability of the fruit.

Key words: *Prunus salicina*. Storage. 1-MCP. Ripening. Pulp breakdown.

*Autor parra correspondência

¹Recebido para publicação em 26/08/2011; aprovado em 09/03/2013

Pesquisa realizada em cooperação entre a Universidade Federal de Santa Maria e a Universidade do Estado de Santa Catarina e financiada pelo CNPq, FAPESC e Programa de Apoio à Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina

²Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina/UEDESC, Av. Luis de Camões 2090, Conta Dinheiro, Lages-SC, Brasil, 88.520-000, steffens@cav.udesc.br

³Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina/UEDESC, Lages-SC, Brasil, tanaka.helio@gmail.com, amarante@cav.udesc.br, mayara.stanger@gmail.com, marcos_hendges@hotmail.com

⁴Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFMS, Santa Maria-RS, Brasil, brackman@ccr.ufsm.br

INTRODUÇÃO

A ameixa 'Laetitia', apesar de ser uma cultivar tardia (DALBÓ; FELDBERG, 2009), apresenta, devido a sua rápida maturação, curto período de oferta. Para regular a oferta de frutos no mercado, faz-se necessário o armazenamento (ALVES *et al.*, 2010a). O armazenamento em atmosfera controlada (AC), por causar maior redução no metabolismo celular do que outros sistemas de armazenagem (DAS *et al.*, 2006; STEFFENS *et al.*, 2007), tem possibilitado que alguns frutos sejam conservados por mais tempo e com melhor manutenção da qualidade (STEFFENS *et al.*, 2007).

Em ameixas, o armazenamento em AC aumenta a vida pós-colheita dos frutos (ALVES *et al.*, 2010b; MENNITI; DONATI; GREGORI, 2006), porém seu benefício pode ser limitado pelo desenvolvimento de desordens fisiológicas, como a degenerescência de polpa. O surgimento da degenerescência da polpa em ameixas parece estar relacionado à ação do etileno (CANDAN; GRAELL; LARRIGAUDIÈRE, 2008), bem como a condições inadequadas de armazenamento (ALVES *et al.*, 2010b; STEFFENS *et al.*, 2009). A condição de AC ideal para o retardo do amadurecimento da ameixa 'Laetitia', com menor risco de degenerescência da polpa, parece estar entre 1 e 2 kPa de O₂ e ≤ 3 kPa de CO₂ (ALVES *et al.*, 2010b).

A ação do etileno aumenta a incidência e a severidade de degenerescência de polpa em ameixa 'Laetitia', que associado a condições inadequadas de O₂ e CO₂, pode resultar em elevadas perdas (ALVES *et al.*, 2009; JAYAS; JEYAMKONDAN, 2002). O tratamento com 1-metilciclopropeno (1-MCP), um potente inibidor da ação do etileno, constitui-se em uma excelente alternativa para aumentar o potencial de armazenamento dos frutos. O uso do 1-MCP na dose de 1 µL L⁻¹, em ameixas 'Laetitia', armazenadas em 1 kPa O₂ + 3 kPa CO₂, apresentou resultado positivo no atraso do amadurecimento e na redução da degenerescência da polpa, apesar da incidência ainda ser elevada (> 40%) (ALVES *et al.*, 2009). Todavia, seu efeito não foi avaliado em combinação com diferentes condições de AC, sendo que a eficiência do 1-MCP pode variar em função das condições de armazenamento (CORRENT *et al.*, 2004), principalmente com relação ao desenvolvimento de desordens fisiológicas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de condições de AC, combinadas ou não com a aplicação de 1-MCP, sobre o amadurecimento e a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia', especialmente sobre a incidência de degenerescência da polpa.

