

ESCURECIMENTO DE POLPA EM AMEIXAS 'LAETITIA' EM FUNÇÃO DO AMADURECIMENTO E 1-MCP APLICADO APÓS O ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA

INTERNAL BROWNING IN 'LAETITIA' PLUMS IN FUNCTION OF RIPENING STAGE AND 1-MCP TREATMENT AFTER CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE

Francielle Regina Nunes¹, Cristina Soethe², Jessica Mayumi Anami³, Érica Souza Santos⁴, Fabiana Geherke⁵, Cristiano André Steffens⁶, Cassandro Vidal Talamini Amarante⁷

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estágio de amadurecimento e da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), após o armazenamento em atmosfera controlada (AC), sobre o escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' durante o período de prateleira. Após 60 dias de armazenamento em AC (0,5 kPa de O₂ + 1 kPa de CO₂ a 1,5±0,2°C e 92±2% de UR) os tratamentos foram aplicados. Os tratamentos avaliados foram estágio meio-maduro (frutos com consistência firme e menos de 75% da superfície recoberta com cor vermelha); estágio maduro (frutos com consistência mole e mais de 75% da superfície recoberta com cor vermelha); estágio meio-maduro + 1-MCP; e estágio maduro + 1-MCP. O 1-MCP foi aplicado após o período de armazenamento em AC, durante 24 horas, a 1,5°C. Após quatro dias em condições ambiente (23±0,3°C/68±6% de UR), as ameixas foram avaliadas quanto à incidência e severidade de escurecimento da polpa (L^* , C , h°) e porcentagem de frutos sem ou com sintoma inicial de escurecimento. Os tratamentos meio-maduro e meio-maduro + 1-MCP apresentaram menor incidência de escurecimento da polpa do que o tratamento com frutos maduros sem tratamento com 1-MCP. A porcentagem de frutos sem ou com sintoma inicial de escurecimento da polpa foi maior no tratamento estágio meio-maduro + 1-MCP. Considerando conjuntamente os atributos de cor, a severidade do escurecimento da polpa foi menor no tratamento meio-maduro + 1-MCP.

Palavras-chave: *Prunus salicina*, pós-colheita, distúrbio fisiológico.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effect of the ripening stage and 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment, after storage in controlled atmosphere (CA), on the internal browning in 'Laetitia' plums during the shelf life. After 60 days of storage in CA (0.5 kPa of O₂+1 kPa of CO₂ at 1.5±0.2°C/92±2% of RH), treatments were applied. The treatments evaluated were intermediate ripening stage (fruits firm and with less than 75% of the surface covered with red color); ripe stage (fruits soft

^{1,3}Mestranda em Produção Vegetal – Udesc

²Doutoranda em Produção Vegetal – Udesc

^{4,5}Acadêmica em Agronomia – Udesc

⁶Doutor em Agronomia – Udesc

⁷Doutor em Fisiologia e Tecnologia Pós Colheita – Udesc

and more than 75% of the surface covered with red color); intermediate ripening stage + 1-MCP; and ripe stage + 1-MCP. 1-MCP applied after CA storage during 24 hours at 1.5°C. After four days at ambient conditions (23±0.3°C/68±6% RH), the plums were evaluated for the incidence and severity (L^ , C , h°) of internal browning and percentage of fruits without or with initial symptom of internal browning. Intermediate ripening stage, combined or not with 1-MCP, had lower incidence of internal browning than treatment ripe stage without 1-MCP treatment. The percentage of fruits without or with initial symptom of internal browning was higher in the intermediate ripening stage combined with 1-MCP treatment. Considering the color attributes together, the internal browning severity was lower in intermediate ripening stage combined with 1-MCP treatment.*

