

CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO, USO DE 1-MCP E INDUÇÃO DE PERDA DE MASSA NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE AMEIXAS 'LAETITIA'

STORAGE CONDITIONS, 1-MCP TREATMENT AND INDUCTION OF MASS LOSS ON QUALITY MAINTENANCE OF 'LAETITIA' PLUMS

Deysi Jhoana Camayo Mosquera¹, Bruno Pansera Espindola², Erlani de Oliveira Alves³, Diana Carolina Oliveira Santana⁴, Raquel Carlos Fernandes⁵, Cassandro Vidal Talamini do Amarante⁶, Cristiano Andre Steffens⁷

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes atmosferas de armazenamento, da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e indução de perda de massa (IPM) sobre a manutenção da qualidade em ameixas 'Laetitia'. Os tratamentos utilizados foram armazenamento refrigerado (AR; 21 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂); 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂; 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂; 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ com IPM, 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ com a aplicação de 1-MCP. A temperatura de armazenamento foi de 0,5°C e uma umidade relativa de 95%, exceto o tratamento IPM. Os períodos de análise foram aos 30 dias de armazenamento seguidos por mais 4 dias a 23±5°C e 60±5% de UR. Os tratamentos AR e 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂ apresentaram maior incidência e severidade de escurecimento da polpa. A taxa de produção de etileno foi superior nos frutos armazenados sob AR aos 30 dias. A ocorrência de escurecimento da polpa foi menor no tratamento 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ + 1-MCP. O armazenamento de ameixas 'Laetitia', mesmo que em atmosfera controlada, não deve ser superior a 30 dias, devido à elevada incidência de escurecimento da polpa, e a condição de 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ com a aplicação de 1-MCP proporciona baixa ocorrência do distúrbio.

Palavras-chave: *Prunus salicina* L., atmosfera controlada, distúrbio fisiológico.

ABSTRACT

The aim of this experiment was to evaluate the effect of different storage conditions; 1-MCP treatment and induction of mass loss (IML) on the quality maintenance of 'Laetitia' plums. The treatments evaluated were cold storage (CS; 21 kPa O₂ + 0.03 kPa CO₂); 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂; 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂; 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ with IML, 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ with 1-MCP treatment. The storage temperature was

¹Mestranda em Produção Vegetal – UDESC

²Doutor em Produção Vegetal – UDESC

³Doutoranda em Produção Vegetal – UDESC

⁴Mestranda em Produção Vegetal – UDESC

⁵Graduanda em Agronomia – UDESC

⁶PhD em Fisiologia e Pós-colheita – UDESC

⁷Doutor em Agronomia – UDESC

0.5°C at 95% RH (except the IML). Fruits was analyzed after 30 days, at removal from storage, and plus 4 days at shelf life at 23±5°C e 60±5% de RH. CS and 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂ had the highest incidence and severity of internal browning. Ethylene production rate was higher in CS after 30 days of storage, on removal from storage. The internal browning incidence was lower in the 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ with 1-MCP treatment at the shelf life period. Storage period of 'Laetitia' plums should not be more than 30 days, because of the high internal browning incidence, even on controlled atmosphere. The 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ with 1-MCP treatment provides lower flesh browning incidence.

Key words: *Prunus salicina L., controlled atmosphere, physiological disorder.*

INTRODUÇÃO

O armazenamento de ameixas é uma alternativa para o incremento na renda do produtor, pois ao prolongar o período de oferta do produto, o preço praticado no mercado aumenta substancialmente (STEFFENS et al., 2017). Outro fator que poderia aumentar a renda do produtor seria o transporte de frutos a mercados distantes, no entanto necessita-se o emprego de técnicas de armazenamento adequadas para que os frutos cheguem ao destino com qualidade.

O método mais utilizado na conservação pós-colheita de ameixas é o armazenamento refrigerado (AR) (STEFFENS et al., 2017) uma vez que, a redução da temperatura é o fator que mais favorece a manutenção da qualidade (STEFFENS et al., 2007a). Contudo, o escurecimento da polpa e o amolecimento dos frutos são os principais fatores limitantes para o armazenamento de ameixas (STEFFENS et al., 2017).

