

**A OCORRÊNCIA DO ESCURECIMENTO DA POLPA EM AMEIXAS
'LAETITIA' ESTÁ ASSOCIADA À COMPOSIÇÃO MINERAL E AO
AMADURECIMENTO DOS FRUTOS**

***INTERNAL BROWNING INCIDENCE IN 'LAETITIA' PLUMS IS
ASSOCIATED WITH MINERAL CONTENT AND FRUIT RIPENING***

Juliana Amaral Vignali Alves¹, Bruno Pansera Espíndola², Raquel Carlos Fernandes³,
Jéssica Mayumi Anami⁴, Marcos Vinícius Hendges⁵, Cassandro Vidal Talamini do
Amarante⁶, Cristiano André Steffens⁷

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do local de produção e do estágio de maturação sobre a manifestação do escurecimento da polpa, bem como verificar se há relação deste distúrbio com o teor mineral dos frutos. O experimento constituiu-se em um fatorial 2x3, sendo dois locais de produção (Vacaria-RS e Lages-SC) e três estágios de maturação (frutos com 25, 50 e 75% da epiderme recoberta com a coloração vermelha). Frutos provenientes de Vacaria apresentaram menor incidência e severidade de escurecimento de polpa. Independente da região de produção, frutos com maturação de 75% de cobertura da epiderme com coloração vermelha apresentaram maior incidência e severidade de escurecimento da polpa do que frutos com 25% de cor vermelha. A incidência do escurecimento apresentou correlação positiva com os quesitos porcentagem de cor vermelha e taxa de produção de etileno, e negativa com a força para a compressão do fruto. Quanto aos atributos minerais, houve correlação negativa do escurecimento da polpa com o teor de Ca e a relação Ca/Mg, e positiva com o teor de Mg.

Palavras-chave: injúria por frio, composição mineral, *Prunus salicina*.

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate the effect of production site and maturity stage on the internal browning incidence and verified if the mineral content of fruits is related with to this physiological disorder. The experiment followed a 2x3 factorial design, two production sites (Vacaria-RS and Lages-SC) and three maturity stages (fruits with 25, 50 and 75% of fruit surface recovered with red color). Fruits from Vacaria showed lower flesh browning incidence and severity. Independent of the production site, fruit with 75% of surface recovered with red color reported higher flesh browning incidence and severity than fruits with 25%. The internal browning

¹Bacharel em Agronomia.

incidence had positive correlations with the epidermis surface covered with red color and ethylene production rate and negative with the force to fruit compression. The internal browning incidence showed negative correlation with the flesh Ca and Ca/Mg ratio and positively with Mg.

Key words: *chilling injury, mineral content, Prunus salicina.*

INTRODUÇÃO

Existem diversos métodos de armazenamento para se prolongar a vida póscolheita de frutos e hortaliças, sendo o armazenamento refrigerado o mais amplamente utilizado para a conservação de ameixas (BRACKMANN, 2001), pois, dentre todos os fatores que favorecem a manutenção da qualidade dos frutos, o que mais apresenta influência é a temperatura (STEFFENS et al., 2007). No entanto, o armazenamento refrigerado pode apresentar alguns problemas em ameixas, sendo um dos principais o escurecimento de polpa (KLUGE et al., 1997), distúrbio que prejudica o aspecto interno, apresentando aparência e sabor desagradáveis. O escurecimento de polpa está associado com a perda da integridade e aumento da permeabilidade de membranas e a redução da atividade das enzimas associadas às membranas celulares (KLUGE et al., 1997).

Em maçãs 'Fuji', a sensibilidade dos frutos ao escurecimento da polpa é influenciada pela região de produção e condição nutricional do pomar (VOLZ et al., 1998), bem como ao porta-enxerto utilizado (CORRÊA et al., 2012). Dentre os minerais, o cálcio (Ca) está associado a muitos distúrbios fisiológicos (BRACKMANN; RIBEIRO, 1992; CORRÊA et al., 2017; MARTIN et al., 2017) e especificamente a sensibilidade de degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' depende de sua concentração (CORRÊA et al., 2012).

