

A MANIFESTAÇÃO DO ESCURECIMENTO DA POLPA EM AMEIXAS 'LAETITA' E 'ANGELENO' ESTÁ ASSOCIADA COM A AÇÃO DO ETILENO

INTERNAL BROWNING IN 'LAETITA' AND 'ANGELENO' PLUMS IS ASSOCIATED WITH ETHYLENE EFFECT

Juliana Amaral Vignali Alves¹, Bruno Pansera Espíndola², Raquel Carlos Fernandes³,
Jéssica Mayumi Anami⁴, Francielle Regina Nunes⁵, Cassandro Vidal Talamini do
Amarante⁶, Cristiano André Steffens⁷

Resumo

Ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno' apresentam diferente comportamento climatérico, sendo a 'Laetitia' considerada mais sensível ao etileno e a 'Angeleno' considerada uma cultivar com climatérico suprimido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do etileno na manifestação do escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno'. Os frutos das duas cultivares foram colhidos em pomar comercial localizado em São Joaquim, SC. Os tratamentos avaliados para a cultivar Laetitia foram controle e a aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP; 1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$). Para a cultivar Angeleno foram avaliados os tratamentos controle e aplicação de etileno na concentração de 5 $\mu\text{L L}^{-1}$. Os frutos das duas cultivares foram armazenados a $4^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade da polpa (L) foram analisadas aos 20, 30 e 40 dias de armazenamento, na saída da câmara e mais 2, 4 e 6 dias em condições ambiente ($23\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$ de UR). Os teores solúveis de Ca, K e Mg, e a permeabilidade de membranas foram analisados após 20, 30 e 40 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente. Os dados foram submetidos à ANOVA. A aplicação de 1-MCP retardou o amadurecimento e reduziu a ocorrência de escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia'. O tratamento etileno exógeno acelerou o processo de amadurecimento e aumentou a ocorrência de escurecimento da polpa em ameixas 'Angeleno'. A ocorrência do escurecimento da polpa está associada à ação de etileno e ao processo de amadurecimento em ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno'.

Palavras-chave: pós-colheita, *Prunus salicina*, 1-metilciclopropeno.

Abstract

'Laetitia' and 'Angeleno' plums has different climacteric behavior, 'Laetitia' is considered sensitive to ethylene and 'Angeleno' is considered with suppressed climacteric. The aim of this study was to evaluate the effect of ethylene on the internal browning incidence in 'Laetitia' and 'Angeleno' plums. The fruit of both cultivars were harvested at an orchard in São Joaquim, SC. The treatments on

'Laetitia' plums were control and 1-methylcyclopropene (1-MCP; 1.0 $\mu\text{L L}^{-1}$). In 'Angelino' control and ethylene treatment (5.0 $\mu\text{L L}^{-1}$) were evaluated. The fruit of both cultivars were stored at $4.0 \pm 0.5^\circ \text{C}$. The internal browning incidence and severity and flesh lightness (L) were analyzed at 20, 30 and 40 days of storage at removal from cold storage and plus 2, 4 and 6 days at shelf life ($23.0 \pm 5^\circ \text{C}$ and $60 \pm 5\% \text{RH}$). The soluble mineral content of Ca, K, Mg and the ion leakage were analyzed after 20, 30 and 40 days plus 4 days storage at shelf life. The data were analyzed by ANOVA. 1-MCP treatment delayed ripening and reduced the internal browning incidence in 'Laetitia' plums. The ethylene treatment accelerated the ripening and increased the internal browning incidence in 'Angelino' plums. The incidence of internal browning is associated with ethylene action and ripening on 'Laetitia' and 'Angelino' plums.

Key-words: postharvest, *Prunus salicina*, 1- methylcyclopropene.

INTRODUÇÃO

Ameixas possuem alta perecibilidade e o armazenamento sob baixa temperatura é recomendado para prolongar a vida pós-colheita e promover uma melhor manutenção da qualidade (CRISOSTO; KADER, 2000; BRACKMANN et al., 2003; STEFFENS et al., 2017). No entanto, o armazenamento refrigerado prolongado pode acarretar em significativas perdas na qualidade dos frutos devido ao amolecimento e a incidência de distúrbios fisiológicos, que resultam na redução da aceitabilidade do consumidor (CRISOSTO; KADER, 2000; ALVES, et al., 2010).

