

Artigo Científico

Qualidade de amoras-pretas cv. Xavante tratadas em pré-colheita com silício

Resumo

A amora-preta é um fruto altamente perecível, perdendo rapidamente seus compostos bioativos em pós-colheita. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo, verificar o efeito do silício (Si) e do período de armazenagem na conservação pós-colheita de frutos de amora-preta cv. Xavante. Os tratamentos consistiram em pulverizações quinzenais de soluções aquosas nas seguintes concentrações de óxido de silício: 0, 5, 10, 15 g L⁻¹. Para cada uma das épocas de colheita, amostras de 20 frutos por parcela experimental, colhidas em uma mesma data, foram utilizadas para as avaliações físico-químicas. Metade desta amostra (10 frutos por parcela) foram imediatamente destinados às análises (tempo zero). A outra metade da amostra (10 frutos por parcela experimental) foram acondicionados em embalagens de polipropileno, cobertas com filme PVC e mantidas em câmara B.O.D. a temperatura de 1°C por 8 dias mais um dia em temperatura ambiente, simulando condições de comercialização, quando também foram submetidas às análises físico-químicas. As aplicações de Si via foliar apresentaram efeitos positivos na qualidade pós-colheita dos frutos de amora-preta cv. Xavante, com o aumento da firmeza de polpa e do teor de sólidos solúveis, embora tenha reduzido também o teor de ácido ascórbico.

Luana Marcele Munaretto¹
Thays Silva²
Renato Vasconcelos Botelho³
Juliano Tadeu Vilela de Resende⁴

Palavras chave: *Rubus* sp.; pequenos frutos; pós-colheita; armazenamento refrigerado.

Quality of black berries cv. Xavante treated in pre-harvest with silicon

Abstract

Blackberry is a highly perishable fruit, rapidly losing its postharvest bioactive compounds. In this context, this study aimed to verify the effect of silicon and storage period on postharvest conservation of blackberry cv. Xavante. The treatments consisted of biweekly sprays of aqueous solutions at the following silicon oxide concentrations: 0, 5, 10, 15 g L⁻¹. For each harvest season, samples of 20 fruits per experimental plot, collected on the same date, were used for the physicochemical evaluations. Half of this sample (10 fruits per plot) were immediately destined for analysis (time zero). The other half of the sample (10 fruits per experimental plot) were placed in polypropylene packaging, covered with PVC film and kept in a B.O.D. temperature of 1 °C for 8 days plus one day at room temperature, simulating commercialization conditions, when they were also submitted to physicochemical analysis. Foliar silicon applications had positive effects on postharvest quality of blackberry cv. Xavante, with the increase of pulp firmness and soluble solids content, although it also reduced the ascorbic acid content.

Keywords: *Rubus* sp.; berries, post-harvest; cold storage.

Calidad de moras cv. Xavante tratadas en pre-cosecha con silicio

Resumen

La mora es una fruta altamente perecedera, que pierde rápidamente sus compuestos bioactivos en la poscosecha. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo verificar el efecto del silicio (Si) y el período de almacenamiento en la conservación poscosecha de frutos de mora cv. Xavante. Los tratamientos consistieron en pulverizaciones quincenales de soluciones acuosas en las siguientes concentraciones de óxido de silicio: 0, 5, 10, 15 g de L⁻¹. Para cada temporada de cosecha, se usaron muestras de 20 frutas por parcela experimental, tomadas en la misma fecha, para evaluaciones físico-químicas. La mitad de esta muestra (10 frutas por parcela) se usó inmediatamente para el análisis (tiempo cero). La otra mitad de la muestra (10 frutas por parcela experimental) se empaquetó en un paquete de polipropileno, se cubrió con una película

1 - Mestrado em Produção Vegetal, Nutricionista do NASF Irani-SC. Email: luanamunaretto@yahoo.com.br

2 - Nutrição pela Universidade Estadual do Centro-Oeste e mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Email: thays.silva000@gmail.com

3 - Engenheiro Agrônomo Dr. - PPGA/UNICENTRO. Email: rbotelho@unicentro.br

4 - Engenheiro Agrônomo Dr. - PPGA/UNICENTRO. Email: jvresende@uel.br

de PVC y se guardó en un B.O.D. a una temperatura de 1 ° C durante 8 días más un día a temperatura ambiente, simulando condiciones comerciales, cuando también fueron sometidos a análisis físico-químicos. Las aplicaciones de Si por vía foliar mostraron efectos positivos sobre la calidad poscosecha de las frutas de mora cv. Xavante, con mayor firmeza de la pulpa y contenido de sólidos solubles, aunque también redujo el contenido de ácido ascórbico.

Palabras clave: *Rubus* sp.; frutas pequeñas; poscosecha; almacenamiento refrigerado.

