

QUALIDADE DE FRUTOS E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE
AMORAS-PRETA 'TUPY' ARMAZENADAS EM DIFERENTES
TEMPERATURAS EM ATMOSFERA MODIFICADA PASSIVA

*QUALITY OF FRUITS AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF 'TUPY'
BLACKBERRIES STORED AT DIFFERENT TEMPERATURES IN
PASSIVE MODIFIED ATMOSPHERE*

Cristina Soethe¹, Cristiano André Steffens², Angélica Schimitz Heinzen³, Mariuccia Schlichting de Martin⁴, Francielle Regina Nunes⁵, Cassandro Vidal Talamini do Amarante⁶, Karina Soardi⁷

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura de armazenamento sobre a manutenção da qualidade, do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante de amoras-preta 'Tupy' armazenadas em atmosfera modificada (AM) passiva. O experimento foi conduzido com amoras-preta 'Tupy', provenientes de um pomar experimental localizado em Lages, SC (27°48'58"S de latitude, 50°19'34"W de longitude e 884 m de altitude). Os tratamentos avaliados foram nas temperaturas de armazenamento de 0, 5, e 10 °C. Os frutos de todos os tratamentos foram acondicionados em filmes plásticos Xtend®. As pressões parciais médias de O₂ + CO₂ foram 19,2 + 1,2, 18,3 + 2,3 e 15,2 + 5,9 kPa para as temperaturas de 0, 5 e 10 °C, respectivamente. Após oito dias de armazenamento, os frutos foram avaliados quanto à taxa respiratória, perda de massa fresca, incidência de podridões, força para compressão do fruto, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, cor da epiderme (ângulo *hue*, croma e luminosidade), teor de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT; métodos DPPH e ABTS). As temperaturas de 0 e 5 °C proporcionaram frutos com maior força para compressão e AT e menor relação SS/AT, porém, nestas temperaturas de armazenamento ocorreram os menores teores de CFT e AAT, pelo método DPPH. Os frutos armazenados a 0°C apresentaram menor perda de massa e incidência de podridões. As temperaturas de 0 e 5 °C mantêm a qualidade físico-química, porém reduzem o teor de CFT e AAT de amoras-preta 'Tupy'.

Palavras-chave: *Rubus* sp., alimento funcional, conservação.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of storage temperature on the maintenance of quality, the content of phenolic compounds and the antioxidant activity of 'Tupy' blackberries stored in passive modified atmosphere (AM). The experiment was conducted with blackberry 'Tupy' from an experimental orchard located in Lages, SC (27 ° 48'58 "S latitude, 50 ° 19'34" W longitude and 884 m altitude). The treatments evaluated were at storage temperatures of 0, 5, and 10 °C. The fruits of all treatments were packed in Xtend® plastic films. The mean partial pressures of O₂ + CO₂ were 19.2 ± 1.2, 18.3 ± 2.3 and 15.2 + 5.9 kPa for the temperatures of 0, 5 and 10 °C, respectively. After eight days of storage, fruits were

evaluated for respiratory rate, fresh weight loss, rot incidence, fruit compressive strength, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), SS/AT ratio, epidermal color ((hue angle, chroma and luminosity), total phenolic compounds (TPC) and total antioxidant activity (AAT; DPPH and ABTS). The temperatures of 0 and 5 °C provided fruits with higher strength for compression and AT and lower SS/AT ratio, but at these storage temperatures the lowest TPC and AAT contents were observed by the DPPH method. The fruits stored at 0 °C presented lower weight loss and incidence of rot. Temperatures of 0 and 5 °C maintain the physico-chemical quality, but reduce the TPC and AAT content of blackberries 'Tupy'.

Keywords: *Rubus sp., functional food, conservation.*

INTRODUÇÃO

A amoreira-preta (*Rubus spp.*) tem apresentado crescimento de área cultivada nos últimos anos no Estado do Rio Grande do Sul, e apresenta alto potencial de cultivo em Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Sul de Minas Gerais (JACQUES; ZAMBIAZI, 2009). Atualmente, a cultivar Tupy, resultante do cruzamento entre as cultivares Uruguai e Comanche (JACQUES; ZAMBIAZI, 2009), é mais cultivada no Brasil (ANTUNES et al., 2014).