Poucos trabalhos que estudam especificamente a ocorrência de escurecimento de polpa em ameixas foram realizados no Brasil. Segundo Alves et al. (2010), a melhor temperatura para o AR para um período de 30 dias sob atmosfera do ar é -0,5°C, porém houve elevada ocorrência de escurecimento de polpa. No entanto, existem técnicas auxiliares a refrigeração para retardar ainda mais o amadurecimento e manter a qualidade dos frutos, destacando-se a atmosfera controlada (AC), a utilização do composto 1-MCP e a indução de perda de massa (BRACKMANN et al., 2007; ALVES et al., 2010; STEFFENS et al., 2017).

A AC, caracterizada pela diminuição da pressão parcial de O₂ e incremento da pressão de CO₂, reduz com maior intensidade o metabolismo celular, colaborando para a manutenção da qualidade pós-colheita (STEFFENS et al., 2007a).

Vários trabalhos foram realizados envolvendo a utilização do composto 1-MCP, onde seu efeito no retardo do amadurecimento e na manutenção das qualidades pós-colheita é amplamente conhecido (CANDAN et al., 2006; MANGANARIS et al., 2008; STEFFENS et al., 2017). Já o efeito da IPM na redução do amadurecimento e na incidência de distúrbios fisiológicos foi observado por Brackmann et al. (2007) em maçãs 'Gala'. Assim, a utilização de AC, associada à aplicação de 1-MCP ou a IPM, pode reduzir a manifestação do escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia'.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da AC e da aplicação do 1-MCP e da IPM sobre o retardo do amadurecimento e manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia', principalmente sobre a manutenção da firmeza de polpa e a manifestação do escurecimento de polpa.

MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas em pomar comercial localizado no município de Vacaria-RS, e transportados ao laboratório. No momento da colheita os frutos apresentavam 50% da epiderme com recobrimento de cor vermelha, 14,8° Brix de sólidos solúveis, acidez de 26 meq 100 mL⁻¹, e valores de 51,5 N, 11,7 N, 3,4 N e 114,2 N para firmeza de polpa e forças para ruptura da epiderme, penetração da polpa e compressão do fruto, respectivamente. Para compor as unidades experimentais realizou-se a homogeneização dos frutos, sendo eliminados aqueles que apresentavam lesões, defeitos e dimensões destoantes. Após a composição das unidades experimentais, os frutos foram armazenados.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, contendo cinco repetições por tratamento, contendo 20 frutos por unidade amostral. Os tratamentos avaliados foram: armazenamento refrigerado (AR; 21,0 kPa de O₂ + 0,03 kPa de CO₂); 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂; 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂; 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ com IPM; e 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ com a aplicação de 1-MCP.

Para o armazenamento dos frutos foram utilizadas minicâmaras experimentais, com o controle individual da pressão parcial de gases, com volume de 180 L. A IPM foi obtida através do bombeamento diário do ar do interior da

câmara para um recipiente contendo absorvedor de umidade, composto por sílica gel, de acordo com a metodologia descrita por Brackmann et al. (2007). A umidade retirada da câmara equivaleu a 1,7% da massa fresca inicial dos frutos do tratamento.

Na aplicação de 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh[®], que possui a formulação em pó. Pesou-se 0,16 g do produto comercial por m³ de câmara, diluindo-o e posteriormente expondo a solução ao interior do ambiente hermético, para se obter a concentração de 1,0 µL L⁻¹. Os frutos ficaram expostos ao tratamento com 1-MCP por 24 horas sob condições ambiente. A temperatura de armazenamento para todos os tratamentos foi de 0,5°C.