Introdução

A amora-preta (*Rubus* sp.) é uma cultura que vem apresentando crescimento considerável nos últimos anos no sul do Brasil. A cultivar Tupy' é mais amplamente cultivada no país (ANTUNES et al., 2014), e a cultivar Xavante é a primeira cultivar brasileira de amoreira-preta de porte ereto, desenvolvida pela Embrapa Clima Temperado em conjunto University of Arkansas (MOORE et al., 2004; MOORE et al., 2005).

A cultura da amoreira inicia a produção já no segundo ano, sendo assim considerada de retorno financeiro rápido. Além de o fruto poder ser comercializado in natura há a possibilidade de elaboração de uma grande variedade de produtos, tais como, iogurtes, geleias, doces, sucos e polpa (ANTUNES, 2014).

Além de suas qualidades organolépticas, a amora-preta apresenta propriedades nutracêuticas. Os compostos fenólicos e carotenóides presentes no fruto podem ajudar a combater doenças degenerativas, e são responsáveis pelo crescente interesse no consumo desses frutos nos últimos anos (SOUZA et al., 2014; CAPRONI et al., 2016).

As antocianinas presentes na amora preta, além de conferirem cor atrativa ao fruto (GUEDES et al., 2013; MARO et al., 2014, CAPRONI et al., 2016), também contribuem para sua alta capacidade antioxidante (MAZUR et al., 2007, SOETHE et al., 2019). Segundo Souza et al., (2014), a amora possui os maiores teores de fenóis, flavonóides, antocianinas e carotenóides quando comparada a outras frutas vermelhas.

Nos últimos anos o silício (Si) tem se destacado e aumentado o interesse dos pesquisadores, devido aos diversos benefícios que traz para muitas culturas (SILVA et al., 2013). O Si contribui para a melhora da resistência a pragas e patógenos, secas e à tolerância a metais pesados assim, melhorando a qualidade e produtividade das plantas (FAUTEUX et al., 2005; MA e YAMAJI, 2006, LIANG et al., 2007). O Si também pode resultar em aumento da qualidade pós-colheita dos frutos, apresentando alterações

na concentração de antocianinas, sólidos solúveis e acidez titulável de modo a apresentar maior ou menor qualidade comercial (SILVA et al., 2013).

Silva et al. (2013) avaliou alterações pós-colheitas ocorridas em frutos de morangueiros com aplicações de Si via foliar e via solo, sob diferentes concentrações, promovendo nos frutos aumento da acidez titulável e do teor de antocianinas, assim como o aumento dos teores de clorofila nas folhas tanto na aplicação via solo como via foliar.

A amora-preta é um fruto altamente perecível por ter estrutura sensível e atividade respiratória alta (SCHAKER; ANTONIOLLI, 2009, SOETHE et al., 2019). Além disso, o armazenamento refrigerado não consegue manter as características dos compostos bioativos e atividade antioxidante (SOETHE et al., 2016, SOETHE et al., 2019), sendo assim, são necessárias outras técnicas que possam manter a qualidade do produto e aumentar o tempo de prateleira (ANTUNES et al., 2014, SOETHE et al., 2019).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de tempo de armazenamento e da aplicação em pré-colheita de Si no período de pós-colheita em frutos de amora preta da cultivar Xavante na cidade de Guarapuava - Paraná.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado em Guarapuava, Paraná, (25°23 '36" S, 51°27 '19" O e altitude de 1.120 m). De acordo com o IAPAR (2000), pela classificação de Köppen, o clima da região é o Subtropical Úmido Mesotérmico. Segundo Caviglione (2000), possui verões amenos, geadas severas no inverno e a precipitação anual de 1.800-2.000 mm. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distrófico (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos, três repetições e parcela experimental constituída por uma área útil de 0,7m X 1,0 m, e bordadura de 0,3 m entre parcelas. A pesquisa foi realizada com a amoreira-preta (*Rubus* sp.), cultivar Xavante. A condução do experimento se estendeu de agosto de 2013 com a poda das

plantas até a última colheita em janeiro de 2014, com posteriores avaliações laboratoriais. As plantas avaliadas possuíam 9 anos de idade, conduzidas em dupla espaldeira e sistema de irrigação por gotejamento. A poda foi realizada em 10 de agosto encurtando os ramos anuais com 4 gemas.

Os tratamentos consistiram em pulverizações quinzenais de soluções aquosas nas seguintes concentrações de óxido de silício: 0, 5, 10 e 15 g L⁻¹. Como fonte de Si foi utilizado o produto comercial AgriSil[®] (98% de SiO₂, Agrobiológica Soluções Naturais Ltda., Atibaia-SP). As aplicações iniciaram dia 17 de setembro de 2013 a partir da formação das primeiras flores e se estenderam até o dia 31 de dezembro de 2013, totalizando 10 aplicações.