Dentre os distúrbios fisiológicos que ocorrem no armazenamento refrigerado por longos períodos, o que mais se destaca em ameixas é o escurecimento da polpa (ALVES et al., 2010). O escurecimento da polpa é um distúrbio que acomete ameixas armazenadas sob refrigeração, sendo considerado um dano por frio (Singh e Singh, 2013b). Tem sido proposto que o escurecimento da polpa é decorrente de um processo oxidativo relacionado à produção de espécies reativas de oxigênio, que causam a peroxidação de lipídeos, e a redução na eficiência dos sistemas antioxidantes, com consequente dano às membranas celulares (Singh e Singh, 2013a; 2013b).

Trabalhos apontam a redução da ocorrência de escurecimento de polpa com a aplicação de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e o armazenamento em atmosfera controlada (ARGENTA et al., 2003; BRACKMANN et al., 2007; ALVES et al., 2010), sugerindo que o distúrbio possa estar associado ao etileno.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do etileno na manifestação do distúrbio escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno'.

MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno' foram colhidas em pomar comercial localizado no município de São Joaquim, SC, e levados ao laboratório. Os frutos da cultivar Laetitia apresentavam 50% da epiderme com recobrimento de cor vermelha, firmeza de polpa de 51,2 N, acidez titulável de 19,8 meq 100mL⁻¹ e teor de sólidos solúveis de 12,1 °Brix na colheita. Os frutos da cultivar Angeleno apresentavam firmeza de polpa de 43,4 N, acidez titulável de 18,6 meq 100mL⁻¹ e teor de sólidos solúveis de 11,5 °Brix no momento da colheita. Para compor as unidades experimentais realizou-se a homogeneização dos frutos eliminando-se aqueles que apresentavam lesões. Após a composição das unidades experimentais, os frutos foram armazenados a 4,0±0,5°C e 90±0,5% de UR.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento e a unidade experimental composta por 20 frutos. Os tratamentos avaliados para a cultivar Laetitia foram controle e aplicação de 1-MCP (1µL L⁻¹). Para a cultivar Angeleno foram avaliados controle e aplicação de etileno (5µL L⁻¹). Na aplicação de 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh®. Os frutos ficaram expostos ao etileno e ao 1-MCP por 24 horas a 23±5°C.

Após 20, 30 e 40 dias de armazenamento (saída da câmara), e seguido de mais 2, 4 e 6 dias em condições ambiente (23±5°C e 60±5% de UR), os frutos foram analisados quanto a incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade (*L*) da polpa. Os teores solúveis de Ca, K, e Mg, e a permeabilidade de membranas, foram analisadas após 20, 30 e 40 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente (23±5°C e 60±5% de UR).

A incidência de escurecimento (%) foi feita através da contagem dos frutos que apresentavam o distúrbio, sendo observado após um corte longitudinal. Para a severidade de escurecimento foram atribuídas notas de 1 a 5, sendo 1 - frutos que apresentam até 10% da polpa escurecida; 2 - frutos com mais de 10 até 30%; 3 - frutos com mais de 30 até 50%; 4 - frutos com mais de 50 até 80%; e 5 - frutos com mais de 80% da polpa afetada pelo distúrbio.

A determinação da luminosidade (L) da polpa foi realizada com colorímetro, Konica Minolta®, modelo CR 400 (Osaka, Japão). Para as ameixas 'Laetitia' foram realizadas leituras distintas para as porções mais e menos vermelha. Para a determinação da cor da polpa, nas duas cultivares, foram feitas leituras nas quatro extremidades, parte apical, distal, lateral esquerda e lateral direita, após o corte transversal e coincidente ao sulco comum da anatomia de ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno'. O L expressa a luminosidade numa escala que varia de 0, equivalendo ao preto, a 100, que seria correspondente ao branco.