Após 30 dias de armazenamento (saída da câmara), e seguido de mais 4 dias em condições ambiente (20±2°C e 60±5% de UR), simulando o período de comercialização, os frutos foram analisados quanto aos atributos de qualidade. As variáveis analisadas foram incidência e severidade de escurecimento de polpa, incidência de podridões, taxas respiratória e de produção de etileno, porcentagem de cobertura da epiderme com cor vermelha, luminosidade (*L*), definição de cor (*C*), ângulo *hue* (*h*°) da porção mais e menos vermelha da epiderme e da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa e forças para ruptura da epiderme, para penetração da polpa e para compressão do fruto.

A incidência de escurecimento foi feita através da contagem dos frutos que apresentavam o distúrbio, sendo observado após um corte longitudinal, em relação ao total de frutos da amostra. A incidência de podridões foi realizada de forma semelhante ao escurecimento de polpa, sendo consideradas podridões, lesões de origem patogênica com diâmetro superior a 5 mm. Para a severidade de escurecimento foram atribuídas notas de 0 a 5, sendo 0 para frutos sem escurecimento de polpa, 1 frutos que apresentam até 10% da polpa escurecida, 2 para frutos com mais de 10 até 30%, 3 para frutos com mais de 30 até 50%, 4 de frutos com mais de 50 até 80% e 5 para frutos com mais de 80% da polpa afetada pelo distúrbio.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas colocando-se 20 frutos por amostra em um recipiente com volume de 4,1 L, hermeticamente fechado. A taxa de respiração foi determinada pela diferença de concentração de

CO₂ do ambiente e do interior do recipiente após 40 minutos do seu fechamento. Utilizando-se seringas de 1 mL de volume foi amostrada a atmosfera interna do recipiente e quantificados as concentrações de CO₂ e de C₂H₄, através da cromatografia gasosa, em triplicata. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, CA, EUA), equipado com coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (90-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, detector, metanador e injetor foram de 45, 120, 300 e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. A atividade respiratória (η mol CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) e produção de etileno (ρ mol C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹) foram calculados através da fórmula proposta por Banks et al. (1995).

A determinação da luminosidade (*L*) e do ângulo *hue* (*h*^o) das porções mais e menos vermelha da epiderme e da polpa foi realizada com colorímetro Konica Minolta®, modelo CR 400 (Osaka, Japão). Foram realizadas leituras nas quatro extremidades da polpa, parte apical, distal, lateral esquerda e direita, após o corte transversal coincidente com o sulco característico da anatomia das ameixas 'Laetitia'. O *L* expressa a luminosidade numa escala que varia de 0, equivalendo ao preto, a 100 correspondendo ao branco. O *h*^o define a coloração básica, em que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A AT foi obtida através de 10 mL de suco extraído em uma centrífuga, obtido de amostras transversais do fruto em formato de cunha. O suco foi diluído em 90 mL de água destilada e a titulação foi efetuada com uma solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os valores de SS foram obtidos por meio de uma amostra do suco submetida a refratometria digital com o refratômetro Atago®, modelo PR201 α (Tóquio, Japão).

Os atributos de textura analisados foram força para a ruptura da epiderme e penetração da polpa, força para a compressão do fruto, sendo obtidos através de um texturômetro modelo TAXT-plus (Stable Micro Systems® Ltd., Reino Unido). Para se determinar força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa foi introduzida uma ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a uma profundidade de 5 mm. As velocidades da leitura foram de 30, 5 e 30 mm s⁻¹ para pré-teste, teste e pós-teste, respectivamente. A resistência do fruto a compressão foi

determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

A firmeza de polpa foi quantificada utilizando um penetrômetro eletrônico modelo GS-14 (Güzz® Manufacturing Pty Ltd, Strand, África do Sul), equipado com uma ponteira de 7 mm de diâmetro, tendo a profundidade de penetração de 9 mm.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) sendo que valores em porcentagem foram transformados através da fórmula $[(x+0,5)/100]^{1/2}$ antes da submissão à ANOVA. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, foi adotado para a comparação das médias dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 30 dias de armazenamento, na saída da câmara e mais 4 dias em condições ambiente, os frutos em AR apresentaram maior taxa de produção de etileno quando comparado aos frutos dos demais tratamentos (Tabela 1). As condições de AC, com alta pressão parcial de CO₂ e baixa de O₂, possivelmente apresentaram menores taxas de produção de etileno devido a menor oxidação do ACC a etileno, pelo fato da atmosfera apresentar baixo O₂ (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Como um fator adicional ao baixo O₂, a pressão mais elevada de CO₂ pode reduzir o pH celular, inibindo a atividade da enzima ACC oxidase, ocasionando a redução da biossíntese do etileno (GORNÝ; KADER, 1996). Aos 30 dias de armazenamento, na saída da câmara e mais 4 dias em condições ambiente, o tratamento que apresentou maior taxa respiratória foi a atmosfera do ar e a menor o tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP, estando os demais em uma posição intermediária (Tabela 1). Steffens et al. (2009) também observaram redução na atividade respiratória de ameixas 'Laetitia' em condição de baixo O₂ e alto CO₂. Segundo Gorný e Kader (1996), a baixa pressão parcial de O₂ reduz a atividade das enzimas polifenoloxidasas, ácido ascórbico oxidase e ácido glicólico oxidase, acarretando em uma redução da atividade respiratória. O efeito do alto CO₂ não está totalmente esclarecido, e sua ação na redução da taxa respiratória pode estar associada à redução da rota glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarbóxicos (FONSECA et al., 2002). No entanto, apenas o tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de

CO₂ + 1-MCP diferiu do AR quanto a taxa respiratória. Isto pode ser resultado da possível colaboração do efeito do 1-MCP durante o armazenamento, que reduz a biossíntese de etileno, diminuindo a ação do mesmo sob enzimas que atuam no processo respiratório (FONSECA et al., 2002).

Tabela 1. Taxas respiratória e de produção de etileno em ameixas 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento, na saída da câmara, e seguido por mais 4 dias em condições ambiente.

Condições de armazenamento	Taxa de produção de etileno ($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Taxa respiratória ($\eta\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
	Após 30 dias de armazenamento	
AR	19,0a	30,4a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	2,0b	21,3ab
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + IPM	1,4b	19,5ab
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + 1-MCP	2,3b	17,5b
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	1,1b	25,1ab
CV (%)	70,8	27,6
	Após 30 dias + 4 dias em condições ambiente	
AR	465,5a	31,9a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	1,7b	18,1ab
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + IPM	2,2b	19,5ab
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + 1-MCP	1,7b	15,9b
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	7,3b	18,8ab
CV (%)	126,2	39,8

Médias não seguidas de mesma letra nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AR: armazenamento refrigerado (21,0 kPa O₂ + <0,03 kPa CO₂); IPM: indução de perda de massa; 1-MCP: 1-metilciclopropeno.

Quanto ao quesito firmeza de polpa, o AR juntamente com 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂ apresentaram menores valores, os tratamentos 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + IPM ocuparam uma posição intermediária, estando o tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP com o maior valor aos 30 dias de armazenamento, na saída da câmara (Tabela 2).

Já aos 30 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente, a atmosfera do ar se manteve com a menor firmeza de polpa (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Menniti et al. (2006) e Corrêa et al. (2011) que,

trabalhando com ameixas, observaram menor firmeza de polpa em tratamentos que apresentaram maior produção de etileno.

O tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP manteve melhor a firmeza devido à redução na produção e ação do etileno, que a baixa pressão parcial de O₂ e alta de CO₂ conferem, associadas a aplicação de 1-MCP. Os quesitos de força para a compressão do fruto e força para a penetração da polpa tiveram comportamento semelhante a firmeza de polpa (dados não apresentados). A menor manutenção da firmeza do tratamento AR pode estar relacionada com a maior taxa de produção de etileno que o tratamento apresentou aos 30 dias, na saída da câmara, e especialmente após 30 dias mais 4 em condição ambiente, onde o valor observado foi mais de 100 vezes superior à média dos demais tratamentos. A evolução dos atributos de textura possivelmente está relacionada à ação do etileno, que promove a atividade de enzimas responsáveis pelo amolecimento dos frutos (MAJUMDER; MAZUMDAR, 2002). Quanto a atmosfera de 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂, a perda de firmeza pode estar associada à alta manifestação do distúrbio escurecimento de polpa que o tratamento apresentou desde o primeiro período de análise (Tabela 2). A alta ocorrência de escurecimento de polpa pode ter levado os frutos do tratamento 1 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ a atingirem a senescência antecipadamente quando comparado aos demais tratamentos.

