

## VAPOR DE ETANOL CONTROLA O ESCURECIMENTO DE POLPA E O AMADURECIMENTO DE AMEIXAS 'LAETITIA' SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

### *ETHANOL VAPOR TREATMENT INHIBITS INTERNAL BROWNING AND DELAY RIPENING OF 'LAETITIA' PLUMS SUBMITTED TO COLD STORAGE*

Francielle Regina Nunes<sup>1</sup>, Bruno Pansera Espindola<sup>2</sup>, Angélica Schimitz Heinzen<sup>3</sup>, Karina Soardi<sup>4</sup>, Juliana Amaral Vignali Alves<sup>5</sup>, Cristiano André Steffens<sup>6</sup>, Cassandro Vidal Talamini Amarante<sup>7</sup>

#### **Resumo**

O escurecimento da polpa (EP), um distúrbio causado pelo frio, e o amolecimento do fruto são os principais problemas no armazenamento refrigerado de ameixas. Estudos mostram que o tratamento com vapor de etanol inibe a produção de etileno e prolonga a vida pós-colheita em alguns frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento com vapor de etanol sobre o amadurecimento e manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia' durante o armazenamento refrigerado, especialmente o EP. Os tratamentos foram o controle (sem vapor de etanol) e tratamento com vapor de etanol (0,5 e 1,5% v/v). Os frutos foram avaliados após 20 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e  $96\pm 2\%$  de UR) mais 4 dias de exposição dos frutos em condições ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $60\pm 5\%$  de UR) quanto a taxas respiratória e de produção de etileno, cor da epiderme, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), cor da polpa (L) e incidência e severidade de EP. O tratamento com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) retarda o amadurecimento de ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração e inibe o EP aos 20 dias de armazenamento refrigerado seguido por mais quatro dias em condições ambiente.

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

#### **ABSTRACT**

*Internal breakdown (IB) and fruit softening are the main problems in cold stored plums, which increased by ethylene. Studies have shown that ethanol vapor treatment inhibits ethylene production and prolongs the shelf life in some fruits and vegetables. The objective this work was to evaluate the effect of ethanol vapor treatment on ripening and quality preservation of 'Laetitia' plums, mainly on IB. The treatments evaluated were control and ethanol vapor treatment (0.5 and 1.5%). Fruits were evaluated for ethylene production, respiration, peel color, flesh firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), flesh lightness ( $L^*$  value) and incidence and severity of IB, after 20 days of cold storage ( $0.5\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  and RH  $96\pm 2\%$ ) plus 4 days of shelf life ( $23\pm 5^{\circ}\text{C}$  and RH  $60\pm 5\%$ ). Ethanol vapor treatment*

<sup>1,4</sup>Mestranda em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina

<sup>2</sup>Doutor em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina

<sup>3</sup>Doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina

<sup>5</sup>Bacharel em Agronomia pelo Instituto Federal Catarinense

<sup>6</sup>Doutor em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina

*(0.5 and 1.5%) delay fruit ripening of 'Laetitia' plums and inhibited the IB after 20 days of cold storage plus 4 days of shelf life.*

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

## **Introdução**

O escurecimento da polpa (EP), distúrbio fisiológico causado pela exposição do fruto em baixas temperaturas (SINGH et al., 2009; SINGH & SINGH, 2013b), e o amolecimento do fruto são os principais problemas que ocorrem após o armazenamento refrigerado de ameixas (SINGH & SINGH, 2013a; STEFFENS et al., 2014). Estes problemas são intensificados pela ação do etileno (CANDAN et al., 2008; 2011), sendo primordial a redução da síntese e da ação do etileno para manter a qualidade dos frutos.

Em ameixas 'Laetitia', o 1-metilciclopropeno (1-MCP, um inibidor de ação do etileno) reduziu a intensidade do escurecimento da polpa e conferiu maior aceitabilidade dos frutos. (STEFFENS et al. 2013). Todavia, esta tecnologia, além de não ser aceita na produção orgânica, apresenta custo elevado, sendo pouco acessível para os pequenos fruticultores, que são os principais produtores de ameixas.