Por se tratar de uma área em sistema de produção orgânico, os tratamentos com Si foram realizados complementarmente o controle fitossanitário, o qual se iniciou após o surgimento das primeiras flores com os produtos permitidos pelo sistema orgânico (quitosana 1%, óleo vegetal 1%, extrato de alho 2% e óleo de neem 1%), e as aplicações foram quinzenais, em semanas alternadas ao tratamento com Si.

A colheita dos frutos foi realizada a cada dois ou três dias, no período de 09/10/2013 a 15/01/2014, sendo o estágio de maturação dos frutos para a colheita definido quando apresentavam coloração totalmente roxo-escuro. Os frutos colhidos foram separados em três épocas de colheita, sendo os dados analisados resultantes da média de três períodos. Imediatamente após cada colheita, os frutos de cada parcela experimental foram pesados e contados.

Para cada uma das três épocas de colheita, amostras de 20 frutos por parcela experimental, colhidas em uma mesma data, foram utilizadas para as avaliações físico-químicas. Metade desta amostra (10 frutos por parcela) foram imediatamente destinados às análises (tempo zero). A outra metade da amostra (10 frutos por parcela experimental) foram acondicionados em embalagens de polipropileno, cobertas com filme PVC e mantidas em câmara B.O.D. a temperatura de 1°C por 8 dias mais um dia em temperatura ambiente, simulando condições de comercialização, quando também foram submetidas às análises físico-químicas.

Foram realizadas avaliações agrônomicas e de pós-colheita sendo que a produtividade foi calculada levando em conta a área total de cada parcela e a produção total da parcela, estes frutos colhidos foram pesados em balança analítica, sendo então computada massa total de frutos no ciclo, avaliados com fórmula específica para cada cultura e valores expresso em t ha⁻¹. Número de frutos por parcela foi obtido a partir do somatório total do número de frutos por parcela. Massa médio de fruto foi obtida por meio da razão entre a produção em gramas e o número de frutos colhidos.

A perda de massa foi calculada a partir das medições de massa inicial e final após armazenagem, em termos de porcentagem. A firmeza de polpa foi mensurada com o auxílio de penetrômetro de bancada marca Soilcontrol/USA, modelo PDF-200m, com ponteira de 2 mm, penetração de 50% e velocidade de 1 mm s⁻¹. Os resultados foram expressos em Newton (N).

O resultado de sólidos solúveis (SS) foi obtido por leitura direta em refratômetro de bancada marca Optech modelo RMT, utilizando polpa homogeneizada dos frutos, obtendo-se os valores expressos em graus Brix. A acidez titulável (AT) foi determinada por meio de método titulométrico padronizado pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), e os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100g de polpa. O Ratio ou relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) foi determinada através da razão entre os dois componentes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os compostos fenólicos foram avaliados de acordo com metodologia de Bucic-Kojic et al. (2007), através do método espectrofotométrico de Follin-Ciocalteu. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalente ácido gálico (GAE) 100 g⁻¹ polpa. O teor de antocianinas foi determinado pelo método descrito por Giusti e Wroslad (2001), com adaptações para a amora-preta. A leitura foi realizada em espectrofotômetro modelo SP-2000UV Spectrum a 535 nm. Para cálculo de quantidade de antocianinas utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AT \text{ (mg } 100\text{g}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{Abs}_{535} \times \text{VT do extrato concentrado} \times \text{VF do extrato diluído}) \times 1000}{\text{Volume da alíquota} \times \text{massa da amostra} \times \text{E1 \% l cm}}$$

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método titulométrico padrão da AOAC (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988), e os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ polpa.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância estudando-se a interação entre os fatores, e quando significativos e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% e submetidas à análise de regressão para o fator doses, utilizando o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

Os frutos colhidos foram separados em três épocas de colheita, sendo os dados analisados resultantes da média de três períodos.

Resultados e discussão

O resumo das análises de variância para as avaliações de produtividade, número de frutos por parcela e massa média de frutos são apresentados na Tabela 1. Pelos resultados apresentados verificou-se que não houve efeito significativo em nenhuma das avaliações realizadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as avaliações de produtividade, número de frutos por planta e massa média de frutos.

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Produtividade (t ha ⁻¹)	Número de frutos	Massa Média
Dose	3	0.98 ^{ns}	2482.88 ^{ns}	2.71 ^{ns}
Bloco	2	0.49 ^{ns}	11000.3 ^{ns}	5.41*
CV (%)		16.26	18.04	14.56

ns não significativo; *Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A produtividade encontrada foi de 5.7 t ha⁻¹, demonstrando um alto potencial produtivo da cultivar Xavante. Resultado que se aproxima aos apresentados por Botelho et al. (2009) onde a produtividade para a cultivar Xavante no segundo e terceiro ano de plantio foi de 5.9 t ha⁻¹ e 5.1 t ha⁻¹ respectivamente. No estudo de Brugnara (2016), a produtividade da cultivar Xavante foi de 5.5 ha⁻¹, sendo, portanto, menor do que a encontrada no presente estudo.