Tabela 2. Firmeza de polpa, porcentagem de cor vermelha e ângulo *hue* (*h*°) do lado mais vermelho da epiderme, em ameixas 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento, na saída da câmara, e seguido por mais 4 dias em condições ambiente.

Condições de armazenamento	Firmeza de polpa (N)	Porcentagem	<i>h</i> ° (lado mais
		de cor vermelha (%)	vermelho)
Após 30 dias de armazenamento			
AR	41,3b	61,4a	31,5a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	46,9ab	62,3a	29,0a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + IPM	46,8ab	60,8a	31,0a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂ + 1-MCP	49,8a	62,1a	28,8a
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	36,2b	61,8a	27,2a
CV (%)	7,3	7,7	8,7
Após 30 dias + 4 dias em condições ambiente			
AR	8,3b	91,7a	17,6c
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	25,4a	77,0b	24,8a

2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + IPM	26,9a	74,7b	22,1ba
2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + 1-MCP	29,4a	71,9bc	24,6a
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	30,2a	68,9c	20,7bc
CV (%)	13,6	4,0	7,9

Médias não seguidas de mesma letra nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AR: armazenamento refrigerado (21,0 kPa O₂ + <0,03 kPa CO₂); IPM: indução de perda de massa; 1-MCP: 1-metilciclopropeno.

Quanto aos atributos de cor, a porcentagem de cor vermelha (PCV) não diferiu entre os tratamentos aos 30 dias de armazenamento, na saída da câmara (Tabela 2). Já aos 30 dias mais 4 dias de prateleira, o tratamento 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂ apresentou a menor PCV, juntamente com o 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP (Tabela 2). O ângulo *hue* do lado mais vermelho da epiderme do fruto teve resultado semelhante ao PCV, não apresentando diferença aos 30 dias de armazenamento, sendo que, de maneira geral, frutos dos tratamentos com maior PCV apresentaram menores valores de ângulo *hue*, ou seja, com a cor vermelha mais intensa (Tabela 2). A maior evolução da cor na condição de armazenamento sob a atmosfera do ar pode estar associada às maiores taxas de produção de etileno que o tratamento apresentou durante o armazenamento, sem restrições de energia pelo baixo O₂ e o alto CO₂. Segundo Argenta et al. (2003), os processos responsáveis pela alteração na coloração de ameixas são dependentes do etileno. No entanto, não foram observadas diferenças constantes e conclusivas ao comparar o tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP com os demais tratamentos, sob as pressões parciais 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂. Resultado semelhante ao encontrado por Alves et al. (2010) e por Corrêa et al. (2011) que, trabalhando com frutos da mesma cultivar, não observaram efeito da aplicação de 1-MCP na evolução da cor. A baixa PCV que o tratamento 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂ apresentou pode estar associada à alteração no metabolismo energético que a condição promove, não suprimindo a demanda energética que a síntese de antocianinas necessita, além do efeito da redução da taxa de produção de etileno (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Todos os tratamentos apresentaram incidência de escurecimento da polpa após 30 dias de armazenamento, sendo o tratamento 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂

o que apresentou a maior incidência e severidade de escurecimento de polpa, seguido pelo tratamento AR, estando os tratamentos da condição de AC de 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ com menores valores, não diferindo entre si (Tabela 3). Já aos 30 dias de armazenamento, mais 4 dias em condição ambiente, o tratamento AR não diferiu do 1 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂, apresentando maior incidência e severidade de escurecimento, enquanto os tratamentos 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + IPM apresentaram o segundo maior valor, estando o tratamento 2 kPa de O₂ + 2 kPa de CO₂ + 1-MCP com a menor manifestação do distúrbio (Tabela 3).