A amora-preta é um fruto altamente perecível, devido à estrutura frágil e alta atividade respiratória (SCHAKER; ANTONIOLLI, 2009). O armazenamento refrigerado não mantém com eficiência a qualidade e o teor de compostos bioativos e tem efeito negativo sobre a atividade antioxidante, exigindo outras técnicas em conjunto com o armazenamento refrigerado para aumentar a vida pós-colheita de amoras-preta após o armazenamento (ANTUNES et al., 2014). Segundo Schaker e Antonioli (2009), o armazenamento refrigerado associado com atmosfera modificada (AM) pode ser uma técnica adicional na manutenção da qualidade dos frutos. De acordo com Wang e Wang (2009), a temperatura ideal de armazenamento para amoras-preta está entre 0 e 5 °C, podendo, na temperatura de 0 °C, ser conservada durante dois a três dias sem que ocorra perda da qualidade do fruto (JOO et al., 2011). Contudo, amoras-preta da cultivar Brazos apresentaram satisfatória qualidade após nove dias de armazenamento em AM nas temperaturas de 2 °C e 5 °C (PALHARINI et al., 2015). Em complementação à refrigeração, a AM obtida com o uso de filmes plásticos, promove a redução da respiração pela redução nos níveis de O₂ e aumento nos níveis de CO₂, contribuindo, dessa forma, para retardar a senescência dos frutos (SANDHYA, 2010).

A amora-preta apresenta diversos constituintes que lhe conferem o atributo de fruto funcional, visto que, quando consumida regularmente, exerce, além das funções nutricionais básicas, efeito benéfico à saúde humana (VIZZOTTO et al., 2012). As propriedades funcionais da amora-preta são atribuídas, parcialmente, ao seu elevado teor de fitoquímicos, como os compostos fenólicos (ALI et al., 2011). Estes compostos atuam como antioxidantes, devido a suas propriedades de oxidação-redução, os quais podem desempenhar importante papel na absorção e na neutralização dos radicais livres (SHARMA; SINGH, 2013). Assim, é importante investigar como que as diferentes técnicas de manejo pós-colheita, dentre elas a temperatura de armazenamento associada a AM, influenciam os atributos de qualidade sensorial dos frutos e a funcionalidade de amoras-preta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura de armazenamento sobre a manutenção da qualidade, do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante de amoras-preta 'Tupy' armazenadas em atmosfera modificada (AM) passiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2014, com amoras-preta 'Tupy', provenientes de um pomar experimental localizado no município de Lages, SC (27°48'58"S de latitude, 50°19'34"W de longitude e 884 m de altitude). As amoras foram colhidas no estágio maduro (preto brilhante), pela manhã e colocados diretamente em bandejas de polietileno tereftalato (PET) sem tampa (40 frutos por bandejas). Após a colheita os frutos foram pesados e mantidos a 2 °C até a manhã seguinte, quando então foi instalado o experimento. Os tratamentos constituíram-se de três temperaturas de armazenamento 0, 5 e 10 °C. Os frutos de todos os tratamentos foram acondicionados em bolsas de filme plástico Xtend®, as quais foram posteriormente fechadas.

O monitoramento das pressões parciais dos gases, que variavam em razão da respiração dos frutos e da permeabilidade do filme plástico, foi realizado aos 0, 1, 4 e 8 dias de armazenamento, utilizando um analisador de gases (O₂/CO₂), marca Schelle®.

Após oito dias de armazenamento, os frutos foram avaliados quanto à taxa respiratória, perda de massa fresca, incidência de podridões, força para compressão do fruto, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, cor da epiderme, teor de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT; métodos DPPH e ABTS).

A taxa respiratória ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) foi quantificada colocando-se os frutos de cada amostra em um recipiente com volume de 480 mL, hermeticamente fechado. Após 60 minutos, utilizando seringas de 1 mL de volume, foi amostrada a atmosfera interna do recipiente e quantificadas as concentrações de CO_2 , através de um cromatógrafo Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, CA, EUA), equipado com coluna Porapak N® de 3 m de comprimento, metanador e detector de ionização de chama.

A cor da epiderme foi avaliada em termos de valores de luminosidade (L), croma (C) e ângulo 'hue' (h°) com o auxílio de um colorímetro Minolta® modelo CR400 (Konica, Tóquio, Japão). As leituras foram realizadas em dois pontos opostos da região equatorial dos frutos. Os valores de h° apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal: 0° /vermelho, 90° /amarelo, 180° /verde e 270° /azul. Os valores de L variaram de 0 (preto) a 100 (branco). Assim, quanto menor os valores de L , mais escurecidos estariam os frutos.