MATERIAL E MÉTODOS

Ameixas 'Laetitia' foram colhidas em pomar comercial localizado no município de Lages, SC, e após

foram transportadas para o laboratório do Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria (Santa Maria, RS), onde foi realizado o armazenamento dos frutos. A ameixa 'Laetitia', pela sua exigência em frio, é produzida apenas nas Regiões da Serra Gaúcha e notadamente do Planalto Catarinense. Por isso, os frutos foram colhidos em Lages, SC. O armazenamento dos frutos foi realizado no NPP, em Santa Maria, RS, pois este laboratório possui excelente infraestrutura para o armazenamento experimental de frutos em atmosfera controlada, sendo referência no Brasil e exterior. No laboratório, foram eliminados os frutos com lesões, defeitos, fermentos ou dano mecânico e, posteriormente, procedeu-se a homogeneização das unidades experimentais. Após o armazenamento, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita (LFTPC) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Lages, SC). As análises dos frutos foram realizadas no LFTPC devido ao fato deste laboratório possuir os equipamentos adequados e necessários para a determinação da taxa respiratória (cromatógrafo a gás equipado com metanador) e de atributos de textura (texturômetro) não existentes no NPP da Universidade Federal de Santa Maria. O transporte dos frutos (560 km), tanto após a colheita quanto após o armazenamento, foi realizado em caminhonete, com os frutos acondicionados em bandejas de papelão específicas para frutos, colocadas em caixas plásticas de 18 kg de capacidade. Durante o transporte, os frutos foram protegidos com a cobertura por lona térmica.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo utilizadas quatro repetições por tratamento e unidade experimental composta por 30 frutos. Os tratamentos utilizados foram: T₁ - 21 kPa de O₂ + <0, 5 kPa de CO₂ (AR); T₂ - 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂; T₃ - 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, com 1-MCP (1 µL L⁻¹); T₄ - 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂; e T₅ - 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂, com 1-MCP (1 µL L⁻¹).

Para o tratamento com 1-MCP, foi utilizado o produto SmartFresh® (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na dose de 1,0 µL L⁻¹. O produto foi solubilizado em água, em condição ambiente, em um recipiente hermético, e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri, dentro de uma minicâmara com volume de 180 L, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento durante 24 horas.

Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados durante 60 dias em minicâmaras com volume de 180 L, na temperatura de 0,5 ± 0,1 °C e UR de 96 ± 2%. As pressões parciais de O₂ e CO₂ geradas no interior das minicâmaras, foram obtidas segundo metodologia descrita em Alves *et al.* (2010b).

Após os 60 dias de armazenamento, os frutos foram analisados, na saída da câmara, quanto às taxas respiratória

e de produção de etileno, índice de cor vermelha da epiderme (ICV), cor da epiderme e incidência de podridões. Após, os frutos foram mantidos por três dias em condições ambiente (20 ± 2 °C/ $60 \pm 5\%$ de UR), e avaliados quanto ao ICV, firmeza de polpa, atributos de textura (forças para penetração da polpa e compressão do fruto), acidez titulável (AT), taxas respiratória e de produção de etileno e ocorrência de degenerescência da polpa (ALVES *et al.*, 2009). Também foram realizadas as análises de cor da epiderme e da polpa e análise sensorial com painel não-treinado, sendo avaliado o sabor e a cor da polpa das ameixas.

A cor da epiderme e da polpa foi determinada com o auxílio de um colorímetro Minolta, modelo CR 400. As leituras para cor da epiderme foram realizadas na região equatorial, nas superfícies mais e menos vermelhas do fruto, e para a cor da polpa, as leituras foram realizadas na polpa do fruto cortado ao meio. Os resultados foram expressos em luminosidade (L), para a cor da polpa, e ângulo 'hue' (h°) para a cor da epiderme e polpa. O L varia em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco). O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A análise sensorial foi realizada com um painel não-treinado, constituído de 23 avaliadores, que avaliaram os frutos quanto ao sabor e a cor da polpa. Foram atribuídos os conceitos bom, regular e ruim para o sabor. Com relação à cor da polpa, os frutos foram enquadrados em aceitáveis ou não aceitáveis para o consumo.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Os dados em porcentagem foram transformados pela fórmula $\arccos[(x+0,5)/100]^{1/2}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do armazenamento dos frutos, quatro amostras de 15 frutos foram analisadas para determinar a qualidade inicial das ameixas, as quais apresentavam firmeza de polpa de 34,4 N, sólidos solúveis de 9,5 °Brix e acidez titulável de 25,3 meq 100 mL⁻¹.