Para o quesito luminosidade (*L*), que indica o grau de escurecimento, o tratamento que apresentou menor valor aos 30 dias de armazenamento, na saída da câmara, foi a atmosfera do ar e para ângulo *hue* juntamente com a atmosfera do ar, o 1kPa O₂ + 10kPa CO₂ apresentou menores valores (Tabela 3). A variável ângulo *hue* indica a coloração da polpa, sendo que menores valores indicam tonalidades menos amarelas. A tonalidade amarela é a característica de polpa com tecido íntegro e sem manifestação do distúrbio. Aos 30 dias de armazenamento, mais 4 dias em condição ambiente, não houve diferença entre os tratamentos para as variáveis *L* e *h*^o (Tabela 3). Segundo Argenta et al. (2003), a ameixa 'Laetitia' desenvolve escurecimento de polpa, principalmente após 30 dias de armazenamento.

A alta manifestação do escurecimento de polpa do tratamento atmosfera do ar pode estar associada à elevada taxa de produção de etileno neste tratamento (Tabela 3). A alta ação desse fitormônio juntamente, com a não alteração das pressões parciais de O₂ e de CO₂, poderiam ter proporcionado altas taxas metabólicas, acelerando o processo de amadurecimento e o consumo de reservas, comprometendo o suprimento energético para a manutenção da integridade de membranas, ocorrendo o extravasamento do conteúdo celular, a oxidação de compostos e o escurecimento dos tecidos da polpa. A alta manifestação de escurecimento de polpa que o tratamento e 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂ apresentou poderia estar associada à drástica redução do metabolismo energético, impossibilitando a manutenção da integridade de membranas, devido ao baixo O₂ e ao alto CO₂. Em ameixas 'Laetitia', pêssegos e kiwi, há uma maior manifestação de

escurecimento de polpa com o incremento de pressões de CO₂ (STEFFENS et al., 2007b; ALVES et al., 2010). Segundo Saquet e Streif (2006), o desenvolvimento de escurecimento da polpa ocorre em condições de armazenamento que reduzem o metabolismo energético e o conteúdo de fosfolipídios, acarretando na descompartimentalização intracelular.

Tabela 3. Incidência e severidade de escurecimento de polpa, luminosidade (*L*) e ângulo *hue* (*h*^o) da polpa em ameixas 'Laetitia', após 30 dias de armazenamento, na saída da câmara, e seguido por mais 4 dias em condições ambiente.

Condições de armazenamento	Escurecimento de polpa (%)	Severidade de escurecimento da polpa (1-5 ^{**})	<i>L</i> (polpa)	<i>h</i> ^o (polpa)
Após 30 dias de armazenamento				
AR	9,4b	0,97b	55,2b	87,1b
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	21,0c	0,45c	59,8a	88,8a
2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + IPM	20,2c	0,54c	60,9a	88,9a
2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + 1-MCP	19,7c	0,45c	60,9a	90,3a
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	94,7a	2,72a	60,8a	86,1b
CV (%)	19,3	8,8	2,0	1,0
Após 30 dias + 4 dias em condições ambiente				
AR	66,9a	1,67a	53,8a	78,9a
2 kPa O ₂ + 2 kPa CO ₂	4,0b	0,29b	53,4a	81,3a
2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + IPM	5,6b	0,28b	54,5a	81,4a
2 kPa O ₂ +2 kPa CO ₂ + 1-MCP	1,5c	0,03c	54,9a	82,8a
1 kPa O ₂ + 10 kPa CO ₂	90,8a	2,33a	54,0a	81,3a
CV (%)	26,7	58,0	5,5	9,2

Médias não seguidas de mesma letra nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AR: armazenamento refrigerado (21,0 kPa O₂ + <0,03 kPa CO₂); IPM: indução de perda de massa; 1-MCP: 1-metilciclopropeno. ^{**}Severidade de escurecimento da polpa: 0- sem ocorrência; 1- até 10%; 2- com mais de 10 até 30% ; 3- com mais de 30 até 50%; 4- com mais de 50 até 80%; e 5- com mais de 80% da polpa com escurecimento.

