

RAMON DE MARCHI GARCIA

**ÁCIDO SALICÍLICO E AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO
REFRIGERADA DA MAÇÃ cv. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Botucatu

2022

RAMON DE MARCHI GARCIA

**ÁCIDO SALICÍLICO E AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO
REFRIGERADA DA MAÇÃ cv. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes
Vieites

Botucatu

2022

G216a Garcia, Ramon De Marchi
Ácido salicílico e aminoetoxivinilglicina na conservação refrigerada da maçã cv. eva sob cultivo orgânico / Ramon De Marchi Garcia. -- Botucatu, 2022
122 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Rogério Lopes Vieites

1. malus domestica. 2. armazenamento. 3. bioativos. 4. pós-colheita. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ÁCIDO SALICÍLICO E AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DA MAÇÃ cv. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO

AUTOR: RAMÓN DE MARCHI GARCIA

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Prof.^a Dr.^a SARITA LEONEL (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Profa. Dra. ANGELA VACARO DE SOUZA (Participação Virtual)
Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia/Unesp Tupã

Botucatu, 24 de fevereiro de 2022

*Àos meus amados pais,
Maria José e Joaquim,
dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser essencial em minha vida, pela paciência e sabedoria que sempre me concedeu para enfrentar as lutas.

Aos meus queridos pais, Maria José De Marchi Garcia e Joaquim Garcia Junior, pelos incentivos e valores passados.

Ao Prof. Dr. Rogério, pela orientação, ensinamentos e exemplo de professor que me incentivou em todos os momentos, tornando possível a conclusão desta dissertação.

Aos meus amigos e colegas, pelo companheirismo e por toda ajuda prestada.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Horticultura), por ter propiciado condições para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para a realização e conclusão dessa dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar as modificações na qualidade físico-química de maçã cv. Eva submetida ao tratamento pós-colheita com ácido salicílico (AS) e aminoetoxivinilglicina (AVG). O experimento foi conduzido com maçãs produzidas na colônia Santa Marina situada no município de Botucatu – SP. Para cada produto avaliado foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 6 (tratamentos x tempos de armazenamento) com 3 repetições por dia de análise. Os frutos foram imersos por 3 minutos em diferentes soluções de AS e AVG, constituindo assim os experimentos: AS - 1 mM, 2 mM e 3 mM e o tratamento controle; AVG - 500 mg/L⁻¹, 1000 mg/L⁻¹, 1.500 mg/L⁻¹ e o tratamento controle. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em bandejas de polietileno, envolvidas em plástico transparente PVC e armazenados em câmara fria a 0±1° C a UR 60± 6%. As análises foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Foram analisadas as características físico-químicas: perda de massa, taxa de respiração, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis, índice de maturação, textura (firmeza do fruto), coloração da casca e da polpa, e características bioquímicas: atividade antioxidante, compostos fenólicos e atividade da polifenoloxidase (PPO). Os experimentos com AS e AVG não influenciaram nas características físico-químicas e bioquímicas analisadas. Com isso, pode-se concluir que os produtos nas dosagens avaliadas não apresentam potencial para a conservação pós-colheita de maçã cv. Eva.

Palavras-chave: *Malus domestica*; armazenamento; bioativos; pós-colheita.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the changes in the physicochemical and biochemical quality of apples cv. Eva submitted to post-harvest treatment with salicylic acid (AS) and aminoethoxyvilyglycine (AVG). The experiment was conducted with apples produced in the Santa Marina colony located in the city of Botucatu - SP. For each product evaluated, a completely randomized experimental design was used, in a 4 x 6 factorial scheme (treatment x storage times) with 3 replications per day of analysis. The fruits were immersed for 3 minutes in different solutions of AS and AVG, thus constituting the experiments: AS - 1 mM, 2 mM and 3 mM and the control treatment; AVG - 500 mg/L-1, 1000 mg/L-1, 1500 mg/L-1 and the control treatment. Subsequently, the fruits were placed in polyethylene trays, wrapped in PVC transparent plastic and stored in a cold chamber at $0\pm1^{\circ}\text{C}$ at RH $60\pm6\%$. Analyzes were performed on days 0, 7, 14, 21, 28 and 35 of storage. The physicochemical characteristics were analyzed: mass loss, respiration rate, hydrogenic potential (pH), titratable acidity (AT), soluble solids, maturation index, texture (fruit firmness), skin and pulp color, and biochemical characteristics: antioxidant activity, phenolic compounds and polyphenoloxidase. The experiments with AS and AVG did not influence the physicochemical and biochemical characteristics analyzed. Thus, it can be concluded that the products evaluated in this study do not show potential for postharvest conservation of apples cv. Eva.

Keywords: *Malus domestica*; storage; bioactive; post-harvest.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - ÁCIDO SALICÍLICO NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DA MAÇÃ CV. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO.....	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	19
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
1.2.1 ASPECTOS GERAIS.....	20
1.2.2 PRODUÇÃO E MERCADO.....	22
1.2.3 MAÇÃ CV. EVA.....	23
1.2.4 PÓS-COLHEITA DA MAÇÃ.....	23
1.2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NOS FRUTOS.....	25
1.2.6 COMPOSTOS FENÓLICOS NOS FRUTOS.....	26
1.2.7 ETILENO NA PÓS-COLHEITA.....	27
1.2.8 INIBIDORES DA AÇÃO DO ETILENO.....	28
1.2.9 ÁCIDO SALICÍLICO (AS).....	29
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
1.3.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS.....	30
1.3.2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	31
1.3.3 EXPERIMENTO.....	32
1.3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS.....	33
1.3.4.1 Grupo não destrutivo.....	33
1.3.4.2 Grupo destrutivo.....	34
1.3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
1.4.1 PERDA DE MASSA.....	37
1.4.2 RESPIRAÇÃO.....	38
1.4.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	40
1.4.4 ACIDEZ TITULÁVEL (AT).....	40
1.4.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS).....	41
1.4.6 ÍNDICE DE MATURAÇÃO (IM).....	43
1.4.7 TEXTURA (FIRMEZA DO FRUTO).....	44
1.4.8 COLORAÇÃO DA CASCA E DA POLPA.....	45
1.4.9 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (%).....	48
1.4.10 COMPOSTOS FENÓLICOS.....	49
1.4.11 POLIFENOLOXIDASE (PPO).....	50
1.5 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS.....	51
CAPÍTULO 2 - AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DA MAÇÃ CV. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO.....	68
2.1 INTRODUÇÃO.....	70
2.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	71
2.2.1 ASPECTOS GERAIS.....	71
2.2.2 PRODUÇÃO E MERCADO.....	72
2.2.3 MAÇÃ CV. EVA.....	73
2.2.4 PÓS-COLHEITA DA MAÇÃ.....	74

2.2.5	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NOS FRUTOS.....	76
2.2.6	COMPOSTOS FENÓLICOS NOS FRUTOS.....	77
2.2.7	ETILENO NA PÓS-COLHEITA.....	78
2.2.8	INIBIDORES DA AÇÃO DO ETILENO.....	79
2.2.9	AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG).....	80
2.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	81
2.3.1	OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS.....	81
2.3.2	PREPARO DAS AMOSTRAS.....	82
2.3.3	EXPERIMENTO.....	83
2.3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRU.....	84
2.3.4.1	Grupo não destrutivo.....	84
2.3.4.2	Grupo destrutivo.....	85
2.3.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	87
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	88
2.4.1	PERDA DE MASSA.....	88
2.4.2	RESPIRAÇÃO.....	89
2.4.3	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	91
2.4.4	ACIDEZ TITULÁVEL (AT).....	92
2.4.5	SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS).....	93
2.4.6	ÍNDICE DE MATURAÇÃO (IM).....	94
2.4.7	TEXTURA (FIRMEZA DO FRUTO).....	95
2.4.8	COLORAÇÃO DA CASCA E DA POLPA.....	96
2.4.9	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (%).....	99
2.4.10	COMPOSTOS FENÓLICOS.....	100
2.4.11	POLIFENOLOXIDASE (PPO).....	101
2.5	CONCLUSÕES.....	102
	REFERÊNCIAS.....	103
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
	REFERÊNCIAS.....	121

INTRODUÇÃO GERAL

A maçã (*Malus domestica* Bork) é uma das principais espécies frutíferas cultivadas no Brasil e no mundo, apresentando importante papel social e econômico (VIEITES et al., 2014). O Brasil ocupa a posição de décimo terceiro maior produtor mundial de maçã (EPAGRI/CEPA, 2020). Estima-se que a produção nacional na safra 2020/2021 pode chegar a 1,28 milhões de toneladas, apresentando uma alta de 36% em relação à safra 2019/20, que registrou 939 mil toneladas (HORTIFRUTI/CEPEA, 2021).

Os incrementos na produção de maçã se devem às novas tecnologias inseridas no cultivo ao longo dos anos, como implementações de maquinário e mão de obra qualificada e também estratégias eficazes de mercado (ANUÁRIO, 2018). Além disso, o aumento das áreas produtivas, técnicas de manejo e criação de novas cultivares, como por exemplo a cultivar Eva, vem proporcionando um aumento considerável na produção (BITTENCOURT; BARONE, 2011).

A cultivar Eva desenvolvida pelo Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, é originária do cruzamento entre as cultivares Anna e Gala (BERNARDI; DENARDI; HOFFMAN, 2004; VIEITES et al., 2014), possui baixa necessidade por períodos frios, ciclo precoce, com época de colheita, geralmente entre os meses de novembro a janeiro, o que facilita a sua comercialização (HAUAGGE; TSUNETTA, 1999; EILERT et al., 2017; STROKA et al., 2021). Como características principais, possui formato cônico, tamanho médio, polpa doce e semi-ácida, macia e succulenta, a qual lhe confere sabor agradável, e alta aceitação no mercado consumidor (BERNARDI et al., 2004; VIEITES et al., 2014).

Apesar de todas essas inovações, a maçã continua sendo uma fruta de elevada perecibilidade, devido ao seu comportamento climatérico (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Devido a isso é necessária a adoção de métodos que permitam aumentar o seu período de conservação. No entanto, as condições de armazenamento e os métodos de conservação pós-colheita que buscam a manutenção da qualidade a fim de maximizar a vida pós-colheita das maçãs cv. Eva ainda não foram totalmente estudados (FANTE et al., 2013). Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita que vem sendo utilizada, é

o armazenamento às baixas temperaturas (BERNARDI et al., 2004). Contudo, somente a adoção desse método não lhe confere muito tempo de conservação, tornando-se necessário associar a refrigeração a outros métodos, para melhor preservar os aspectos de qualidade pós-colheita (FANTE et al., 2013; SGANZERLA et al., 2018).

Diante dessa problemática, novas técnicas de conservação de pós-colheita de maçã cv. Eva vêm sendo testadas ao longo dos anos, visando retardar o amadurecimento, e mantendo assim suas propriedades originais com o maior tempo de prateleira possível. Entre estas técnicas podem-se dispor da utilização do ácido salicílico (AS), um regulador de crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009), que está relacionado com diversas funções, tais como atraso na senescência em frutas; indução de resistência às doenças (resistência sistêmica adquirida) pré e pós-colheita; além do efeito antagônico na biosíntese do etileno com redução de até 30% na produção deste hormônio (RASKIN, 1992; IMRAN, 2007).

Outra técnica é o uso de aminoetoxivinilglicina (AVG), um composto que tem a função de inibidor da biossíntese do etileno, o qual vem sendo muito estudado e testado em diversas culturas (GREENE, 2006; STEFFENS et al., 2011; TSANTILI et al., 2012), ele pode ser produzido tanto naturalmente quanto por fermentação, pelo fato de ser um aminoácido não-proteico (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O AVG impede a transformação da S-adenosil metionina (AdoMet) para o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), evitando a síntese do hormônio etileno (GEPSTEIN; KIEBER, 2013).

O objetivo desse estudo foi avaliar as influências de ácido salicílico e aminoetoxivinilglicina na conservação pós-colheita de maçã cv. Eva.

CAPÍTULO 1

ÁCIDO SALICÍLICO NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DA MAÇÃ cv. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO

RESUMO

As maçãs (*Malus domestica* Borkh), é um fruto perecível, com vida útil na pós-colheita relativamente baixa, sua elevada perecibilidade e baixo período de pós-colheita é decorrente da alta produção de etileno e atividade respiratória. Diante disso, a utilização de substâncias inibidoras da biossíntese do etileno, como a aminoetoxivinilglicina (AVG), em pré e pós colheita vem sendo testada afim de aumentar a vida pós colheita de frutos. O objetivo deste estudo foi estudar o efeito da aplicação de AVG sobre a qualidade pós-colheita de maçã cv. Eva. Os frutos foram imersos por três minutos em três doses de AVG (500 mg/L^{-1} , 1000 mg/L^{-1} , 1.500 mg/L^{-1}) e o tratamento controle, com três repetições. Os frutos foram armazenados em câmara fria com temperatura de $0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 6\%$ durante 35 dias. As análises foram realizadas nos dias 0, 7, 14, 21, 28 e 35 de armazenamento. Foram analisadas as características físico-químicas: perda de massa, taxa de respiração, potencial hidrogeniônico, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação, textura (firmeza do fruto), coloração da casca e da polpa (cor); e bioquímicas: atividade antioxidante, compostos fenólicos e polifenoloxidase. As menores porcentagens de perda de massa ocorreram nas doses 500 e 1500 mg/L^{-1} , contudo, em todos os tratamentos as porcentagens ficaram entre o índice de perda de massa aceitável (5 a 10%). As demais características analisadas não sofreram influência dos tratamentos, contudo como esperado sofreram influência do tempo de armazenamento. Exceto para perda de massa fresca, os tratamentos com AVG não influenciaram significativamente nas características físico-químicas analisadas.

Palavras-chave: Aminoetoxivinilglicina; inibidores de etileno; perda de massa fresca; polifenoloxidase.

ABSTRACT

Apples (*Malus domestica* Borkh), is a perishable fruit, with a relatively short post-harvest shelf life, their high perishability and short post-harvest period are due to the high ethylene production and respiratory activity. Therefore, the use of ethylene biosynthesis inhibitor substances, such as aminoethoxyvinylglycine (AVG), in pre- and post-harvest has been tested in order to increase the life after harvest of fruits. The aim of this study was to study the effect of AVG application on the postharvest quality of apples cv. Eva. The fruits were immersed for three minutes in three doses of AVG (500 mg/L⁻¹, 1000 mg/L⁻¹, 1,500 mg/L⁻¹) and the control treatment, with three repetitions. The fruits were stored in a cold chamber at a temperature of 0±1 °C and a relative humidity of 60±6% for 35 days. Analyzes were performed on days 0, 7, 14, 21, 28 and 35 of storage. The physicochemical characteristics were analyzed: mass loss, respiration rate, hydrogenic potential, titilable acidity, soluble solids, maturation index, texture (fruit firmness), skin and pulp color (color), antioxidant activity, compounds phenolics and polyphenol oxidase. The smallest percentages of mass loss occurred at 500 and 1500 mg doses, however, in all treatments, the percentages were within the acceptable mass loss index (5 to 10%). The other characteristics analyzed were not influenced by the treatments, however, as expected, they were influenced by the storage time. Except for flesh mass loss, treatments with AVG did not significantly influence the physicochemical characteristics analyzed.

Keywords: Aminoethoxyvinylglycine; ethylene inhibitors; flesh mass loss; polyphenol oxidase.

1.1 INTRODUÇÃO

A maçã é uma fruta de clima temperado de grande importância comercial para o consumo *in natura*, no Brasil (OLIVEIRA et al., 2014). Seu cultivo está concentrado principalmente na região sul do país, de onde é distribuída para as demais regiões (OLIVEIRA et al., 2011). No entanto, fora dos grandes centros produtores de maçã, algumas cultivares vem sendo produzidas. Por exemplo, a cultivar Eva, onde devido sua baixa exigência em frio, proporcionou que se adaptasse bem ao estado de Minas Gerais e atualmente é a cultivar mais plantada (IAPAR, 2021).

A cultivar Eva foi desenvolvida pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), possui recomendação para regiões que possuem pouco frio hibernal (300 a 350 horas de frio) e altitude a partir de 900 metros (IAPAR, 2021). Além disso, essa cultivar vem ganhando espaço no mercado devido seus frutos apresentarem formato cônico com tamanho médio, epiderme vermelha-escarlate, polpa suculenta, macia, doce e com teor levemente acidulado (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; OLIVEIRA et al., 2011; IAPAR, 2021).

A maçã é um fruto de comportamento climatérico, onde após a colheita continua seu processo de maturação, devido a essa característica seu tempo de prateleira é reduzido (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com isso, ao longo dos anos e dos avanços tecnológicos, se fez necessário cada vez mais a busca por métodos alternativos na conservação de maçãs que possam, além de aumentar sua vida útil de prateleira, agregar características ao produto, que seja viável e econômica (MEDEIROS et al., 2021). Uma das técnicas mais utilizadas para aumentar a vida de prateleira dos frutos, minimizar as perdas pós-colheita e diminuir a taxa respiratória é o armazenamento a frio (FANTE et al., 2013). No entanto, é necessário associar à refrigeração com outros métodos de conservação para melhor preservar os aspectos de qualidade pós-colheita (FANTE et al., 2013).

Dentre os novos métodos a utilização do ácido salicílico (AS) ($C_7H_6O_3$) vem se mostrando uma alternativa eficaz. Pois, ele está envolvido em vários processos fisiológicos e de resistência a patógenos sendo uma molécula fundamental na sinalização de resistência e na formação de compostos de defesa vegetal (BECKERS; SPOEL, 2006). Por outro lado, no fruto, o AS possui efeito antagônico na biossíntese do hormônio etileno (KHADEMI et al., 2012) com redução de até 30% na produção desse hormônio (IMRAN et al., 2007). Além disso, a sua aplicação aumenta a

resistência dos frutos a injúrias por frio (LUO; CHEN; XIE, 2011), a firmeza de polpa (ASGHARI; AGHDAM, 2010) e inibe a ação de enzimas responsáveis pela degradação da parede e membrana celular (ZHANG et al., 2003).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação do ácido salicílico na pós-colheita Maçãs cv. Eva.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Aspectos gerais

A macieira pertence à família Rosaceae, subfamília Maloidae (Pomoidae), gênero *Malus*. Comercialmente, a macieira cultivada possuiu variadas denominações ao longo do tempo, como *Malus domestica* Borkh, *M. sieverssi* Ledeb, *M. pumilla* Mill., no entanto, a denominação *Malus domestica* é a primeira denominação válida publicada para a macieira, segundo o Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas (PETRI; LEITE, 2008).

As espécies de macieira iniciaram seu desenvolvimento após o fim da última era glacial, há aproximadamente de 20 mil anos atrás (KREUZ et al., 1986). Elas possuem um porte que pode chegar até 10 metros de altura, porém pode ocorrer variações, limitando seu crescimento, dependendo da idade da planta, cultivar, condições climáticas e tratos culturais (KREUZ et al., 1986; SATO; ROBERTO, 2009). O crescimento vegetativo está diretamente relacionado à combinação copa/porta enxerto (PETRI; LEITE, 2008). Possui tronco de casca parda, lisa, a copa é arredondada, com flores aromáticas róseas ou brancas (SATO; ROBERTO, 2009). Sua inflorescência é uma umbela formada por seis a oito flores. A fecundação é dependente da polinização cruzada. O fruto da macieira, a maçã, apresenta forma globosa com profunda depressão no ponto de inserção da haste o qual prende aos ramos. O fruto é proveniente de um ovário ínfero, compondo as partes extracarpelares, a maior parte da polpa é constituída principalmente de parênquima. A coloração da epiderme é proveniente do teor de antocianinas (BERNARDI; DENARDI; HOFFMAN, 2004).

A macieira é uma árvore frutífera de clima temperado, cultivada em zonas subtropicais e subpolares, tem como característica passar por um período de dormência no inverno, onde ocorre a queda das folhas no final do ciclo vegetativo. Essa dependência às baixas temperaturas faz com que se desenvolva hormônios

localizados nas gemas, aos quais são responsáveis pela quebra da dormência (BRAGA et al., 2001; PETRI; LEITE, 2008). Durante a endodormência, grande parte das cultivares necessita de um determinado número de horas de frio abaixo de 7,2 °C para que a dormência seja superada (PETRI, 2006). O período frio serve para ativar e/ou aumentar as concentrações de giberelinas e citocininas e diminuir a concentração do ácido abscísico, ajudando a promover a brotação e crescimento das gemas dormentes (KLUGE 2003).

A origem exata da macieira é desconhecida, mas cogita-se que seu centro de dispersão se originou possivelmente nas montanhas da Ásia Central, onde foi apresentada como uma espécie silvestre denominada *Malus sieversii* (ROCHA; PUJOL, 2014). Adicionalmente, o centro de origem pode ter se originado provavelmente nas regiões do Cáucaso, o qual faz fronteira entre a Europa e a Ásia, e o leste da China (BLEICHER, 2006; KREUZ; BENDER; BLEICHER, 1986). Os árabes e romanos foram responsáveis por introduzir as primeiras variedades da planta na Península Ibérica, além disso, os ibéricos foram os primeiros a trazer esse fruto e sua forma de cultivo para o novo mundo (ROCHA; PUJOL, 2014).

No Brasil, o primeiro cultivo comercial de maçã ocorreu em 1926, pelo produtor Batista Bignet, com a cv. Ohio Beauty, no município de Valinhos-SP, posteriormente, em 1927 José Trombetta, comercializava mudas desta cultivar no mesmo município. Entre 1940 e 1960, havia no município de Valinhos aproximadamente 500 mil a 1 milhão de plantas de macieira, onde se destacava a cultivar Ohio Beauty, que era conhecida também como Valinhos. No final da década de 60, com as orientações do instituto Agrônomo de Campinas, o cultivo da macieira expandiu-se enormemente no Vale de Parapanema em São Paulo (PETRI et al., 2011).

No entanto, no Brasil, consolidou-se o cultivo de maçãs cvs. Gala e Fuji. A consolidação dessas cultivares possibilitou atender as exigências dos mercados interno e externo em questão de qualidade, além disso, possibilitou ganhos em produtividade. A aparência da maçã, como coloração vermelha da epiderme, o tamanho dos frutos, e as características organolépticas agradaram o paladar do consumidor brasileiro, e foram fatores decisivos para o crescimento da produção e substituição da maçã importada (FIORAVANÇO, 2009).

1.2.2 Produção e mercado

A produção brasileira de maçã cresceu significativamente desde o início da década de 1970, permitindo que o Brasil entrasse no mercado de exportação da fruta. O aumento da produção demonstrou a capacidade do setor de criar vantagens competitivas, conseguindo superar entraves de ordem tecnológica, econômica e de organização empresarial, imprescindíveis no segmento de frutas frescas (GONÇALVES et al., 1996; FÜHR et al., 2020). O setor nacional de produção de maçã, representa exemplo real da possibilidade de substituição de importações e ampliação do mercado interno e da conquista de mercado externo por produto de qualidade e competitividade (PEREZ, 2006; FÜHR et al., 2020).