A força necessária para compressão dos frutos (textura; N) foi analisada com texturômetro eletrônico TAXT-Plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido). Utilizou-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 3 mm na superfície do fruto.

Os valores de AT (% ácido cítrico) foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Para a titulação, utilizou-se titulador automático TitroLine Easy® (Schott Instruments, Mainz, Rheinland-Pfalz, Alemanha). Os teores de SS (%) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201 α (Atago®, Tóquio, Japão), utilizando uma alíquota do suco obtido pelo processamento dos frutos.

A incidência de podridões (%) foi avaliada pela contagem dos frutos afetados com características de infecção por patógenos. A perda de massa (%) foi avaliada pela diferença de massa entre a colheita e a saída da câmara.

Para a obtenção dos extratos de amora, utilizados para a quantificação de compostos fenólicos totais (CFT) e da atividade antioxidante total (AAT), utilizou-se 5 g de amostra, que foi homogeneizada com 10 mL de etanol acidificado (0,01% de HCl), seguido de centrifugação a temperatura de 4 °C por 5 minutos, a 15000 rpm. Após a filtragem, o sobrenadante foi reservado para análise de CFT e AAT.

A determinação de CFT foi realizada empregando o reagente Folin-Ciocalteu. A curva padrão foi obtida com ácido gálico, nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm. Para análise foram adicionados 2,5 mL de Folin-Ciocalteu (1:3), 0,5 mL de amostra e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Os tubos foram agitados e incubados por uma hora ao abrigo da luz. Realizou-se a leitura no comprimento de onda (λ) de 765 nm em espectrofotômetro UV-visível (HITACHI, modelo U-1100, Japão). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de massa fresca da amostra (mg EAG.100 g⁻¹).

A determinação da AAT foi baseada na extinção da absorção dos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) e ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico). O método DPPH foi analisado de acordo com Vizzotto et al. (2012). Em ambiente escuro, foram pipetados 200 μ L de amostra e misturados com 3.800 μ L de radical DPPH. Os tubos foram agitados e deixados para reagir por 24 horas. A leitura foi realizada no $\lambda=525$ nm, e os resultados expressos em μ g de equivalente Trolox.g⁻¹ de massa fresca da amostra. O método ABTS foi analisado conforme descrito por Rufino et al. (2007) com adaptações. Em ambiente escuro, foram pipetados 30 μ L de amostra e misturados com 3.000 μ L de radical ABTS. A leitura foi realizada após reação de 6 minutos em $\lambda=734$ nm, e os resultados expressos em μ g de equivalente Trolox.g⁻¹ de massa fresca da amostra.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições e unidade experimental constituída por 40 frutos. Dados em porcentagem foram transformados para arcosen $(x/100)^{0,5}$, antes de se proceder à análise estatística. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita, as amoras-preta 'Tupy', utilizadas em ambos os experimentos, apresentavam SS de 8,63%; AT de 1,40% de ácido cítrico; relação SS/AT de 6,25; L^* de 13,3; C de 2,08; h° de 73,2; força para compressão do fruto de 4,34 N; CFT de 229,7 mg EAG 100 g⁻¹; e AAT no método DPPH de 9373,5 µg de eq. Trolox g⁻¹ e de 32,2 µg de eq. Trolox g⁻¹ no método ABTS.

Durante o armazenamento, as pressões parciais médias no interior da embalagem foram de 19,2 kPa O₂ + 1,2 kPa CO₂, 18,3 kPa O₂ + 2,3 kPa CO₂; 15,2 kPa O₂ + 5,9 kPa CO₂, respectivamente, para as temperaturas de 0, 5 e 10 °C. Segundo Vieites et al. (2006), a habilidade para regular a atmosfera estabelecida na embalagem dependerá da respiração do fruto e da permeabilidade da embalagem que, por sua vez, são dependentes da temperatura, já que sua elevação promove aumento da permeabilidade do filme utilizado e da taxa respiratória, ocasionando alteração na concentração gasosa no interior da embalagem, pelo consumo de O₂ e liberação de CO₂.