Não houve efeito de silício na produtividade da amoreira-preta, bem como os resultados de Munaretto et al. (2018), onde a aplicação de silício foliar não proporcionou maior produtividade em morangos das cultivares Albion e Aromas. Já os resultados obtidos por Filipczak et al. (2016), com cultivares de morango Elkat e Elsanta, mostraram que houve aumento da produtividade com a aplicação de silício.

A massa média de frutos encontrados foi de 5.53g. Botelho et al. (2009), obtiveram massa média das frutas da amora-preta Xavante em Guarapuava-PR de 5.1 e 4.7g, na média de duas safras consecutivas, respectivamente, e Brugnara (2016) em seu estudo para a cultivar Xavante obteve massa média de 4.56 g, ambos os estudos com valores abaixo dos encontrados no presente estudo. Já no trabalho realizado por Ferreira et al. (2016), o valor de massa média para a cultivar

Xavante foi de 5.7 e 6.0 em dois ciclos consecutivos.

O resumo das análises de variância para as características pós-colheita avaliadas é apresentado na Tabela 2. Não houve interação entre os fatores, mas efeitos isolados do tempo de armazenagem e das doses de silício. Independente do período de armazenagem as doses de silício apresentaram significância para os resultados de teor de sólidos solúveis, firmeza da polpa e teor de ácido ascórbico. O período de armazenagem refrigerada influenciou a acidez titulável e a firmeza de polpa.

A maior perda de massa encontrada após a armazenagem em relação à massa inicial foi de cerca de 9%. Antunes et al. (2003) trabalhando com as cultivares de amora preta Brazos e Comanche que foram armazenadas durante 12 dias a 2°C, a perda de massa foi de 7.9%. No estudo feito por Bischoff et al. (2013) em que amoras pretas foram armazenadas a 0°C por 4 dias, a perda de massa foi de 8.4%.

A perda de massa dos frutos ocorre principalmente pela transpiração, e a menor perda de massa, com redução da temperatura de armazenamento, decorre principalmente da diminuição do déficit de pressão de vapor entre o fruto e o ar da atmosfera do ambiente de armazenamento (SOETHE et al., 2016).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características: sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, pH, compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico.

F.V.	G.L.	Q.M.							
		PM	SS	AT	FIR	FEN	ANT	A.A	RATIO
Tempo	1	-	0.84 ^{ns}	0.09 ^{**}	4.49 [*]	12217.5 ^{ns}	84.33 ^{ns}	15.47 ^{ns}	10.25 ^{**}
Dose	3	0.80	1.46 [*]	0.01 ^{ns}	3.66 [*]	26984.3 ^{ns}	62.36 ^{ns}	583.84 ^{**}	3.51 [*]
Tempo									
X	3	--	0.29 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.29 ^{ns}	24515.7 ^{ns}	11.97 ^{ns}	8.49 ^{ns}	0.56 ^{ns}
Dose									
CV (%)		27.05	5.18	7.64	7.11	32.55	6.46	23.8	10.52

PM: perda de massa; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; SS/AT: relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; FEN: compostos fenólicos; ANT: antocianinas; A.A: ácido ascórbico.

ns: não significativo; **, * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Foi verificado um aumento da firmeza, da polpa após a armazenagem (Figura 1), embora o normalmente o que se verifica é redução da firmeza, pois a textura do fruto sofre alterações durante o processo de amadurecimento, onde ocorre principalmente perda excessiva de água e modificações na lamela média e parede celular devido à grande atividade enzimática (KLUGE;

NACHTIGAL, 1997), sendo assim os resultados obtidos pelos autores discordam do estudo feito por Munaretto et al. (2018) onde durante o armazenamento refrigerado houve perda de firmeza da polpa de morangos 7.77 N para 6.63 N. A perda de água dos frutos pode ter contribuído para a maior resistência da polpa à penetração, após o período de armazenagem.

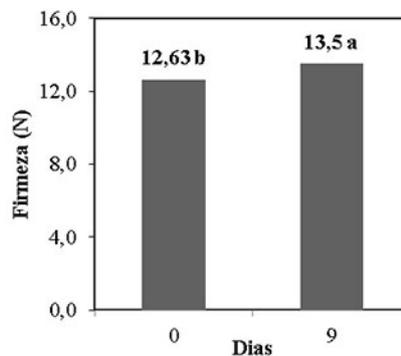


Figura 1. Firmeza da polpa de amora-preta cv. Xavante em função do tempo de armazenagem.