Para a análise dos teores solúveis de Ca, K e Mg, foi extraído o suco de 150 g de fruto, onde a amostra foi centrifugada a 9.500 rpm por 40 minutos. Após a centrifugação foi retirado uma alíquota de 5 mL do sobrenadante, procedendo as análises conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para a obtenção dos dados de permeabilidade de membranas, alíquotas de polpa foram coletadas com auxílio de um sulcador, com diâmetro interno de 8 mm. Dois discos de 4 mm de altura e 8 mm de diâmetro foram retirados da parte média de cada cilindro proveniente do sulcador. Por unidade amostral foram feitas três subamostras compostas por 10 discos de polpa, em tubos de 50 mL de volume. A solução utilizada para a imersão dos discos foi 0,35 M de manitol. As leituras foram realizadas a 1, 3 e 4 horas após a imersão. Os dados foram expressos em porcentagem de extravasamento de íons em relação ao máximo extravasamento (obtido após 24 horas de congelamento do tecido). A metodologia empregada no presente trabalho resultou de amplas modificações da metodologia descrita por Côté et al. (1993).

Os dados de incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade de polpa foram submetidos à análise de regressão múltipla (para cada período de armazenamento e de exposição às condições ambiente). Os demais dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para realizar a análise de regressão múltipla e a ANOVA utilizou-se o programa SAS (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 20 e 30 dias de armazenamento seguidos por mais 4 dias em condições ambiente, verificou-se que a permeabilidade de membranas de ameixas 'Laetitia' foi

maior no tratamento controle (Tabela 1). Contudo, não diferiu do tratamento com 1MCP após 40 dias de armazenamento seguido por mais 4 dias em condições ambiente.

Não houve diferença entre os tratamentos quanto aos teores solúveis de Ca, K, Mg, e relação Ca/[K + Mg] (dados não apresentados).

Tabela 1. Permeabilidade de membranas em ameixas 'Laetitia', após 20, 30 e 40 dias de armazenamento ($4,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 0,5\%$ de UR), seguido por mais 4 dias em condições ambiente ($23\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$ de UR).

Tratamento	Permeabilidade de membrana (%)		
	'Laetitia'		
	20 dias de armazenamento mais 4 dias em condições ambiente	30 dias de armazenamento mais 4 dias em condições ambiente	40 dias de armazenamento mais 4 dias em condições ambiente
Controle	10,3 [*]	16,4 ^{***}	100,0 ^{ns}
1-MCP	9,5	8,9	100,0
CV (%)	4,0	14,5	1,7

^{*}, ^{**}, ^{***}: diferenças significativas para $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente; ns: não significativo ($p > 0,05$).

A incidência de escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia' evoluiu com o avanço do período de armazenamento, independente da aplicação ou não de 1-MCP.

Todavia, após 20 dias de armazenamento, ameixas 'Laetitia' não tratadas e tratadas com 1-MCP apresentaram, respectivamente, aproximadamente 50% e 3% de incidência na saída da câmara, alcançando cerca de 75% e 25%, aos 4 dias em condições ambiente, e 100% e <70% aos 6 dias em condições ambiente. Aos 40 dias de armazenamento, os frutos controle já apresentavam uma incidência próxima de 75% na saída da câmara, enquanto que os frutos tratados com 1-MCP aproximadamente 25% (Figura 1).

A severidade de escurecimento da polpa também aumentou com avanço no período de armazenamento, porém com menor intensidade que a incidência do distúrbio, especialmente nos frutos tratados com 1-MCP. Ameixas 'Laetitia' não tratadas com 1-MCP apresentaram aos 20 e 40 dias de armazenamento, na saída da câmara, índice 1,5 e 2,0, atingindo índice máximo aos 6 dias em condições ambiente, após o período de armazenamento. Isso equivale a informar que,