Houve maior taxa respiratória nos frutos armazenados na temperatura mais elevada (10 °C), comparativamente aos frutos armazenados nas temperaturas de 0 e 5 °C (Tabela 1). Segundo Sandhya (2010), processos metabólicos como taxas respiratórias e de amadurecimento são sensíveis à temperatura, pois reações biológicas aumentam geralmente de duas a três vezes para cada aumento de 10 °C, sendo essencial seu controle para que a modificação da atmosfera funcione efetivamente. De acordo com Mantilla et al. (2010), a intensidade da taxa respiratória do fruto é dependente da permeabilidade do filme e da temperatura de armazenamento, as quais determinam o equilíbrio do CO₂ e O₂ dentro da embalagem. Contudo, a utilização de uma concentração de CO₂ superior à concentração atmosférica produz uma ligeira inibição na respiração dos frutos, o que contribui para o aumento da vida útil. Porém, sua eficiência está aliada a baixas temperaturas, pois, segundo Sandhya et al. (2010), a refrigeração é necessária como medida de controle da respiração e da transpiração do fruto durante o armazenamento, reduzindo as taxas respiratórias e retardando o amadurecimento.

Tabela 1 - Taxa respiratória ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), perda de massa fresca (%), incidência de podridões (%) e força para compressão (N) de amora-preta (<i>Rubus</i> sp.) 'Tupy' armazenadas em AM, durante oito dias, em diferentes temperaturas. XTratamentos	Taxa Respiratória	Perda de Massa	Incidência de Podridões	Força para Compressão
Temperatura de 0 °C	0,93b*	1,79c	15,74 b	3,99a
Temperatura de 5 °C	1,01b	2,72b	16,42 ab	4,07a
Temperatura de 10 °C	2,10a	3,21a	21,29 a	3,23b
CV (%)	9,43	4,59	9,16	8,94

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AM: atmosfera modificada.

A redução da temperatura de armazenamento causou menor perda de massa fresca (Tabela 1). A redução da perda de massa em frutos está diretamente relacionada à taxa de transmissão de vapor d'água da embalagem, pois quanto menor a temperatura de armazenamento, menor a taxa respiratória e o déficit de pressão de vapor d'água entre o fruto e a atmosfera interna da embalagem, logo, menor será a transpiração e, conseqüentemente, menor a perda de massa fresca dos frutos (DAMIANI et al., 2008). Porém, apesar de ter ocorrido aumento de perda de massa com o aumento da temperatura de armazenamento, os valores obtidos neste trabalho foram baixos, mesmo nos frutos armazenados na temperatura de 10 °C (Tabela 1), não ocasionando prejuízo ao aspecto visual devido ao murchamento dos frutos.

A incidência de podridões apresentou menores valores em frutos armazenados a 0 °C, porém sem diferir do armazenamento a 5 °C (Tabela 1). Palharini et al. (2015) também observaram menor incidência de podridão em amoras-preta armazenadas em temperaturas mais baixas, do que naquelas

armazenadas em temperatura mais elevada. A maior incidência de podridões observada a 10 °C pode estar relacionada à temperatura elevada e alta umidade relativa no interior da embalagem (CIA et al., 2007). Porém, valores de incidência de podridão encontrados no presente trabalho são inferiores aos encontrados por Soethe et al. (2016) em amoras-preta 'Tupy', armazenadas nas mesmas temperaturas e sem modificação da atmosfera. De acordo com Vieites et al. (2006), a AM gerada pelo fruto no interior de filmes poliméricos, pode reduzir a incidência de podridões, porém sua maior eficiência sobre o controle no desenvolvimento de podridões durante o armazenamento, é obtida quando associada a temperaturas mais baixas, como observado na temperatura entre 0 °C e 5 °C.

Amoras-preta armazenadas na temperatura de 10 °C apresentaram menor força para compressão, comparativamente àquelas armazenadas nas temperaturas de 0 e 5 °C (Tabela 1). A menor firmeza das amoras armazenadas a 10 °C, pode estar relacionada à menor turgescência dos frutos decorrente da perda de água, reduzindo a sua resistência à deformação. Segundo Souza et al. (2006), em temperaturas mais elevadas, ocorre maior atividade das enzimas relacionadas à degradação da parede celular, como a poligalacturonase e a pectinametilesterase, reduzindo a firmeza dos frutos.