Os avanços tecnológicos no setor foram considerados determinantes para o êxito da cultura no país (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Em última análise, essas tecnologias possibilitaram: a expansão dos pomares para áreas menos aptas dentro das principais regiões produtoras do Brasil; o incremento da produção e produtividade dos pomares; o controle mais eficiente e racional de importantes pragas e doenças da cultura; o melhor abastecimento do mercado por meio da oferta regular de maçã durante praticamente todos os meses do ano; e a consolidação da imagem da fruta nacional como produto de qualidade (FIORAVANÇO, 2009; PETRI et al., 2011).

O agronegócio da maçã localiza-se no Sul do Brasil, onde os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul representam cerca de 97,3% de toda a produção brasileira de maçã (EPAGRI/CEPEA, 2018). A média anual de produção, nestes estados tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, passando, respectivamente, de 270.325 e 216.429 toneladas em 1990-1999 para 612.002 e 601.453 toneladas em 2010-2016 (LANDAU; DA SILVA, 2020). Sendo a maior parte correspondente ao estado de Santa Catarina, com uma produção estimada de 567.023 toneladas para a safra de 2019/2020 (EPAGRI/CEPA, 2020). Com isso, em 2018 a exportação de maçã e suco rendeu a cadeia produtiva aproximadamente US\$ 9,98 milhões, no entanto, a alta na comercialização no mercado nacional durante todo ano vem diminuindo as exportações (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI E FRUTI, 2020).

1.2.3 Maçã cv. Eva

A origem da cultivar Eva se deve a um cruzamento entre as variedades Anna e Gala, comuns no Brasil, o cruzamento foi criado pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, em 1979 e testada na região sul do estado do Paraná, em 1987 (HAUAGGE; TSUNETTA, 1999; VIEITES et al., 2014). Uma das principais características encontradas nessa variedade é sua baixa exigência ao frio, precisando apenas entre 300 e 350 horas de unidades de frio a 7 °C para que ocorra brotação e o florescimento, sendo ideal para regiões com pouco frio hibernal além disso, possui vigor moderadamente rápido, ramos semieretos os quais possui crescimento compactado do tipo sem spur (HAUAGGE; TSUNETTA, 1999).

Essa cultivar possuem formato cônico com tamanho médio, possui alta produtividade e precocidade no início do período de produção comercial, os frutos possui a epiderme vermelha-escarlate, sua polpa é succulenta e macia, são doces com um teor levemente acidulado (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; IAPAR, 2021).

Por sua habilidade de se adaptar melhor em clima subtropicais com altitude a partir dos 900 metros somado a alta produtividade, ela vem sendo usada em diferentes regiões, incluindo as de clima semiárido como nordeste, o qual para compensar a falta de baixas temperaturas, utiliza-se de outros meios para sua quebra de dormência, como a artificial, isso faz com que se torne um produto chave para as regiões produtoras do país devido a sua opção de oferta de frutas em épocas de frio (CHAGAS et al., 2012; LOPES et al., 2012), principalmente em Minas Gerais, onde se tornou é a cultivar mais plantada do estado. Tendo sido reconhecida tanto no âmbito nacional quanto no internacional devido à sua coloração e sabor, boa aceitação do produto pelos consumidores, à precocidade, conveniência e capacidade de beneficiar tanto consumidor, produtor e meio ambiente juntos (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; IAPAR, 2020; OLIVEIRA et al., 2011).

1.2.4 Pós-colheita da maçã

Diversas técnicas de conservação pós-colheita são utilizadas afim de retardar processos fisiológicos normais de frutos, como o amadurecimento e deteriorações

microbianas, com o objetivo de estender a sua vida de prateleira que, proporcionam retenção de qualidades sensoriais e nutricionais (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2010).

Dentre essas técnicas destaca-se o armazenamento às baixas temperaturas, o qual é um método eficaz para aumentar a durabilidade do fruto, minimizando perdas na pós-colheita (GALANI et al., 2017). Sem esse método de armazenamento, ocorre maior taxa de deterioração do fruto, devido ao aumento da produção do calor vital e da liberação de dióxido de carbono (CO₂), proveniente das atividades enzimáticas e da respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BRIZZOLARA et al., 2020). Assim, a principal função da refrigeração é diminuir a taxa respiratória, manter os fatores responsáveis pela qualidade e minimizar perdas; para que isso ocorra, é necessário que a taxa metabólica fique em um nível mínimo suficiente para manter as células vivas, assim preservando a qualidade comestíveis do produto durante todo seu período de armazenamento (GALANI et al., 2017).

Para se obterem frutos de qualidade, em pomares, é requerida boa condução que agregam técnicas de campo, conhecimento e o emprego de tecnologia. A maçã é um fruto climatérico que em determinada etapa do ciclo vital, apresentam aumento rápido e acentuado na atividade respiratória. Este aumento ocorre tanto no fruto preso à planta como também é observado após a colheita. O amadurecimento só se completa algum tempo após o pico climatérico, tornando-se imprescindível a colheita desses frutos no tempo certo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Temperaturas mais baixas podem reduzir os processos metabólicos, principalmente a respiração dos frutos, retardando o amadurecimento, ocorrendo assim um maior período de conservação (KADER, 1986). Há necessidade de conservação do fruto pelo maior tempo possível, visto que o período de colheita das principais cultivares de maçã é relativamente curto, além de que, apenas parte da produção é comercializada ou vai para industrialização no período de safra, precisando armazenar o restante da produção. Para a conservação se torne possível, o setor de frio conservação trouxe modernas tecnologias e métodos, como é o caso de câmaras frias de atmosfera controlada, ajudando a aumentar significativamente o período de conservação, promovendo a regulação da oferta, conseqüentemente, agregando valor à fruta (GIRARDI, 2004).

A temperatura ideal para armazenamento para a maioria das cultivares de maçã está na faixa de -1 a 0 °C (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986). Contudo, limite mínimo de temperatura que pode ser utilizado com segurança para conservação

da maçã, depende da variedade, além disso, deve-se evitar temperaturas muito baixas que possam ocasionar distúrbios fisiológicos pelo frio (chilling) e temperaturas de congelamento (BRACKMANN et al., 2004). Neste contexto, o emprego de baixas temperaturas no armazenamento das maçãs diminui a velocidade do metabolismo, auxiliando na manutenção das características físico-químicas, segurança alimentar e a qualidade sensorial das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ALTUNATMAZ; ISSA; AYDIN, 2012).

1.2.5 Atividade antioxidante nos frutos

Os antioxidantes são agentes responsáveis por inibir e reduzir lesões causadas pelos radicais livres nas células (BIANCHI; ANTUNES 1999). O termo radical livre é constantemente designado para qualquer átomo ou molécula com existência independente, contendo um ou mais elétrons não pareados, nos orbitais externos, que determina uma atração para um campo magnético, com capacidade de reação a qualquer composto situado próximo, passando a ter uma função oxidante ou redutora de elétrons (HALLIWELL, 1994; HALLIWELL et al., 1995).

Os radicais livres oxigenados ou nitrogenados formados nos processos oxidativos, quando em excesso geram um desbalanço, dando início ao estresse oxidativo, processo metabólico responsável pelo desencadeamento de diversos tipos de doenças crônico-degenerativas (ALI et al., 2008; VIEITES; DAIUTO; FUMES, 2012). Os radicais livres podem reagir com DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, acarretando em danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como aterosclerose, artrite reumática, câncer, entre outras (LACHMAN et al.; 2010).

Os compostos com atividade antioxidante estão distribuídos em algumas classes principais, como as vitaminas, os carotenoides e os fenóis, encontrados, principalmente, nos órgãos vegetais (AVALOS-LLANO; MARTÍN-BELLOSO; SOLIVAFORTUNY, 2018). Os principais antioxidantes são os carotenoides, flavonoides, vitaminas A, C e E; entre outros compostos, os quais estão diretamente relacionados na proteção do sistema biológico pela captura dos radicais livres (OU et al., 2002; PEREIRA; CARDOSO, 2012). A produção destes fitoantioxidantes também é dependente das condições do meio externo (ambiente), onde pode ser induzida ou regulada por condições de stress, tais como elevada radiações, temperatura,

desequilíbrio mineral ou mesmo ataques de patógenos (NEILL et al, 2002; WILMES et al, 2011).

Por exemplo, frutos de mamão, manga e goiaba procedentes da Ceasa de Minas Gerais, apresentaram em sua composição compostos fenólicos como ascorbato, licopeno, β -caroteno e β -criptoxantina, os quais são potenciais fontes de antioxidantes naturais para a dieta humana (OLIVEIRA et al., 2011). A goiaba vermelha foi a fruta que mais apresentou teores elevados de compostos fenólicos (159,8 mg de EAG 100 g⁻¹ de MF), vitamina C (85,9 mg 100 g⁻¹ de MF) e licopeno (6999,3 μ g 100 g⁻¹ de MF), e também dos maiores valores para atividade antioxidante (DPPH• = 49,1% ARR, e PR = 0,41 Abs), observando que a sua inclusão frequente na dieta é altamente saudável (OLIVEIRA et al., 2011). Por outro lado, a maçã contém alto teor de bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e polifenóis encontrados na polpa e na casca, podendo fornecer os benefícios antioxidantes como a redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer entre outras (TSAO et al., 2005).

1.2.6 Compostos fenólicos nos frutos

Os compostos fenólicos são conjuntos heterogêneos que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas, essas substâncias estão amplamente distribuídas no reino vegetal, em ênfase nas frutas e vegetais (HERNÁNDEZ; PRIETO, 1999). Pesquisas com compostos fenólicos, especialmente flavonoides, demonstram sua capacidade antioxidante, com potencial para prevenir diversas enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas (SOARES et al., 2008). Os compostos fenólicos atuam como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também com os seus radicais intermediários estáveis, onde impedem que vários ingredientes dos alimentos entre em processo de oxidação, em especial os ácidos graxos e óleos (CUVELIER; RICHARD; Berset, 1992; MAILLARD et al., 1996; SOARES et al., 2008).

Os compostos fenólicos existentes na natureza podem ser classificados em pouco distribuídos na natureza, polímeros e largamente distribuídos na natureza. Há um número relativamente pequeno quanto aos compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza, embora estes sejam encontrados com bastante frequência. Neste grupo englobam os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol.

Existem alguns compostos fenólicos que não se apresentam de forma livre nos tecidos vegetais, os quais estão presentes sob a forma de polímeros, como os taninos e as ligninas. Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza estão os fenólicos encontrados geralmente em todo o reino vegetal, mas às vezes podem serem encontrados em uma só planta (SOARES, 2002).

Os compostos fenólicos são um dos responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, fazendo destes fonte natural de antioxidantes (HEIM et al., 2002). Porém, o conteúdo de compostos fenólicos em alimentos vegetais é dependente de vários fatores intrínsecos, como cultivar, gênero e espécie, e extrínsecos, como ambiental, agrônômico, armazenamento e manuseio (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001).

Estudos apontam a maçã como um dos frutos que mais apresenta maiores teores fenólicos (BOYER; LIU, 2004). Os compostos fenólicos estão localizados nos vacúolos (97%), já nas células da epiderme e sub-epiderme, as concentrações são superiores do que às quantidades dos tecidos internos. Dependendo da cultivar, a relação casca/polpa de concentração de fenóis pode ser de 3 a 10 vezes superior (NICOLAS et al., 1994). O consumo de maçãs apresentou melhor resultado relacionado com a prevenção de tumores no pulmão se comparado com o consumo de outras fontes de flavonoides (KNEKT et al., 1997). Na produção de sucos de maçã, quando processados, seus compostos fenólicos podem ser perdidos, pela ação da enzima polifenoloxidase, causadora do escurecimento, há também a ocorrência de precipitados. Nesse caso, é necessária a utilização de compostos antioxidantes sintéticos para evitar a oxidação causada no processamento do suco devido à perda dos compostos fenólicos (NOGUEIRA et al., 2003).

1.2.7 Etileno na pós-colheita

O etileno (C_2H_4) é um produto natural do metabolismo, e atua em concentrações muito baixas, participando da regulação de todos os processos de crescimento, desenvolvimento e senescência das plantas (YANG, 1985; YANG; HOFFMAN, 1984).

O aminoácido L-metionina é o precursor chave do etileno nas plantas superiores (ADAMS; YANG, 1979). Na presença de adenosina trifosfato (ATP), a enzima ATP: metionina S-adenosiltransferase; EC 2. 5. 1. 6. (Ado Met sintetase ou SAM sintetase) transfere o grupo adenosil (adenina+ribose) do ATP para a metionina, sendo a ligação no átomo de enxofre do aminoácido, formando o composto S-

adenosilmetionina (Ado Met ou SAM). Pela ação da enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACC sintase, EC 4. 4. 1. 14) a molécula do SAM é cindida em duas metades, sendo uma delas, a 5'-metiltioadenosina, reciclada no ciclo de Yang para regenerar a L-metionina e a outra parte, formada pelos quatro átomos de carbono restantes da metionina, é convertida a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), sendo essa, a etapa limitante na rota biossintética do etileno (YANG; HOFFMAN, 1984). Na última etapa da formação do etileno, a enzima ácido-1-ciclopropano-1-carboxílico oxidase (ACC oxidase) em presença de oxigênio transforma o ACC em etileno, CO₂ e HCN (YANG; HOFFMAN, 1984).

No tecido vegetal, o etileno liga-se a uma proteína receptora específica localizada no sistema de endomembranas, promovendo o sinal químico para uma série de respostas: síntese de RNA, de enzimas hidrolíticas da lamela média e das paredes celulares, quebra da clorofila, produção de carotenoide, flavonoides e expressão gênica para a síntese das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, que estimulam a produção autocatalítica de etileno (REID, 1992; BLEECKER; KENDER, 2000; BARRY et al, 2000; HOEBERICHTS et al., 2002). Todas as frutas que amadurecem em resposta ao etileno exibem, antes da fase de amadurecimento, um aumento característico da respiração chamado climatério. Tais frutas também apresentam um pico na produção de etileno, imediatamente antes ou coincidente com o aumento da respiração (BURG; BURG, 1965).

1.2.8 Inibidores da ação do etileno

Visando diminuir a biossíntese de etileno nos frutos, várias técnicas de armazenamento vêm sendo testada nos últimos anos. Embora a refrigeração seja o fator mais importante para reduzir o metabolismo dos frutos, a utilização de modernas tecnologias como atmosfera em condições controladas (AC), resultou em grande avanço no período de conservação dos frutos (BRACKMANN, 2007; NEUWALD et al., 2012). Novos materiais de isolamento, sistemas de unificação, melhorias na tecnologia de refrigeração e de medição e controle de temperatura levou ao longo dos anos à novas tecnologias de armazenamento, como o ULO (ultra baixo oxigênio), a aplicação do inibidor de etileno 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e a atmosfera controlada dinâmica (ACD) (NEUWALD, 2012). Essas técnicas, além de causar redução da

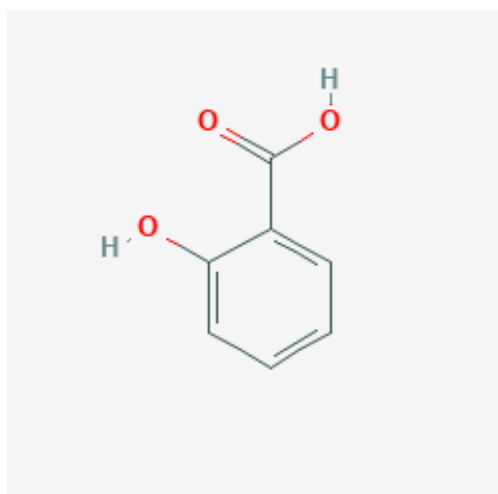
produção e ação do etileno, também atua no retardamento da maturação e na deterioração dos frutos após a colheita (FAN; MATTHEIS, 2000).

Contudo, outras técnicas que vem sendo utilizada afim de retardar a biossíntese do etileno, são a aplicação de ácido salicílico (AS) e aminoetoxivinilglicina (AVG) (FAN; MATTHEIS, 2000; ASGHARI et al., 2010).

1.2.9 Ácido salicílico (AS)

O ácido salicílico (AS) ($C_7H_6O_3$), com a nomenclatura de 2-Hydroxybenzoic acid no IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (Figura 1), é um composto fenólico presente nos vegetais, atuando na indução da resistência sistêmica adquirida (RSA) nas plantas (BECKERS; SPOEL, 2006). Onde a partir da produção de voláteis, esse metabólito secundário acaba tendo função de elicitor, atuando no mecanismo de resistência à patógenos, além de auxiliar na movimentação dos estômatos, absorção de íons, germinação de sementes e reação quanto ao estresse do ambiente (RASKIN, 1992; YAO; TIAN, 2005).

Figura 1 - Estrutura molecular do ácido salicílico (AS).



Fonte: PUBCHEM (2021a).

A RSA é conceituada como a ativação de estado de resistência contra doenças, o qual é induzido sistemicamente em plantas pela utilização de agentes externos bióticos ou abióticos, sem qualquer alteração do genoma da planta, ocorrendo de maneira não-específica, por meio da ativação de genes que codificam para diversas respostas de defesa (HAMMERSCHMIDT, 2009). A RSA se caracteriza pela expressão de genes que codificam diversas respostas de defesa a patógenos nas

plantas, tais como as proteínas relacionadas à patogenicidade (proteínasRP), como quitinases e glucanases; enzimas envolvidas na rota da síntese de fitoalexinas, como a fenilalanina amônia-liase; acúmulo de lignina em tecidos adjacentes ao local de penetração do microrganismo (DURRANT; DONG, 2004). Os genes envolvidos na RSA estão associados, principalmente, com o acúmulo do ácido salicílico (AS), que é sinalizador para a expressão de proteínas-RP (GRÜNER et al., 2003; JALALI; BHARGAVA; KAMBLE 2006).

Em estudos anteriormente desenvolvidos envolvendo tratamentos pós-colheita em frutos, ao ser aplicado exogenamente, foi aferido que o AS teve como uma de suas funções atuar na expressão de genes de defesa aos patógenos, auxiliando na manutenção de frutos como a murcha de fusarium (*Fusarium* spp.) em tomates (MANDAL; MALLICK; MITRA, 2009), antracnose (*Colletotrichum truncatum*) em mangas (JOYCE et al., 2001), podridão cinzenta em pêssegos (*Monilinia fructicola*) (ZHANG et al., 2008) e bolor azul em maçãs (*Penicillium expansum*) (ROCHA NETO; DI PIERO, 2013). Além de aumentar a resistência dos frutos em relação as baixas temperaturas (LUO; CHEN; XIE, 2011), aumentar a firmeza da polpa (ASGHARI; AGHDAM, 2010), e retardar a biossíntese de etileno que, em consequência, retarda o amadurecimento, obtendo um produto de maior qualidade e tempo.

A produção de etileno em frutos após a aplicação exógena do AS diminui, e consequentemente, o processo de amadurecimento ocorre mais lento. Isso ocorre devido o AS reduzir a produção e a atividade das enzimas ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) sintase e ACC oxidase, responsáveis pela conversão do ACC em etileno (ASGHARI et al., 2010). Kazemi; Aran e Zamani (2011), ao avaliarem os efeitos do AS sobre a qualidade dos frutos de maçã armazenados sob refrigeração mostraram que a imersão dos frutos em AS a 1,5 e 3 mM preservou características importantes como massa fresca, firmeza da polpa e sólidos solúveis.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 Obtenção das amostras

Os frutos de maçã cv. Eva utilizados no experimento foram provenientes de um sistema de cultivo orgânico, safra 2020/2021, do sitio Hino, localizado na colônia Santa Marina – Botucatu – SP (Figura 2). Os frutos foram colhidos de forma cuidadosa quando alcançaram coloração da casca ideal. Após a colheita feita de forma manual,

foram acondicionados em caixas de papelão moldado para proteção contra danos mecânicos. No mesmo dia após a colheita, os frutos foram transportados até o laboratório de pós-colheita de Frutas e Hortaliças do departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu – SP, onde foram armazenados em câmara fria a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR $60\pm 6\%$ até 35 dias.

Figura 2 - Área de cultivo de maçã cv. Eva, safra 2020/2021, no Sítio Hino, colônia Santa Marina, Botucatu – SP (A). Frutos colhidos para a utilização na série experimental (B). Fonte: R. D. M. Garcia, 2021.



Fonte: R. D. M. Garcia, 2021.

1.3.2 Preparo das amostras

As maçãs foram padronizadas quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas, visando à uniformidade do lote (Figura 3).

Figura 3. Padronização das maçãs cv. Eva, quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas.



Fonte: R. D. M. Garcia, 2021.

1.3.3 Experimento

Foram utilizadas três doses de ácido salicílico AS (1 mM, 2 mM e 3 mM) e o tratamento controle (testemunha), com três repetições. As maçãs foram imersas nos seus respectivos tratamentos durante três minutos. Posteriormente, foram colocadas em bandejas de polietileno, secas naturalmente em temperatura ambiente, envolvidas em plástico transparente pvc e colocadas em câmara fria com temperatura de 0 ± 1 °C e umidade relativa de $60 \pm 6\%$ durante 35 dias. As análises foram realizadas aos dias 0, 7, 14, 21, 28 e 35 de armazenamento. Durante as análises as maçãs foram divididas em dois grupos: grupo destrutivo e não destrutivo.

1.3.4 Análises físico-químicas dos frutos

1.3.4.1 Grupo não destrutivo

As maçãs do grupo não destrutivo foram utilizadas para avaliar a perda de massa fresca, atividade respiratória e incidência de doenças.

Perda de massa fresca – Para a análise de perda de massa fresca as maçãs foram pesadas em uma balança semi-analítica marca Marte® – carga máxima de 3200g e precisão de 0,1g. As repetições foram pesadas permitindo o cálculo da perda de massa fresca em porcentagem, através da seguinte fórmula: $\% PM = [(MI - MF) / MI] \times 100$.

Em que:

$\% PM$ = porcentagem de perda de massa parcial acumulada;

MI = Massa inicial da amostra em um período determinado em g;

MF = Massa final da amostra no período seguinte a MI em g.

Atividade respiratória – A curva de respiração foi obtida pela avaliação dos frutos nos seis dias de avaliação. A determinação da taxa de respiração foi feita de forma indireta, em respirômetro, pela medida do CO_2 liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth; Zuchini e Pompeo (1976). A taxa de respiração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$TCO_2 = (2.2 \times (A-B) \times V_1) / (P \times T \times V_2)$$

Onde,

TCO_2 = Taxa de respiração em ml de CO_2 Kg de fruta⁻¹ hora⁻¹;

B = Volume gasto em ml de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio padrão antes da absorção de CO_2 - branco;

A = Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO_2 da respiração;

V_1 = Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO_2 (ml);

P= Massa dos frutos (kg);

T= Tempo das reações metabólicas (hora);

V2 = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (ml);

2,2 = devido ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

Incidência de doenças – Para a análise de incidência de doenças em maçãs foram utilizadas análises visuais, e em caso de incidência de doenças, o fruto seria levado para o departamento de proteção vegetal para a identificação e quantificação da doença.