O tratamento com vapor de etanol apresentou resultados positivos no retardo do amadurecimento de melão (JIN et al., 2013) e tomate (TZORTZAKIS & ECONOMAKIS, 2007), e da senescência de brócolis (ASODA et al., 2009; XU et al., 2012). O efeito do vapor de etanol sobre retardo da senescência em brócolis decorreu da supressão da síntese e resposta ao etileno (ASODA et al., 2009). Além do retardo da senescência, o tratamento com vapor de etanol, em brócolis, incrementou o conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante total, bem como das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase (XU et al., 2012). Esse aspecto é importante, pois em ameixas tem sido proposto que o EP é decorrente de um processo oxidativo relacionado à produção de espécies reativas de oxigênio, que causam a peroxidação de lipídeos, com consequente danos às membranas celulares (SINGH & SINGH, 2012; 2013a, b).

Como o etanol atua reduzindo a síntese e ação do etileno (ASODA et al., 2009; XU et al., 2012; JIN et al., 2013), a aplicação de vapor de etanol pode contribuir para o retardo do amadurecimento dos frutos e para a redução do EP em

ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração. De acordo com Pesis (2005), a aplicação de produtos da fermentação no ambiente de armazenamento pode ser uma alternativa para a manutenção da qualidade de frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento com vapor de etanol sobre o amadurecimento e preservação da qualidade de ameixas 'Laetitia', especialmente sobre o EP.

### **Material e Métodos**

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas no ano de 2011, em pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (28° 40' 48,65" S e 50° 47' 11,42" O, altitude média de 973 m). Em seguida, os frutos foram transportados ao laboratório onde foram selecionados, eliminando-se aqueles com defeitos e realizada a homogeneização das amostras experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, com 40 frutos por repetição. Os tratamentos avaliados foram controle (ar atmosférico sem etanol) e duas doses de etanol (0,5 e 1,5%). Durante a aplicação dos tratamentos, os frutos, inclusive do tratamento controle, ficaram mantidos em recipientes herméticos com capacidade de sete litros.

As concentrações de etanol foram obtidas através da colocação, nos recipientes herméticos, de uma caixa de Gerbox (tamanho 11x11x3,5 cm) contendo solução de etanol nas concentrações de 0,5 ou 1,5% v/v. Nos recipientes foi colocado um sachê contendo cal hidratada (100 g) para a absorção do CO<sub>2</sub> oriundo do processo respiratório dos frutos.

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados durante 20 dias a 0,5±0,1 °C e 96±2% de umidade relativa, seguido de quatro dias de exposição em condições ambiente (23±5°C e 60±5% de UR), sendo avaliados quanto ao amadurecimento e qualidade. Os atributos analisados foram: taxas respiratória e de produção de etileno, firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), cor da epiderme (ângulo *hue* - *h*°) e incidência (%) e severidade de EP (índice de escurecimento de polpa e valor *L* da polpa), conforme metodologia descrita em Alves et al. (2009) e Corrêa et al. (2011). Para o índice de EP foram atribuídas notas de 0 a 5, sendo 0 frutos que não apresentaram o distúrbio; 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. O índice foi calculado através da somatória do produto do número de frutos que apresentaram a mesma nota pela respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

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

### Resultados e Discussão

No momento da colheita os frutos apresentavam 50% da epiderme com recobrimento de cor vermelha (índice 2), SS de 14,8°Brix e AT de 26,0 meq 100 mL<sup>-1</sup> e firmeza de polpa 51,5 N.

As taxas respiratória e de produção de etileno, após 20 dias de armazenamento refrigerado seguido por mais quatro dias de exposição dos frutos em condições ambiente, apresentaram menores valores nos frutos dos tratamentos vapor de etanol (0,5 e 1,5%) (Tabela 1).

Tabela 1. Taxas de produção de etileno e respiratória e cor da epiderme em ameixas 'Laetitia' após 20 dias de armazenamento refrigerado seguidos por mais quatro dias em condições ambiente.