A produção de etileno foi menor nos frutos de todos os tratamentos em AC, comparados aos frutos armazenados em AR (Tabela 1). Esse resultado está de acordo com os obtidos em ameixas 'Joanna Red' (MANGANARIS *et al.*, 2008) e 'Laetitia' (ALVES *et al.*, 2010b). A menor taxa de produção de etileno em AC deve estar relacionada à menor oxidação do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano, devido ao baixo O₂, e/ou pelo efeito inibitório do CO₂ na ação do etileno em induzir sua autocatálise (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Após três dias em temperatura ambiente, os frutos armazenados em 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, independente

da aplicação do 1-MCP, apresentaram as menores taxas respiratórias (Tabela 1). O efeito de baixas pressões parciais de O₂, em condição de AC, sobre a respiração celular resulta da menor atividade de enzimas glicolíticas e do ciclo de Krebs (BRACKMANN *et al.*, 2005). Já os frutos armazenados em 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂, independente da aplicação de 1-MCP, apresentaram maior taxa respiratória (Tabela 1), possivelmente em função da maior intensidade de escurecimento da polpa (Tabela 3). De acordo com Jayas e Jeyamkondan (2002), frutos com distúrbios fisiológicos apresentam estresse celular, que pode refletir em maior taxa respiratória.

Para frutos tratados com 1-MCP, não foi observado efeito sobre a redução da taxa respiratória (Tabela 1). Todavia, em armazenamento refrigerado (AR), Alves *et al.* (2010a) observaram menor taxa respiratória em ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-MCP. Possivelmente, em AC, o efeito do 1-MCP sobre a ação do etileno é menor que em AR. Em maçãs 'Gala', Corrent *et al.* (2004) também não observaram efeito do 1-MCP sobre a respiração em frutos armazenados em AC.

Após três dias em condições ambiente, a firmeza de polpa foi maior nas condições de 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂, com e sem 1-MCP, e 1 kPa O₂ + 1 kPa de CO₂ com 1-MCP (Tabela 1). Na condição de AC com alto CO₂ (3 kPa), o uso do 1-MCP não acarretou em benefícios para a manutenção da firmeza de polpa. Todavia, na condição de 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, o 1-MCP foi determinante na manutenção da firmeza de polpa. A manutenção da firmeza de polpa nos frutos mantidos em AC é consequência da menor atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular, resultante da combinação da baixa pressão parcial de O₂ e alta de CO₂ (BRACKMANN; STEFFENS; WACLAWOSKY, 2002b). O resultado das condições de AC com maiores níveis de CO₂ proporcionarem maior firmeza de polpa corrobora com os obtidos por Brackmann *et al.* (2007), em pêssegos 'Granada', e por Corrêa *et al.* (2010), em maçãs 'Fuji'. O fato do 1-MCP ter contribuído na manutenção da firmeza de polpa na condição com baixo CO₂ (1 kPa), mas não na condição de com alto CO₂ (3 kPa), deve estar relacionado ao menor efeito do CO₂, em 1 kPa, sobre a atividade de enzimas hidrolíticas de parede celular. Segundo Majumder e Mazumdar (2002), a atividade das enzimas responsáveis pela perda de firmeza de polpa está relacionada à ação do etileno, que é menor em condições de AC, com níveis de CO₂ mais elevados (CORRÊA *et al.*, 2010). Assim, na condição com 1 kPa de CO₂, o controle da ação do etileno possivelmente foi maior pela atuação do 1-MCP. Maior firmeza de polpa em frutos tratados com 1-MCP está associada à redução da atividade de enzimas pectolíticas, reduzindo a degradação da parede celular (JACOMINO *et al.*, 2002).