A menor ocorrência do distúrbio foi observada no tratamento 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ + 1-MCP (Tabela 3). Essa menor ocorrência provavelmente deve-se a redução que a atmosfera 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ promove no metabolismo energético, sem comprometer o suprimento de energia para a manutenção de membranas, e

também seu efeito na redução da taxa de produção de etileno, somando-se a ação do composto 1-MCP, já conhecido na ação e biossíntese desse regulador vegetal. Apesar de não ter se observado a redução da produção de etileno no tratamento 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ + 1-MCP em relação aos tratamentos 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ e 2 kPa O₂ + 2 kPa CO₂ + IPM nos períodos de análise, o 1-MCP poderia ter reduzido a taxa de produção de etileno durante o armazenamento, promovendo melhor manutenção da membrana e menor escurecimento. O 1-MCP se liga permanentemente ao sítio de ligação do hormônio, bloqueando a sua ação, impedindo que alguns genes relacionados ao amadurecimento sejam ativados. Dal Cin (2006) observaram menor produção de etileno em maçãs tratadas com 1-MCP, e relacionaram essa menor produção a redução na produção de transcritos das enzimas ACC sintase e ACC oxidase e dos receptores de etileno ETR1 e ERS1. Autores como Argenta et al. (2003), Brackmann et al. (2007) e Alves et al. (2010) também observaram menor incidência de escurecimento em frutos de ameixa 'Laetitia' quando métodos para a redução da taxa de produção do etileno, como a redução do O₂, o aumento do CO₂ e aplicação de 1-MCP, foram empregados.

CONCLUSÕES

O escurecimento da polpa ocorre em todas as condições de armazenamento. A aplicação de 1-MCP combinada com o armazenamento a 2 kPa de O₂ + 2 kPa CO₂ a 0,5°C reduz a manifestação de escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia'.

REFERÊNCIAS

- ALVES E.O. et al. Amadurecimento de kiwis 'Bruno' submetidos ao dano mecânico de impacto e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p.753-758, 2010
- ARGENTA, L.C. et al. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1139-1148, 2003.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.

BRACKMANN, A. et al. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Royal Gala' durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.87-92, 2007.

CANDAN, A.P. et al., Improvement of storability and shelf-life of 'Blackamber' plums treated with 1-metycyclopene. **Food Science and Technology International**, London, v.12, n.5, p.437-443, 2006.

CORRÊA, T.R. et al. Manejo do etileno em ameixas 'Laetitia' armazenadas sob atmosferas controlada e modificada ativa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.723-729, 2011.

DAL CIN, V. 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.

FONSECA, S.C. et al. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, n. 52, p.99-119, 2002.

GORNY, J.R.; KADER, A.A. Controlled-atmosphere suppression of ACC synthase and ACC oxidase in 'Golden Delicious' apples during long-term cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.121, n.1, p.751-755, 1996.

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**, Alexandria, v.96, p.91-101, 2002.

MANGANARIS G.A. et al. Novel 1-methycyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, p.429-433, 2008.

MENNITI, A.M. et al. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n.3, p.243-246, 2006.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Fermentative metabolism in 'Conference' pears under various storage conditions. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Amsterdam, v.81, n.5 p.910-914, 2006.

STEFFENS, C.A. et al. Armazenamento de ameixas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, XV, 2017, Fraiburgo, SC.

Anais... Caçador:Epagri, v. 1, 2017, p.111-115.

STEFFENS, C.A. et al. Armazenamento ameixas 'Laetitia' em atmosfera modificada.

Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.9, p.2439-2444, 2009.

STEFFENS, C.A. et al. Degenerescência da polpa e respiração de quivi cv. Bruno em função das condições de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1621-1626, 2007b.

STEFFENS, C.A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007a.