Com relação aos teores de SS não foram observadas diferenças entre as condições de armazenamento avaliadas (Tabela 2). Por outro lado, Soethe et al. (2016) observaram redução no teor de SS com aumento da temperatura de armazenamento em amoras-preta 'Tupy'. É provável que o uso da refrigeração associado à AM reduza a degradação dos açúcares, devido ao retardo no amadurecimento e/ou senescência dos frutos (PEREIRA et al., 2005). De acordo com Brackmann et al. (2005), os açúcares são substratos da respiração, cujo início da utilização se dá apenas após um acentuado consumo de ácidos orgânicos. Assim, essas tecnologias podem ter mantido melhor os teores de SS pela redução da atividade respiratória (STEFFENS et al., 2008).

Tabela 2 - Sólidos	SS	AT	SS/AT	L^*	C	h°
--------------------	----	----	-------	-------	---	-----------

solúveis (SS; %),
acidez titulável (AT; %

ácido cítrico), relação SS/AT e atributos de cor (luminosidade - L^* ; croma - C ; ângulo hue - h°) de amoras-preta (*Rubus* sp.) 'Tupy' armazenadas em AM, durante oito dias, em diferentes temperaturas. XTratamentos

Temperatura de 0 °C	8,9 ^{ns}	1,12a*	7,94b	15,63 ^{ns}	2,11 ^{ns}	60,20 ^{ns}
Temperatura de 5 °C	8,5	1,12a	7,59b	15,83	2,01	59,93
Temperatura de 10 °C	8,5	0,94b	9,34a	15,35	1,92	59,79
C.V. (%)	8,35	6,26	9,46	2,70	12,31	4,11

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AM=atmosfera modificada; ^{ns}=diferenças não significativas.

Para AT, amoras-preta armazenadas a 10 °C apresentaram menores valores, enquanto que maiores valores de AT foram obtidos nos frutos armazenados nas temperaturas de 0 e 5 °C (Tabela 2). Os menores valores de AT na temperatura de armazenamento de 10 °C decorrem da maior atividade respiratória nos frutos (Tabela 1), pois com o aumento da temperatura de armazenamento, os processos enzimáticos degradativos tornam-se favoráveis, resultando em consumo de ácidos orgânicos, utilizados como substratos respiratórios (ANTUNES et al., 2003).

A relação SS/AT foi maior nos frutos armazenados na temperatura de 10 °C, do que naqueles armazenados a 0 e 5 °C (Tabela 2). A menor relação SS/AT pode ser explicada pela maior AT dos frutos, pois não houve diferenças entre as temperaturas de armazenamento para os teores de SS.

Não foi observado diferença entre as temperaturas de armazenamento sobre os atributos de cor da epiderme (Tabela 2). Soethe et al. (2016) também não observaram diferenças entre as temperaturas de armazenamento para coloração da

epiderme em amoras-preta 'Tupy' armazenadas sem modificação da atmosfera no interior da embalagem, indicando que, para amoras-preta 'Tupy', independente da modificação da atmosfera no interior da embalagem, não ocorre alteração na coloração da epiderme dos frutos. Segundo Bischoff et al. (2013), amoras acondicionadas em AM alteram sua coloração mais lentamente em comparação aos frutos armazenados sem embalagem.

O teor de CFT foi maior em amoras-preta armazenadas na temperatura de 10 °C do que naquelas armazenadas a 0 e 5 °C (Tabela 3). Kivi et al. (2014) também observaram no final do período de armazenamento maior teor de compostos fenólicos em framboesas armazenadas na temperatura de 10 °C, do que naquelas armazenadas a 0 e 5 °C. O aumento no teor de CFT durante o armazenamento pode estar associado à perda de massa dos frutos (Tabela 1), concentrando estas substâncias (ANTUNES et al., 2006), bem como pela redução dos ácidos orgânicos (Tabela 2), que fornecem esqueletos carbônicos para síntese de compostos fenólicos (SOETHE et al., 2016). De acordo com Bhat e Stamminger (2016), o aumento no teor de CFT pode ser causado pela liberação de compostos fenólicos conjugados presentes na parede celular e pela ativação da enzima fenilalanina-amônia-liase (PAL). Por outro lado, em relação à colheita, houve redução no teor de CFT nos frutos armazenados a 0 e 5 °C (Tabela 3). Cao et al. (2011) também observaram em nêspersas redução no conteúdo de compostos fenólicos durante armazenamento a baixas temperaturas (0 e 5 °C). De acordo com Juanmatong et al. (2015), em temperaturas mais baixas pode haver produção de espécies reativas de oxigênio, resultando em maior consumo de compostos fenólicos, reduzindo sua concentração no fruto. Além disso, segundo Bhat e Stamminger (2016), com a redução da temperatura de armazenamento dos frutos pode ocorrer diminuição da atividade enzimática, contribuindo para menor síntese de CFT no fruto durante o armazenamento.