Nos atributos de textura, os maiores valores das forças para penetração da polpa e compressão do fruto foram obtidos no armazenamento em AC, independente da combinação de gases e da aplicação de 1-MCP (Tabela 1). A manutenção dos atributos de textura nos frutos armazenados em AC, assim como da firmeza de polpa, é consequência da menor atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular, resultante da combinação da baixa pressão de O₂ e alta de CO₂ (BRACKMANN; STEFFENS; WACLAWOSKY, 2002b). Embora a firmeza de polpa e os atributos de textura sejam variáveis relacionadas, houve um comportamento um pouco diferenciado entre elas. Isto se deve ao fato de que na avaliação da firmeza de polpa as resistências da epiderme e do tecido hipodérmico são desconsideradas (GUILLERMIN *et al.*, 2006).

Frutos mantidos em 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, com a aplicação de 1-MCP, apresentaram maiores valores de AT (Tabela 1). Luo *et al.* (2009) também observaram maiores valores de AT em ameixas ‘Qingnai’ tratadas com 1-MCP. Como o 1-MCP manteve maior AT na condição 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, seria esperado que este efeito também ocorresse na condição 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂. Todavia, os frutos armazenados em 2 kPa O₂ + 3 kPa CO₂, independente da aplicação de 1-MCP, apresentaram maior taxa respiratória, o que pode explicar a maior redução na AT em relação aos frutos armazenados em 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, uma vez que os ácidos são substratos do processo respiratório.

Na saída da câmara, os frutos armazenados em 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ com 1-MCP apresentaram menor ICV do que os frutos armazenados em AR (Tabela 2). Este retardamento na evolução da coloração vermelha da epiderme pode ser resultado da associação do baixo O₂ com o efeito do 1-MCP, exercendo maior controle na biossíntese e ação do etileno. Efeito semelhante foi observado por Khan, Singh e Swinny (2009) e Manganaris *et al.* (2008) em ameixas ‘Joanna Red’ e ‘Tegan Blue’, respectivamente, com a aplicação de 1-MCP.

Na saída da câmara, para as variáveis *L* e *h*^o da cor da epiderme, não foi observada diferença entre os tratamentos. No entanto, após três dias em condições ambiente, os frutos armazenados em AC, independente da combinação de gases e da aplicação de 1-MCP, apresentaram maiores valores de *h*^o, bem como menor ICV do que aqueles armazenados em AR (Tabela 2). Alves *et al.* (2010b) também verificaram menor evolução da coloração da epiderme em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em AC. De acordo com esses autores, a AC reduz a biossíntese e ação do etileno, envolvido na evolução da cor da epiderme.

Em todos os tratamentos houve 100% de incidência de degenerescência da polpa (Tabela 3). Steffens *et al.* (2009) também observaram elevada incidência do distúrbio em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em AR e em atmosfera modificada (AM) durante 60 dias. Contudo, nos frutos

Tabela 1 - Taxas de produção de etileno e respiratória, acidez titulável (AT), firmeza de polpa e atributos de textura em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em diferentes condições de atmosfera por 60 dias (0,5 ± 0,1 °C/96 ± 2% de UR), com ou sem tratamento com 1-MCP, seguido de três dias em condições ambiente (20 ± 2 °C/65 ± 5% de UR)

| Tratamentos | Taxa de produção de etileno (pmol kg ⁻¹ s ⁻¹) | Taxa respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹) | AT (meq 100mL ⁻¹) |
|--|--|--|-------------------------------|
| 21 kPa O ₂ + <0,03 kPa CO ₂ (AR) | 0,42 a | 527,01 a | 5,90 b |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ | 0,01 b | 320,17 c | 6,15 b |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ com 1-MCP | 0,01 b | 361,14 c | 9,22 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ | 0,02 b | 470,34 b | 5,67 b |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ com 1-MCP | 0,01 b | 402,82 b | 5,32 b |
| CV(%) | 17,94 | 7,62 | 13,45 |

| | Firmeza de polpa (N) | Força para penetração da polpa (N) | Força para compressão do fruto (N) |
|--|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 21 kPa O ₂ + <0,03 kPa CO ₂ (AR) | 19,01 b | 0,81 b | 15,38 b |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ | 17,81 b | 1,08 a | 20,17 a |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ com 1-MCP | 26,57 a | 1,38 a | 24,50 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ | 24,66 a | 1,32 a | 23,53 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ com 1-MCP | 21,85 a | 1,29 a | 21,49 a |
| CV (%) | 9,66 | 8,34 | 7,94 |