Adicionalmente, verificou-se efeito linear positivo para a firmeza de polpa em função das doses de silício (figura 2), independente do período de armazenagem, isso pode estar ligado à fisiologia de ação do mineral Si, visto que o mesmo é acumulado nos tecidos das plantas, e depositado principalmente na parede celular, aumentando a rigidez das células (ADATIA e BESFORD, 1986).

Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Munaretto et al. (2018) onde morangos da cultivar Albion apresentou aumento linear em função

das doses crescentes de Si aplicada na pré-colheita para firmeza da fruta, e a cultivar Aromas apresentou maior firmeza dos frutos para a dose estimada de 8.1 g L⁻¹ de silício. Esta característica pode ser devida ao fato de que o Si faz parte da estrutura da planta, e na parede celular pode aumentar o conteúdo de hemicelulose e lignina, aumentando assim a rigidez da parede celular. Além disso, o silício está presente no lúmen e nos espaços intercelulares das plantas como sílica amorfa (MA & YAMAJI, 2006), na epiderme celular, nos estômatos, nos tricomas e nos elementos dos vasos,

proporcionando maior firmeza às estruturas da planta, incluindo os frutos (MUNARETTO et al., 2018).

Para o teor de sólidos solúveis em amora-preta cv. Xavante, houve efeito quadrático em função de doses de silício, (figura 3), sendo que o ponto de máxima foi de 9.7 g L⁻¹. Brugnara et al. (2016)

encontrou para a cultivar Xavante o valor de 8.71° Brix para sólidos solúveis, sendo este valor inferior ao encontrado no presente estudo, já os resultados apresentados por Caproni et al. (2016) no ciclo de 2011/2012 para a cultivar Xavante (9.5° Brix) são próximos ao apresentados neste estudo.

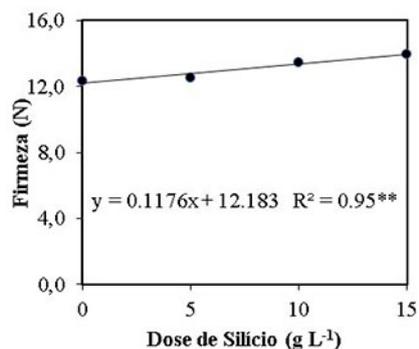


Figura 2. Firmeza da polpa de amora-preta cv. Xavante em função das doses de silício aplicado via foliar em pré-colheita.

Marodim (2014) obteve para tomate convencional de cultivo hidropônico, resultados que corroboraram com os resultados aqui apresentados, onde o teor de sólidos solúveis foi significativamente aumentado com aplicação de Si via adubação. Esse resultado pode ser devido ao fato de que a aplicação

de Si melhora a arquitetura das plantas, tornando as folhas mais eretas facilitando a interceptação de raios solares. E assim o aumento na taxa fotossintética contribui para o aumento de fotoassimilados produzidos (TAIZ; ZEIGER, 2009, SILVA et al., 2013).

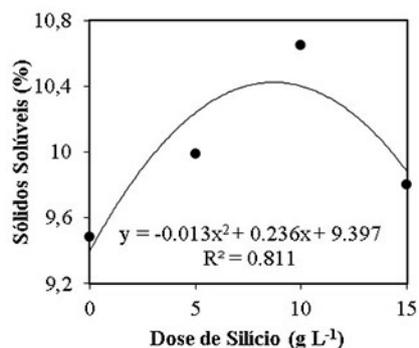


Figura 3. Teor de sólidos solúveis em frutos de amora-preta cv. Xavante tratados em pré-colheita com silício.

Para as análises de acidez titulável da polpa de amora-preta cv. Xavante (figura 4), houve apenas efeito do tempo, tendo sido observado redução significativa após armazenagem refrigerada. Silva et al. (2013) trabalhando com morangos cv. Milsei Tudla, constataram que a aplicação de Silício tanto

pelo solo como por via foliar, promoveu aumento de 3 a 24% na AT em relação ao tratamento controle. A acidez titulável reduziu porque, normalmente aos ácidos orgânicos são utilizados como substrato no processo de respiração (FRANÇOSO et al., 2008).

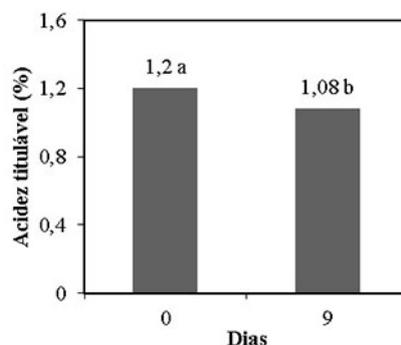


Figura 4. Acidez titulável da polpa de amora-preta cv. Xavante em função do período de armazenagem refrigerada.