1.3.4.2 Grupo destrutivo

O grupo destrutivo foi utilizado para realizar as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de maturação (IM) coloração da casca e da polpa e textura. A cada dia de análise destrutiva, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas no freezer a 20±2 °C, no qual, posteriormente foram realizadas as análises bioquímicas. As análises bioquímicas foram compostas de atividade antioxidante (DPPH), compostos fenólicos e polifenoloxidase.

Potencial hidrogeniônico pH – A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi mensurada da polpa triturada dos frutos utilizando-se potenciômetro digital Digital DMPH-2 conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Acidez titulável (AT) – O conteúdo de acidez titulável, foi expresso em gramas de ácido málico por 100 gramas de polpa, e determinado através da titulação de 5 gramas de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, seguido da titulometria com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, utilizando-se 0,3 mL de fenolftaleína como indicador, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Sólidos solúveis (SS) – Foi obtido através de leitura refratométrica direta em graus de Brix (Brix), em três amostras, com refratômetro de bancada tipo Pallette, marca ATAGO – PR 32, (AOAC, 2005).

Índice de maturação (IM) – foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (TRESSLER; JOSLYN, 1961).

Textura (firmeza do fruto) - Para a mensuração da firmeza de polpa, dos frutos de maçã, dois lados opostos da porção equatorial dos frutos foram marcados. Em seguida, os frutos foram perfurados com auxílio de um penetrômetro com uma ponteira de 11 mm. Os dados foram expressos em Newtons (N).

Coloração da casca e da polpa – As análises foram realizadas com o auxílio de calorímetro da marca konica minolta®. A cor foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares L*, C* e H*. Onde L*, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), C* (Chroma), define a intensidade da cor variando de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa). O H* (°Hue), valor em grau correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul), conforme descrição de Minolta (1998). O aparelho foi calibrado com placa branca padrão de cerâmica. A leitura foi feita no terço médio da polpa e da casca dos frutos. Foi realizada a leitura em três pontos diferentes para uma homogeneização das amostras.

Atividade antioxidante (DPPH) – A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH baseado no princípio de que o DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), sendo um radical estável de coloração violeta, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração amarela. Na forma de radical, o DPPH possui uma absorção característica a 517 nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante (MENSOR et al., 2001). Para a determinação da atividade antioxidante foi utilizada a seguinte metodologia: Nas amostras foi utilizado 3 mL de solução extratora concentrada (etanol PA), 0,3 mL de DPPH (10,9 mg para 50 mL de etanol PA) e 0,5 mL de extrato da polpa. É feito, também a pipetagem de um controle negativo, composto de 3 mL solução extratora concentrada, 0,5 mL de solução controle (70 mL de etanol PA e completar para balão volumétrico de 100 ml com água destilada) e 0,3 mL de DPPH. Depois da pipetagem, essas amostras são deixadas em repouso por 45 minutos, determinado em testes prévios o tempo, ao abrigo da luz em temperatura ambiente. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 517 nm. A atividade anti-radical foi determinada na forma de atividade antioxidante (AA), pela equação: $AA (\%) = 100 - \{[(Aa) \times 100] / Ac\}$ Onde: Aa = absorbância da amostra Ac = absorbância do controle negativo.

Compostos fenólicos – A análise de compostos fenólicos foi realizada pelo método de espectrofotométrico de Folin Ciocalteau (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). Uma alíquota de 0,3 mL de extrato da amostra mais 0,2 mL de água destilada, totalizando 0,5 mL foi transferida para os tubos de ensaio, sendo a quantificação realizada conforme descrito pelos autores. A leitura da absorbância foi realizada a 740 nm em espectrofotômetro. Um branco foi conduzido nas mesmas condições. Os extratos das amostras foram obtidos em triplicata. E os resultados foram comparados à curva padrão de ácido gálico e expressos em mg de ácido gálico g⁻¹.

Polifenoloxidase – A extração e determinação da atividade da enzima PPO, foi realizada de acordo com a metodologia adaptada de Cano et al. (1997). Os resultados expressos em UAE⁻¹ min⁻¹ g⁻¹ de matéria fresca. Para preparo do extrato enzimático pesou-se 0,5 g de maçã, triturada e misturada com 10mL de tampão fosfato de potássio 2M pH 6,0. A amostra foi centrifugada durante 15 minutos, a 6000 rpm, a 4°C. O extrato foi filtrado e realizada a pipetagem das amostras, com 1,85 mL de catecol 0,1 M e 0,3 mL do extrato. Para zerar o espectrofotômetro foi pipetado 0,3 mL de tampão acetato de sódio 100 mM e 1,85 de catecol 0,1 M. Depois desse processo, foi colocado em banho maria por 30 minutos, a 30°C. Então nos tubos com amostras foram adicionados 0,8mL de ácido perclórico para que cessasse a reação e fosse realizada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 460 nm.

1.3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (4x6), sendo quatro tratamentos (controle, 1 mM, 2 mM e 3 mM) e seis tempos de armazenamento. As análises não e destrutivas foram realizadas utilizando três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por três frutos.

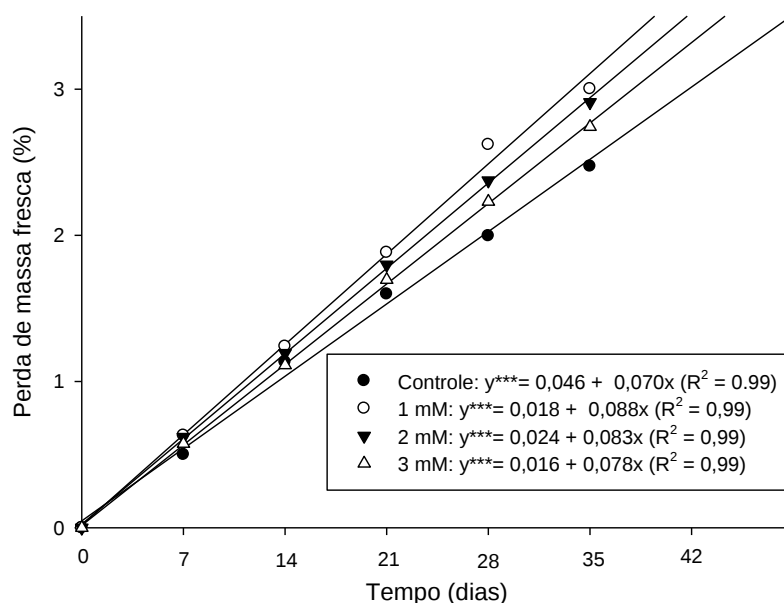
Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Posteriormente, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e quando significativos, à análise de regressão e ao teste Tukey ($P \leq 0,05$). Utilizou-se o software R, versão 4.0.0 para a computação estatística e confecção dos gráficos (R CORE TEAM, 2021).

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.4.1 Perda de massa

Para a perda de massa fresca de maçã cv. Eva não foi observado interação significativa entre os dois fatores (tempo x dose). Por outro lado, houve diferença quando comparados os fatores isolados. Houve aumento na perda de massa fresca dos frutos de todos os tratamentos, com o aumento do tempo de armazenamento (Figura 5). Isso pode ser explicado pelo fato que durante o processo de amadurecimento, os frutos perdem água devido os processos de transpiração e respiração, com isso, ocorre diminuição da massa fresca dos frutos ao longo do tempo de armazenamento (FINGER; VIEIRA, 1997; CALORE; VIEITES, 2003).

Figura 4 - Perda de massa fresca (%) de maçã cv. Eva submetidas as diferentes doses de AS em função dos dias de armazenamento.



Quando comparado a média das doses nos tempos não ocorreu diferença estatística, exceto, para os tempos 28 e 35, onde a dose de 1 mM (2,62%); e 1mM (3,00%) e 2 mM (2,91%), respectivamente, apresentaram as maiores porcentagens de perda de massa fresca, enquanto que o tratamento controle apresentou as menores porcentagens (Tabela 1). Esses resultados diferem dos encontrados por Kazemi; Aran e Zamani (2011), que ao imergir maçãs em solução de AS (0, 1, 3, 5

mM) durante 5 min e armazenar a 5 °C por até 60 dias, a perda de massa dos frutos diminuiu significativamente em todas as doses de AS em comparação ao controle. Essas diferenças de resultados podem ser atribuídas as diferenças de cultivares de maçã utilizadas, pois no estudo de Kazemi; Aran e Zamani (2001), utilizou-se a maçã cv. Jonagold, e em contrapartida neste estudo utilizou-se maçã cv. Eva.

Tabela 1 - Perda de massa fresca (%) de maçã cv. Eva em função das diferentes doses ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dose	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	21	28	35
Controle	0 a	0,50 a	1,13 a	1,59 a	1,99 c	2,47 b
1 mM	0 a	0,63 a	1,24 a	1,88 a	2,62 a	3,00 a
2 mM	0 a	0,62 a	1,15 a	1,79 a	2,37 ab	2,91 a
3 mM	0 a	0,57 a	1,11 a	1,69 a	2,23 bc	2,74 ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

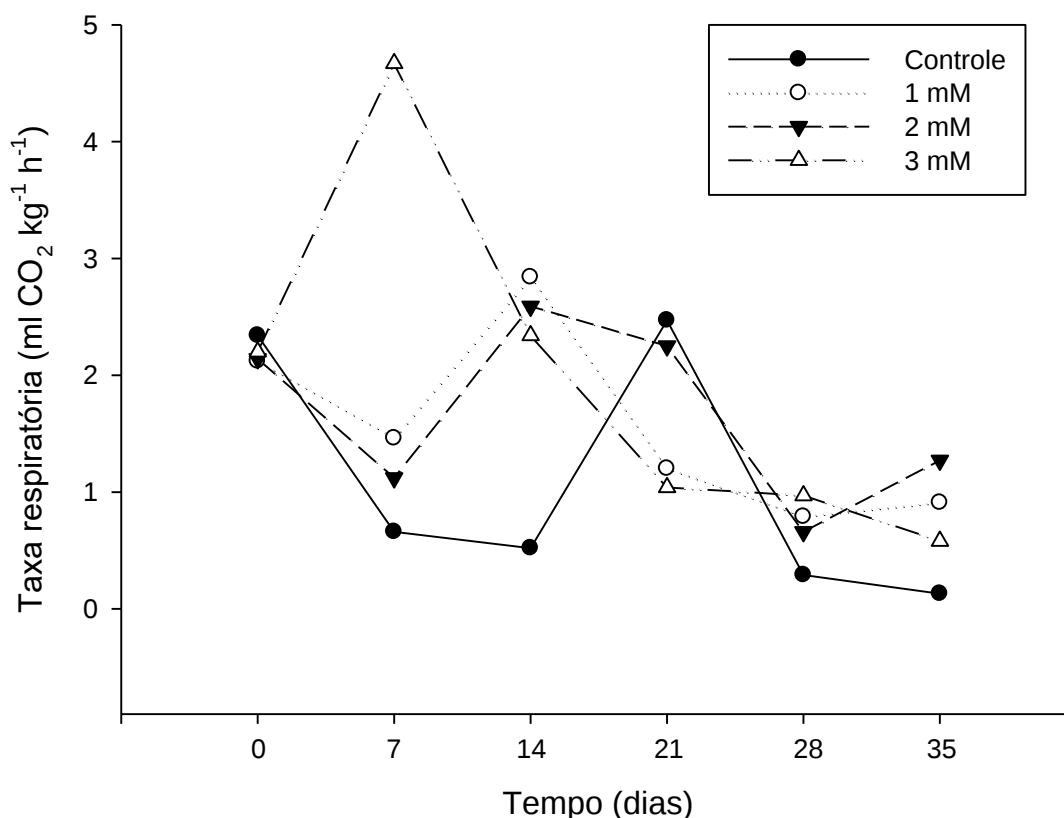
No entanto, pode-se observar que ao longo dos 35 dias de armazenamento as maçãs apresentaram perda de massa fresca abaixo de 3% em todos os tratamentos (Figura 4 e Tabela 1). Em métodos de conservação de frutas e hortaliças, a porcentagem de perda de massa fresca aceitável encontra-se na faixa de 5 a 10% (FINGER; VIEIRA, 1997; CHITARRA E CHITARRA, 2005). Com isso, os resultados de perda de massa fresca dos frutos do controle e dos tratamentos com AS estão dentro dos limites aceitáveis.

1.4.2 Respiração

Os frutos de maçãs cv. Eva apresentam comportamento respiratório climatérico, onde todos os tratamentos tiveram uma redução na taxa respiratória com o decorrer do tempo de armazenamento (Figura 5). O aumento na taxa respiratória é um evento secundário, estimulado pelo aumento na taxa de produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA 1998). Neste estudo, observou-se que independente do tratamento (diferentes doses de AS e Controle), a taxa respiratória teve uma tendência de diminuição ao longo do tempo, provavelmente, esse comportamento está relacionado a temperatura de armazenamento. Pois, o frio diminui a síntese de etileno, responsável pelo aumento da taxa respiratória, com isso,

a redução da temperatura diminui a atividade respiratória dos frutos (CHITARRA 1998; FONSECA et al., 2002).

Figura 5 - Atividade respiratória de maçã cv. Eva submetida à aplicação de diferentes doses de AS e armazenada por 35 dias.



Os frutos dos tratamentos 1 mM, 2 mM de AS e o controle, exibiram pico respiratório no 14º, 14º e 21º dia de avaliação, respectivamente. Com isso, apresentaram maior atraso no pico climatérico, ficando evidente uma redução da respiração após o pico (Figura 5). No pico climatérico ocorreu aumento considerável da taxa respiratória e transformações que passam por redução da acidez, redução do teor de amido, redução da adstringência, aumento dos açúcares totais, aumento dos aromas e degradação da clorofila (BRUINSMA; PAULL. 1984; ANESE; FRONZA, 2015). Com isso, em armazenamentos de frutas e hortaliças climatéricas quanto maior for o retardo do pico climatérico, maior será o tempo de armazenamento mantendo as qualidades organolépticas e nutricionais do fruto, fato esse não verificado neste experimento.

1.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Entre os tempos de armazenamento e as doses de AS, não houve interação dupla significativa para os valores de pH, assim como não houve efeito significativo para as diferentes doses de AS. No entanto, foi constatada, através da aplicação do teste F, efeito significativo para o tempo de armazenamento.

A média dos valores de pH das doses apresentaram tendência a diminuir com o decorrer dos tempos de armazenamento, sendo que o maior valor foi para média geral no tempo 0 (4,59) e os menores nos tempos 7, 14 e 35, com valores de pH de 3,71, 3,61 e 3,69, respectivamente (Tabela 2). Em frutos climatéricos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento e o pH é concomitantemente modificado (CHITARRA; CHITARRA, 2005), concordando com os resultados obtidos, onde valores de pH diminuíram ao longo do tempo. Além disso, a diminuição de valores de pH ao longo do tempo de armazenamento é vantajosa, pois esta, proporciona a diminuição da velocidade de escurecimento dos frutos, melhorando assim seu aspecto visual (BRAVERMAN 1967).

Tabela 2 - Valores médios de pH, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes dias de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	4,59 a	3,75 a	3,60 a	3,88 a	3,68 a	3,66 a	3,86
1 mM	4,59 a	3,67 a	3,57 a	3,83 a	3,73 a	3,69 a	3,85
2 mM	4,59 a	3,66 a	3,64 a	3,88 a	3,88 a	3,70 a	3,89
3 mM	4,59 a	3,76 a	3,63 a	3,76 a	3,71 a	3,70 a	3,86
Média	4,59 a	3,71 b	3,61 b	3,84 ab	3,75 ab	3,69 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.4.4 Acidez Titulável (AT)

Entre os tempos de armazenamento e as doses de AS, não houve interação dupla significativa para os valores de acidez titulável, assim como, não houve efeito significativo para as diferentes doses de AS e tempos de armazenamento, analisados separadamente (Tabela 3). Diante disso, pode-se inferir que o uso das diferentes

doses de AS não alterou a acidez titulável de maçã cv. Eva durante o tempo de avaliação (Tabela 3).

A acidez é atribuída à presença dos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células vegetais, contribuindo para o aroma característico de alguns produtos hortícolas (NASSUR, 2009). Em frutos climatéricos é comum que durante o processo de amadurecimento, os teores de ácidos orgânicos tendem a diminuir, devido principalmente a atividade respiratória e/ou pela conversão em açúcares, e conseqüentemente ocorra uma diminuição do teor de acidez (GOUVEIA et al., 2014). No entanto, no caso de frutos de maçãs, ocorre um efeito contrário, onde estes ácidos são acumulados durante o desenvolvimento vegetal, ocorrendo então a manutenção da acidez ou até mesmo aumento significativo do mesmo (CHITARRA E CHITARRA, 2005), conforme observado em nosso estudo e no estudo de Rocha Neto (2014), onde após a imersão de maçãs cv. Fuji em solução de AS a 2,5 mM durante dois minutos os índices de acidez titulável não apresentaram diferença significativa do início ao final do estudo (25° C, 12 dias; 4° C, 40 dias).

Tabela 3 - Valores médios de Acidez Titulável (g de ácido málico 100g⁻¹ de polpa), obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	1,76	1,68	1,89	1,75	1,54	1,76	1,73
1 mM	1,76	1,81	1,73	1,73	1,68	1,57	1,71
2 mM	1,76	1,98	1,76	1,64	1,71	1,58	1,74
3 mM	1,76	1,74	1,61	1,89	1,89	1,64	1,76
Média	1,76	1,80	1,75	1,75	1,71	1,64	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

1.4.5 Sólidos solúveis (SS)

Para os sólidos solúveis não houve interação dupla significativa entre os fatores (Tempo x Dose), assim como, não houve efeito significativo para as diferentes doses de AS (Tabela 4). No entanto, foi constatada, através da aplicação do teste F, efeito significativo para o tempo de armazenamento.

Tabela 4 - Valores médios de sólidos solúveis (°Brix), obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	13,30 b	12,70 b	13,40 ab	13,60 ab	13,73 ab	14,97 a	13,62
1 mM	13,30 ab	13,23 ab	13,13 ab	12,83 b	14,43 a	14,53 a	13,58
2 mM	13,30 b	13,63 ab	14,17 ab	14,37 ab	14,93 a	14,90 ab	14,05
3 mM	13,30 a	13,37 a	13,00 a	14,00 a	13,90 a	13,73 a	13,55
Média	13,30 b	13,23 b	13,43 b	13,70 ab	14,25 a	14,28 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de sólidos solúveis aumentaram ao longo dos tempos de armazenamento, sendo que os maiores valores encontrados foram para os tempos 28 e 35, independente da dose (Tabela 4). O aumento do teor de sólidos solúveis com o aumento do tempo de armazenamento ocorre devido à solubilização dos polissacarídeos insolúveis (amido) em açúcares solúveis (KRAMER, 1973), tendência que está diretamente relacionada ao avanço do processo de amadurecimento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Adicionalmente, o aumento dos SS durante o período de armazenamento pode ser também, devido à perda de massa que concentra o suco da fruta (MORENO et al., 2008; BARRETO et al, 2016), fato esse ligando a este experimento.

Os teores de SS nos frutos de maçã cv. Eva imersos em solução de AS variaram de 12,83 a 14,93 °Brix, não diferindo do tratamento controle, que variou de 12,70 a 14,97 °Brix, demonstrando, assim que as diferentes doses utilizadas não tiveram influência significativa neste atributo de qualidade. Esses resultados corroboram com os obtidos para amora preta onde as diferentes doses de AS 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM e a testemunha não interferem nos teores de sólidos solúveis (BORSATTI et al., 2015). Além disso, os valores de SS foram semelhantes quando comparado aos obtidos para maçã cv. Eva cultivadas em uma área comercial localizada em Barbacena, Minas Gerais, onde o teor de SS variou de 13,00 a 14,06 °Brix, entre os diferentes tempos de armazenamento (FANTE et al., 2015).

1.4.6 Índice de Maturação (IM)

A obtenção do IM é uma das melhores formas de se avaliar o sabor do fruto, sendo mais representativa que a medições isoladas de açúcares ou de acidez, pois está reflete o balanço entre açúcares e ácidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), o qual essa análise foi avaliada neste experimento.

Para os índices de maturação não houve interação dupla significativa entre os fatores (Tempo x Dose). Além disso, observou-se que não houve diferença significativa para o IM tanto entre as diferentes doses de AS e o tratamento controle, quanto entre o período de armazenamento, analisados separadamente (Tabela 5). O resultado de índice de maturação obtido nesse estudo diverge ao encontrado para maçã cv. Jonagold, onde os frutos imersos por 5 minutos em diferentes doses de AS tiveram uma tendência a ser maior do que os frutos imersos no controle (água destilada) (KAZEMI; ARAN; ZAMANI, 2001). Essa diferença pode ser atribuída a cultivar a ser plantada e as condições edafoclimáticas da região na qual está estabelecida o pomar (ROCHA NETO et al., 2014). Por exemplo: no estudo de Kazemi; Aran e Zamani (2001), utilizou-se a maçã cv. Jonagold e o pomar estava estabelecido na cidade de Karaj, Alborz, Irã e em contrapartida neste estudo utilizou-se maçãs cv. Eva e o pomar estava estabelecido na cidade de Santa Maria, São Paulo, Brasil.

Tabela 5 - Valores médios de índice de maturação, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	7,58 a	7,71 a	7,15 a	7,75 a	8,92 a	8,55 a	7,94
1 mM	7,58 a	7,31 a	7,66 a	7,55 a	8,62 a	9,35 a	8,01
2 mM	7,58 a	6,99 a	8,13 a	8,86 a	8,84 a	8,83 a	8,20
3 mM	7,58 a	7,71 a	8,10 a	7,43 a	7,40 a	8,37 a	7,77
Média	7,58 b	7,43 b	7,76 ab	7,90 ab	8,45 ab	8,78 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No entanto, houve diferença apenas na média geral do índice de maturação no período de armazenamento, onde o índice de maturação foi maior no tempo 35

(8,78) e menor nos tempos 0 e 7, com valores de 7,58 e 7,43, respectivamente (Tabela 5). O índice de maturação está diretamente relacionado com a síntese de etileno, onde a diminuição da síntese de etileno reflete em um retardo do IM do fruto (BRACKMANN et al., 2009). Neste estudo, percebe-se que os índices de maturação gerais ao longo do tempo tiveram uma tendência de aumento, com isso, pode-se inferir que os diferentes tratamentos, assim, como o controle, não diminuíram ou até mesmo inibiram a síntese de etileno do fruto.

1.4.7 Textura (firmeza do fruto)

A textura da maçã pode sofrer diminuição durante o armazenamento refrigerado, resultando em frutos com textura macia (KAZEMI; ARAN; ZAMANI, 2001). Com isso, é de extrema importância a consorciação de métodos de conservação que não afete a textura do fruto durante o armazenamento a frio.