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

mantidos em 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ e tratados com 1-MCP foram observados os maiores valores de *L* da polpa, indicando menor severidade no escurecimento interno (degenerescência da polpa) (Tabela 3). Todavia, esse tratamento não diferiu de 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂ sem 1-MCP, que não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 3). Este resultado evidencia um efeito sinérgico entre a condição 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂ e o tratamento com 1-MCP no decréscimo da severidade do distúrbio. A redução da intensidade do distúrbio com uso do 1-MCP também foi observada também por Alves *et al.* (2009) em ameixas 'Laetitia'.

Na análise sensorial de sabor, os frutos armazenados em 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ e tratados com 1-MCP apresentaram-se levemente superiores aos frutos armazenados em AR. Na condição de 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, associada ao tratamento com 1-MCP, 56,5 e 4,4% dos painelistas consideraram o sabor dos frutos como bom e ruim, respectivamente. Na condição de AR, 43,5 e 13,0% dos painelistas consideraram o sabor dos frutos como bom e ruim, respectivamente. No entanto, em relação à aceitabilidade das ameixas quanto à cor da polpa, foi observada grande rejeição dos frutos mantidos em AR, onde mais de 95%

Tabela 2 - Índice de cor vermelha (ICV) e atributos de cor da epiderme (*L* e *h*^o) em ameixas 'Laetitia' armazenadas em diferentes condições de atmosfera por 60 dias (0,5±0,1°C/96±2% de UR), com ou sem tratamento com 1-MCP, na saída da câmara e após três dias em condições ambiente (20±2°C/65±5% de UR)

| Tratamentos | ICV (1-4) | Cor da epiderme | |
|--|-----------|-----------------|----------------|
| | | L | h ^o |
| Saída da câmara | | | |
| 21 kPa O ₂ + <0,03 kPa CO ₂ (AR) | 3,41 a | 41,53 a | 28,17 a |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ | 2,96 ab | 40,88 a | 32,02 a |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ com 1-MCP | 2,77 b | 41,63 a | 33,19 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ | 2,82 ab | 40,89 a | 34,05 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ com 1-MCP | 2,98 ab | 39,53 a | 33,35 a |
| CV (%) | 9,41 | 6,25 | 12,89 |
| Após três dias em condições ambiente | | | |
| 21 kPa O ₂ + <0,03 kPa CO ₂ (AR) | 3,84 a | 33,92 a | 23,09 b |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ | 3,33 b | 35,55 a | 28,98 a |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ com 1-MCP | 3,46 b | 34,93 a | 28,72 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ | 3,25 b | 37,43 a | 31,55 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ com 1-MCP | 3,51 b | 35,61 a | 32,16 a |
| CV (%) | 6,41 | 4,61 | 10,45 |

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

Tabela 3 - Incidência de degenerescência de polpa e cor da polpa em ameixas 'Laetitia' armazenadas em diferentes condições de atmosfera por 60 dias (0,5±0,1°C/96±2% de UR), com ou sem tratamento com 1-MCP, seguido de três dias em condições ambiente (20 ± 2 °C/65 ± 5% de UR)

| Tratamentos | Degenerescência de polpa (%) | Cor da polpa (L) |
|--|------------------------------|------------------|
| 21 kPa O ₂ + <0,03 kPa CO ₂ (AR) | 100 | 41,30 b |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ | 100 | 44,00 ab |
| 1 kPa O ₂ + 1 kPa CO ₂ com 1-MCP | 100 | 50,52 a |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ | 100 | 42,27 b |
| 2 kPa O ₂ + 3 kPa CO ₂ com 1-MCP | 100 | 41,93 b |
| CV (%) | - | 8,56 |

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

dos painelistas não consumiria os frutos. Já nos frutos mantidos em AC, houve grande aceitabilidade quanto à cor de polpa, onde mais de 80% dos painelistas consumiriam os frutos. Esses resultados, juntamente com a cor da polpa, demonstram que o tratamento com 1-MCP, associado à condição de 1 kPa O₂ + 1 kPa CO₂, apesar de não inibir a manifestação da degenerescência de polpa, reduziu a sua severidade ao nível de praticamente não comprometer a qualidade sensorial dos frutos.