No estudo realizado por Caproni et al., (2016), obteve-se 1.5 e 1.4% de acidez titulável para a cultivar Xavante em dois ciclos consecutivos, e nos resultados obtidos por Brugnara (2016) para acidez titulável também da cultivar Xavante, o valor foi de 1.54%, resultados superiores aos encontrados no presente trabalho.

Para os teores de compostos fenólicos e antocianinas não houve diferenças significativas. Munaretto et al., (2018) também não verificou diferenças significativas para compostos fenólicos de morangos tratados com silício em pré-colheita. A média encontrada para compostos fenólicos foi de 778 mg/100g⁻¹, estando dentro dos valores relatados na literatura para amoras pretas (261.95 a 929.62 mg/de ácido gálico 100g⁻¹ de fruta fresca) (EMBRAPA, 2008), porém muito maior que o relatado por Soethe et al. (2019) onde o teor de compostos fenólicos encontrados para a cultivar Tupy foi de 229.7 mg GAE 100 g⁻¹. Esta variação de teores pode estar relacionada à diferença de metodologias empregadas na extração da amostra para a determinação dos fenóis totais, assim como podem sofrer variações de acordo a cultivar, safra, clima e localização das plantas (JACQUES E ZAMBIAZI, 2011).

O teor médio de antocianinas em frutos de amora-preta cv. Xavante encontrado no presente estudo foi de 88 mg 100⁻¹, estando este valor dentro da faixa de 67.4 a 248.0 mg cianidina 3-glucosídeo/100 g PF reportada na literatura para diversas espécies e cultivares de amoras (FERREIRA, 2010). Já na pesquisa realizada por Jacques et al. (2010) o conteúdo de antocianinas totais na polpa de amora-preta da cultivar Tupy foi de 140.73 mg cianidina-3-glicosídeo por 100 g⁻¹ de polpa, sendo este valor bem maior do

que o encontro no presente estudo. As diferenças observadas no conteúdo de antocianinas assim como os compostos fenólicos totais, podem também estar relacionadas com variações genéticas, condições ambientais na colheita e ação enzimática na pós-colheita principalmente devido a processos oxidativos das polifenoloxidasas, cujo principal substrato é a cianidina-3-glicosídeo (JACQUES et al., 2010).

Contrastando com estes resultados, Munaretto et al. (2018) e Silva et al. (2013) verificaram que a aplicação de Si proporcionou aumento significativo da concentração de antocianinas, e isso pode estar relacionado ao fato de que o Si potencializa o processo fotossintético, aumentando assim a formação de compostos bioativos (GUNES et al., 2007, MUNARETTO et al., 2018), consequentemente contribuindo para maior produção de Trioses-P, carboidrato primário, que em alta concentração, promovem a ativação de vias metabólicas secundárias, responsáveis pela síntese de antocianinas. O Si também desencadeia uma sequência de reações bioquímicas em plantas na produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e lignina (EPSTEIN, 1999, MUNARETTO et al., 2018).

O teor médio de ácido ascórbico das amoras observadas no presente estudo (31.04 mg 100 ml⁻¹) encontra-se acima do valor verificado no estudo de Suzuki (2013), no qual a média de ácido ascórbico foi de 5.63 mg 100mL⁻¹ de suco. Isso pode ter ocorrido devido aos diferentes métodos utilizados para a determinação do teor de ácido ascórbico. Além disso, os teores de vitaminas podem sofrer variações dependendo de alguns fatores principalmente relacionados à espécie, estágio de maturação, época da colheita, variações genéticas, e condições submetidas após a colheita até o momento do consumo (CORREIA et al., 2008).

Os teores apresentaram decréscimo linear de acordo com o aumento da dose de Si aplicado via foliar (figura 5). Resultados esses diferentes dos encontrados por Marodin et al. (2016), em aplicação de silício em tomates, onde o teor de vitamina C aumentou de 13.97 mg100g⁻¹ para 21.34 mg 100g⁻¹ na dose estimada de Si

de 498 kg ha⁻¹. O aumento da vitamina C em relação à aplicação de Si pode ser devido aos efeitos benéficos estruturais e metabólicos do Si, que proporciona melhorias, mas o papel do Si nas vias metabólicas relacionadas à biossíntese de vitaminas ainda não está claro (MARODIN et al., 2016).

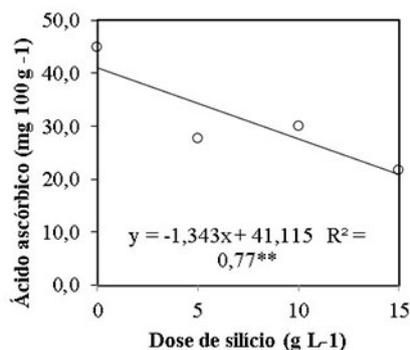


Figura 5. Teor de ácido ascórbico de Frutos por parcela em função de doses de Si (g L⁻¹).