Keywords: *Prunus salicina, postharvest, physiological disorder.*

Introdução

A ameixa 'Laetitia' apresenta maturação tardia, sendo atualmente a cultivar mais utilizada para a implantação de novos pomares de ameixa na região Sul do Brasil (ALVES et al., 2010). Devido à sua rápida maturação, faz-se necessário o armazenamento de parte da produção para regular a oferta e reduzir perdas (STANGER et al., 2014). No entanto muitas cultivares de frutos de caroço de clima temperado são suscetíveis ao dano por frio. Em ameixas 'Laetitia', o dano por frio manifesta-se através do desenvolvimento de escurecimento da polpa, quando os frutos são armazenados a 0°C por longos períodos (ARGENTA et al., 2011; SINGH; SINGH, 2013b), sendo agravado pela ação do etileno (CANDAN et al., 2008; ALVES et al., 2009). Assim, o benefício do armazenamento em baixa temperatura pode ser limitado por provocar desordens fisiológicas, como o escurecimento da polpa (STEFFENS et al., 2013). Dessa forma, são necessárias tecnologias adicionais ao armazenamento refrigerado (AR) que retardam o amadurecimento e aumentam a vida útil pós-colheita. Dentre essas tecnologias destaca-se o uso do armazenamento em atmosfera controlada (AC) (SANCHES et al., 2016).

O armazenamento em AC retarda os processos relacionados com o amadurecimento, mantendo a qualidade e prolongando o período de prateleira (ALVES et al., 2009). Em ameixas, o armazenamento em AC aumenta a vida pós-colheita dos frutos (ALVES et al., 2010), porém, mesmo neste sistema de armazenamento, a manifestação do escurecimento da polpa é um fator limitante ao armazenamento prolongado de ameixas 'Laetitia'.

A utilização do 1- metilciclopropeno (1-MCP), um inibidor da ação do etileno, constitui-se em numa alternativa para aumentar o potencial de armazenamento dos frutos. O uso do 1-MCP na dose de $1 \mu\text{L L}^{-1}$ em ameixas 'Laetitia' (ALVES et al., 2009), armazenadas a $1 \text{ kPa O}_2 + 1 \text{ kPa CO}_2$, apresentou resultado positivo na redução do escurecimento da polpa (STEFFENS et al., 2013), conferindo maior aceitação pelos consumidores. O 1-metilciclopropeno (1-MCP) se liga irreversivelmente aos receptores do etileno, em nível de membrana celular, inibindo seu estímulo fisiológico e a transdução de seu sinal hormonal, influenciando no processo de amadurecimento dos frutos (BRACKMANN et al., 2013). Porém, as pesquisas desenvolvidas com 1-MCP avaliaram sua aplicação antes do período de armazenamento em AC. É possível que a aplicação de 1-MCP após o período de armazenamento em AC possa contribuir na redução do escurecimento da polpa, especialmente em frutos em estágio de amadurecimento menos avançado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estágio de amadurecimento e da aplicação de 1-MCP, após o armazenamento em AC, sobre o escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' durante o período de prateleira.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado com ameixas 'Laetitia' provenientes de um pomar comercial localizado no município de Lages, SC ($27^{\circ}48'58''\text{S}$ de latitude, $50^{\circ}19'34''\text{W}$ de longitude e 884 m de altitude), colhidas na safra 2015/16. Os frutos foram colhidos, e conduzidos até o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UEDESC para a homogeneização das amostras experimentais. Os frutos com danos físicos, podridões, rachaduras e que não apresentavam tamanho médio foram eliminados. Os frutos foram armazenados durante 56 dias em atmosfera controlada (AC; $0,5 \text{ kPa}$ de O_2 e 1 kPa de CO_2 a $1,5 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $92 \pm 2 \%$ de UR), seguidos por quatro dias em armazenamento refrigerado (AR) a $1,5 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $92 \pm 2 \%$ de UR. Após esse período, os frutos foram separados em dois estágios de amadurecimento, estágio meio-maduro, quando os frutos estavam com consistência firme e menos de 75% da superfície recoberta com cor vermelha e, estágio maduro, quando os frutos estavam com consistência mole e mais de 75% da superfície recoberta com cor vermelha. Os tratamentos avaliados foram estágio meio-maduro (sem 1-MCP);

estádio maduro (sem 1-MCP); estágio meio-maduro + 1-MCP; e estágio maduro + 1-MCP.

O 1-MCP foi aplicado após o período de armazenamento em AC, durante 24 horas, a 1,5°C. Para os tratamentos com 1-MCP, os frutos foram colocados em câmaras herméticas de 180 L, na dose de 1 $\mu\text{L L}^{-1}$. O gás 1-MCP foi gerado misturando-se SmartFresh® (AgroFresh Inc., Philadelphia-PA, EUA) e água. Após a aplicação de 1-MCP os frutos foram mantidos em condições ambiente ($23\pm 0,3^\circ\text{C}/68\pm 6\%$ de UR), simulando o período de prateleira.