Os valores de textura dos frutos de maçã cv. Eva tratados com diferentes doses de AS mostram que a interação dupla dos fatores tempo x dose foi significativa (Tabela 6). Ao final dos 35 dias de armazenamento frutos tratados com as diferentes doses de AS tiveram maior firmeza de polpa em relação ao controle (Tabela 6). Resultados, semelhantes foram encontrados em maçã cera 'Taaptimjaan' (*Syzygium samarangense*), onde a firmeza de frutos imersos em 0,5 e 1,0 mM de AS não diferiram entre si, e foi significativamente maior do que a do controle durante o armazenamento por 3 dias (SUPAPVANICH et al., 2018). Isso se deve pelo fato que, o AS afeta o inchaço celular que leva a manutenção da firmeza dos frutos colhidos (ZHANG et al. 2003). Além disso, a aplicação exógena de AS pode atrasar a disfunção da membrana e o aumento da pectina solúvel (PROMYOU; SUPAPVANICH, 2016) e também inibir certas hidrolases da parede celular (SRIVASTAVA; DWIVEDI, 2000) durante o amadurecimento dos frutos.

Tabela 6 - Valores médios de textura, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	72,8 Aa	77,7 Aa	81,7 Aa	77,3 Ab	69,23 ABab	55,20 Bb	72,34 a
1 mM	72,8 Bb	85,2 Aba	87,3 Aa	82,2 Aba	72,53 Ba	64,43 Ca	75,77 a
2 mM	72,8 Ba	86,8 Aa	87,1 Aa	70,0 BCb	56,33 Cb	63,2 BCa	72,74 a
3 mM	72,8 ABa	80,5 Aa	83,4 Aa	81,4 Aab	60,20 Bab	61,90 Ba	73,40 a
Média	72,8 C	82,6 AB	84,9 A	77,76 BC	64,57 D	61,18 D	-

*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e medias seguida por mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de textura (firmeza) tiveram tendência em serem menores aos 28 e 35 dias de armazenamento, em comparação aos demais tempos de armazenamento (Tabela 6). Essa tendência de resultados é semelhante ao obtido para a maçã cera, onde a firmeza da fruta diminuiu continuamente ao longo do tempo de armazenamento (SUPAPVANICH; MITSANG; YOURYON, 2017). Isso ocorre pelo fato que durante o processo de amadurecimento da fruta, ocorre mudanças nos polissacarídeos da parede celular, levando a uma redução líquida em certas estruturas e composições da parede celular (SETHU et al., 1996; BRUMMELL; HARPSTER, 2001). Adicionalmente, durante o amadurecimento da fruta, ocorre uma diminuição do teor de pectina total e uma desmontagem da parede celular primária e das estruturas da lamela média, consequentemente proporcionando a perda de firmeza (GIONGO et al., 2013).

1.4.8 Coloração da casca e da polpa

A coloração é um atributo de qualidade importante, por ser o principal fator de atração para o consumidor. A maçã cv. Eva tem como característica uma epiderme de coloração vermelho-escarlata com estrias leves sobre fundo creme-amarelado lembrando a coloração da cv. Gala quando maduras (BERNADI; DENARDI; HOFFMANN, 2004). No entanto, salienta-se ainda que a coloração da epiderme de maçãs não é considerada um índice de maturação, pois se desenvolve precocemente e varia grandemente em função de fatores ambientais e das cultivares (CHAGAS et al., 2012).

As mudanças na coloração da casca (epiderme) e/ou da polpa ocorre devido à degradação da clorofila e síntese de novos pigmentos, como, por exemplo, carotenóides (amarelo) e antocianinas (vermelho e roxo), e é um dos parâmetros mais utilizado para a determinação de cada categoria dos frutos na pós-colheita (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2009). Com isso métodos de conservação que proporcionem a manutenção dessas características são de extrema importância. No entanto, como pode se observar os parâmetros de coloração como de luminosidade (L), cromaticidade (c) e angulo de cor ou Hue, referentes à cor da casca e da polpa da maçã cv. Eva submetidas ao tratamento com AS apresentaram os mesmos níveis quando comparados aos não tratados com AS, nos diferentes tempos de armazenamento (Tabela 7 – 12).

Tabela 7. Valores médios luminosidade (L) da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	66,15	67,08	66,42	64,11	68,97	68,43	66,86
1 mM	66,15	66,32	67,98	66,11	68,31	67,70	67,10
2 mM	66,15	64,39	64,83	63,90	66,47	67,57	65,55
3 mM	66,15	62,62	62,27	64,42	68,96	67,46	65,32
Média	66,15	65,10	65,38	64,64	68,18	67,79	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Valores médios cor c da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	43,59	42,34	42,05	41,41	41,64	41,53	42,09
1 mM	41,92	41,39	41,16	42,65	42,29	41,39	41,80
2 mM	42,59	42,09	42,31	41,42	42,63	41,25	42,05
3 mM	42,59	41,49	42,69	41,82	41,21	41,92	41,95
Média	42,67	41,83	42,05	41,83	41,94	41,52	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Valores médios cor h da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	74,50	74,88	76,65	75,13	75,63	75,19	75,33
1 mM	76,16	76,54	73,76	75,55	73,55	71,14	74,45
2 mM	74,83	75,19	76,20	74,98	73,80	76,02	75,17
3 mM	74,50	76,25	75,24	74,44	73,85	75,56	74,97
Média	74,50	75,72	75,46	75,02	74,21	74,48	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Valores médios luminosidade (L) da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	88,68	88,88	87,59	87,33	87,25	87,11	87,81
1 mM	88,68	89,01	87,24	87,19	87,96	88,29	88,06
2 mM	88,68	88,65	87,24	87,19	87,79	87,88	87,90
3 mM	88,68	88,42	87,63	87,70	88,54	87,96	88,15
Média	88,68	88,74	87,43	87,35	87,88	87,81	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Valores médios C da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	21,30	21,98	21,59	22,96	22,74	21,56	22,02
1 mM	22,30	22,05	21,94	21,69	23,05	21,87	22,15
2 mM	21,30	21,81	22,12	22,69	21,97	22,43	22,05
3 mM	21,30	22,56	22,80	22,98	22,25	22,52	22,40
Média	21,55	22,10	22,11	22,58	22,50	22,10	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Valores médios h da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	103,79	103,90	103,63	103,49	102,97	103,27	103,51
1 mM	103,79	103,24	103,54	103,19	103,98	103,41	103,52
2 mM	103,79	104,65	102,55	104,00	102,82	103,60	103,57
3 mM	103,79	103,03	103,34	103,43	103,64	104,14	103,56
Média	103,79	103,70	103,26	103,53	103,35	103,61	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

1.4.9 Atividade antioxidante (%)

Os resultados da atividade antioxidante (%) dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AS e o controle mostram que não houve interação dupla (Tempo x Dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente.

Com relação à média geral dos frutos (Média tempo) dentro dos tempos de análise, observou-se diferença estatística significativa, onde o menor valor foi aos 0 dias de armazenamento, com 85,68% (Tabela 13). Os compostos antioxidantes são produzidos pelos frutos naturalmente e podem ser perdidos em consequência do processamento e armazenamento, afetando dessa forma, a capacidade antioxidante do alimento (KAUR; KAPOOR 2001). No entanto, nos resultados verificou-se que as maçãs cv. Eva, apresentaram alta capacidade antioxidante, características foram

mantidas ou apresentaram acréscimo ao longo do período experimental independentemente do tratamento utilizado. Isso reforça que, os frutos da macieira contem alto teor de bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e polifenóis encontrados na polpa e na casca, podendo fornecer os muitos benefícios antioxidantes: como a redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer entre outras doenças (TSAO et al., 2005).

Tabela 13 – Valores médios atividade antioxidante (%) de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	85,85 a	88,02 a	88,11 a	90,22 a	88,77 a	88,27 a	88,21
1 mM	85,85 a	86,24 a	89,91 a	90,61 a	90,77 a	89,17 a	88,75
2 mM	85,18 a	90,13 a	91,65 a	92,81 a	91,17 a	91,27 a	90,37
3 mM	85,85 a	85,08 a	87,55 a	87,94 a	88,96 a	91,00 a	87,73
Média	85,68 b	87,37 ab	89,31 a	90,40 a	89,92 a	89,93 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.4.10 Compostos fenólicos

Os resultados dos teores de compostos fenólicos dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AS e o controle mostram que não houve interação dupla (Tempo x Dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente (Tabela 14).

Com relação à média geral dos frutos (Média tempo) dentro dos tempos de análise, observou-se diferença estatística significativa, onde os teores de compostos fenólicos diminuíram aos 28 e 35 dias de armazenamento. Essa diminuição se deve a uma série de alterações químicas e enzimáticas de determinados fenóis durante o processo de amadurecimento (ROBARDS et al., 1999). Entre estas pode-se citar as hidrólises de glicosídeos por glicosidases, oxidação de fenóis por fenoloxidasas e polimerização de fenóis livres (ROBADS et al., 1999; VIEITES et al., 2014).

Tabela 14 - Valores médios compostos fenólicos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	118,81 a	114,49 a	113,74 a	112,44 a	115,73 a	111,80 a	114,50
1 mM	115,48 a	114,38 a	114,42 a	112,65 a	113,44 a	111,63 a	113,67
2 mM	108,81 a	106,58 a	111,89 a	102,79 a	105,92 a	102,10 a	106,35
3 mM	116,81 a	113,18 a	109,73 a	112,32 a	103,42 a	105,91 a	110,23
Média	114,98 a	112,16 a	112,45 a	110,05 a	109,63 ab	107,86 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo

Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.4.11 Polifenoloxidase (PPO)

Os resultados da atividade da enzima PPO dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AS e o controle mostram que não houve interação dupla (Tempo x Dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente.

Com relação à média dos frutos dentro dos tempos de análise, observou-se diferença estatística significativa. Nota-se que as maçãs cv. Eva no tempo 0 dias, independente da dose, apresentaram a maior atividade da enzima polifenoloxidase do que os demais tempos de armazenamento (Tabela 15). A diminuição na atividade da polifenoloxidase nos demais tempos de armazenamento é devido provavelmente ao fato de existir de forma paralela uma diminuição no teor dos compostos fenólicos (substratos das enzimas polifenoloxidases), e consequentemente, a menor disponibilidade de substratos fenólicos implica na redução na atividade da polifenoloxidase (DA SILVA et al., 2013).

Tabela 15 - Valores médios PPO de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AS, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	2,81 a	0,37 b	0,24 b	0,46 b	0,37 b	0,69 b	0,83
1 mM	2,81 a	0,79 b	0,20 b	0,18 b	0,53 b	0,41 b	0,82
2 mM	2,81 a	0,33 b	0,24 b	0,38 b	0,51 b	0,40 b	0,78
3 mM	2,81 a	0,33 b	0,18 b	0,24 b	0,37 b	0,53 b	0,75
Média	2,81 a	0,46 b	0,22 b	0,33 b	0,45 b	0,51 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.5 CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- Os frutos de maçã cv. Eva imersos no tratamento controle e no tratamento 3 mM de AS apresentaram menores perda de massa fresca aos 35 dias de armazenamento, em comparação aos demais tratamentos.
- Os tratamentos 1 mM, 2 mM e 3 mM com AS ao final de 35 dias de armazenamento proporcionou frutos com maior firmeza.
- As análises de incidência de doenças em frutos de maçã cv. Eva pra os tratamentos com AS e para o tratamento controle não apresentaram incidência de doenças, devido as ótimas condições de colheita e armazenamento realizadas durante os experimentos
- O AS pode ser um produto promissor na aplicação pós-colheita em frutas e hortaliças.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. O.; YANG, S. F. Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. **Proceedings of the National Academy of Science of USA**, v. 76, p. 170-174, 1979.
- ALI, S. S. *et al.* Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, p. 1-15, 2008.

ALTUNATMAZ, S. S.; ISSA, G.; AYDIN, A. Detection of airborne psychrotrophic bacteria and fungi in food storage refrigerators. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 4, p. 1436-1443, 2012.

ANESE, R. de O.; FRONZA, D. **Fisiologia Pós-Colheita em Fruticultura**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 130 p., 2015.

ANUÁRIO - **Anuário Brasileiro de Fruticultura** 2018 – Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz Ltda, 2018. 51p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTICULTURA 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2020. 96 p. Disponível em <<http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2020/05/HORTIFRUTI2020.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2021.

AOAC - **Official methods of analysis chemists**. 18. ed. Washington: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 2005.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 502-509, 2010.

AUTIO, W. R.; BRAMLAGE, W. J. Effects of AVG on maturation, reopening and storage apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 107, p. 1074-1077, 1982.

AVALOS-LLANO, K. R.; MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effect of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut strawberries. **Food chemistry**, v. 264, p. 393-400, 2018.

AWAD, A. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulturae**, v. 83, p. 249-263, 2000.

BARRETO, C. F. *et al.* Ácido salicílico na pós-colheita para redução de podridão parda e manutenção qualidade de pêssego 'chiripá'. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 17, n. 1, p. 50-57, 2016.

BARRY, C. S.; LLOP- TOUS, M. I.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the trasation from system-1 to systeme-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, v. 123, p. 979- 986, 2000.

BECKERS, G. J. M.; SPOEL, S. H. Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. **Plant biology**, v. 8, n. 01, p. 1-10, 2006.

BERNARDI, J.; DENARDI, F.; HOFFMAN, A. Cultivares e porta-enxertos. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil: maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 32-46.

BIANCHI, M. D. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de nutrição**, v. 12, p. 123-130, 1999.

BITTENCOURT, C. C.; BARONE, F. M. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração pública**, v. 45, n. 4, p. 1199-1222, 2011

BLEECKER, A. R.; KENDER, H. Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 16, p. 1-18, 2000.

BLEICHER, J. História da macieira. In: EPAGRI (Org.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 29-36.

BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, v. 7, n. 1, p. 29-81, 1976.

BOLLER, T.; HERNER, R. C.; KENDE, H. Assay for and enzymatic formation of an ethylene precursor, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Planta**, v. 145, p. 293-303, 1979.

BORSATTI, F. C. *et al.* Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 318-326, 2015.

BOYER, J.; LIU, R. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v. 3, n. 1, p. 5, 2004

BRACKMANN, A. **Técnicas de armazenamento de produtos hortícolas**. In: II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita, 2., 2007. Viçosa, MG. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 127-134.

BRACKMANN, A. *et al.* Qualidade da maçã "Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2151-2156, 2008.

BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento refrigerado. In: GIRARDI, C.L. **Frutas do Brasil: maçã – pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 58-66.

BRACKMANN, A. *et al.* Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, p. 647-650, 2003.

BRACKMANN, A. *et al.* Aminoethoxyvinylglycine: isolated and combined with other growth regulators on quality of 'Brookfield' apples after storage. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 221-228, 2015.

BRACKMANN, A. *et al.* Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of 'Fuyu' persimmon fruit stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, v. 44, p. 612-615, 2014.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Responses of 'Gala' apples to preharvest treatment with AVG and low ethylene CA storage. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 155-157, 2001.

BRACKMANN, A. *et al.* Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, v. 68, p. 519-525, 2009.

BRAGA, H. J. *et al.* Zoneamento de riscos climáticos no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 439-445, 2001.

BRAMLAGE, E. J. *et al.* Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 105, n. 6, p. 847-851, 1980.

BRASIL – Ministério da Saúde. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1020 p.

BRAVERMAN, J.B.S. Introducción a la bioquímica de los alimentos. **Barcelona: ômega**, 1967. 355p.

BRIZZOLARA, S. *et al.* Primary metabolism in fresh fruits during storage. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 80, 2020.

BRUINSMA, J.; PAULL, R. E. Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. **Plant Physiology**, v. 76, n. 1, p. 131-138, 1984.

BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Cell Walls**, p. 311-340, 2001.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v.7, 102 p.

BURG, S. P.; BURG, E. A. Relationship between ethylene production and ripening in banana. **Botany Gazzeta**, v. 126, p. 200-204, 1965.

CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos' Biuti' por irradiação. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 53-57, 2003.

CHAGAS, E. A. *et al.* Produção e atributos de qualidade de cultivares de macieira nas condições subtropicais da região Leste paulista. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1764-1769, 2012.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREN, F. M. (Ed.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: Ufla/SBEA, 1998. p. 1-57.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005, 785p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005, 785p.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 59, p. 324-325, 1992.

DA SILVA, M. M. *et al.* Comportamento da enzima polifenoloxidase em maçãs cv. "gala" minimamente processadas tratadas com diferentes conservantes e armazenadas por distintos períodos. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS PARA A REGIÃO SUL, 8., 2013, Passo Fundo: anais. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2013.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 185-209, 2004.

EILERT, J. B. *et al.* Comparação fenológica de quatro cultivares de macieira na região de Palmas-PR. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 3, p. 320-329, 2017.

EPAGRI/CEPA. Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina/centro de socioeconômica e planejamento agrícola. Boletim Agropecuario, Santa Catarina nº 83 p.7-9, 2020. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n83.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

EPAGRI/CEPEA - **SINTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA (EPAGRI/CEPEA)**. Departamento de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. Boletim Informativo de 2018.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Situação da fruticultura no Brasil. In: FACHINELLO J. C.; NACHTIGAL J. C.; KERSTEN, E. **Fundamentos fruticultura**. Embrapa Clima Temperado, 2009.

FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; BLANKENSHIP, S. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 8, p. 3063-3068, 1999.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. **Hort Science**, v. 35, p. 885-887, 2000.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P.; BUCHANAN, D. Continuous requirement of ethylene for apple fruit volatile synthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1959-1963, 1998.

FANTE, C. A. *et al.* Antioxidant activity during storage of apples subjected to irradiation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 269-275, 2015.

FANTE, C. A. *et al.* 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 43, p. 2142-2147, 2013.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. UFV, Viçosa, Brasil, 2002.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV. (Cadernos didáticos, 19), 1997. 29 p.

FIORAVANÇO, J. C. Maçã brasileira: da importação à auto-suficiência e exportação – a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, p. 56- 67, 2009.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 99-119, 2002.

FÜHR, J. *et al.* Importância do comércio exterior para as principais cadeias do agronegócio catarinense na última década. **Revista Catarinense De Economia**, v. 4, n. 1, p. 76-97, 2020.

GALANI, J. H. *et al.* Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, p. 59, 2017.

GEPSTEIN, S.; KIEBER, J. Etileno: o hormônio gasoso. In: TAIZ, L, ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 22, p. 647-670.

GIONGO, L.; PONCETTA, P.; LORETTI, P.; COSTA, F. Texture profiling of blueberries (*Vaccinium spp.*) during fruit development, ripening and storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 34-39, 2013.

GIRARDI, C. L. Introdução. In: GIRARDI, C. L. **Frutas do Brasil: maçã – pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 9.

GONÇALVES, J. S. *et al.* Produção, mercado e inserção internacional da maçã brasileira. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 95-136, 1996.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A. *et al.* Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 475-482, 2010.

GOUVEIA, A. M. S. *et al.* Qualidade de raízes de batata-doce em função da adubação nitrogenada e conservação. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2014.

GREENE, D. W. An update on preharvest drop control of apples with aminothoxyvinylglycine (Retain). **Acta Horticulturae**, v. 727, 2006

GRÜNER, R. *et al.* Salicylic acid and the hypersensitive response initiate distinct signal transduction pathways in tobacco that converge on the as-1-like element of the PR1a promoter. **European Journal of Biochemistry**, v. 270, p. 4876-4886, 2003.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition reviews**, v. 52, n. 8, p. 253-265, 1994.

HALLIWELL, B. *et al.* The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, n. 7, p. 601-617, 1995.

HAMMERSCHMIDT, R. Systemic acquired resistance. **Advances in Botanical Research**, v. 51, p. 173-222, 2009.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C.Y. The comercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. **US Department of Agriculture**, Agricultural Research Service, 1986.

HAUAGGE, R.; TSUNETA, M. IAPAR 75 – Eva, IAPAR 76 – Anabela e IAPAR 77 – Carícia – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 3, p. 239-242, 1999.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBOLYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572- 584, 2002.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HOEBERICHTS, F. A.; VAN DER PLAS, L. H. W.; WOLTERING, E. J. Ethylene perception is required for expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 125-133, 2002.

HORTIFRUTI/CEPEA, 2021 – Maçã – disponível em: <http://hfbrasil.org.br>. Acesso em: 29 set. 2021

IAPAR, 2020. Instituto Agronômico do Paraná. Macieira **IAPAR 75 - EVA**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/file/zip_pdf/eva.pdf. Acesso em: 03 out. 2021.

IEBERMAN, M. Biosynthesis and action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 30, p. 533-591, 1979.

IMRAN, H. *et al.* Effect of salicylic acid (SA) on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. **Frontiers of Agriculture in China**, v. 1, n. 4, p. 456-459, 2007.

JALALI, B. L.; BHARGAVA, S.; KAMBLE, A. Signal transduction and transcriptional regulation of plant defense responses. **Journal of Phytopathology**, v. 154, p. 65-74, 2006.

JERÔNIMO, E. M.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas ‘Palmer’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2000.

JOYCE, D. C. *et al.* Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of ‘Kensington Pride’ mango fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 6, p. 805-813, 2001.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food technology (USA)**, 1986.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti- oxidant activity and total phenolic- the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

KAZEMI, M.; ARAN, M.; ZAMANI, S. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, n. 2, p. 113-119, 2011.

KHADEMI, O *et al.*. Extending Storability of Persimmon Fruit cv. Karaj by Postharvest Application of Salicylic Acid. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, p. 1067-1074, 2012.

KLUGE, R. A. Macieira. IN: KLUGE, R. A., CASTRO, P. R. C. in: **Ecofisiologia de Fruteiras: Abacateiro, Acerola, Macieira, Perreira e Videira**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2003. p. 44-64.

KNEKT, P. *et al.* Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. **American Journal of Epidemiology**, v. 146, n. 3, p. 223-230, 1997.

KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: **TWIGG, B.A.** Quality control for the food industry. Westport, Avi, 1973. v. 2, p. 157-227.

KREUZ, C. L.; BENDER, R. J.; BLEICHER, J. História e importância econômica da macieira. In: **Manual da Cultura da Macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 13-25

LACHMAN, J.; *et al.* Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. **Food Science and Technology**, v. 43, p. 52–58, 2010.

LANDAU, E. C.; DA SILVA, G. A. Evolução da produção de maçã (*Malus x domestica*, Rosaceae). **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 925-950, 2020.

LELIÈVRE, J. M.; LATCHÈ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia plantarum**, v. 101, n. 4, p. 727-739, 1997.

LINDER, S. A. Proposal for the use of stardadized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological investigations. **Physiologia Plantarum**, n. 32, p. 154-56, 1974.

LOPES, P. R. C. *et al.* Caracterização fenológica, frutificação efetiva e produção de maçãs “Eva” em clima semiárido no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1277-1283, 2012.

LUO, Z.; CHEN, C.; XIE, J. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of ‘Qingnai’ plum fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 62, n. 2, p. 115-120, 2011.