Tratamentos	Taxa de produção de etileno ( $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )	Taxa respiratória ( $\eta\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )	Cor da epiderme ( $h^\circ$ )
Controle	157,1a	203,2a	26,9c
Etanol (0,5%)	2,0b	124,7b	31,3b
Etanol (1,5%)	1,8b	123,6b	37,2a
CV (%)	4,6	8,8	3,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em brócolis foi observado que o vapor de etanol inibiu a produção de etileno, pela forte redução na atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase (ASODA et al., 2009). Em melões 'Yumeiren' o vapor de etanol também reduziu drasticamente a taxa de produção de etileno (JIN et al., 2013). A redução na produção de etileno foi consistente com o efeito do álcool sobre redução na expressão dos genes *BO-ACO1*, *BO-ACO2* e *BO-ACS1* em brócolis (ASODA et al., 2009), e *CM-ACO1*, *CM-ACO2*, *CM-ACO3*, *CM-ACS1*, *CM-ACS2* e *CM-ACS3* em melões (JIN et al., 2013), o

que sugere que o efeito do etanol na inibição da biossíntese de etileno ocorra em nível de expressão gênica.

O efeito do tratamento com vapor de etanol sobre a redução da taxa respiratória pode ser decorrente da menor taxa de produção de etileno nestes frutos. Em brócolis tratados com vapor de etanol não foi detectado pico respiratório, e o estímulo à respiração pelo etileno foi inibido pelo álcool (ASODA et al., 2009), corroborando com os resultados do presente trabalho.

Os frutos tratados com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) apresentaram-se menos vermelhos (maior valor de  $h^\circ$ ) aos 20 dias de armazenamento mais quatro dias em condições ambiente. Todavia, a aplicação de vapor de etanol 1,5% proporcionou menor evolução da cor da epiderme (Tabela 1). A manutenção da coloração da epiderme nestes tratamentos deve estar relacionada à menor biossíntese e ação do etileno, pois a mudança na cor durante o amadurecimento de ameixas é um processo dependente da ação deste fitohormônio (CANDAN et al., 2006, 2011). Em brócolis a aplicação de vapor de etanol diminuiu a atividades de enzimas clorofilases e Mg-dequelatase e reduziu a degradação de clorofilas (XU et al., 2012).

A firmeza de polpa apresentou maiores valores em ameixas tratadas com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) (Tabela 2).

Tabela 2. Firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável em ameixas 'Laetitia' após 20 dias de armazenamento refrigerado seguidos por mais quatro dias em condições ambiente.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável
			(meq 100 mL <sup>-1</sup> )
Controle	10,3b	9,0c	11,5b
Etanol (0,5%)	15,7a	10,8b	15,2a
Etanol (1,5%)	14,8a	12,3a	15,6a
CV (%)	3,3	5,3	3,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Também foi observado retardo na redução da firmeza de polpa em tomates e melões submetidos ao vapor de etanol (TZAORTAKIS & ECONOMAKIS, 2007; JIN et al., 2013). Jin et al. (2013) atribuíram a maior firmeza de polpa em melões tratados com vapor de etanol ao retardo da senescência, especialmente devido à forte redução na biossíntese de etileno. No presente trabalho, os frutos com maior firmeza de polpa também apresentaram menor taxa de biossíntese de etileno (Tabela 1).

Os teores de SS e de AT foram mais elevados nos tratamentos com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) (Tabela 2). Os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos são substratos do processo respiratório. Possivelmente, os frutos dos tratamentos com vapor de etanol e estresse inicial com baixo O<sub>2</sub> apresentaram maiores teores de SS e de AT devido ao menor consumo de açúcares e ácidos orgânicos, pois estes frutos apresentaram menor taxa respiratória na avaliação realizada aos 20 dias de armazenamento mais quatro dias em condições ambiente.

Aos 20 dias de armazenamento mais quatro dias em condições ambiente, a incidência de EP foi mais elevada no tratamento controle (Tabela 3).

Tabela 3. Incidência de escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' após 20 dias de armazenamento refrigerado seguidos por mais quatro dias em condições ambiente.