CONCLUSÕES

1. O armazenamento em condição de atmosfera controlada, com 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ + 3 kPa de CO₂, durante 60 dias, retarda o amadurecimento de ameixas 'Laetitia', porém, não inibe a incidência de degenerescência da polpa;
2. O tratamento com 1-MCP pouco contribui para o retardo do amadurecimento em frutos armazenados em atmosfera controlada e sua eficiência varia com a condição de AC;
3. Na condição de 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, o 1-MCP reduz a intensidade do escurecimento da polpa e confere maior aceitabilidade dos frutos;
4. Há de se destacar a necessidade de estudos adicionais em relação à melhor condição de AC para armazenar ameixas 'Laetitia', bem como seus efeitos associados ao tratamento com 1-MCP. Acredita-se que o período de 60 dias de armazenamento é muito prolongado, devendo-se realizar novos estudos para definir o período máximo de armazenamento desta cultivar, sem a manifestação da degenerescência de polpa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Apoio à Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro a este projeto.

REFERÊNCIAS

ALI, Z. M. *et al.* Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling

injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004.

ALVES, E. O. *et al.* Qualidade de ameixas 'Laetitia' em função da temperatura e da atmosfera de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1018-1027, 2010b.

ALVES, E. O. *et al.* Manejo do etileno durante o armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2445-2451, 2009.

ALVES, E. O. *et al.* Armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 30-36, 2010a.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2003.

BRACKMANN, A. *et al.* Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de maçãs 'Fuji' com incidência de pingo-de-mel. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 37-42, 2002a.

BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento de pêssegos cv. Granada em atmosfera controlada, visando ao transporte a longas distâncias. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 676-681, 2007.

BRACKMANN, A. *et al.* Condições de atmosfera controlada para maçã 'Pink Lady'. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 504-509, 2005.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; STEFFENS, C. A. Armazenamento de maçã 'Fuji' com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 526-531, 2001.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; WACLAWOSKY, A. J. Influência da época de colheita e do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade de maçãs 'Braeburn'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 295-301, 2002b.

CANDAN, A. P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÈRE, C. Roles of climateric ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 107-112, 2008.

CORRÊA, T. R. *et al.* Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência de polpa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 531-538, 2010.

CORRENT, A. R. *et al.* Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.

DALBÓ, M.; FELDBERG, N. P. Novas cultivares de ameixeiras: características e polinização. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DO CLIMA TEMPERADO, 11, 2009, Fraiburgo. **Anais... Fraiburgo: Epagri**, 2009, p. 23-28.

DAS, E.; GÜRAKAN, E. D. G. C.; BAYINDIRH, A. Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella enteritidis* on cherry tomatoes. **Food Microbiology**, v. 23, n. 5, p. 430-438, 2006.

- GUILLERMIN, P. *et al.* Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, n. 9, p. 995-1000, 2006.
- JACOMINO, A. P. *et al.* Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 303-308, 2002.
- JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains, meats, fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**, v. 82, n. 3, p. 235-251, 2002.
- KHAN, A. S.; SINGH, Z.; SWINNY, E. E. Postharvest application of 1-methylcyclopropene modulates fruit ripening, storage life and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum kept in ambient and cold storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 6, p. 1272-1280, 2009.
- LUO, Z. *et al.* Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. **Plant Science**, v. 177, n. 6, p. 705-709, 2009.
- 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**, v. 96, n. 1/4, p. 91-101, 2002.
- MANGANARIS, G. A. *et al.* Novel 1-methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 429-433, 2008.
- MENNITI, A. M.; DONATI, I.; GREGORI, R. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 3, p. 243-246, 2006.
- STEFFENS, C. A. *et al.* Armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera modificada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2439-2444, 2009.
- STEFFENS, C. A. *et al.* Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 313-321, 2007.