MAILLARD, M. N. *et al.* Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 3, p. 238-244, 1996.

MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* in tomato. **Plant physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.

MEDEIROS, W. P. *et al.* Extrato de própolis e seu efeito na conservação da maçã Fuji (*Malus domestica*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e6210212021-e6210212021, 2021.

MENSOR, L. L. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. 1998. 59 p.

MIR, N. A. *et al.* Relationship between ethylene response manipulation and volatile production in Jonagold variety apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2653- 2659, 1999.

MORENO, J. J. *et al.* Effect of postharvest dehydration on the composition of Pinot Noir grapes (*Vitis vinifera* L.) and wine. **Food Chemistry**, v.109, p. 755–762, 2008.

NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J. S. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil: maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 63-77.

NASSUR, R. C. M. R. Qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzidos em sistema orgânico. **Lavras: UFLA**, v. 127, 2009.

NEILL, S. O. *et al.* Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Pant Cell and Enviroment**, v. 25, n. 4, p. 539-547, 2002.

NEUWALD, D. A. *et al.* Conservação da qualidade de maçãs devido aos avanços nas técnicas de armazenamento. **Jornal da Fruta**, p. 19-21, 2012.

NICOLAS, J. J. *et al.* Enzymatic browning reactions in apple and apple products. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 34, n. 2, p. 109-157, 1994.

NOGUEIRA, A. *et al.* Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. Publicação da Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Exact Soil Science**, v. 9, n. 3, p. 7-14, 2003.

OLIVEIRA, D. da. S. *et al.* Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, D. L. D. O. *et al.* Qualidade da maçã cv. Eva produzida em duas regiões de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 269-272, 2014.

OLIVEIRA, D. L. *et al.* Maçã 'Eva' desponta a produção no estado de Minas Gerais. **Belo Horizonte, EPAMIG. 4p. (Circular Técnica, 141)**, 2011.

OU, B. *et al.* Analisis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 11, p. 3122-3128, 2002.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.

PEREZ, L. H. Produção e comércio internacional de maçã, 2003 a 2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 53-61, 2006.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 229-260.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4 p. 857-1166, 2008.

PETRI, J. L. *et al.* Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 48-56, 2011.

PROMYOU, S.; SUPAPVANICH, S. Effects of salicylic acid immersion on physicochemical quality of Thai papaya fruit 'Kaek Dam' during storage. **Acta Horticulture** v. 1111, p. 105-112, 2016.

PUBCHEM. National Center for Biotechnology Information. 'PubChem Compound Summary for CID 338, Salicylic acid" PubChem', Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Salicylic-acid>. Acesso em: 27 ago. 2021.

PUBCHEM. National Center for Biotechnology Information. 'Pubchem Compound Summary for CID 6436272, Aviglycine PubChem'. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aviglycine>. Acesso em: 27 ago. 2021.

R CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Available online: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

RANDO, R. R. Chemistry and enzymology of Kcat inhibitors. **Science**, v. 185. n. 4148. p. 320-324. 1974.

RANDO, R. R. Chemistry and enzymology of Kcat inhibitors. **Science**, v. 185. n. 4148. p. 320-324. 1974.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 43, p. 439–463, 1992.

REID, M. S. Ethylene in Postharvest Technology. In: KADER, A. A. (Eds.) **Posthavest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002. p. 149-162.

ROBARDS, K. *et al.* Phenolics compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 40-136, 1999.

ROCHA NETO, A. C. **Mecanismos de ação do ácido salicílico no controle do bolor azul (*Penicillium expansum*) em frutos de maçã**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014, 172. p.

ROCHA NETO, A. C.; DI PIERO, R. M. Controle do bolor azul em frutos de maçã imersos em solução de ácido salicílico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, 2013.

ROCHA, F. G.; PUJOL, A. F. T. Cultivo de macieiras e produção de sidra com denominação de origem protegida no principado das astúrias, Espanha. **Acta Geográfica**, p. 187-205, 2014.

ROMANI, R. *et al.* Preharvest aminoethoxyvinyl glycine treatment of cultivar Bartlett pear fruits: effects on ripening color change and volatiles. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, n. 6, p. 1046-1049, 1983.

SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. **A Cultura da macieira no Paraná**, v. 1, p. 1-8, 2009.

SCHUPP, J.; GREENE, D. W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples: I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, v. 39, p. 1030-1035, 2004.

SETHU, K. M P.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Post-harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annuum* fruits. **Phytochemistry**, v. 42, n. 4, p. 961-966, 1996.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Postharvest treatment with 1-MCP in apple 'Gala' mutants: physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity. **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 40-47, 2018.

SILVA, A. V. C. *et al.* Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemóia. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 300-304, 2009.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, M. *et al.* Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 59-64, 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SRIVASTAVA, M. K.; DWIVEDI, U. N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Plant science**, v. 158, n. 1-2, p. 87-96, 2000.

STEFFENS, C. A. *et al.* Respiratory rate of fruits of temperate climate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 313-321, 2007.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.

STEFFENS, C. A. *et al.* O tratamento pré-colheita com aminoetoxivinilglicina ou ácido giberélico preserva a qualidade pós-colheita de ameixas' Laetitia'. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 222-227, 2011.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, set. 2005.

STROKA, M. A. *et al.* Effect of anti-hail nets with different colors on ‘Eva’ apple trees agronomical responses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 43, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009, 819p

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of Science and Food Agriculture**, n. 81, p. 853-879, 2001.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. Westport: Conn. Avi, 1961. 1028 p.

TSANTILI, E. *et al.* compounds, maturation and quality in fresh green olives for table use during exposure at 20° C after preharvest ReTain treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 26-32, 2012.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

VIEITES, R. L. *et al.* Maçã 'Eva' orgânica submetida a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 187-193, 2014.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

WACLAWOVSKY, A. J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação pré colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. 2001. 134 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WANG, Z.; DILLEY, D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, p. 328-331, 2001.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, p. 55-58, 1971.

WILMES, A. *et al.* O. Identification and dissection of the Nrf2 mediated oxidative stress pathway in human renal proximal tubule toxicity. **Toxicology In Vitro**, v. 25, n. 3, p. 613-622, 2011.

YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, v. 20, n. 1, p. 41-45, 1985.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 3, p. 253-262, 2005.

ZHANG, H. *et al.* Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 60-65, 2008.

CAPÍTULO 2

AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DA MAÇÃ cv. EVA SOB CULTIVO ORGÂNICO

RESUMO

As maçãs (*Malus domestica* Borkh), é um fruto perecível, com vida útil na pós-colheita relativamente baixa, sua elevada perecibilidade e baixo período de pós-colheita é decorrente da alta produção de etileno e atividade respiratória. Diante disso, a utilização de substâncias inibidoras da biossíntese do etileno, como a aminoetoxivinilglicina (AVG), em pré e pós colheita vem sendo testada afim de aumentar a vida pós colheita de frutos. O objetivo deste estudo foi estudar o efeito da aplicação de AVG sobre a qualidade pós-colheita de maçã cv. Eva. Os frutos foram imersos por três minutos em três doses de AVG (500 mg/L^{-1} , 1000 mg/L^{-1} , 1.500 mg/L^{-1}) e o tratamento controle, com três repetições. Os frutos foram armazenados em câmara fria com temperatura de $0 \pm 1^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 6\%$ durante 35 dias. As análises foram realizadas nos dias 0, 7, 14, 21, 28 e 35 de armazenamento. Foram analisadas as características físico-químicas: perda de massa, taxa de respiração, potencial hidrogeniônico, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação, textura (firmeza do fruto), coloração da casca e da polpa (cor); e bioquímicas: atividade antioxidante, compostos fenólicos e polifenoloxidase. As menores porcentagens de perda de massa ocorreram nas doses 500 e 1500 mg/L^{-1} , contudo, em todos os tratamentos as porcentagens ficaram entre o índice de perda de massa aceitável (5 a 10%). As demais características analisadas não sofreram influência dos tratamentos, contudo como esperado sofreram influência do tempo de armazenamento. Exceto para perda de massa fresca, os tratamentos com AVG não influenciaram significamente nas características físico-químicas analisadas.

Palavras-chave: Aminoetoxivinilglicina; inibidores de etileno; perda de massa fresca; polifenoloxidase.

ABSTRACT

Apples (*Malus domestica* Borkh), is a perishable fruit, with a relatively short post-harvest shelf life, their high perishability and short post-harvest period are due to the high ethylene production and respiratory activity. Therefore, the use of ethylene biosynthesis inhibitor substances, such as aminoethoxyvinylglycine (AVG), in pre- and post-harvest has been tested in order to increase the life after harvest of fruits. The aim of this study was to study the effect of AVG application on the postharvest quality of apples cv. Eva. The fruits were immersed for three minutes in three doses of AVG (500 mg/L⁻¹, 1000 mg/L⁻¹, 1,500 mg/L⁻¹) and the control treatment, with three repetitions. The fruits were stored in a cold chamber at a temperature of 0±1 °C and a relative humidity of 60±6% for 35 days. Analyzes were performed on days 0, 7, 14, 21, 28 and 35 of storage. The physicochemical characteristics were analyzed: mass loss, respiration rate, hydrogenic potential, titilable acidity, soluble solids, maturation index, texture (fruit firmness), skin and pulp color (color), antioxidant activity, compounds phenolics and polyphenol oxidase. The smallest percentages of mass loss occurred at 500 and 1500 mg doses, however, in all treatments, the percentages were within the acceptable mass loss index (5 to 10%). The other characteristics analyzed were not influenced by the treatments, however, as expected, they were influenced by the storage time. Except for flesh mass loss, treatments with AVG did not significantly influence the physicochemical characteristics analyzed.

Keywords: Aminoethoxyvinylglycine; ethylene inhibitors; flesh mass loss; polyphenol oxidase.

2.1 INTRODUÇÃO

A maçã, em função de sua elevada taxa respiratória, apresenta rápida perda de firmeza da polpa, redução da acidez titulável e amarelecimento da cor de fundo da epiderme durante o armazenamento e o processo de comercialização (BRACKMANN et al., 2008). O etileno é o único hormônio de forma gasosa, sendo o principal responsável por esses processos bioquímicos que resultam em perdas pós-colheita (LELIÈVRE et al., 1997; STEFFENS et al., 2006). Com isso, a utilização de métodos de conservação que atuem diminuindo a ação e produção do hormônio etileno é uma das formas mais eficazes de se manter a qualidade e conservação dos frutos de maçã após a colheita (FAN; MATTHEIS; BLANKENSHIP, 1999; BRACKMANN et al., 2003; BRACKMANN et al., 2008).

Diante disso, na tecnologia pós-colheita vem sendo utilizando uma série de métodos de conservação que visam retardar o amadurecimento e a senescência dos frutos, como por exemplo: o armazenamento refrigerado, atmosferas modificadas e controladas e removedores de etileno (BRACKMAN, 2007). Alguns absorvedores de etileno também têm sido desenvolvidos, porém estes não apresentam resultados totalmente satisfatórios, pois nem sempre reduzem as concentrações de etileno abaixo do nível fisiologicamente ativo (BRACKMANN et al., 2004).

Outra tecnologia relativamente recente é o uso de inibidores da biossíntese do etileno. Com estes inibidores pode-se conseguir um atraso no processo de maturação por meio do controle da síntese de etileno com substâncias inibidoras de enzimas dependentes de piridoxal fosfato, tal como a aminoetoxivinilglicina (AVG) (LIEBERMAN et al., 1975). A inibição ocorre pois o AVG impede que a enzima piridoxal fosfato 1-aminociclopropano-1-acidocarboxílico sintase (ACC sintase) atue e conseqüentemente, não ocorre conversão de S-adenosilmetionina (SAM) para o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), que é o precursor imediato de etileno (YANG; HOFFMAN, 1984).

Muitos trabalhos relatam que a aplicação de AVG reduziu o processo de maturação, além de manter a qualidade dos frutos após o armazenamento (BRACKMANN; WACLAWOVSKY, 2001; STEFFENS et al., 2006). Porém, também existem trabalhos que demonstram que, durante o armazenamento, maçãs tratadas

com AVG apresentam comportamento similar às não-tratadas e são induzidas a amadurecer em decorrência do etileno (AUTIO; BRAMLAGE, 1982).

Diante disso, objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação aminoetoxivinilglicina (AVG) na pós-colheita maçãs cv. Eva.

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

2.2.1 Aspectos gerais

A macieira pertence à família Rosaceae, subfamília Maloidae (Pomoidae), gênero *Malus*. Comercialmente, a macieira cultivada possuiu variadas denominações ao longo do tempo, como *Malus domestica* Borkh, *M. sieverssi* Ledeb, *M. pumilla* Mill., no entanto, a denominação *Malus domestica* é a primeira denominação válida publicada para a macieira, segundo o Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas (PETRI; LEITE, 2008).

As espécies de macieira iniciaram seu desenvolvimento após o fim da última era glacial, há aproximadamente de 20 mil anos atrás (KREUZ et al., 1986). Elas possuem um porte que pode chegar até 10 metros de altura, porém pode ocorrer variações, limitando seu crescimento, dependendo da idade da planta, cultivar, condições climáticas e tratos culturais (KREUZ et al., 1986; SATO; ROBERTO, 2009). O crescimento vegetativo está diretamente relacionado à combinação copa/porta enxerto (PETRI; LEITE, 2008). Possui tronco de casca parda, lisa, a copa é arredondada, com flores aromáticas róseas ou brancas (SATO; ROBERTO, 2009). Sua inflorescência é uma umbela formada por seis a oito flores. A fecundação é dependente da polinização cruzada. O fruto da macieira, a maçã, apresenta forma globosa com profunda depressão no ponto de inserção da haste o qual prende aos ramos. O fruto é proveniente de um ovário ínfero, compondo as partes extracarpelares, a maior parte da polpa é constituída principalmente de parênquima. A coloração da epiderme é proveniente do teor de antocianinas (BERNARDI; DENARDI; HOFFMAN, 2004).

A macieira é uma árvore frutífera de clima temperado, cultivada em zonas subtropicais e subpolares, tem como característica passar por um período de dormência no inverno, onde ocorre a queda das folhas no final do ciclo vegetativo. Essa dependência às baixas temperaturas faz com que se desenvolva hormônios localizados nas gemas, aos quais são responsáveis pela quebra da dormência

(BRAGA et al., 2001; PETRI; LEITE, 2008). Durante a endodormência, grande parte das cultivares necessita de um determinado número de horas de frio abaixo de 7,2 °C para que a dormência seja superada (PETRI, 2006). O período frio serve para ativar e/ou aumentar as concentrações de giberelinas e citocininas e diminuir a concentração do ácido abscísico, ajudando a promover a brotação e crescimento das gemas dormentes (KLUGE 2003).

A origem exata da macieira é desconhecida, mas cogita-se que seu centro de dispersão se originou possivelmente nas montanhas da Ásia Central, onde foi apresentada como uma espécie silvestre denominada *Malus sieversii* (ROCHA; PUJOL, 2014). Adicionalmente, o centro de origem pode ter se originado provavelmente nas regiões do Cáucaso, o qual faz fronteira entre a Europa e a Ásia, e o leste da China (BLEICHER, 2006; KREUZ; BENDER; BLEICHER, 1986). Os árabes e romanos foram responsáveis por introduzir as primeiras variedades da planta na Península Ibérica, além disso, os ibéricos foram os primeiros a trazer esse fruto e sua forma de cultivo para o novo mundo (ROCHA; PUJOL, 2014).

No Brasil, o primeiro cultivo comercial de maçã ocorreu em 1926, pelo produtor Batista Bignet, com a cv. Ohio Beauty, no município de Valinhos-SP, posteriormente, em 1927 José Trombetta, comercializava mudas desta cultivar no mesmo município. Entre 1940 e 1960, havia no município de Valinhos aproximadamente 500 mil a 1 milhão de plantas de macieira, onde se destacava a cultivar Ohio Beauty, que era conhecida também como Valinhos. No final da década de 60, com as orientações do instituto Agrônomo de Campinas, o cultivo da macieira expandiu-se enormemente no Vale de Parapanema em São Paulo (PETRI et al., 2011).

No entanto, no Brasil, consolidou-se o cultivo de maçãs cvs. Gala e Fuji. A consolidação dessas cultivares possibilitou atender as exigências dos mercados interno e externo em questão de qualidade, além disso, possibilitou ganhos em produtividade. A aparência da maçã, como coloração vermelha da epiderme, o tamanho dos frutos, e as características organolépticas agradaram o paladar do consumidor brasileiro, e foram fatores decisivos para o crescimento da produção e substituição da maçã importada (FIORAVANÇO, 2009).

2.2.2 Produção e mercado

A produção brasileira de maçã cresceu significativamente desde o início da década de 1970, permitindo que o Brasil entrasse no mercado de exportação da fruta.

O aumento da produção demonstrou a capacidade do setor de criar vantagens competitivas, conseguindo superar entraves de ordem tecnológica, econômica e de organização empresarial, imprescindíveis no segmento de frutas frescas (GONÇALVES et al., 1996; FÜHR et al., 2020). O setor nacional de produção de maçã, representa exemplo real da possibilidade de substituição de importações e ampliação do mercado interno e da conquista de mercado externo por produto de qualidade e competitividade (PEREZ, 2006; FÜHR et al., 2020).

Os avanços tecnológicos no setor foram considerados determinantes para o êxito da cultura no país (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Em última análise, essas tecnologias possibilitaram: a expansão dos pomares para áreas menos aptas dentro das principais regiões produtoras do Brasil; o incremento da produção e produtividade dos pomares; o controle mais eficiente e racional de importantes pragas e doenças da cultura; o melhor abastecimento do mercado por meio da oferta regular de maçã durante praticamente todos os meses do ano; e a consolidação da imagem da fruta nacional como produto de qualidade (FIORAVANÇO, 2009; PETRI et al., 2011).

O agronegócio da maçã localiza-se no Sul do Brasil, onde os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul representam cerca de 97,3% de toda a produção brasileira de maçã (EPAGRI/CEPEA, 2018). A média anual de produção, nestes estados tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, passando, respectivamente, de 270.325 e 216.429 toneladas em 1990-1999 para 612.002 e 601.453 toneladas em 2010-2016 (LANDAU; DA SILVA, 2020). Sendo a maior parte correspondente ao estado de Santa Catarina, com uma produção estimada de 567.023 toneladas para a safra de 2019/2020 (EPAGRI/CEPA, 2020). Com isso, em 2018 a exportação de maçã e suco rendeu a cadeia produtiva aproximadamente US\$ 9,98 milhões, no entanto, a alta na comercialização no mercado nacional durante todo ano vem diminuindo as exportações (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI E FRUTI, 2020).

2.2.3 Maçã cv. Eva

A origem da cultivar Eva se deve a um cruzamento entre as variedades Anna e Gala, comuns no Brasil, o cruzamento foi criado pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, em 1979 e testada na região sul do estado do Paraná, em 1987 (HAUAGGE; TSUNETTA, 1999; VIEITES et al., 2014). Uma das principais características encontradas nessa variedade é sua baixa exigência ao frio, precisando apenas entre

300 e 350 horas de unidades de frio a 7 °C para que ocorra brotação e o florescimento, sendo ideal para regiões com pouco frio hibernal além disso, possui vigor moderadamente rápido, ramos semieretos os quais possui crescimento compactado do tipo sem spur (HAUAGGE; TSUNETA, 1999).

Essa cultivar possuem formato cônico com tamanho médio, possui alta produtividade e precocidade no início do período de produção comercial, os frutos possui a epiderme vermelha-escarlate, sua polpa é suculenta e macia, são doces com um teor levemente acidulado (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; IAPAR, 2021).

Por sua habilidade de se adaptar melhor em clima subtropicais com altitude a partir dos 900 metros somado a alta produtividade, ela vem sendo usada em diferentes regiões, incluindo as de clima semiárido como nordeste, o qual para compensar a falta de baixas temperaturas, utiliza-se de outros meios para sua quebra de dormência, como a artificial, isso faz com que se torne um produto chave para as regiões produtoras do país devido a sua opção de oferta de frutas em épocas de frio (CHAGAS et al., 2012; LOPES et al., 2012), principalmente em Minas Gerais, onde se tornou é a cultivar mais plantada do estado. Tendo sido reconhecida tanto no âmbito nacional quanto no internacional devido à sua coloração e sabor, boa aceitação do produto pelos consumidores, à precocidade, conveniência e capacidade de beneficiar tanto consumidor, produtor e meio ambiente juntos (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; IAPAR, 2020; OLIVEIRA et al., 2011).

2.2.4 Pós-colheita da maçã

Diversas técnicas de conservação pós-colheita são utilizadas afim de retardar processos fisiológicos normais de frutos, como o amadurecimento e deteriorações microbianas, com o objetivo de estender a sua vida de prateleira que, proporcionam retenção de qualidades sensoriais e nutricionais (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2010).

Dentre essas técnicas destaca-se o armazenamento às baixas temperaturas, o qual é um método eficaz para aumentar a durabilidade do fruto, minimizando perdas na pós-colheita (GALANI et al., 2017). Sem esse método de armazenamento, ocorre maior taxa de deterioração do fruto, devido ao aumento da produção do calor vital e da liberação de dióxido de carbono (CO₂), proveniente das atividades enzimáticas e da respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BRIZZOLARA et al., 2020). Assim, a principal função da refrigeração é diminuir a taxa respiratória, manter os fatores

responsáveis pela qualidade e minimizar perdas; para que isso ocorra, é necessário que a taxa metabólica fique em um nível mínimo suficiente para manter as células vivas, assim preservando a qualidade comestíveis do produto durante todo seu período de armazenamento (GALANI et al., 2017).

Para se obterem frutos de qualidade, em pomares, é requerida boa condução que agregam técnicas de campo, conhecimento e o emprego de tecnologia. A maçã é um fruto climatérico que em determinada etapa do ciclo vital, apresentam aumento rápido e acentuado na atividade respiratória. Este aumento ocorre tanto no fruto preso à planta como também é observado após a colheita. O amadurecimento só se completa algum tempo após o pico climatérico, tornando-se imprescindível a colheita desses frutos no tempo certo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Temperaturas mais baixas podem reduzir os processos metabólicos, principalmente a respiração dos frutos, retardando o amadurecimento, ocorrendo assim um maior período de conservação (KADER, 1986). Há necessidade de conservação do fruto pelo maior tempo possível, visto que o período de colheita das principais cultivares de maçã é relativamente curto, além de que, apenas parte da produção é comercializada ou vai para industrialização no período de safra, precisando armazenar o restante da produção. Para a conservação se torne possível, o setor de frigo conservação trouxe modernas tecnologias e métodos, como é o caso de câmaras frias de atmosfera controlada, ajudando a aumentar significativamente o período de conservação, promovendo a regulação da oferta, conseqüentemente, agregando valor à fruta (GIRARDI, 2004).