Para a relação SS/AT foram encontrados valores que variaram de 8.17 a 9.48 para SS/AT, para antes e após armazenagem, respectivamente (Figura 6). Esses valores foram maiores do que os relatados por Croge et al. (2019) para a cultivar Xavante na em Lapa-PR (3.9 e 4.6). Também foi verificado que a relação aumentou com o período de armazenagem. Essa relação (SS\AT) indica o equilíbrio entre esses dois componentes, forma essa utilizada para

determinar o sabor, especificando o teor mínimo de sólidos solúveis (açúcares) e o máximo de acidez do fruto a ser consumido (CHITARRA e CHITARRA, 2005). No estudo de Soethe et al. (2016) não houve efeito da temperatura de armazenamento para a relação SS/AT, para amores pretas das cultivares Tupy e Guarani armazenadas a 0, 5, 10 e 15°C diferindo assim do presente estudo.

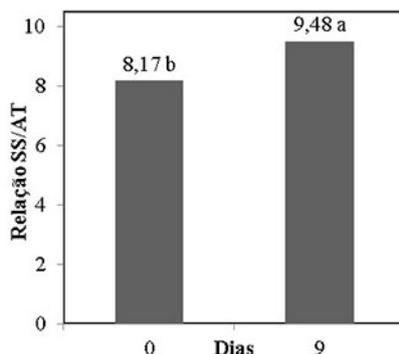


Figura 6. Relação SS\AT da polpa de amora-preta cv. Xavante em função do período de armazenagem refrigerada.

De maneira geral, a cultivar em estudo (Xavante), apresentou boa adaptação na região, boa produção, frutos de tamanho bons e bem

apresentáveis para comercialização, além de serem de fácil manuseio por não apresentar espinhos, o que difere da maioria das demais cultivares. A aplicação

de silício mostrou-se eficaz aumentando a firmeza da amora-preta, sendo essa característica importante quando se deseja manter a boa aparência do produto para comercialização.

Conclusões

A armazenagem refrigerada de frutos de amora-preta por 8 dias de armazenamento em temperatura

refrigerada à 1°, mais 1 dia em temperatura ambiente levou à redução da acidez titulável da polpa.

A aplicação de silício via foliar em pré-colheita propiciou alterações na qualidade pós-colheita de frutos e amora-preta cv. Xavante, incluindo aumento da firmeza da polpa, do teor de sólidos solúveis e redução do teor de ácido ascórbico.

Referências

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicicon on cucumber plants grow in recirculating nutrient solution. **Annual Botany**, v. 58, p. 343-351, 1986.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa et al. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 100-111, Mar. 2014.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; DUARTE FILHO, Jaime; SOUZA, Clovis Maurilio de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, Mar. 2003.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.31, p.507-513, 1988.
- BISCHOFF et al. Conservação pós-colheita da amora-preta refrigerada utilizando biofilme e embalagem plástica. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 28, n.2, p.109-114, abril-junho, 2013.
- BOTELHO, R.V.; PAVANELLO, A.P.; BROETTO, D.; SCISLOSKI, S.F.; BALDISSERA, T.S. Fenologia e produção da amoreira-preta sem espinhos cv. Xavante na região de Guarapuava-PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.209-214, 2009.
- BRUGNARA, E. C. Produção, época de colheita e qualidade de cinco variedades de amoreira-preta em Chapecó, SC. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.29, n. 3, p.71-75, set./dez., 2016.
- CAPRONI, Csaigon Mariano et al. Blackberry and redberry production in crop and intercrop in Pouso Alegre, southern Minas Gerais, Brazil. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1723-1728, Oct. 2016.
- CAVIGLIONE, J.H.; L.R.B.; KILHL, P.H.; CARAMORI, D.; OLIVEIRA, L. PUGSLEY, A. **Cartas climáticas do Paraná**. 2000. IAPAR.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p
- CORREIA, Laura Fernandes Melo; FARAONI, Aurelia Santos; PINHEIROSANT'ANA, Helena Maria. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.
- CROGE, Camila Pereira et al. Agronomic performance of Blackberry cultivars in Lapa-PR. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, e-101, 2019.
- CROGE, Camila Pereira. Cultivares de amoreira-preta produzidas sob diferentes condições climáticas: fenologia, bioativos, qualidade e avaliação sensorial. 82f. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)** - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado Sistemas de Produção. 2008.
- EPSTEIN, E. Silicon in plants, facts vs. concepts. **In: Silicon in agriculture conference**, Fort Lauderdale, Florida. 1999.