Outro fator que poderia estar associado à manifestação do escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' seria a produção de etileno, pois a utilização de métodos para a redução da taxa de produção do etileno, como a redução do O₂, o aumento do CO₂ e aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) diminui a incidência de escurecimento da polpa (ARGENTA et al., 2003; BRACKMANN et al., 2007; ALVES et al., 2010).

Tendo em vista a importância do distúrbio, os fatores que podem estar envolvidos em sua ocorrência e o pouco estudo específico sobre o distúrbio em ameixas 'Laetitia' publicado até o momento, este trabalho teve como objetivo avaliar

o efeito do local de produção e do estágio de maturação sobre a manifestação do escurecimento de polpa, bem como verificar se há relação deste distúrbio com o teor mineral dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas em dois pomares comerciais localizados em Vacaria-RS e Lages-SC. Para compor as unidades experimentais realizou-se a homogeneização dos frutos, sendo eliminados aqueles que apresentavam lesões e defeitos. Após a composição das unidades experimentais, os frutos foram armazenados.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, contendo quatro repetições por tratamento e 20 frutos por unidade amostral. O experimento foi um fatorial 2x3, sendo dois locais de produção, Vacaria-RS e Lages-SC, e três estádios de maturação na colheita, sendo 25, 50 e 75% da epiderme recoberta com coloração vermelha. Na colheita, os frutos provenientes de Vacaria-RS, com 25% da epiderme recoberta pela coloração vermelha, apresentavam firmeza de polpa de 55,0 N e acidez titulável (AT) de 34,2 meq 100 mL⁻¹; os com 50% da epiderme recoberta pela coloração vermelha apresentavam firmeza de polpa de 58,1 N e AT de 30,6 meq 100 mL⁻¹; e os com 75% da epiderme recoberta pela coloração vermelha apresentavam firmeza de polpa de 49,7 N e AT de 35,6 meq 100 mL⁻¹. Os frutos provenientes de Lages-SC com 25% da epiderme coberta pela coloração vermelha apresentavam firmeza de polpa de 51,4 N e AT de 22,2 meq 100 mL⁻¹; os com 50% da epiderme coberta pela coloração vermelha apresentavam firmeza de polpa de 52,2 N e AT de 24,2 meq 100 mL⁻¹ e os com 75% da epiderme coberta pela coloração vermelha firmeza de polpa de 46,2 N, AT e 25,8 meq 100 mL⁻¹.

Após 30 dias de armazenamento refrigerado (0,5°C e 95% de UR) mais quatro dias em condições ambiente (20±2°C e 60±5% de UR), simulando o período de comercialização, os frutos foram analisados quanto a incidência e severidade de escurecimento da polpa, luminosidade da polpa, teores de Ca, N, Mg, K, porcentagem de cor vermelha, taxa de produção de etileno e força para a compressão do fruto.

A incidência de escurecimento da polpa (%) foi avaliada através da contagem dos frutos que apresentavam o distúrbio, sendo observado após um corte longitudinal.

Para a severidade de escurecimento da polpa 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. A severidade foi calculada através do somatório do produto do número de frutos que apresentaram a mesma nota pela respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

A taxa de produção de etileno foi quantificada colocando-se os frutos em um recipiente com volume de 4,1 L hermeticamente fechado. Utilizando-se seringas de 1 mL de volume foi amostrada a atmosfera interna do recipiente e quantificados o C_2H_4 e o CO_2 , após 40 minutos de fechamento, através da cromatografia gasosa, em triplicata. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo Varian® (modelo CP-3800, Palo Alto, CA, EUA).

A determinação da luminosidade (L) da polpa foi realizada com colorímetro Konica Minolta®, modelo CR 400 (Osaka, Japão). Foram feitas leituras nas quatro extremidades da polpa, parte apical, distal, lateral esquerda e lateral direita, após o corte longitudinal coincidente com o sulco presente na anatomia de ameixas 'Laetitia'. O L expressa a luminosidade, numa escala que varia de 0, equivalendo ao preto, a 100 que seria correspondente ao branco.