Tabela 3 - Compostos fenólicos totais (CFT: mg EAG 100 g⁻¹) e atividade antioxidante total (AAT; quantificada pelos métodos DPPH e ABTS, expressa em µg de equivalente Trolox g⁻¹ de massa fresca), de amora-preta (*Rubus sp.*) 'Tupy' armazenadas em AM, durante oito dias, em diferentes temperaturas. XTratamentos

	CFT	DPPH	ABTS
Temperatura de 0 °C	147,5b*	8519,6b	29,35 ^{ns}
Temperatura de 5 °C	148,2b	8395,8b	30,77
Temperatura de 10 °C	238,8a	9876,4a	31,09
C.V. (%)	27,56	3,64	7,36

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). AM=atmosfera modificada; ^{ns}=diferenças não significativas.

Não foi observado diferença para AAT, pelo método ABTS, entre as condições de armazenamento avaliadas. Para o método DPPH, a AAT foi maior em amoras-preta armazenadas a 10 °C do que naquelas armazenadas na temperatura de 0 e 5 °C (Tabela 3). Shin (2007) também verificaram aumento da AAT com o incremento da temperatura de armazenamento em morangos. Segundo Acosta-Montoya et al. (2010), a amora possui elevada atividade antioxidante, que pode ser explicada pelo efeito sinérgico entre os diferentes compostos fenólicos encontrados no fruto. Essa pode ter sido a principal causa para a AAT mais elevada nos frutos armazenados sob 10 °C, uma vez que os frutos armazenados nessas condições também apresentaram teores de CFT superiores aos das demais temperaturas de armazenagem (Tabela 3). De acordo com Severo et al. (2009), a capacidade antioxidante de amoras está relacionada à presença de grupos hidroxilas (OH⁻) em sua estrutura química, os quais tem a capacidade de se ligar a radicais livres presentes no organismo, impedindo sua ação.

O armazenamento na temperatura de 10 °C ocasionou pequeno incremento nos teores de CFT e na ATT, porém, essa condição de armazenamento proporcionou maior perda de massa fresca e incidência de podridões, comprometendo a aparência dos frutos. Além disso, reduziu a AT e prejudicou a força para compressão do fruto, afetando a palatabilidade. Nesse sentido, apesar de que o armazenamento sob temperatura de 10 °C tenha ocasionado um efeito positivo sobre o teor de CFT e na AAT dos frutos, essa condição de armazenamento se mostrou inviável, devido ao comprometimento da qualidade dos mesmos.

CONCLUSÕES

O armazenamento de amora-preta 'Tupy' a 0 e 5 °C em atmosfera modificada passiva mantém a qualidade físico-química dos frutos e o aspecto visual dos frutos. O armazenamento a 10 °C proporciona maior teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total, porém não mantém satisfatoriamente a qualidade dos frutos, pois aumenta a perda de massa fresca e incidência de podridões, reduz a força para compressão do fruto e a acidez titulável das amoras.

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

ACOSTA-MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PEREZ, A.M.; CASTRO, M.V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schldl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.119, n.4, p.1497-1501, 2010.

ALI, L.; SVENSSON, B.; ALSANIUS, B.W.; OLSSON, M.E. Late season harvest and storage of Rubus berries - Major antioxidant and sugar levels. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, n.3, p.376-381, 2011.

ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C.M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.3, p.413-419, 2003.

ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R. Alterações da atividade da poligalacturonase e pectinametilesterase em amora-preta (*Rubus* spp.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.63-66, 2006.

ANTUNES, L.E.; PEREIRA, I.S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.100-111, 2014.

BHAT, R; STAMMINGER, R. Impact of combination treatments of modified Atmosphere packaging and refrigeration on the status of antioxidants in highly perishable strawberries. **Jornal of Food Process Engineering**, v. 39, p. 121–131, 2016.