Após quatro dias em condições ambiente, as ameixas foram avaliadas quanto à incidência de escurecimento da polpa e atributos de cor da polpa (L^* , C , h°), como indicador da intensidade de escurecimento da polpa. Estas análises foram avaliadas por meio de um corte na secção transversal dos frutos.

A incidência de escurecimento da polpa foi avaliada por meio da contagem das ameixas que apresentaram regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, sendo determinada a proporção de frutos afetados (%).

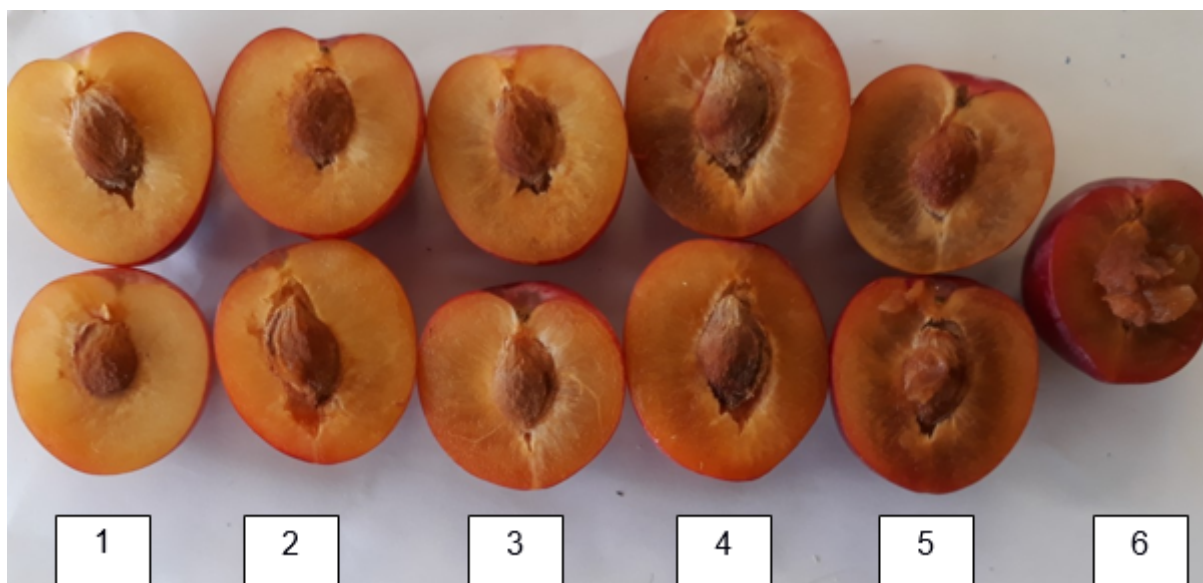
Os atributos de cor da polpa [L^* (*Lightness*), croma (C) e ângulo 'hue' (h°)] foram determinados com um colorímetro modelo CR 400 da Konica Minolta®. Os valores de h° apresentaram as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal: 0° /vermelho, 90° /amarelo, 180° /verde e 270° /azul. Os valores de L^* variaram de 0 (preto) a 100 (branco), sendo que quanto menor o valor de L^* e de croma mais escurecida estaria a polpa. Foram realizadas quatro leituras por fruto, após um corte na região mediana dos mesmos.

Também foi quantificado a porcentagem de frutos sem ou com sintoma inicial escurecimento da polpa por meio da contagem das ameixas que apresentaram regiões internas da polpa sem ou pouca escurecida (frutos dos índices 1, 2 e 3 da figura 1), em relação ao número total de frutos da amostra. Os valores médios de severidade do escurecimento da polpa (L^*) de ameixas 'Laetitia' foi de 58,07; 54,44; 49,71; 45,83; 42,61; 36,24, para a escala 1, 2, 3, 4, 5, e 6, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Cada tratamento foi composto de quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída de 20 frutos. Os valores em % foram previamente transformados pela fórmula arco seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$. Os dados foram submetidos à análise de

variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

Figura 1 – Escala (1 – 6) de escurecimento da polpa de ameixas ‘Laetitia’, armazenadas durante 56 dias em AC ($0,5 \text{ kPa de O}_2 + 1 \text{ kPa de CO}_2$ a $1,5 \pm 0,2^\circ\text{C}/92 \pm 2\%$ de UR) seguidos por quatro dias em AR ($1,5 \pm 0,2^\circ\text{C}/92 \pm 2\%$ de UR) e mais quatro dias em condições ambiente ($23 \pm 0,3^\circ\text{C}$ e $68 \pm 6\%$ de UR).