A temperatura ideal para armazenamento para a maioria das cultivares de maçã está na faixa de -1 a 0 °C (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986). Contudo, limite mínimo de temperatura que pode ser utilizado com segurança para conservação da maçã, depende da variedade, além disso, deve-se evitar temperaturas muito baixas que possam ocasionar distúrbios fisiológicos pelo frio (chilling) e temperaturas de congelamento (BRACKMANN et al., 2004). Neste contexto, o emprego de baixas temperaturas no armazenamento das maçãs diminui a velocidade do metabolismo, auxiliando na manutenção das características físico-químicas, segurança alimentar e a qualidade sensorial das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ALTUNATMAZ; ISSA; AYDIN, 2012).

2.2.5 Atividade antioxidante nos frutos

Os antioxidantes são agentes responsáveis por inibir e reduzir lesões causadas pelos radicais livres nas células (BIANCHI; ANTUNES 1999). O termo radical livre é constantemente designado para qualquer átomo ou molécula com existência independente, contendo um ou mais elétrons não pareados, nos orbitais externos, que determina uma atração para um campo magnético, com capacidade de reação a qualquer composto situado próximo, passando a ter uma função oxidante ou redutora de elétrons (HALLIWELL, 1994; HALLIWELL et al., 1995).

Os radicais livres oxigenados ou nitrogenados formados nos processos oxidativos, quando em excesso geram um desbalanço, dando início ao estresse oxidativo, processo metabólico responsável pelo desencadeamento de diversos tipos de doenças crônico-degenerativas (ALI et al., 2008; VIEITES; DAIUTO; FUMES, 2012). Os radicais livres podem reagir com DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, acarretando em danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como aterosclerose, artrite reumática, câncer, entre outras (LACHMAN et al.; 2010).

Os compostos com atividade antioxidante estão distribuídos em algumas classes principais, como as vitaminas, os carotenoides e os fenóis, encontrados, principalmente, nos órgãos vegetais (AVALOS-LLANO; MARTÍN-BELLOSO; SOLIVAFORTUNY, 2018). Os principais antioxidantes são os carotenoides, flavonoides, vitaminas A, C e E; entre outros compostos, os quais estão diretamente relacionados na proteção do sistema biológico pela captura dos radicais livres (OU et al., 2002; PEREIRA; CARDOSO, 2012). A produção destes fitoantioxidantes também é dependente das condições do meio externo (ambiente), onde pode ser induzida ou regulada por condições de stress, tais como elevada radiações, temperatura, desequilíbrio mineral ou mesmo ataques de patógenos (NEILL et al, 2002; WILMES et al, 2011).

Por exemplo, frutos de mamão, manga e goiaba procedentes da Ceasa de Minas Gerais, apresentaram em sua composição compostos fenólicos como ascorbato, licopeno, β -caroteno e β -criptoxantina, os quais são potenciais fontes de antioxidantes naturais para a dieta humana (OLIVEIRA et al., 2011). A goiaba vermelha foi a fruta que mais apresentou teores elevados de compostos fenólicos (159,8 mg de EAG 100 g⁻¹ de MF), vitamina C (85,9 mg 100 g⁻¹ de MF) e licopeno (6999,3 μ g 100 g⁻¹ de MF), e também dos maiores valores para atividade antioxidante

(DPPH• = 49,1% ARR, e PR = 0,41 Abs), observando que a sua inclusão frequente na dieta é altamente saudável (OLIVEIRA et al., 2011). Por outro lado, a maçã contém alto teor de bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e polifenóis encontrados na polpa e na casca, podendo fornecer os benefícios antioxidantes como a redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer entre outras (TSAO et al., 2005).

2.2.6 Compostos fenólicos nos frutos

Os compostos fenólicos são conjuntos heterogêneos que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas, essas substâncias estão amplamente distribuídas no reino vegetal, em ênfase nas frutas e vegetais (HERNÁNDEZ; PRIETO, 1999). Pesquisas com compostos fenólicos, especialmente flavonoides, demonstram sua capacidade antioxidante, com potencial para prevenir diversas enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas (SOARES et al., 2008). Os compostos fenólicos atuam como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também com os seus radicais intermediários estáveis, onde impedem que vários ingredientes dos alimentos entre em processo de oxidação, em especial os ácidos graxos e óleos (CUVELIER; RICHARD; BERSET, 1992; MAILLARD et al., 1996; SOARES et al., 2008).

Os compostos fenólicos existentes na natureza podem ser classificados em pouco distribuídos na natureza, polímeros e largamente distribuídos na natureza. Há um número relativamente pequeno quanto aos compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza, embora estes sejam encontrados com bastante frequência. Neste grupo englobam os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol. Existem alguns compostos fenólicos que não se apresentam de forma livre nos tecidos vegetais, os quais estão presentes sob a forma de polímeros, como os taninos e as ligninas. Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza estão os fenólicos encontrados geralmente em todo o reino vegetal, mas às vezes podem serem encontrados em uma só planta (SOARES, 2002).

Os compostos fenólicos são um dos responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, fazendo destes fonte natural de antioxidantes (HEIM et al., 2002). Porém, o conteúdo de compostos fenólicos em alimentos vegetais é dependente de vários

fatores intrínsecos, como cultivar, gênero e espécie, e extrínsecos, como ambiental, agrônômico, armazenamento e manuseio (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001).

Estudos apontam a maçã como um dos frutos que mais apresenta maiores teores fenólicos (BOYER; LIU, 2004). Os compostos fenólicos estão localizados nos vacúolos (97%), já nas células da epiderme e sub-epiderme, as concentrações são superiores do que às quantidades dos tecidos internos. Dependendo da cultivar, a relação casca/polpa de concentração de fenóis pode ser de 3 a 10 vezes superior (NICOLAS et al., 1994). O consumo de maçãs apresentou melhor resultado relacionado com a prevenção de tumores no pulmão se comparado com o consumo de outras fontes de flavonoides (KNEKT et. al., 1997). Na produção de sucos de maçã, quando processados, seus compostos fenólicos podem ser perdidos, pela ação da enzima polifenoloxidase, causadora do escurecimento, há também a ocorrência de precipitados. Nesse caso, é necessária a utilização de compostos antioxidantes sintéticos para evitar a oxidação causada no processamento do suco devido à perda dos compostos fenólicos (NOGUEIRA et. al., 2003).

2.2.7 Etileno na pós-colheita

O etileno (C_2H_4) é um produto natural do metabolismo, e atua em concentrações muito baixas, participando da regulação de todos os processos de crescimento, desenvolvimento e senescência das plantas (YANG, 1985; YANG; HOFFMAN, 1984).

O aminoácido L-metionina é o precursor chave do etileno nas plantas superiores (ADAMS; YANG, 1979). Na presença de adenosina trifosfato (ATP), a enzima ATP: metionina S-adenosiltransferase; EC 2. 5. 1. 6. (Ado Met sintetase ou SAM sintetase) transfere o grupo adenosil (adenina+ribose) do ATP para a metionina, sendo a ligação no átomo de enxofre do aminoácido, formando o composto S-adenosilmetionina (Ado Met ou SAM). Pela ação da enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACC sintetase, EC 4. 4. 1. 14) a molécula do SAM é cindida em duas metades, sendo uma delas, a 5'-metiltioadenosina, reciclada no ciclo de Yang para regenerar a L-metionina e a outra parte, formada pelos quatro átomos de carbono restantes da metionina, é convertida a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), sendo essa, a etapa limitante na rota biossintética do etileno (YANG; HOFFMAN, 1984). Na última etapa da formação do etileno, a enzima ácido-1-ciclopropano-1-carboxílico oxidase (ACC oxidase) em

presença de oxigênio transforma o ACC em etileno, CO₂ e HCN (YANG; HOFFMAN, 1984).

No tecido vegetal, o etileno liga-se a uma proteína receptora específica localizada no sistema de endomembranas, promovendo o sinal químico para uma série de respostas: síntese de RNA, de enzimas hidrolíticas da lamela média e das paredes celulares, quebra da clorofila, produção de carotenoide, flavonoides e expressão gênica para a síntese das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, que estimulam a produção autocatalítica de etileno (REID, 1992; BLEECKER; KENDER, 2000; BARRY et al, 2000; HOEBERICHTS et al., 2002). Todas as frutas que amadurecem em resposta ao etileno exibem, antes da fase de amadurecimento, um aumento característico da respiração chamado climatério. Tais frutas também apresentam um pico na produção de etileno, imediatamente antes ou coincidente com o aumento da respiração (BURG; BURG, 1965).

2.2.8 Inibidores da ação do etileno

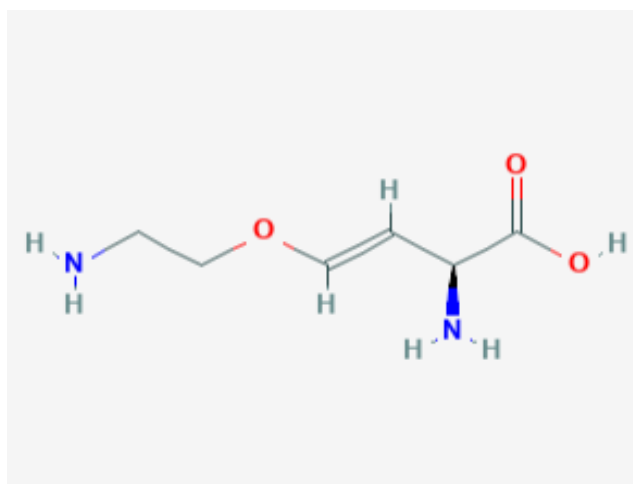
Visando diminuir a biossíntese de etileno nos frutos, várias técnicas de armazenamento vêm sendo testada nos últimos anos. Embora a refrigeração seja o fator mais importante para reduzir o metabolismo dos frutos, a utilização de modernas tecnologias como atmosfera em condições controladas (AC), resultou em grande avanço no período de conservação dos frutos (BRACKMANN, 2007; NEUWALD et al., 2012). Novos materiais de isolamento, sistemas de unificação, melhorias na tecnologia de refrigeração e de medição e controle de temperatura levou ao longo dos anos à novas tecnologias de armazenamento, como o ULO (ultra baixo oxigênio), a aplicação do inibidor de etileno 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e a atmosfera controlada dinâmica (ACD) (NEUWALD, 2012). Essas técnicas, além de causar redução da produção e ação do etileno, também atua no retardamento da maturação e na deterioração dos frutos após a colheita (FAN; MATTHEIS, 2000).

Contudo, outras técnicas que vem sendo utilizada afim de retardar a biossíntese do etileno, são a aplicação de ácido salicílico (AS) e aminoetoxivinilglicina (AVG) (FAN; MATTHEIS, 2000; ASGHARI et al., 2010).

2.2.9 Aminoetoxivinilglicina (AVG)

O aminoetoxivinilglicina (AVG) é um fitohormônio não proteico que pode ser produzido naturalmente por fermentação (YANG e HOFFMAN, 1984). O Amino-etoxivinil-glicina (AVG) ($C_6H_{13}N_2O_3$ +), possui o nome químico no IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry): (2S,3E)-2-amino-4-(2-aminoethoxy)but-3-enoate (Figura 1).

Figura 1 - Estrutura molecular da aminoetoxivinilglicina (AVG).



Fonte: PUBCHEM (2021b).

Comercialmente, o AVG é um composto usado em tratamentos pré-colheita, pois é o mais efetivo e comum inibidor de enzimas piridoxal fosfato, sendo um potente inibidor da biossíntese do etileno (BRAMLAGE et al., 1980; REID, 2002). Isso ocorre pois o AVG impede que a enzima piridoxal fosfato 1- aminociclopropano-1- acidocarboxílico sintase (ACC sintase) atue e consequentemente, não ocorre conversão de S-adenosilmetionina (SAM) para o ácido 1-aminociclopropano-1- carboxílico (ACC), que é o precursor imediato de etileno (YANG e HOFFMAN, 1984).

A inibição ocorre, pois, envolve reação entre o inibidor e a coenzima piridoxal fosfato, formando-se um enol éter conjugado e reativo (RANDO, 1974). Posteriormente, o enol éter reage com um sítio ativo sobre a enzima, resultando na sua inibição. No entanto, para que haja a inibição da ACC sintase é necessário que a concentração de AVG seja suficiente para proporcionar uma constante de equilíbrio igual a $0,2 \mu\text{molL}^{-1}$ (BOLLER et al., 1979). No entanto, A magnitude da eficiência do inibidor varia com a espécie, cultivar, dose aplicada e da correta época de aplicação,

que deve ser realizada antes do início da síntese do ácido 1- aminociclo propano-1- carboxílico-ACC (AUTIO; BRAMLAGE, 1982; ROMANI et al., 1983).

A utilização de AVG em campo na produção de maçãs é bem discutida no Brasil, e vários trabalhos já demonstraram que a aplicação de AVG reduziu a queda pré-colheita de maçãs e o processo de amadurecimento, além de manter a qualidade dos frutos após o armazenamento (BRACKMANN; WACLAWOVSKY, 2001) e possibilitar o atraso do início da colheita (SCHUPP; GREENE, 2004). Por exemplo estudos de Fan et al. (1998), Mir et al. (1999), Wang; Dilley (2001), Brackman; Waclawosky (2001), comprovaram que a aplicação de AVG em pré-colheita de maçãs retardou o amadurecimento, reduziu a síntese de etileno, a taxa de respiração e ajudou na manutenção da qualidade do fruto durante o amadurecimento. Além disso, Steffens et al. (2005) pulverizaram macieiras da cultivar Gala aos 30 dias antes da colheita e conseguiram aumento da firmeza da polpa, retardo do amadurecimento, redução da incidência de podridões e aumento da suculência.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Obtenção das amostras

Os frutos de maçã cv. Eva utilizados no experimento foram provenientes de um sistema de cultivo orgânico, safra 2020/2021, do sitio Hino, localizado na colônia Santa Marina – Botucatu – SP. Os frutos foram colhidos de forma cuidadosa quando alcançaram coloração da casca ideal. Após a colheita feita de forma manual, foram acondicionados em caixas de papelão moldado para proteção contra danos mecânicos. No mesmo dia após a colheita, os frutos foram transportados até o laboratório de pós-colheita de Frutas e Hortaliças do departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu – SP, onde foram armazenados em câmara fria a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR $60\pm 6\%$ até 35 dias.

Figura 2 - Área de cultivo de maçã cv. Eva, safra 2020/2021, no Sítio Hino, colônia Santa Marina, Botucatu – SP (A). Frutos colhidos para a utilização na série experimental (B).



Fonte: R. D. M. Garcia, 2021.

2.3.2 Preparo das amostras

As maçãs foram padronizadas quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas, visando à uniformidade do lote.

Figura 3. Padronização das maçãs cv. Eva, quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas.



Fonte: R. D. M. Garcia, 2021.

2.3.3 Experimento

Foram utilizadas três doses de ácido salicílico AS (1 mM, 2 mM e 3 mM) e o tratamento controle (testemunha), com três repetições. As maçãs foram imersas nos seus respectivos tratamentos durante três minutos. Posteriormente, foram colocadas em bandejas de polietileno, secas naturalmente em temperatura ambiente, envolvidas em plástico transparente pvc e colocadas em câmara fria com temperatura de 0 ± 1 °C e umidade relativa de $60 \pm 6\%$ durante 35 dias. As análises foram realizadas aos dias 0, 7, 14, 21, 28 e 35 de armazenamento. Durante as análises as maçãs foram divididas em dois grupos: grupo destrutivo e não destrutivo.

2.3.4 Análises físico-químicas dos frutos

2.3.4.1 Grupo não destrutivo

As maçãs do grupo não destrutivo foram utilizadas para avaliar a perda de massa fresca, atividade respiratória e incidência de doenças.

Perda de massa fresca – Para a análise de perda de massa fresca as maçãs foram pesadas em uma balança semi-analítica marca Marte® – carga máxima de 3200g e precisão de 0,1g. As repetições foram pesadas permitindo o cálculo da perda de massa fresca em porcentagem, através da seguinte fórmula: $\% PM = [(MI - MF) / MI] \times 100$.

Em que:

$\% PM$ = porcentagem de perda de massa parcial acumulada;

MI = Massa inicial da amostra em um período determinado em g;

MF = Massa final da amostra no período seguinte a MI em g.

Atividade respiratória – A curva de respiração foi obtida pela avaliação dos frutos nos seis dias de avaliação. A determinação da taxa de respiração foi feita de forma indireta, em respirômetro, pela medida do CO_2 liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth; Zuchini e Pompeo (1976). A taxa de respiração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$TCO_2 = (2.2 \times (A-B) \times V_1) / (P \times T \times V_2)$$

Onde,

TCO_2 = Taxa de respiração em ml de CO_2 Kg de fruta⁻¹ hora⁻¹;

B = Volume gasto em ml de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio padrão antes da absorção de CO_2 - branco;

A = Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO_2 da respiração;

V_1 = Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO_2 (ml);

P = Massa dos frutos (kg);

T= Tempo das reações metabólicas (hora);

V2 = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (ml);

2,2 = devido ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

Incidência de doenças – Para a análise de incidência de doenças em maçãs foram utilizadas análises visuais, e em caso de incidência de doenças, o fruto seria levado para o departamento de proteção vegetal para a identificação e quantificação da doença.

2.3.4.2 Grupo destrutivo

O grupo destrutivo foi utilizado para realizar as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de maturação (IM) coloração da casca e da polpa e textura. A cada dia de análise destrutiva, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas no freezer a 20±2 °C, no qual, posteriormente foram realizadas as análises bioquímicas. As análises bioquímicas foram compostas de atividade antioxidante (DPPH), compostos fenólicos e polifenoloxidase.

Potencial hidrogeniônico pH – A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi mensurada da polpa triturada dos frutos utilizando-se potenciômetro digital Digital DMPH-2 conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Acidez titulável (AT) – O conteúdo de acidez titulável, foi expresso em gramas de ácido málico por 100 gramas de polpa, e determinado através da titulação de 5 gramas de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, seguido da titulometria com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, utilizando-se 0,3 mL de fenolftaleína como indicador, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Sólidos solúveis (SS) – Foi obtido através de leitura refratométrica direta em graus de Brix (Brix), em três amostras, com refratômetro de bancada tipo Pallette, marca ATAGO – PR 32, (AOAC, 2005).

Índice de maturação (IM) – foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (TRESSLER; JOSLYN, 1961).

Textura (firmeza do fruto) - Para a mensuração da firmeza de polpa, dos frutos de maçã, dois lados opostos da porção equatorial dos frutos foram marcados. Em

seguida, os frutos foram perfurados com auxílio de um penetrômetro com uma ponteira de 11 mm. Os dados foram expressos em Newtons (N).

Coloração da casca e da polpa – As análises foram realizadas com o auxílio de calorímetro da marca konica minolta®. A cor foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares L*, C* e H*. Onde L*, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), C* (Chroma), define a intensidade da cor variando de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa). O H* (°Hue), valor em grau correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul), conforme descrição de Minolta (1998). O aparelho foi calibrado com placa branca padrão de cerâmica. A leitura foi feita no terço médio da polpa e da casca dos frutos. Foi realizada a leitura em três pontos diferentes para uma homogeneização das amostras.

Atividade antioxidante (DPPH) – A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH baseado no princípio de que o DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), sendo um radical estável de coloração violeta, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração amarela. Na forma de radical, o DPPH possui uma absorção característica a 517 nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante (MENSOR et al., 2001). Para a determinação da atividade antioxidante foi utilizada a seguinte metodologia: Nas amostras foi utilizado 3 mL de solução extratora concentrada (etanol PA), 0,3 mL de DPPH (10,9 mg para 50 mL de etanol PA) e 0,5 mL de extrato da polpa. É feito, também a pipetagem de um controle negativo, composto de 3 mL solução extratora concentrada, 0,5 mL de solução controle (70 mL de etanol PA e completar para balão volumétrico de 100 ml com água destilada) e 0,3 mL de DPPH. Depois da pipetagem, essas amostras são deixadas em repouso por 45 minutos, determinado em testes prévios o tempo, ao abrigo da luz em temperatura ambiente. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 517 nm. A atividade anti-radical foi determinada na forma de atividade antioxidante (AA), pela equação: $AA (\%) = 100 - \left\{ \frac{(Aa \times 100)}{Ac} \right\}$ Onde: Aa = absorbância da amostra Ac = absorbância do controle negativo.

Compostos fenólicos – A análise de compostos fenólicos foi realizada pelo método de espectrofotométrico de Folin Ciocalteau (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). Uma alíquota de 0,3 mL de extrato da amostra mais 0,2 mL de água

destilada, totalizando 0,5 mL foi transferida para os tubos de ensaio, sendo a quantificação realizada conforme descrito pelos autores. A leitura da absorbância foi realizada a 740 nm em espectrofotômetro. Um branco foi conduzido nas mesmas condições. Os extratos das amostras foram obtidos em triplicata. E os resultados foram comparados à curva padrão de ácido gálico e expressos em mg de ácido gálico g⁻¹.

Polifenoloxidase – A extração e determinação da atividade da enzima PPO, foi realizada de acordo com a metodologia adaptada de Cano et al. (1997). Os resultados expressos em UAE⁻¹ min⁻¹ g⁻¹ de matéria fresca. Para preparo do extrato enzimático pesou-se 0,5 g de maçã, triturada e misturada com 10 mL de tampão fosfato de potássio 2M pH 6,0. A amostra foi centrifugada durante 15 minutos, a 6000 rpm, a 4°C. O extrato foi filtrado e realizada a pipetagem das amostras, com 1,85 mL de catecol 0,1 M e 0,3 mL do extrato. Para zerar o espectrofotômetro foi pipetado 0,3 mL de tampão acetato de sódio 100 mM e 1,85 de catecol 0,1 M. Depois desse processo, foi colocado em banho maria por 30 minutos, a 30° C. Então nos tubos com amostras foram adicionados 0,8 mL de ácido perclórico para que cessasse a reação e fosse realizada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 460 nm.

2.3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (4x6), sendo quatro tratamentos (controle, 1 mM, 2 mM e 3 mM) e seis tempos de armazenamento. As análises não e destrutivas foram realizadas utilizando três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por três frutos.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Posteriormente, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e quando significativos, à análise de regressão e ao teste Tukey ($P \leq 0,05$). Utilizou-se o software R, versão 4.0.0 para a computação estatística e confecção dos gráficos (R CORE TEAM, 2021).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Perda de massa

Para a perda de massa fresca de maçã cv. Eva não foi observado interação significativa entre os dois fatores (Tempo x Dose), (Tabela 1). Por outro lado, houve diferença quando comparados os fatores isolados (Tabela 1).

A perda de massa fresca de maçãs cv. Eva submetida a imersão em solução contendo diferentes doses de AVG e o controle, foi crescente ao longo do tempo de armazenamento (Figura 4). A perda de massa durante o tempo de armazenamento está relacionada ao processo de amadurecimento dos frutos, onde ocorre perda de água e dióxido de carbono devido os processos de transpiração e respiração, e consequentemente aumenta a perda de massa (FINGER; VIEIRA, 1997; CALORE; VIEITES, 2003; BRACKMANN et al., 2014).