BISCHOFF, T.Z.; PINTRO, T.C.; PALOSCHI, C.L.; COELHO, S.R.M.; GRZEGOZEWSKI, D.M. Conservação pós-colheita da amora-preta refrigerada utilizando biofilme e embalagem plástica. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.2, p.109-114, 2013.

BRACKMANN, A. GUARIENTI, A.J.W.; SAQUET, A.A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I. Condições de atmosfera controlada para a maçã 'Pink Lady'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.504-509, 2005.

CAO, S.; ZHENG, Y.; YANG, Z. Effect of 1-MCP treatment on nutritive and functional properties of loquat fruit during cold storage. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Reino Unido, v. 39, 61–70, 2011.

CIA, P.; BRON, I.U.; VALENTINI, S.R.T.; PIO, R.; CHAGAS, E.A. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita de amora-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.11-16, 2007.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L.J. Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.203-212, 2008.

JACQUES, A.C.; ZAMBIAZI, R.C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.245-260, 2011.

JOO, M.; LEWANDOWSKI, N.; AURAS, N.; HARTE, J.; ALMENAR, E. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.126, n.1 p.1734-1740, 2011.

JUNMATONG, C.; FAIYUE, B.; ROTARAYANONT, S.; UTHAIBUTRA, J.; BOONYAKIAT, D.; SAENGNIL, K. Cold storage in salicylic acid increases enzymatic and non-enzymatic antioxidants of 'Nam Dok Mai no. 4' mango fruit. **ScienceAsia**, v.41, p.12-21, 2015.

KIVI, A.R.; SARTIPNIA, N.; KHALKHALI, M.B. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and bioactive compounds in raspberry fruit. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, Hyderabad, v.4, n.3, p.343-349, 2014.

MANTILLA, S.P.F.; MANO, S.B.; VITAL, H.C. Atmosfera modificada na conservação de alimentos. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 437-448, 2010.

PALHARINI, M.C.A.; FISCHER, I.H.; VEGIAN, M.R.C.; FILETI, M.S.; MONTES, S.M.N.M. Efeito da temperatura de armazenamento na conservação pós-colheita de amora-preta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 413-419, 2015.

PEREIRA, T.; CARLOS, L.A.; OLIVEIRA, J.G.; MONTEIRO, A.R. Características físicas e químicas de goiaba cv. Cortibel (*Psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes X-TEND*. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2005.

RUFINO, M do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E. de S.; MORAIS, S.M. de; SAMPAIO, C. de G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2007. 4p. (Comunicado Técnico, 128).

SANDHYA, K.V.K. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. **Food Science and Technology**, v. 43, n. 1, p.381–392, 2010.

SCHAKER, P.D.C.; ANTONIOLLI, L.R. Aspectos econômicos e tecnológicos em pós-colheita de amoras-pretas (*Rubus* spp). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.11-15, 2009.

SEVERO, J.; GALARÇA, S.P.; AIRES, R.F.; CANTILLANO, R.F.F.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas, vitamina C e capacidade antioxidante em mirtilo armazenado em atmosfera controlada. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.12, n.1, 2009.

SHARMA, P.; SINGH, R.P. Evaluation of antioxidant activity in foods with special reference to TEAC method. **American Journal of Food Technology**, New York, v.8, n.1, p.83-101, 2013.

SHIN, Y.; LIU, R.H.; NOCK, J.F.; HOLIDAY, D.; WATKINS, C.B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.45, n.1, p.349-357, 2007.

SOETHE, C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; DE MARTIN, M.S.; BORTOLINI, A.J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de

amoras-pretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.8, p.950-957, 2016.

SOUZA, P.A.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; COSTA, F.B.; SOUZA, G.L.F.M. Armazenamento refrigerado de melão Gália 'Solarking' sob atmosfera modificada. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.377-382, 2006.

STEFFENS, C.A.; ESPÍNDOLA, B.P.; AMARANTE, C.V.T.; SILVEIRA, J.P.G.; CHECHI, R.; BRACKMANN, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs 'Gala' em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M.C.B.; PEREIRA, M.C.; FETTER, M.R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.3, p.853-858, 2012.

VIEITES, R.L.; MARTINS, M.L.; SILVA, C.S.; EVANGELISTA, R.M. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 243-252, 2006.

WANG, C.Y.; WANG, S.Y. Effect of storage temperatures on fruit quality of various cranberry cultivars. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.810, v.1, p.853-862, 2009.