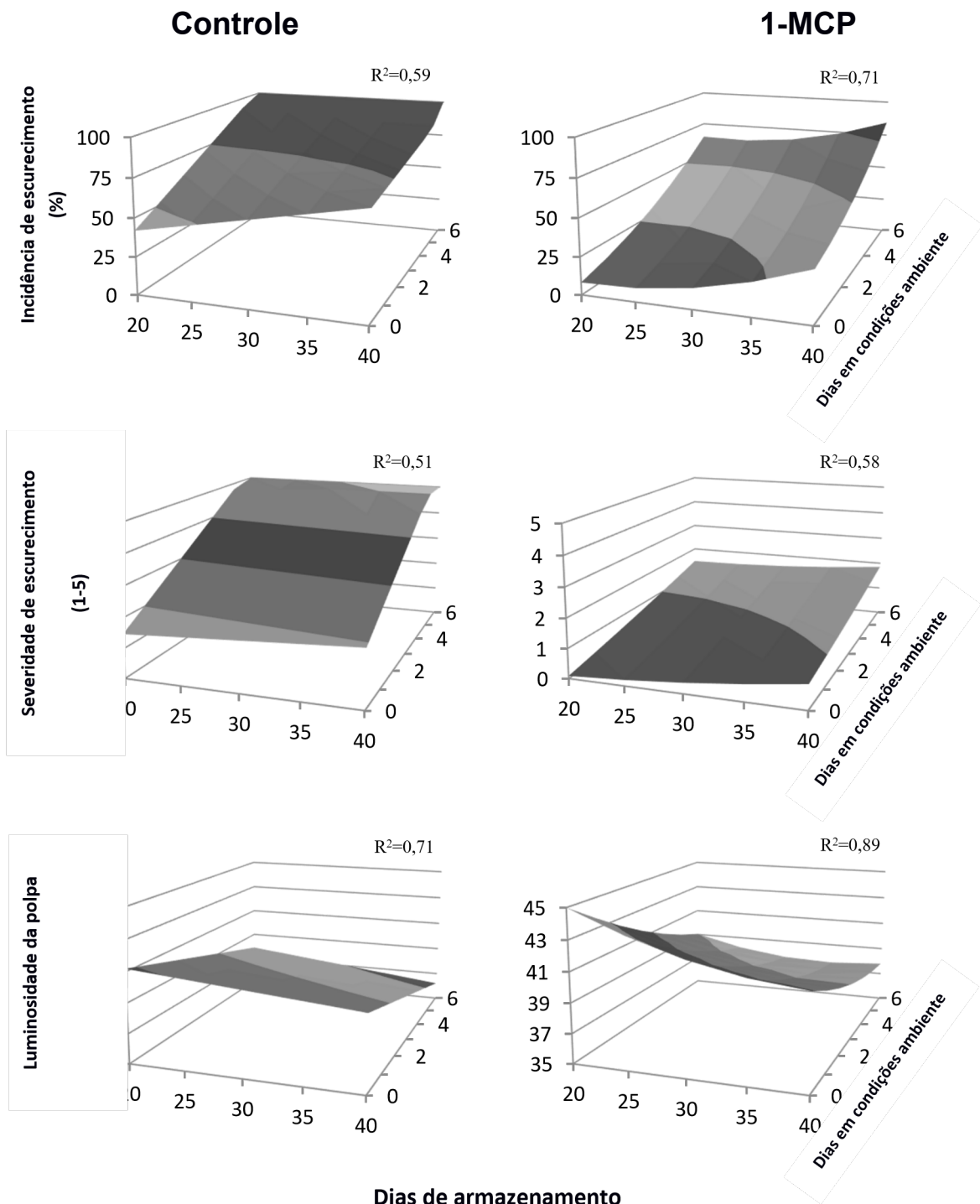
independente do período de armazenamento avaliado, em frutos não tratados com 1-MCP, aos 6 dias de exposição dos frutos em condição ambiente, mais de 80% da superfície da polpa apresentava escurecimento. A aplicação de 1-MCP reduziu de forma drástica a severidade do distúrbio em ameixas 'Laetitia', sendo que o índice aos 20 e 40 dias de armazenamento, na saída da câmara, foi de aproximadamente 0,0 e 1,0, respectivamente, não atingindo índice superior a 2,0 aos 40 dias de armazenamento, seguido de 6 dias em condições ambiente. Nos frutos controle, este valor já tinha sido observado aos 20 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente

(Figura 1).

A luminosidade (L) da polpa diminuiu com o avanço no período de armazenamento, independente da aplicação do 1-MCP, indicando maior intensidade de escurecimento da polpa. Aos 20 dias de armazenamento, na saída da câmara, frutos controle apresentaram valor de L de aproximadamente 41,0, enquanto os frutos tratados com 1-MCP apresentaram valores de aproximadamente 45,0 (Figura 1). Em trabalho realizado com ameixas 'Laetitia', Corrêa et al. (2011) verificaram, através de análise sensorial, que frutos com L da polpa de 41,3 apresentaram uma rejeição acima de 90%.