Figura 4 - Perda de massa fresca (%) de maçã cv. Eva em função das diferentes doses de AVG ao longo dos 35 dias de armazenamento.

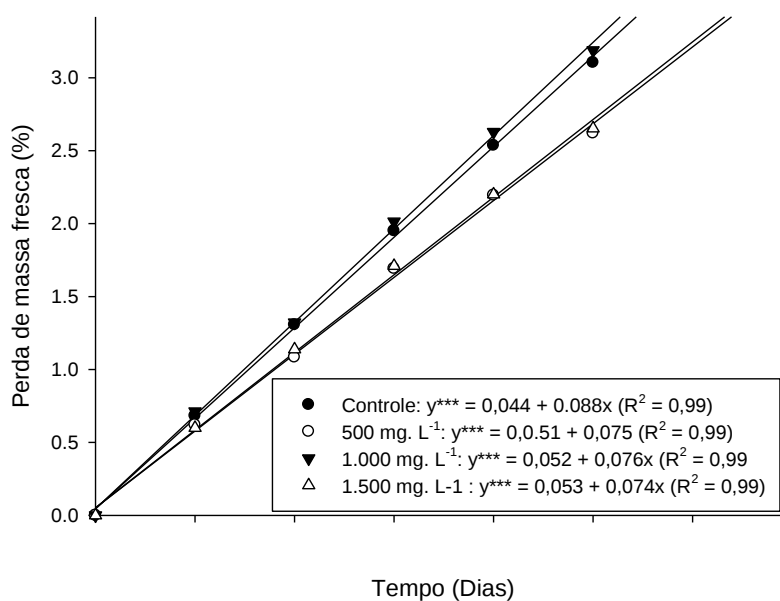


Tabela 16 - Perda de massa fresca (%) de maçã cv. Eva em função das diferentes doses de AVG ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dose	Tempo (dias)					
	0	7	14	21	28	35
Controle	0 a	0,68 a	1,30 a	1,95 ab	2,53 a	3,10 a
500 mg/L ⁻¹	0 a	0,62 a	1,08 a	1,69 b	2,19 b	2,65 b
1000 mg/L ⁻¹	0 a	0,71 a	1,32 a	2,01 a	2,63 a	3,18 a
1500 mg/L ⁻¹	0 a	0,60 a	1,13 a	1,71 b	2,20 b	2,61 b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença entre as perdas de massa nos tempos 0, 7 e 14, no entanto, aos 21, 28 e 35 dias houve diferença, onde as menores perdas de massa ocorreram nas doses 500 e 1500 mg/L⁻¹ (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos em maçãs cv. Tommy Atkins imersas em diferentes doses (0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹) de AVG, onde a dose de 300 mg/L⁻¹ foi a responsável pela menor perda de massa ao final do armazenamento, 26 dias (DOS SANTOS et al., 2007).

No entanto, pode-se observar que ao longo dos 35 dias de armazenamento as maçãs apresentaram perda de massa fresca abaixo de 3% em todos os tratamentos (Figura 4 e Tabela 1). Essas porcentagens de perda de massa fresca de maçã cv. Eva são satisfatórias, pois em métodos de conservação de frutas e hortaliças, a porcentagem de perda de massa fresca aceitável encontra-se na faixa de 5 a 10% (FINGER; VIEIRA, 1997; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, os valores de perda de massa foram semelhantes quando comparado aos obtidos para maçã cv. Eva cultivadas em uma área comercial localizada em Barbacena, Minas Gerais, onde foi de 2,5 e 5%, aos 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente (FANTE et al., 2013).

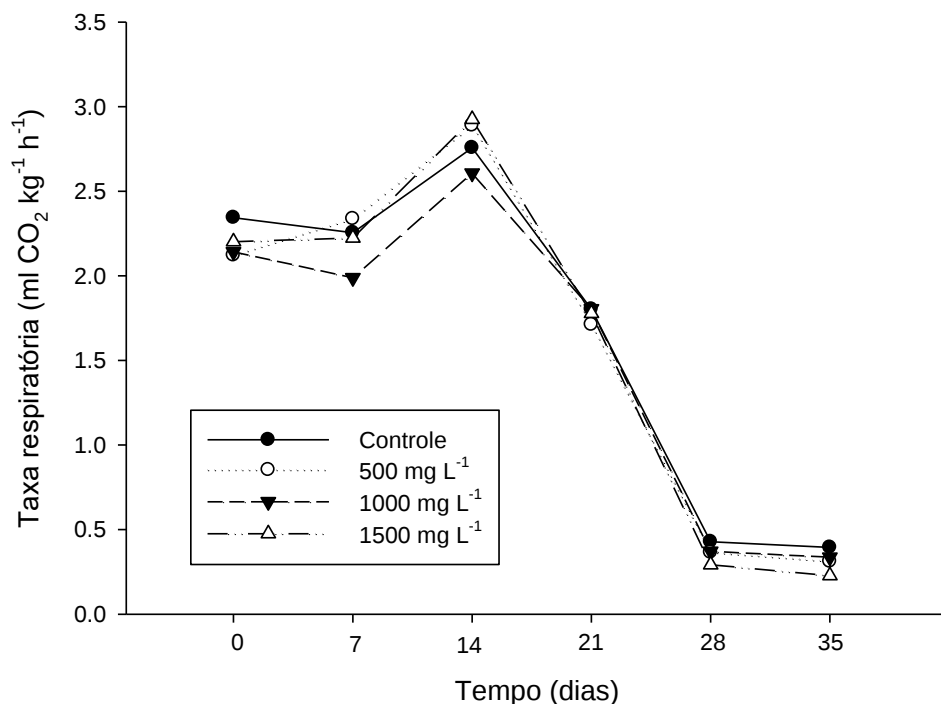
2.4.2 Respiração

Os frutos de maçãs cv. Eva apresentam comportamento respiratório climatérico, onde os frutos de todos os tratamentos tiveram uma redução na taxa respiratória com o decorrer do tempo de armazenamento após o pico respiratório no dia 14 (Figura 5). O aumento na taxa respiratória é um evento secundário, estimulado pelo aumento na taxa de produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA 1998). Observou-se que independente do tratamento (diferentes doses

de AVG e Controle), a taxa respiratória foi baixa ao longo do tempo, provavelmente, esse comportamento está relacionado a temperatura de armazenamento. Pois, o frio diminui a síntese de etileno, responsável pelo aumento da taxa respiratória, com isso, a redução da temperatura diminui a atividade respiratória dos frutos (CHITARRA 1998; FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

Os frutos de todos os tratamentos e o controle, apresentaram pico respiratório no 14º dia de avaliação. No pico climatérico ocorreu aumento considerável da taxa respiratória e transformações que passam por redução da acidez, redução do teor de amido, redução da adstringência, aumento dos açúcares totais, aumento dos aromas e degradação da clorofila (BRUINSMA; PAULL 1984; ANESE; FRONZA, 2015). Com isso, em armazenamentos de frutas e hortaliças climatéricos quanto maior for o retardo do pico climatérico, maior será o tempo de armazenamento mantendo as qualidades organolépticas e nutricionais do fruto, fato esse não verificado neste experimento.

Figura 5 - Atividade respiratória de maçã cv. Eva submetida à aplicação de diferentes doses de AVG e armazenada por 35 dias.



2.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Não houve interação dupla significativa para os valores de pH, assim como não houve efeito significativo para as diferentes doses de AVG. No entanto, foi constatado, efeito significativo para o tempo de armazenamento.

Observou-se que os tratamentos com AVG e o tratamento controle apresentaram maiores valores de pH no 0 e 7º dia de armazenamento, havendo uma diminuição do valor a partir do 14º dia, que se manteve constante até o final do tempo de armazenamento (Tabela 2). A diminuição do pH possivelmente, ocorreu devido a formação de ácidos orgânicos (ácido poligaracturônico) proveniente da degradação da parede celular (PEREIRA et al., 2008). E a sua manutenção dos níveis apresentados, provavelmente, foi devido ao armazenamento em baixa temperatura, que resultou na diminuição do etileno catalítico e diminuição da taxa de respiração dos frutos que, consequentemente, resulta em menor consumo dos ácidos orgânicos (PEREIRA et al., 2008).

As médias de valores de pH de frutos de maçã cv. Eva tratados com diferentes doses de AVG não diferiram do controle, e foi observado que houve pouca variação no pH em função dos tratamentos recebidos. Neste estudo, foram encontrados valores de pH variando de 4,59 a 3,57. Contudo os valores de pH obtido neste estudo foi superior ao obtido para maçãs cv. Eva oriundas de pomar experimental, na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, na cidade de Maria da Fé, onde foi de 3,21 (OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, essas divergências podem ser atribuídas ao tipo e manejo do solo, tipo de sistema de condução e de plantio, fatores climáticos, entre outros (NACHTIGALL; BASSO; FREIRE, 2004).

Tabela 17 - Valores médios pH, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	4,59 a	4,36 a	3,66 a	3,85 a	3,72 a	3,60 a	3,96
500 mg L ⁻¹	4,59 a	4,43 a	3,62 a	3,82 a	4,58 a	3,53 a	4,10
1000 mg L ⁻¹	4,59 a	4,49 a	3,60 a	3,85 a	3,69 a	3,59 a	3,97
1500 mg L ⁻¹	4,59 a	4,22 a	3,61 a	3,87 a	3,70 a	3,57 a	3,93
Média	4,59 a	4,38 a	3,62 b	3,85 b	3,93 b	3,57 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.4 Acidez Titulável (AT)

Não houve interação dupla significativa (Tempo x Dose) para os valores de acidez titulável, assim como, não houve efeito significativo para as diferentes doses de AVG e tempos de armazenamento, analisados separadamente (Tabela 3). Esses resultados corroboram com os obtidos em maçãs cv. Gala, Fuji e Puritam, quando tratadas com diferentes doses de AVG na pré-colheita, onde a aplicação não exerceu efeito sobre a acidez titulável (AUTIO; BRAMLAGE, 1982; WACLAWOSKY, 2001; STEFFENS et al., 2005).

Os resultados encontrados não estão de acordo com os resultados da literatura, pois com base na fisiologia pós-colheita de frutos, seria normal ocorrer redução da acidez titulável durante o armazenamento, visto que os ácidos orgânicos são fotossintetizados nas folhas e translocados para os vacúolos, então são utilizados como substrato no processo respiratório, convertidos em açúcares ou utilizados para a síntese de proteínas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No entanto, a manutenção da acidez titulável pode estar relacionada à menor taxa de respiração, uma vez que os ácidos orgânicos são consumidos no ciclo de Krebs (STEFFENS et al., 2007; BRACKMANN et al., 2015). Além disso, sabe-se que em frutos de maçã pode ocorrer efeito contrário, onde os ácidos são acumulados durante o desenvolvimento vegetal, e conseqüentemente, pode ocorrer a manutenção da acidez ou até mesmo aumento significativo do mesmo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 18 - Valores médios acidez, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	1,76	1,80	1,67	1,82	1,61	1,54	1,70
500 mg L ⁻¹	1,76	1,74	1,71	1,79	1,72	1,73	1,74
1000 mg L ⁻¹	1,76	1,80	1,71	1,69	1,76	1,70	1,74
1500 mg L ⁻¹	1,76	1,93	1,70	1,71	1,90	1,66	1,78
Média	1,76	1,82	1,70	1,75	1,75	1,66	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

2.4.5 Sólidos solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis não sofreram interação dupla significativa (Tempo X Dose), assim como, não sofreu efeito significativo para as diferentes doses de AVG. No entanto, foi observado efeito significativo para o tempo de armazenamento.

Observa-se a partir do 7º dia de armazenamento ocorreu um aumento na média geral (média tempo) dos teores de sólidos solúveis, dentro dos tempos de armazenamento (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos para Maçãs cv. Eva oriundas de um sistema de cultivo orgânico da Estância Demétria, no município de Botucatu-SP, onde a partir do 5º dia de armazenamento houve aumento na média geral dos teores de sólidos solúveis (VIEITES et al., 2014). O aumento observado nos teores de sólidos solúveis se deveu a transformação das reservas acumuladas durante a formação e o seu desenvolvimento (amido) em açúcares solúveis (JERÔNIMO; KANESIRO, 2000; SILVA et al., 2009), tendência que está correlacionada com o avanço do processo de amadurecimento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Adicionalmente, o aumento dos sólidos solúveis pode ter sido devido a perda de água durante o processo de respiração que consequentemente concentra o suco da fruta (BRUNINI et al., 2002, AGOSTINI et al., 2009), fato esse ligando a este experimento.

Os teores de sólidos solúveis dos frutos de maçã cv. Eva imersos em solução de AVG variaram de 13,30 a 15,92 °Brix, não diferindo do tratamento controle, que variou de 13.35 a 15.93 °Brix, demonstrando, assim que as diferentes doses utilizadas não tiveram influência significativa neste atributo de qualidade. Esses resultados corroboram com os obtidos para maçã cv. Imperia gala onde as diferentes doses de AVG aplicadas na pré-colheita e a testemunha não interferem nos teores de sólidos solúveis (PETRI; LEITE; ARGENTA, 2007). Além disso, os valores de SS foram semelhantes quando comparado aos obtidos para maçã cv. Eva oriundas de um sistema de cultivo orgânico da Estância Demétria, no município de Botucatu-SP, onde o teor de SS variou de 13,90 a 15,50 °Brix, entre os diferentes tempos de armazenamento (VIEITES et al., 2014).

Tabela 19 - Valores médios sólidos solúveis, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	13,35 a	14,15 a	15,51 a	15,07 a	15,93 a	15,57 a	15,06
500 mg L ⁻¹	13,30 a	15,23 a	14,73 a	15,61 a	15,33 a	15,92 a	15,02
1000 mg L ⁻¹	13,30 a	14,11 a	15,82 a	15,57 a	15,30 a	15,27 a	15,01
1500 mg L ⁻¹	13,32 a	15,12 a	14,81 a	14,83 a	15,27 a	15,63 a	14,83
Média	13,32 b	14,65 ab	15,22 a	15,27 a	15,46 a	15,60 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.6 Índice de Maturação (IM)

O índice de maturação ou também conhecido como a relação entre SS/AT é um dos fatores mais aplicados para determinar o grau de amadurecimento de um fruto, sendo uma forma de indicar o período ideal para colheita deles, tendo em vista um amadurecimento apropriado (NERI et al., 2017). Esse é um dos parâmetros mais aplicados na avaliação do sabor, superando de forma mais representativa do que a análise individual de acidez ou de açúcares, sendo de grande utilidade para determinar a relação entre esses dois compostos (CHITARRA, CHITARRA 2005), o qual essa análise foi avaliada neste experimento.

Não houve interação dupla significativa entre os fatores (Tempo X Dose) para os índices de maturação. Além disso, observou-se que não houve diferença significativa para o IM entre as diferentes doses de AVG e o tratamento controle. Esses resultados corroboram com os obtidos em maçã suprema cv. Fuji, onde a aplicação de diferentes doses de AVG na pré-colheita não influenciou o índice de maturação em relação ao controle (PETRI et al., 2005).

No entanto, houve diferença apenas na média geral do índice de maturação no período de armazenamento, onde o índice de maturação foi maior a partir dos 14 dias de armazenamento (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos para maçãs cv. Eva oriundas de um sistema de cultivo orgânico da Estância Demétria, no município de Botucatu-SP, onde a partir do 10º dia de armazenamento houve aumento na média geral dos índices de maturação (VIEITES et al., 2014). O aumento gradativo no índice de maturação (relação SS/AT) pode ser explicado pelo fato que durante o

processo de amadurecimento do fruto ocorre incremento no teor de SS e decréscimo/manutenção da AT (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esse parâmetro indica que o grau de equilíbrio entre o teor de açúcares e ácidos orgânicos do fruto, estão diretamente relacionados com a qualidade referente ao sabor (OLIVEIRA et al., 2013; OLIVEIRA; SILVA; SCARPARE FILHO, 2020) sendo um importante índice para determinar a maturação e a palatabilidade dos frutos.

Tabela 20 - Valores médios de índice de maturação, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	7,20 a	7,31 a	7,75 a	7,75 a	8,92 a	8,55 a	7,91
500 mg L ⁻¹	7,50 a	7,01 a	8,66 a	8,05 a	7,62 a	8,35 a	7,87
1000 mg L ⁻¹	7,10 a	7,10 a	8,33 a	8,86 a	8,84 a	8,23 a	8,08
1500 mg L ⁻¹	7,21 a	7,11 a	8,10 a	8,73 a	8,00 a	7,87 a	7,84
Média	7,26 b	7,13 b	8,21 a	8,35 a	8,35 a	8,25 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.7 Textura (firmeza do fruto)

A Textura (firmeza do fruto) é um atributo de qualidade importante, em razão dos frutos com maior firmeza serem mais resistentes às injúrias mecânicas durante o transporte e a comercialização (TOMAZ et al., 2009). Com isso, é de extrema importância a utilização de métodos de conservação que proporcione maior textura do fruto durante o armazenamento.

Os valores de textura dos frutos de maçã cv. Eva tratados com diferentes doses de AVG mostram que a interação dupla dos fatores tempo x dose não foi significativa, assim como o efeito dose não foi significativo (Tabela 6). Os resultados obtidos divergem dos encontrados para maçã cv. Gala com aplicação de AVG na pré - colheita, onde estes apresentaram maior firmeza em relação ao controle (STEFFENS et al., 2006). Contudo, os resultados com a aplicação de AVG são incertos nos índices de firmeza da polpa (CLAYTON et al. 2000), variando com a cultivar, dose utilizada e época de aplicação (SCHUPP; GREENE, 2004).

Por outro lado, houve efeito significativo para o tempo de armazenamento, onde aos 28 e 35 dias de armazenamento os frutos dos tratamentos e do controle apresentaram uma menor firmeza (Tabela 6). Essa redução na firmeza da polpa é uma característica geral do processo de amadurecimento em diversos frutos (MENEZES; GOMES JUNIOR; SIMÕES, 2001). O decréscimo na firmeza da polpa ocorre, principalmente devido à ação das enzimas PME (pectinametilesterase) e PG (poligalacturonase) que atuam em nível de parede celular (SOUSA et al., 2002). A atividade dessas enzimas promove solubilização das substâncias pécticas da parede celular e, conseqüentemente, o amaciamento dos frutos (KAYS, 1991). No entanto, essa redução na firmeza do fruto durante o armazenado não é interessante, pois pode comprometer diretamente, o transporte destes frutos para os postos de vendas onde serão comercializados (FIGUEIREDO NETO et al., 2013).

Tabela 21 - Valores médios de textura, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	83,50 a	86,80 a	83,70 a	84,13 a	71,76 b	71,33 b	80,20
500 mg L ⁻¹	80,53 a	81,93 a	85,33 a	85,56 a	72,43 b	72,50 b	79,71
1000 mg L ⁻¹	86,16 a	85,33 a	82,13 a	84,76 a	75,73 b	74,26 b	81,412
1500 mg L ⁻¹	82,83 a	84,41 a	87,93 a	87,42 a	72,23 b	73,60 b	81,39
Média	83,25 a	84,61 a	84,77 a	85,46 a	73,03 b	72,92 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.8 Coloração da casca e da polpa

A coloração é um atributo de qualidade importante, por ser o principal fator de atração para o consumidor. A maçã cv. Eva tem como característica uma epiderme de coloração vermelho-escarlata com estrias leves sobre fundo creme-amarelado lembrando a coloração da cv. Gala quando maduras (BERNADI; DENARDI; HOFFMANN, 2004).

As mudanças na coloração da casca (epiderme) e/ou da polpa ocorre devido à degradação da clorofila e síntese de novos pigmentos, como, por exemplo, carotenóides (amarelo) e antocianinas (vermelho e roxo), e é um dos parâmetros mais

utilizado para a determinação de cada categoria dos frutos na pós-colheita (FACHINELLO; NACHTIGAL, 2009).

Em cultivares de macieiras que apresentam coloração vermelha da casca, o tratamento com AVG reduziu a síntese de antocianinas na epiderme (WHALE et al., 2008), além de retardar a degradação de clorofilas e o acúmulo de carotenoides (HUYBRECHTS et al., 2003), comprometendo assim a qualidade visual dos frutos (AMARANTE; STEFFENS; BLUM, 2010). No entanto, os parâmetros de coloração como de luminosidade (L), cromaticidade (c) e ângulo de cor ou Hue, referentes à cor da casca e da polpa da maçã cv. Eva submetidas ao tratamento com AVG apresentaram os mesmos níveis quando comparados aos não tratados com AVG, nos diferentes tempos de armazenamento (Tabela 7 - 12). Salienta-se ainda que a coloração da epiderme de maçãs não é considerada um índice de maturação, pois se desenvolve precocemente e varia grandemente em função de fatores ambientais e das cultivares (CHAGAS et al., 2012).

Tabela 22 - Valores médios luminosidade (L) da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	66,15	67,54	67,50	66,65	65,83	66,84	66,75
500 mg L ⁻¹	66,15	67,14	67,15	68,02	67,42	67,62	67,25
1000 mg L ⁻¹	66,15	64,85	67,07	66,56	66,85	66,93	66,40
1500 mg L ⁻¹	66,15	66,93	66,96	67,83	68,32	67,17	67,23
Média	66,15	66,62	67,17	67,27	67,10	67,14	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 23 - Valores médios cor c da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	47,59	43,81	45,03	47,10	46,51	49,26	46,55
500 mg L ⁻¹	48,59	47,95	46,59	45,57	47,88	48,06	47,44
1000 mg L ⁻¹	45,26	49,27	46,05	46,09	46,87	46,41	46,50
1500 mg L ⁻¹	44,92	47,46	48,97	45,12	46,23	46,85	46,42
Média	46,59	47,12	46,66	45,47	46,87	47,65	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 24 - Valores médios cor h da casca, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	77,16	75,57	75,68	71,85	75,81	75,22	75,22
500 mg L ⁻¹	76,83	73,83	72,71	76,52	75,72	73,74	74,89
1000 mg L ⁻¹	71,83	77,01	76,26	75,19	73,61	74,07	74,66
1500 mg L ⁻¹	77,16	75,37	76,24	75,65	75,06	74,92	75,73
Média	75,75	75,45	75,22	74,80	75,05	74,49	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 25 - Valores médios luminosidade (L) da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	88,01	87,87	88,08	87,81	87,70	88,51	87,99
500 mg L ⁻¹	88,01	88,46	88,03	87,65	88,26	87,94	88,06
1000 mg L ⁻¹	88,01	87,72	87,85	87,63	87,88	88,46	87,93
1500 mg L ⁻¹	88,01	88,32	88,27	87,78	87,55	86,89	87,80
Média	88,01	88,09	88,06	87,72	87,85	87,95	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 26 - Valores médios C da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	25,30	25,43	26,03	25,37	24,92	26,79	25,64
500 mg L ⁻¹	23,30	26,25	23,23	25,24	26,38	25,41	24,97
1000 mg L ⁻¹	24,97	24,31	24,87	24,66	26,38	24,52	24,95
1500 mg L ⁻¹	24,30	26,12	26,32	24,47	25,91	25,19	25,39
Média	24,47	25,53	25,11	24,94	25,89	25,48	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

Tabela 27 - Valores médios h da polpa, obtidos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	103,79	104,07	103,56	103,39	104,72	102,81	103,72
500 mg L ⁻¹	103,79	103,68	104,80	104,85	102,73	101,59	103,57
1000 mg L ⁻¹	103,79	102,23	103,69	103,18	103,18	103,16	103,21
1500 mg L ⁻¹	103,79	104,67	102,66	104,30	102,97	104,04	103,74
Média	103,79	103,66	103,68	103,93	103,40	102,90	-

*Médias na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F a 5% de probabilidade.