Resultados e Discussão

A incidência do escurecimento da polpa foi menor nos frutos do estágio meio-maduro, independente da aplicação com 1-MCP, comparativamente aos frutos do estágio maduro sem aplicação com 1-MCP. Ameixas do estágio maduro que receberam aplicação de 1-MCP, apresentaram valores intermediários. Ameixas ‘Laetitia’ do estágio maduro, independente da aplicação de 1-MCP, apresentaram menor porcentagem de frutos sem ou com sintoma inicial de escurecimento da polpa, ou seja, os frutos estavam com a polpa mais escurecida em comparação aos frutos do estágio meio-maduro com aplicação de 1-MCP (Tabela 1). Stanger et al. (2014), trabalhando com ameixas ‘Laetitia’, não observaram diferença entre os estádios de maturação, na colheita, para a incidência de escurecimento da polpa. Contudo, os frutos colhidos em estágio de maturação, na colheita, menos avançado apresentaram menor severidade de escurecimento da polpa. Em frutos de caroço

esse escurecimento pode resultar no comprometimento da permeabilidade seletiva das membranas, levando a interação entre fenóis e oxidases de fenóis, associado a senescência de tecidos (LURIE e CRISOSTO, 2005). Singh e Singh (2013 a, b) citam que o escurecimento da polpa é decorrente de um processo oxidativo relacionado à produção de espécies reativas de oxigênio e à redução na eficiência dos sistemas antioxidantes, com consequente danos às membranas celulares. Além disso, o escurecimento da polpa em frutos pode ser decorrente da redução do metabolismo energético e do conteúdo de fosfolipídios, com consequente descompartmentalização intracelulares (PEDRESCHI et al., 2009).

De acordo com Candan et al. (2011), a incidência do distúrbio é intensificada pela ação do etileno, pois segundo Candan et al. (2008) o 1-MCP inibi a ação do etileno, retarda a maturação e a senescência de frutos, reduzindo assim o desenvolvimento do escurecimento da polpa em ameixas. Argenta et al. (2003) constataram redução na incidência de escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' armazenadas em AR com o uso do 1-MCP no início do armazenamento.

Foi observada diferença entre os tratamentos para os atributos de cor da polpa (L^*) e (C) (Tabela 1). Os dois parâmetros indicaram comportamento semelhante. No tratamento com frutos no estágio meio maduro + 1-MCP apresentaram maiores valores de L^* e C, indicando menor intensidade (severidade) de escurecimento de polpa. Os valores de C expressam a intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos da cor, assumindo-se valores próximos à zero para cores neutras (cinza) e próximos de 60 para cores vívidas (SOETHE et al., 2016).

De acordo com os valores médios de L^* , pela escala de 1 a 6 (Figura 1), as ameixas que receberam aplicação de 1-MCP, independente do estágio de maturação, os valores médios de L^* , ficaram entre 2 e 4, indicando que a polpa destes tratamentos estava com a coloração mais clara (maior valor de L^*), enquanto que, as ameixas que não receberam aplicação de 1-MCP, independente do estágio de amadurecimento, estavam com a coloração da polpa mais escura (menor valor de L^*), com valores de L^* entre 4 a 6 (Figura 1). Stanger et al. (2014) também verificou em ameixas 'Laetitia' em estágio de maturação menos avançado apresentaram polpa com coloração mais clara (indicado pelo maior valor de L^*). Por

outro lado, Argenta et al. (2011) não observaram diferença para esta variável entre ameixas 'Laetitia' colhidas em diferentes estádios de maturação.

Tabela 1 – Escurecimento da polpa (EP), porcentagem de frutos sem ou com sintoma inicial de escurecimento (PFSEI) e atributos de cor da polpa (L^* , C e h°) de ameixas 'Laetitia' após quatro dias em condições ambiente ($23\pm 0,3^\circ\text{C}/68\pm 6\%$ de UR), em função do estágio de amadurecimento e da aplicação de 1-MCP após o armazenamento em AC ($0,5\text{ kPa de O}_2 + 1\text{ kPa de CO}_2$ a $1,5\pm 0,2^\circ\text{C}/92\pm 2\%$ de UR).