- FAUTEUX, F.; REMUS-BOREL, W.; MENZIES, J.G.; AND BELANGER, R.R. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiol. Lett.** 249 1-6. 2005.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: Sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 2010.
- FERREIRA, Daniela Souza; ROSSO, Veridiana Vera de; MERCADANTE, Adriana Zerlotti. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 664-674, Sept. 2010.
- FERREIRA, Leticia Vanni et al. Blackberry yield on different trellis systems. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 421-427, Mar. 2016.
- FILIPCZAK, J; SAS-PASZT, L; SZWONEK, E; LEWANDOWSKI, M; KOWALCZYK, W; POPIŃSKA-GIL, W. Response of two strawberry cultivars to the application of silicon. **International conference microelements in agriculture and environment**, 21-24.06. 2016.
- FRANÇOSO, IL; COUTO, MAL; CANNIATTI-BRAZACA, SG. Discussão química-químicas em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) Irradiados e armazenados. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**, 28: 614-619. 2008.
- GUEDES, Mayara Neves Santos et al. Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. **Acta Sci., Agron.**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 191-196, June. 2013.
- GUNES, A; INAL, A; BAGCI, EG; COBAN, S; PILBEAM, DJ. Silicon mediates changes to some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach (*Spinacia oleracea* L) grown under B toxicity. **Scientia Horticulturae**, 113: 113-119, 2007.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0.2000.(formato digital). CD-ROM, 2000.
- JACQUES, Andresa Carolina et al. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1720-1725, 2010.
- JACQUES, A.C.; ZAMBIAZI, R.C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* sp). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 245-260, 2011.
- KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997.
- LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y.-G.; AND CHRISTIE, P; Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. **Environ. Pollut**, 147 422- 428, 2007.
- MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends Plant Science**.vol. 11. 392-397. 2006.
- MARO, Luana Aparecida Castilho et al. Environmental and genetic variation in the post-harvest quality of raspberries in subtropical areas in Brazil. **Acta Sci., Agron.**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 323-328, Sept. 2014.
- MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; SILVA, M. L. S.; GALVAO, A. G.; ZANIN, D. S. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira** (Impresso) v. 32, p. 221-225, 2014.
- MARODIN, Josué C et al. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Hortic. Bras.**, Vitoria da Conquista, v. 34, n. 3, p. 361-366, Sept. 2016.
- MAZUR, W.; UEHARA, M.; WAHALA, K.; ADLERCREUTZ, H. Phytoestrogen content of berries, and plasma concentrations and urinary excretion of enterolactone after a single strawberry-meal in human subjects. **British Journal of Nutrition**, London, v.83, n.4, p.381-387, 2007.
- MOORE, A.; JACKSON, A.; JORDAN, J.; HAMMERSLEY, S.; HILL, J.; MERCER, C.; SMITH, C.; THOMPSON, J.; WOBY, S.; HUDSON. Clinical guidelines for the physiotherapy management of Whiplash Associated Disorder (WAD). **Chartered Society of Physiotherapy**, London. 2005.
- MOORE, J. N.; SANTOS, A. M.; CLARCK, J.; RASEIRA, M. do C. B.; ANTUNES, L. E. C. Cultivar de Amora-preta Xavante. In: Simpósio Nacional do Morango; **Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**, (Embrapa Clima Temperado, Documentos 123). Pelotas-RS. p. 214-217, 2004.

Qualidade de amoras-pretas cv. Xavante...
Quality of black berries cv. Xavante...
Calidad de moras cv. Xavante...

- MUNARETTO, Luana Marcelle et al. Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 36, n. 1, p. 40-46, Mar. 2018.
- SCHAKER, PDC; ANTONIOLLI, LR Aspectos negativos e tecnológicos em pós-colheita de amoras-pretas (*Rubus* spp). **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas**, v.15, n.1-4, p.11-15, 2009.
- SILVA, MLS; RESENDE, JTV; TREVISAN, AR; FIGUEIREDO, AST; SCHWARZ, K. Influência do silício na produção e na qualidade dos frutos do morangueiro, **Semina: Ciências Agrárias**, 2013.
- SOETHE, C.; STEFFENS, CA; AMARANTE, CVT do; MARTIN, MS de; BORTOLINI, AJ. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.51, n.8, p.950-957, 2016.
- SOETHE, Cristina et al. Quality and functional properties of 'Tupy' blackberry stored in modified atmosphere conditions. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, e-028, 2019.
- SOUZA, V. R. et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, n. 1, p. 362-368, 2014.
- SUZUKI, E, T. Produção extemporânea de amora-preta com uso de reguladores vegetais e nitrato de potássio em regiões tropicais. 89p. **Dissertação mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu. 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 4.ed. 2009.