Para a determinação da força para compressão do fruto (N) utilizou-se um texturômetro modelo TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido). Para a determinação da força para compressão do fruto o texturômetro foi equipado com uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 $mm\ s^{-1}$, respectivamente, que exerceu uma força de compressão até que 5 mm da superfície do fruto fosse deformada.

Para se quantificar os teores totais de Ca, N, Mg, K foi seguida a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados de incidência foram transformados pela fórmula arco-seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$ antes de

serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foi realizada análise de correlação de Pearson entre a incidência de escurecimento de polpa e as demais variáveis analisadas. As análises estatísticas foram efetuadas através do software SAS (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 30 dias de armazenamento mais 4 dias em condições ambiente, frutos provenientes de Vacaria apresentaram menor incidência e severidade de escurecimento da polpa, mas não se observou diferenças entre os dois locais de produção quanto aos valores de *L* da polpa (Tabela 1).

Tabela 1. Incidência e severidade de escurecimento de polpa e valores de *L* da polpa em função do local de produção e o estágio de maturação em ameixas 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}$ $90 \pm 5\%$ de UR) mais 4 dias em condições ambiente ($23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $60 \pm 5\%$ de UR).

Maturação (%)	Incidência de escurecimento (%)		Severidade de escurecimento (1-5)		<i>L</i> da polpa	
	Vacaria	Lages	Vacaria	Lages	Vacaria	Lages
25	5,1bB	35,1bA	0,15bB	0,77bA	49,8aA	53,2aA
50	22,2aA	39,1bA	0,40abB	0,82bA	48,5aA	49,2abA
75	42,2aB	66,6aA	1,08aB	1,80aA	47,8aA	46,9bA
Média	23,2B	47,1A	0,55B	1,13A	48,7A	48,8A
CV (%)	13,6		13,0		2,7	

*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A menor ocorrência de escurecimento de polpa nos frutos de Vacaria pode estar associada à maior concentração de Ca na polpa, bem como a maior relação Ca/Mg que esses frutos apresentaram em relação aqueles de Lages (Tabela 2).

Quanto ao N, foi observado maiores teores nos frutos de Vacaria (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de cálcio (Ca), relação entre cálcio e magnésio (Ca/Mg) e teor de nitrogênio (N) dos tecidos da polpa em função do local de produção em ameixas 'Laetitia'.

	Ca (mg kg^{-1})		Ca/Mg		N (mg kg^{-1})	
	Vacaria	Lages	Vacaria	Lages	Vacaria	Lages
	49,4A	40,7B	1,7A	1,4B	46,7A	38,2B
CV (%)	13,7		8,7		17,9	

*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O Ca é responsável pela manutenção da integridade da membrana plasmática, ao estabelecer ligações iônicas com o ânion fosfato de fosfolípidos da membrana plasmática, conferindo assim sua integridade (FREITAS et al., 2010). Além do baixo teor de Ca, o alto teor de Mg também pode estar envolvido na perda de integridade da membrana, pois este elemento compete com o Ca pelos mesmos sítios de ligação, porém sem desempenhar sua função (FREITAS et al., 2010). Este fato pode ser observado neste trabalho, ao analisar os coeficientes de correlação entre a incidência de escurecimento de polpa e os teores de Ca e Mg, e da relação Ca/Mg, que foram negativos para Ca e a relação Mg/Ca, e positivo para o Mg (Tabela 3). Esses resultados indicam que frutos com maior teor de Ca, maior relação Ca/Mg e menor teor de Mg apresentam menor ocorrência de escurecimento de polpa. Martin et al. (2017) observaram que peras 'Rocha' sem a ocorrência de escurecimento de polpa também apresentaram maiores teores de Ca e maior relação Ca/Mg em relação aos que apresentavam o distúrbio. Não foi observada diferenças entre os locais quanto aos teores de Mg e K. Não houve correlação entre o teor de K e a incidência de escurecimento de polpa (dados não apresentados).