Quando se observam o comportamento dos quesitos incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade da polpa, nota-se uma redução da manifestação do distúrbio nos frutos tratados com 1-MCP, indicando haver associação da ocorrência do distúrbio com ação do hormônio etileno e, conseqüentemente, com o processo de amadurecimento dos frutos. A não inibição da ação do etileno no tratamento controle levou a um amadurecimento acelerado, o que poderia ter ocasionado um maior consumo de reservas, afetando o suprimento energético, necessário para a manutenção da integridade de membranas e oxidação dos compostos, levando ao escurecimento da polpa.

Figura 1. Incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade da polpa em ameixas 'Laetitia', nos tratamentos controle e 1-MCP, analisados aos 20, 30 e 40 dias de armazenamento a $4,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$, na saída da câmara, e mais 2, 4 e 6 dias em condições ambiente ($23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$ de UR).



Dias de armazenamento

Na cultivar Angeleno, a permeabilidade de membranas do tratamento controle foi inferior aos 20 e 30 dias de armazenamento refrigerado, se igualando ao tratamento com etileno somente após 40 dias de armazenamento, seguido por mais 4 dias em condições ambiente (Tabela 2).

Tabela 2. Permeabilidade de membranas em ameixas 'Angeleno', após 20, 30 e 40 dias de armazenamento ($4,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 0,5\%$ de UR), seguido por mais 4 dias em condições ambiente ($23\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$ de UR).

Tratamento	Permeabilidade de membrana (%)		
	'Angeleno'		
	20 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente	30 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente	40 dias de armazenamento, mais 4 dias em condições ambiente
Controle	20,9 ^{***}	85,5 ^{**}	84,9 ^{ns}
Etileno	35,1	100,0	98,5
CV (%)	12,0	7,2	19,0

, **, *** diferenças significativas a $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$ respectivamente; ns não significativo a $p < 0,05$.

Na saída da câmara, ameixas 'Angeleno' do tratamento controle apresentaram baixa incidência de escurecimento da polpa, até 35 dias de armazenamento. Em frutos armazenados por até 25 dias, a incidência do distúrbio foi baixa (próxima a zero), mesmo em frutos expostos por 6 dias em condições ambiente. Apenas após 30 dias de armazenamento, seguido por mais 4 dias em condições ambiente, o tratamento controle apresentou incidência de escurecimento da polpa superior a 20%. Após 40 dias de armazenamento, no período sob condições ambiente, a incidência teve grande incremento, alcançando valores próximos a 100% aos 6 dias em condições ambiente