Tratamentos	Escurecimento da polpa (%)
Controle	16,7a
Etanol (0,5%)	0,0b
Etanol (1,5%)	0,0b
CV (%)	15,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os tratamentos com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) inibiram o desenvolvimento do EP, após 20 dias de armazenamento refrigerado seguidos por mais quatro dias em condições ambiente. Tem sido proposto que o EP é decorrente de um processo oxidativo relacionado à produção de espécies reativas de oxigênio, que causam a peroxidação de lipídeos, e à redução na eficiência dos sistemas antioxidantes, com consequente dano às membranas celulares (SINGH & SINGH, 2012, 2013a, b). Em brócolis, a aplicação de vapor de etanol manteve a atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase e reduziu a atividade da enzima peroxidase, reduzindo o dano decorrente do estresse oxidativo. O EP em ameixas pode ser agravado pelo etileno (CANDAN et al., 2008, 2011; CORRÊA et al., 2011). Candan et al. (2011) e Corrêa et al. (2011) observaram que o controle do etileno no ambiente de armazenamento reduz o EP em ameixas. No presente trabalho, o tratamento com etanol proporcionou menor incidência do distúrbio e também menor taxa de biossíntese de etileno. Desta forma, pode-se propor que o efeito da aplicação do vapor de etanol na redução de EP deve-se ao fato deste tratamento reduzir drasticamente a produção de etileno (Tabela 1).

O EP e a rápida perda de firmeza de polpa após o armazenamento constituem-se os principais problemas pós-colheita de ameixas 'Laetitia'. No presente trabalho, a aplicação de etanol (0,5 e 1,5%) inibiu o desenvolvimento do distúrbio fisiológico, em frutos armazenados sob refrigeração por 20 dias seguidos por mais quatro dias em condições ambiente e houve preservação de maiores valores de firmeza de polpa. Pelos resultados obtidos no presente trabalho e pelos existentes na literatura, realizados com brócolis (ASODA et al., 2009; XU et al., 2012) e melão (JIN et al., 2013), o efeito positivo do etanol, possivelmente, seja

reflexo da inibição da síntese do etileno exercida pelo álcool. Estes resultados apresentam importância comercial como tecnologia limpa e alternativa para o manejo pós-colheita de ameixas 'Laetitia'. Entretanto, novos estudos devem ser realizados para avaliar outras concentrações e tempos de aplicação de vapor de etanol.

### **Conclusões**

Os tratamentos com vapor de etanol (0,5 e 1,5%) retardam o amadurecimento de ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração. Estes tratamentos inibem o escurecimento da polpa aos 20 dias de armazenamento refrigerado seguido por mais quatro dias em condições ambiente.

### **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. Manejo do etileno durante o armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2445-2450, 2009.

ASODA, T. et al. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, p. 216-220, 2009.

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

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

CANDAN, A.P. et al. Improvement of storability and shelf-life of 'Blackamber' plums treated with 1-methylcyclopropene. **Food Science and Technology International**, 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.

PESIS, E. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 1-19, 2005.

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**, 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**, v. 7, p. 391-400, 2013b.

SINGH, S.P., & SINGH, Z. Role of membrane lipid peroxidation, enzymatic and non-enzymatic antioxidative systems in the development of chilling injury in Japanese plums. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 137, n. 6, p. 473-481, 2012.

SINGH, S.P., SINGH, Z., & SWINNY, E.E. Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, p. 101-108, 2009.

STEFFENS, C.A. et al. Fruit quality preservation of 'Laetitia' plums under controlled atmosphere storage. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 86, n. 1, p. 485-494, 2014.

STEFFENS, C.A. et al. Condições de atmosfera controlada para armazenamento de ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-metilciclopropeno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 750-756, 2013.

TZORTZAKIS, N.G., & ECONOMAKIS, C.D. Maintaining postharvest quality of the tomato fruit by employing methyl jasmonate and ethanol vapor treatment. **Journal of Food Quality**, v. 30, p. 567-580, 2007.

XU, F. et al. Effect of ethanol treatment on quality and antioxidant activity in postharvest broccoli florets. **European Food Research Technology**, v. 235, p. 793-800, 2012.