Independente do local de produção, os frutos com 25% de cor vermelha, no momento da colheita, apresentaram menor incidência e severidade de escurecimento de polpa que frutos com 75% da epiderme recoberta com cor vermelha (Tabela 1).

Resultados similares foram observados em ameixas 'Laetitia', onde Stanger et al. (2014) constatam que frutos colhidos com a coloração vermelha entre 20 e 25% ou mais de 70% podem manifestar maior incidência deste distúrbio. Esses resultados podem ser considerados como um indicativo de que outros fatores possam estar envolvidos na manifestação do escurecimento de polpa, além da nutrição mineral.

Ao proceder-se com a análise de correlação, verificou-se correlações positivas entre a incidência de escurecimento de polpa e a porcentagem de cor vermelha da epiderme e a produção de etileno, e negativas em relação à força para compressão do fruto (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre a incidência de escurecimento de polpa e o teor de cálcio (Ca), relação cálcio e magnésio (Ca/Mg), teor de magnésio (Mg), porcentagem de cor vermelha, taxa de produção de etileno e força para compressão do fruto em ameixas 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento em atmosfera do ar (0,5°C e 90±5% de UR) mais 4 dias em condições ambiente (23±5°C e 60±5% de UR).

	Ca	Ca/Mg	Mg	Porcentagem de cor vermelha	Taxa de produção de etileno	Força para compressão do fruto
Coeficiente de correlação	-0,67	-0,81	0,66	0,60	0,67	-0,77
Probabilidade	0,0003	<0,0001	0,0004	0,0018	0,0003	<0,0001

Considerando que em ameixas, os processos de síntese de antocianinas e de amolecimento da polpa são regidos pelo etileno, e evoluem de acordo com o estágio de amadurecimento em frutos climatéricos (LELIÈVRE et al., 1997), pode-se supor que frutos mais maduros apresentam maior manifestação de escurecimento de polpa, e que este distúrbio está associado ao processo de amadurecimento, além da composição mineral. Desta forma, o distúrbio poderia ser resultado da ação de enzimas que degradam membranas, aumento do acúmulo de espécies reativas de oxigênio e do suprimento energético insuficiente para a manutenção das membranas, causando a perda de permeabilidade seletiva, levando a oxidação de compostos e o conseqüente escurecimento dos tecidos da polpa.

CONCLUSÕES

1. A manifestação do distúrbio escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' é influenciada pelo local de produção.
2. A ocorrência do distúrbio está associada ao teor dos nutrientes Ca, Mg e a relação Ca/Mg na polpa, bem como com o estágio de amadurecimento dos frutos.

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.; RIBEIRO, N. D. Desordens fisiológicas em macieira induzidas por deficiência de cálcio e seu controle. **Ciência Rural**, Santa Maria v.22, n.2, p.247-253, 1992.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de ameixas 'Reubennel' e 'Pluma 7' em frigoconservação intermitente e atmosfera controlada. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.6, n.1, p.71-76, 2001.
- 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. Composição mineral, qualidade e degenerescência de polpa de maçãs 'Fuji' em diferentes porta-enxertos durante armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.033-040, 2012.
- CORRÊA, T.R. et al. Multivariate analysis of mineral content associated with flesh browning disorder in 'Fuji' apples produced in Southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v.76, n.2, p.327-334, 2017.
- FREITAS, S.T. de et al. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, n.1, p.6-13, 2010.
- KLUGE, R.A. et al. Colapso de polpa em ameixas 'santa rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.3, n.3, p.125-130, 1997.
- LELIÈVRE, J. M. et al. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.

MARTIN, M.S. de et al. Escurecimento da polpa em pera 'Rocha' influenciado pela



composição mineral do fruto e condições de atmosfera controlada. **Bragantia**, v.76, n.2, p.318-326, 2017.

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

STANGER, M.C. et al. Qualidade pós-colheita de ameixas 'camila' e 'laetitia' colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, 2014.

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

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).

VOLZ, R.K. et al. Fermentative volatile production in relation to carbon dioxide-induced flesh browning in 'Fuji' apple. **Horticulture Science**, Alexandria v.33, n.7, p.1231-1234, 1998.