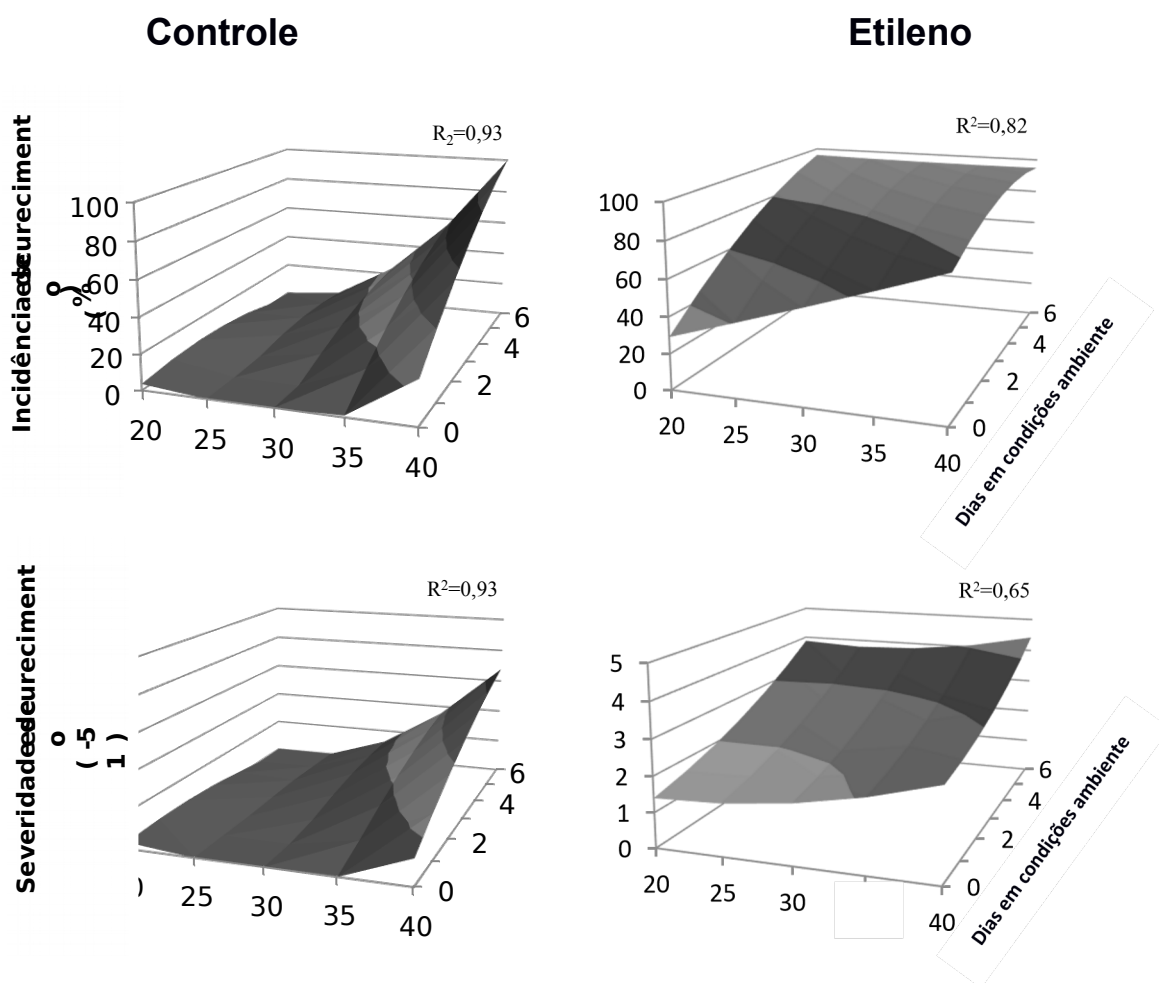
(Figura 2). No entanto, as ameixas 'Angeleno' tratadas com etileno exógeno apresentaram 30% de incidência aos 20 dias de armazenamento, na saída da câmara. Todavia, após 40 dias de armazenamento, na saída da câmara, aproximadamente 80% dos frutos apresentavam sintomas de escurecimento de polpa. Já aos 6 dias de exposição dos frutos em condições ambiente, independente do período de armazenamento refrigerado, houve aproximadamente 100% de incidência do distúrbio (Figura 2).

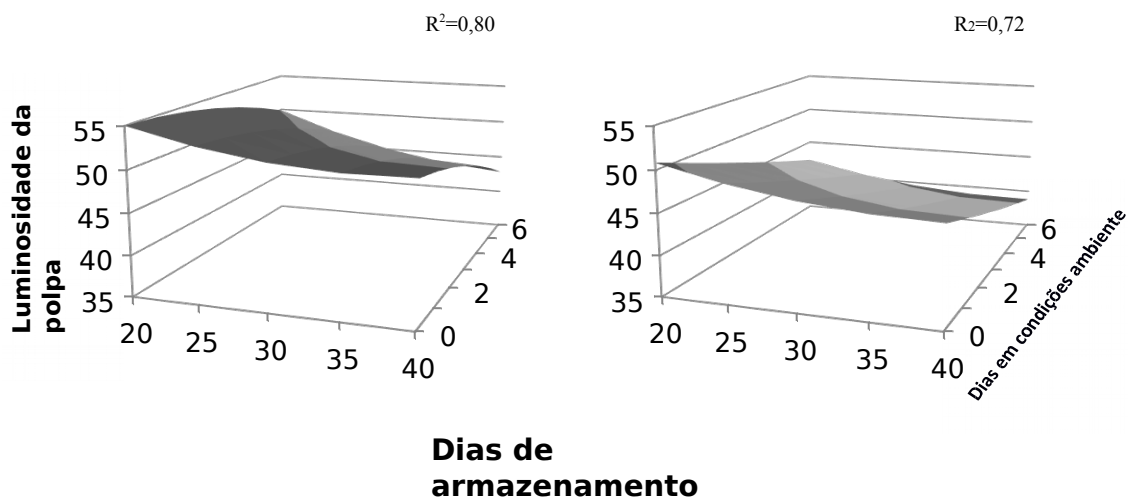
A severidade do escurecimento de polpa se comportou de maneira semelhante a incidência, sendo que de 20 a 30 dias de armazenamento, seguidos de até 6 dias em condições ambiente, 35 dias de armazenamento seguido de até 5 dias em condições ambiente, e 40 dias de armazenamento, seguido de até 4 dias