Tratamentos	EP (%)	PFSEI (%)	Atributos de cor da polpa		
			L^*	C	h°
Estádio meio-maduro	70,0 B	37,2 AB	48,7AB	27,6 AB	76,8 ^{ns}
Estádio maduro	92,3 A	18,5 B	39,1 B	21,8 B	75,6
Estádio meio-maduro + 1-MCP	70,0 B	55,6 A	54,2 A	32,1 A	75,6
Estádio maduro + 1-MCP	88,3 AB	18,9 B	48,9AB	27,2 AB	76,6
C.V. (%)	11,5	28,4	11,2	13,7	6,1

^{*}Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}=diferença não significativa. C.V.=coeficiente de variação.

Não foi observada diferença entre os tratamentos para os valores de ângulo hue (h°), mostrando que todos os tratamentos apresentavam coloração tendendo ao amarelo.

Conclusões

As ameixas 'Laetitia' que estão firmes ao final do armazenamento em atmosfera controlada, independente do tratamento com 1-metilciclopropeno ao final do armazenamento, apresentam menor incidência de escurecimento da polpa durante o período de prateleira. Em frutos deste mesmo estágio de amadurecimento, a aplicação de 1-metilciclopropeno no final do armazenamento reduz a severidade do escurecimento de polpa.

Agradecimentos

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

Referências

ALVES, E.O.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; BRACKMANN, A. Qualidade de ameixas 'Laetitia' em função da temperatura e da atmosfera de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1018-1027, 2010.

ALVES, E.O. STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; PAVANELLO, E.P.P.; BRACKMANN, A. Manejo do etileno durante o armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2445-2451, 2009.

ARGENTA, L.C.; AMRANTE, C.V.T.; SHIRAYAMA, D.; SCOLARO, A.M.T.; AYUB, R.A. Controle do escurecimento interno de ameixas durante o armazenamento pelo manejo do ponto de colheita e do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 2, p. 376-385, 2011.

ARGENTA, L.C.; KRAMES, J.G.; MEGGUER, C.A.; AMRANTE, C.V.T.; MATTHEIS, J. 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.139-1148, 2003.

BRACKMANN, A.; BOTH, V.; PAVANELLO, E.P.; ANESE, R.O.; SANTOS, J.R.A. Atmosfera controlada, absorção de etileno e aplicação de 1-MCP durante o armazenamento de pêssegos 'Eragil'. **Científica**, Jaboticabal, v.41, n.2, p.156-163, 2013.

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

CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÉRE, C. Postharvest quality and chilling injury of plums: benefits of 1- methylcyclopropene. Spanish Journal of Agricultural Research, Madrid, v.9, n.2, p.554-564, 2011.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v.37, n.3, p.195-208, 2005.

PEDRESCHI, R.; FRANCK, C; LAMMERTYN, J.; ERBAN, A.; KOPKA, J.; HERTOOG, M.; VERLINDEN, B.; NICOLAI, B. Metabolic profiling of 'Conference' pears under low oxygen stress. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v. 51, n. 2, p. 123-130, 2009.

SANCHES, A. G.; SILVA, M.B; MOREIRA, E.G.S.; COSTA, J.M.; CORDEIRO, C.A.M. Maturação de graviolas após armazenamento em atmosfera controlada. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 2, p. 54-61, 2016.

SOETHE, C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; MARTIN, M.S. de; ANDERSON JOSÉ BORTOLINI, A.J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.8, p.950-957, 2016.

STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T. CORRÊA, T.R.; TANAKA, H. Qualidade pós-colheita de ameixas 'camila' e 'laetitia' colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 214 – 221, 2014.

STEFFENS, C.A.; TANAKA, H.; AMARANTE, C.V.T.; BRACMANN, A.; STANGER, M.C.; HENDGES, M.V. Condições de atmosfera controlada para armazenamento de ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-metilciclopropeno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 750-756, 2013.

STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; ALVES, E.O.; TANAKA, H.; BRACKMANN, A.; BOTH, V. Armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p. 2439-2444, 2009.

SINGH, S.P.; SINGH, Z. Controlled and modified atmospheres influence chilling injury, fruit quality and antioxidative system of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.48, p.363-374, 2013a.

SINGH, S.P.; SINGH, Z. Postharvest cold storage-induced oxidative stress in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl. cv. Amber Jewel) in relation to harvest maturity. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v.7, p.391-400, 2013b.