em condições ambiente, os valores foram mínimos, não atingindo índice 1,0 (Figura 2).

Porém, os frutos tratados com etileno exógeno, na saída da câmara, aos 20 dias de armazenamento já apresentavam índice superior a 1, e aos 40 dias índice superior a 2,5. No período de exposição dos frutos as condições ambiente, houve acentuado incremento na severidade do escurecimento de polpa dos frutos tratados com etileno, sendo que aos 6 dias de exposição em condições ambiente apresentaram índices de escurecimento próximo a 4 (Figura 2).

Figura 2. Incidência e severidade de escurecimento de polpa e luminosidade da polpa em ameixas 'Angeleno', nos tratamentos controle e etileno, analisadas aos 20, 30 e 40 dias de armazenamento a $4,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$, na saída da câmara, e mais 2, 4 e 6 dias em condições ambiente ($23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$ de UR).





A luminosidade dos frutos do tratamento controle apresentou valor de 55 aos 20 dias de armazenamento na saída da câmara, sendo observado o menor valor após 40 dias de armazenamento, mais 6 em condições ambiente, equivalendo aproximadamente a 45 (Figura 2). A aplicação exógena de etileno reduziu a luminosidade da polpa, tornando os frutos com polpa mais escuras, apresentando valores inferiores a 40, após 30 dias de armazenamento, seguido por mais 6 dias em condições ambiente (Figura 2).

Ao analisar as variáveis incidência e severidade de escurecimento de polpa e a luminosidade da polpa, pode-se constatar que houve maior incidência, severidade e intensidade de escurecimento em ameixas 'Angeleno' tratadas com etileno exógeno. Assim, pode-se observar que a ocorrência do distúrbio nessa cultivar está também associada ao etileno e ao processo de amadurecimento, semelhante à cultivar Laetitia.

A manifestação do escurecimento de polpa está associada ao amadurecimento dos frutos das duas cultivares, todavia pode ser antecipado pelo etileno. Na cultivar Laetitia, considerada sensível ao etileno, os frutos não tratados com 1-MCP, apresentaram o distúrbio de maneira mais intensa e antecipada, quando comparada a 'Angeleno' de frutos não tratados com etileno, que apresentou o distúrbio de forma mais expressiva somente aos 40 dias de armazenamento, ao prolongar os dias de permanência em condições ambiente. Todavia, ao compararmos ameixas 'Laetitia' (de alta produção de etileno) controle e ameixas 'Angeleno' (de climatérico suprimido) tratadas com etileno, observou-se que o

comportamento dos frutos, nestas duas situações, quanto à incidência, severidade e intensidade (*L*) de escurecimento de polpa, foi muito similar.

CONCLUSÕES

1. Ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-MCP apresentam menor ocorrência de escurecimento de polpa.
2. Ameixas 'Angeleno' expostas ao etileno exógeno manifestam mais intensamente o escurecimento de polpa.
3. O etileno está envolvido na manifestação do escurecimento de polpa em ameixas 'Laetitia' e 'Angeleno'.

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. 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.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de pêssegos 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.431-435, 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.
- 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.



CÔTÉ, F. et al. Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.3, n.1, p 103-110, 1993.

CRISOSTO, C.H. et al. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **Horticulture Science**, Alexandria, v.4, p.1116–1118, 1999.

CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A., 2000. Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines. Pomology Department University of California Davis, CA 95616. In: <http://www.uckac.edu/postharv/PDF%20files/Guidelines/plum.pdf>.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

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, n.2, p.363374, 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**, Queensland, v.7, n.3, p.391-400, 2013b.

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.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise do solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).