2.4.9 Atividade antioxidante (%)

Os resultados da atividade antioxidante (%) dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AVG e o controle determinado pelo método DPPH mostram que não houve interação dupla (tempo x dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente.

A atividade antioxidante em frutas e vegetais é devida a ação de uma grande variedade de compostos antioxidantes, que são degradados ou sintetizados de acordo com o estado fisiológico e com os níveis de estresses abióticos e bióticos sofridos pelo órgão durante o armazenamento (ROTILI et al., 2013). No caso da maçã cv. Eva neste estudo, até o 21º dia de armazenamento não houve diferença na atividade

antioxidante, no entanto, a partir deste período houve um aumento (Tabela 13). Resultados semelhantes foram obtidos em abacate ‘fuerte’ onde a atividade antioxidante foi maior no 9º e 12º dias de armazenamento em relação ao 0º, 3º e 6º dia de armazenamento (VIEITES; DAIUTO; FUMES, 2012). Este mesmo comportamento foi observado em maçãs cv. Eva cultivadas na cidade de Botucatu - SP, onde estas apresentaram aumento da atividade antioxidante ao longo dos tempos de armazenamento (VIEITES et al., 2014). Isso pode estar relacionado com o amadurecimento do fruto durante o armazenamento, visto que frutos com índice de maturação mais elevado apresentam teores flavonoides e antocianinas significativamente superior comparados aos frutos mais verdes (ARANCIBIA-AVILA et al., 2008).

Tabela 28 - Valores médios atividade antioxidante (%) de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	82,25 b	81,02 b	82,11 b	90,22 a	92,78 a	93,28 a	86,94
500 mg L ⁻¹	81,32 b	80,24 b	81,91 b	92,61 a	91,78 a	92,18 a	86,67
1000 mg L ⁻¹	80,18 b	82,13 b	81,66 b	92,82 a	91,18 a	91,23 a	86,53
1500 mg L ⁻¹	82,05 b	81,19 b	80,56 b	90,85 a	89,99 a	92,10 a	86,12
Média	81,45 b	81,15 b	81,56 b	91,62 a	91,43 a	92,20 a	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.10 Compostos fenólicos

Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AVG e o controle mostram que não houve interação dupla (Tempo x Dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente.

Com relação à média geral dos frutos (Média tempo) dentro dos tempos de análise, observou-se diferença estatística significativa, onde os teores de compostos fenólicos diminuíram aos 28 e 35 dias de armazenamento (Tabela 14). Resultados semelhantes foram observados em maçãs cv. Eva cultivadas na cidade de Botucatu -

SP, onde os teores de compostos fenólicos totais diminuíram ao longo do período de armazenamento, sendo maior no tempo 0 e menor no tempo 20° dias (VIEITES et al., 2014). Essa diminuição se deve a uma série de alterações químicas e enzimáticas de determinados fenóis durante o processo de amadurecimento (ROBARDS et al., 1999). Entre estas pode-se citar as hidrólises de glicosídeos por glicosídeses, oxidação de fenóis por fenoloxidasas e polimerização de fenóis livres (ROBADS et al., 1999; NOGUEIRA et al., 2003; VIEITES et al., 2014).

Tabela 29 - Valores médios compostos fenólicos de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	135,48 a	134,09 a	137,82 a	138,71 a	104,74 b	103,95 b	125,80
500 mg L ⁻¹	135,48 a	128,57 a	121,88 a	122,76 a	104,35 b	104,94 b	119,66
1000 mg L ⁻¹	135,48 a	129,37 a	128,72 a	129,93 a	105,74 b	102,92 b	122,03
1500 mg L ⁻¹	135,48 a	123,90 a	127,61 a	132,77 a	104,48 b	104,86 b	121,52
Média	135,48 a	128,98 a	129,01 a	131,04 a	104,83 b	104,17 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.11 Polifenoloxidase (PPO)

Os resultados da atividade polifenoloxidase (PPO) dos frutos de maçã cv. Eva imersos em diferentes doses de AVG e o controle mostram que não houve interação dupla (Tempo x Dose) significativa, assim, como não ocorreu diferença significativa entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos, analisados separadamente.

Com relação à média dos frutos dentro dos tempos de análise, observou-se diferença estatística significativa. Nota-se que as maçãs cv. Eva no tempo 0 dias, independente da dose, apresentaram a maior atividade da enzima polifenoloxidase do que os demais tempos de armazenamento (Tabela 15). A diminuição na atividade da polifenoloxidase nos demais tempos de armazenamento em relação ao dia 0 é devido provavelmente ao fato de existir de forma paralela uma diminuição no teor dos compostos fenólicos (substratos das enzimas polifenoloxidases), e consequentemente, a menor disponibilidade de substratos fenólicos implica na redução na atividade da polifenoloxidase (DA SILVA et al., 2013).

Tabela 30 - Valores médios PPO de maçãs cv. Eva, tratadas com diferentes doses de AVG, durante os diferentes tempos de armazenamento

Doses	Tempo de Armazenamento (dias)						Média
	0	7	14	21	28	35	
Controle	2,81 a	0,36 b	0,25 b	0,44 b	0,37 b	0,69 b	0,82
500 mg L ⁻¹	2,81 a	0,79 b	0,19 b	0,37 b	0,60 b	0,40 b	0,86
1000 mg L ⁻¹	2,81 a	0,32 b	0,23 b	0,36 b	0,49 b	0,38 b	0,77
1500 mg L ⁻¹	2,81 a	0,31 b	0,19 b	0,27 b	0,35 b	0,52 b	0,74
Média	2,81 a	0,45 b	0,22 b	0,36 b	0,45 b	0,50 b	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

Os tratamentos com AVG nos frutos de maçã cv. Eva nas doses de 500 e 1500 mg/L⁻¹ proporcionaram maior perda de massa fresca.

A imersão dos frutos de maçãs cv. Eva em AVG teve influência significativa apenas para o tempo de armazenamento no, pH, teores de sólidos solúveis, índice de maturação, textura (firmeza do fruto), atividade antioxidante, composto fenólicos e polifenoloxidase.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. O.; YANG, S. F. Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. **Proceedings of the National Academy of Science of USA**, v. 76, p. 170-174, 1979.
- AGOSTINI, J. D. S. *et al.* Atmosfera modificada e condições de armazenamento nas características físico-químicas de jabuticabas da cultivar 'paulista'. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2601-2608, 2009.
- ALI, S. S. *et al.* Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, p. 1-15, 2008.
- ALTUNATMAZ, S. S.; ISSA, G.; AYDIN, A. **Detection of airborne psychrotrophic bacteria and fungi in food storage refrigerators**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 43, n. 4, p. 1436-1443, 2012.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; BLUM, L. E. B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçãs 'Gala' e 'Fuji' pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 009-018, 2010.
- ANESE, R. de O.; FRONZA, D. **Fisiologia Pós-Colheita em Fruticultura**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 130 p., 2015.
- ANUÁRIO - **Anuário Brasileiro de Fruticultura** 2018 – Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz Ltda, 2018. 51p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTICULTURA 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2020. 96 p. Disponível em <<http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2020/05/HORTIFRUTI2020.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2021.
- AOAC - **Official methods of analysis chemists**. 18. ed. Washington: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 2005.
- ARANCIBIA-AVILA, P. *et al.* Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 2118-2125, 2008.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 502-509, 2010.

AUTIO, W. R.; BRAMLAGE, W. J. **Effects of AVG on maturation, repening and storage apples**. Journal of the American Society of Horticultural Science, v. 107, p. 1074-1077, 1982.

AVALOS-LLANO, K. R.; MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effect of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut strawberries. **Food chemistry**, v. 264, p. 393-400, 2018.

AWAD, A. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulturae**, v. 83, p. 249-263, 2000.

BARRY, C. S.; LLOP-TOUS, M. I.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the trasation from system-1 to systeme-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, v. 123, p. 979- 986, 2000.

BECKERS, G. J. M.; SPOEL, S. H. Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. **Plant biology**, v. 8, n. 01, p. 1-10, 2006.

BERNARDI, J.; DENARDI, F.; HOFFMAN, A. Cultivares e porta-enxertos. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil: maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 32-46.

BIANCHI, M. D. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de nutrição**, v. 12, p. 123-130, 1999.

BITTENCOURT, C. C.; BARONE, F. M. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração pública**, v. 45, n. 4, p. 1199-1222, 2011

BLEECKER, A. R.; KENDER, H. Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 16, p. 1-18, 2000.

BLEICHER, J. História da macieira. In: EPAGRI (Org.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 29-36.

BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, v. 7, n. 1, p. 29-81, 1976.

BOLLER, T.; HERNER, R. C.; KENDE, H. Assay for and enzymatic formation of an ethylene precursor, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Planta**, v. 145, p. 293-303, 1979.

BOYER, J.; LIU, R. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v. 3, n. 1, p. 5, 2004

BRACKMANN, A. **Técnicas de armazenamento de produtos hortícolas**. In: II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita, 2., 2007. Viçosa, MG. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 127-134.

BRACKMANN, A. *et al.* Qualidade da maçã "Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2151-2156, 2008.

BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento refrigerado. In: GIRARDI, C.L. **Frutas do Brasil: maçã – pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 58-66.

BRACKMANN, A. *et al.* Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, p. 647-650, 2003.

BRACKMANN, A. *et al.* Aminoethoxyvinylglycine: isolated and combined with other growth regulators on quality of 'Brookfield' apples after storage. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 221-228, 2015.

BRACKMANN, A. *et al.* Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of 'Fuyu' persimmon fruit stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, v. 44, p. 612-615, 2014.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Responses of 'Gala' apples to preharvest treatment with AVG and low ethylene CA storage. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 155-157, 2001.

BRAGA, H. J.; JÚNIOR, V. DA S.; PANDOLFO, C.; PEREIRA, E. S. Zoneamento de riscos climáticos no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 439-445, 2001.

BRAMLAGE, E. J. *et al.* Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 105, n. 6, p. 847-851, 1980.

BRASIL – Ministério da Saúde. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1020 p.

BRIZZOLARA, S. *et al.* Primary metabolism in fresh fruits during storage. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 80, 2020.

BRUINSMA, J.; PAULL, R. E. Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. **Plant Physiology**, v. 76, n. 1, p. 131-138, 1984.

BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Cell Walls**, p. 311-340, 2001.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 651-653, 2002.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v.7, 102 p.

BURG, S. P.; BURG, E. A. Relationship between ethylene production and ripening in banana. **Botany Gazzeta**, v. 126, p. 200-204, 1965.

CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 53-57, 2003.

CHAGAS, E. A. *et al.* Produção e atributos de qualidade de cultivares de macieira nas condições subtropicais da região Leste paulista. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1764-1769, 2012.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREN, F. M. (Ed.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: Ufla/SBEA, 1998. p. 1-57.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005, 785p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005, 785p.

CLAYTON, M. *et al.* ReTain™ Affects Maturity and Ripening of Bartlett' Pear. **HortScience**, v. 35, n. 7, p. 1294-1299, 2000.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 59, p. 324-325, 1992.

DA SILVA, M. M. *et al.*. Comportamento da enzima polifenoloxidase em maçãs cv. "gala" minimamente processadas tratadas com diferentes conservantes e armazenadas por distintos períodos. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS PARA A REGIÃO SUL, 8., 2013, Passo Fundo: anais. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2013.

DOS SANTOS, A. C. N. *et al.* Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina e armazenamento refrigerado de manga Tommy Atkins. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, Petrolina. Anais. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 185-209, 2004.

EILERT, J. B. *et al.* Comparação fenológica de quatro cultivares de macieira na região de Palmas-PR. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 3, p. 320-329, 2017.

EPAGRI/CEPA. Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina/centro de socioeconômica e planejamento agrícola. Boletim Agropecuário, Santa Catarina nº 83 p.7-9, 2020. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n83.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

EPAGRI/CEPEA - **SINTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA (EPAGRI/CEPEA)**. Departamento de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. Boletim Informativo de 2018.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Situação da fruticultura no Brasil. In: FACHINELLO J. C.; NACHTIGAL J. C.; KERSTEN, E. **Fundamentos fruticultura**. Embrapa Clima Temperado, 2009.

FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; BLANKENSHIP, S. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 8, p. 3063-3068, 1999.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. **Hort Science**, v. 35, p. 885-887, 2000.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P.; BUCHANAN, D. Continuous requirement of ethylene for apple fruit volatile synthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1959-1963, 1998.

FANTE, C. A. *et al.* 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 43, p. 2142-2147, 2013.

FIGUEIREDO NETO, A. *et al.* Avaliação pós-colheita de mamão variedade Formosa submetido a danos mecânicos e ensaios de compressão durante o armazenamento. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 22, n. 2, p. 05-10, 2013.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. UFV, Viçosa, Brasil, 2002.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV. (Cadernos didáticos, 19), 1997. 29 p.

FIORAVANÇO, J. C. Maçã brasileira: da importação à auto-suficiência e exportação – a tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, p. 56- 67, 2009.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 99-119, 2002.

FÜHR, J. *et al.* Importância do comércio exterior para as principais cadeias do agronegócio catarinense na última década. **Revista Catarinense De Economia**, v. 4, n. 1, p. 76-97, 2020.

GALANI, J. H. *et al.* Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, p. 59, 2017.

GEPSTEIN, S.; KIEBER, J. Etileno: o hormônio gasoso. In: TAIZ, L, ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 22, p. 647-670.

GIRARDI, C. L. Introdução. In: GIRARDI, C. L. **Frutas do Brasil: maçã – pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 9.

GONÇALVES, J. S. *et al.* Produção, mercado e inserção internacional da maçã brasileira. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 95-136, 1996.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A. *et al.* Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 475-482, 2010.

GREENE, D. W. An update on preharvest drop control of apples with aminothoxyvinyglycine (Retain). **Acta Horticulturae**, v. 727, 2006

GRÜNER, R.; STROMPEN, G.; PFITZNER, A. P.; PFITZNER, U. M. Salicylic acid and the hypersensitive response initiate distinct signal transduction pathways in tobacco that converge on the as-1-like element of the PR1a promoter. **European Journal of Biochemistry**, v. 270, p. 4876-4886, 2003.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition reviews**, v. 52, n. 8, p. 253-265, 1994.

HALLIWELL, B. *et al.* The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, n. 7, p. 601-617, 1995.

HAMMERSCHMIDT, R. Systemic acquired resistance. **Advances in Botanical Research**, v. 51, p. 173-222, 2009.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C.Y. The comercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. **US Department of Agriculture**, Agricultural Research Service, 1986.

HAUAGGE, R.; TSUNETA, M. IAPAR 75 – Eva, IAPAR 76 – Anabela e IAPAR 77 – Carícia – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 3, p. 239-242, 1999.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBOLYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572- 584, 2002.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HOEBERICHTS, F. A.; VAN DER PLAS, L. H. W.; WOLTERING, E. J. Ethylene perception is required for expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 125-133, 2002.

HORTIFRUTI/CEPEA, 2021 – Maçã – disponível em: <http://hfbrasil.org.br>. Acesso em: 29 set. 2021

HUYBRECHTS, C. J. G.; DECKERS, T.; VALCKE, R. Predicting fruit quality and maturity of apples by fluorescence imaging: effect of ethylene and AVG. **Acta Horticulturae**, n. 599, p. 243-247, 2003.

IAPAR, 2020. Instituto Agronômico do Paraná. Macieira **IAPAR 75 - EVA**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/file/zip_pdf/eva.pdf. Acesso em: 03 out. 2021.

IEBERMAN, M. Biosynthesis and action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 30, p. 533-591, 1979.

IMRAN, H. *et al.* Effect of salicylic acid (SA) on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. **Frontiers of Agriculture in China**, v. 1, n. 4, p. 456-459, 2007.

JALALI, B. L.; BHARGAVA, S.; KAMBLE, A. Signal transduction and transcriptional regulation of plant defense responses. **Journal of Phytopathology**, v. 154, p. 65-74, 2006.

JERÔNIMO, E. M.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2000.

JOYCE, D. C. *et al.* Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of 'Kensington Pride' mango fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 6, p. 805-813, 2001.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food technology (USA)**, 1986.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishables plant products**. New York: AVI. 1991. 543 p.

KAZEMI, M.; ARAN, M.; ZAMANI, S. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, n. 2, p. 113-119, 2011.

KHADEMI, O. *et al.* Extending Storability of Persimmon Fruit cv. Karaj by Postharvest Application of Salicylic Acid. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, p. 1067-1074, 2012.

KLUGE, R. A. Macieira. IN: KLUGE, R. A., CASTRO, P. R. C. in: **Ecofisiologia de Fruteiras: Abacateiro, Acerola, Macieira, Perreira e Videira**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2003. p. 44-64.

KNEKT, P. *et al.* Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. **American Journal of Epidemiology**, v. 146, n. 3, p. 223-230, 1997.

KREUZ, C. L.; BENDER, R. J.; BLEICHER, J. História e importância econômica da macieira. In: **Manual da Cultura da Macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 13-25

LACHMAN, J. *et al.* Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. **Food Science and Technology**, v. 43, p. 52–58, 2010.

LANDAU, E. C.; DA SILVA, G. A. Evolução da produção de maçã (*Malus x domestica*, Rosaceae). **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 925-950, 2020.

LELIÈVRE, J. M. *et al.* Ethylene and fruit ripening. **Physiologia plantarum**, v. 101, n. 4, p. 727-739, 1997.

LINDER, S. A. Proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological investigations. **Physiologia Plantarum**, n. 32, p. 154-56, 1974.

LOPES, P. R. C. *et al.* Caracterização fenológica, frutificação efetiva e produção de maçãs “Eva” em clima semiárido no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1277-1283, 2012.

LUO, Z.; CHEN, C.; XIE, J. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of ‘Qingnai’ plum fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 62, n. 2, p. 115-120, 2011.

MAILLARD, M. N. *et al.* Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 3, p. 238-244, 1996.

MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* in tomato. **Plant physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.

MEDEIROS, W. P. *et al.* Extrato de própolis e seu efeito na conservação da maçã Fuji (*Malus domestica*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e6210212021-e6210212021, 2021.

MENEZES, J. B.; GOMES JUNIOR, J.; SIMÕES, A. D. N. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 42-49, 2001.

MENSOR, L. L. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. 1998. 59 p.

MIR, N. A. *et al.* Relationship between ethylene response manipulation and volatile production in Jonagold variety apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2653- 2659, 1999.

NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J. S. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil: maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 63-77.

NEILL, S. O. *et al.* Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Plant Cell and Environment**, v. 25, n. 4, p. 539-547, 2002.

NERIS, T. S.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F. Caracterização físico-química da seriguela (*Spondias purpurea* L.) coletadas no município de Barra do Bugres/MT em diferentes estágios de maturação. **Natural Resources**, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2017.

NEUWALD, D. A. *et al.* Conservação da qualidade de maçãs devido aos avanços nas técnicas de armazenamento. **Jornal da Fruta**, p. 19-21, 2012.

NICOLAS, J. J. *et al.* Enzymatic browning reactions in apple and apple products. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 34, n. 2, p. 109-157, 1994.

NOGUEIRA, A. *et al.* G. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. Publicação da Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Exact Soil Science**, v. 9, n. 3, p. 7-14, 2003.

OLIVEIRA, D. da. S. *et al.* Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, D. L. D. O. *et al.* Qualidade da maçã cv. Eva produzida em duas regiões de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 269-272, 2014.

OLIVEIRA, D. L. *et al.* Maçã 'Eva' desponta a produção no estado de Minas Gerais. **Belo Horizonte, EPAMIG. 4p. (Circular Técnica, 141)**, 2011.

OLIVEIRA, G. P.; DA SILVA, S. R.; SCARPARE FILHO, J. A. Curva de maturação da jabuticaba 'Sabará'. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e296974212-e296974212, 2020.

OLIVEIRA, G. P. *et al.* Caracterização de acessos de mangueira Ubá na Zona da Mata Mineira. **Ciência Rural**, v. 43, p. 962-969, 2013.

OU, B. *et al.* Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 11, p. 3122-3128, 2002.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.

PEREIRA, T. *et al.* 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, 2008.

PEREZ, L. H. Produção e comércio internacional de maçã, 2003 a 2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 53-61, 2006.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ARGENTA, L. C. Eficácia do tratamento de AVG no controle da queda e maturação dos frutos de maçã, cultivar Imperial Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 239-244, 2007.

PETRI, J. L. *et al.* Ripening delay and fruit drop control in imperial gala and suprema (‘fuji’ sport) apples by applying avg (aminoethoxyvinylglycine). In: **X International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 727**. 2005. p. 519-526.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 229-260.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4 p. 857-1166, 2008.

PETRI, J. L. *et al.* Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 48-56, 2011.

PUBCHEM. National Center for Biotechnology Information. 'PubChem Compound Summary for CID 338, Salicylic acid" PubChem', Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Salicylic-acid>. Acesso em: 27 ago. 2021.

PUBCHEM. National Center for Biotechnology Information. 'Pubchem Compound Summary for CID 6436272, Aviglycine PubChem'. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aviglycine>. Acesso em: 27 ago. 2021.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Available online: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

RANDO, R. R. Chemistry and enzymology of Kcat inhibitors. *Science*, v. 185. n. 4148. p. 320-324. 1974.

RANDO, R. R. Chemistry and enzymology of Kcat inhibitors. **Science**, v. 185. n. 4148. p. 320-324. 1974.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 43, p. 439–463, 1992.

REID, M. S. Ethylene in Postharvest Technology. In: KADER, A. A. (Eds.) **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002. p. 149-162.

ROBARDS, K. *et al.* Phenolics compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 40-136, 1999.

ROCHA NETO, A. C.; DI PIERO, R. M. Controle do bolor azul em frutos de maçã imersos em solução de ácido salicílico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, 2013.

ROCHA, F. G.; PUJOL, A. F. T. Cultivo de macieiras e produção de sidra com denominação de origem protegida no principado das astúrias, Espanha. **Acta Geográfica**, p. 187-205, 2014.

ROMANI, R. *et al.* Preharvest aminoethoxyvinyl glycine treatment of cultivar Bartlett pear fruits: effects on ripening color change and volatiles. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, n. 6, p. 1046-1049, 1983.

ROTILI, M. C. C. *et al.* Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 227-240, 2013.

SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. **A Cultura da macieira no Paraná**, v. 1, p. 1-8, 2009.

SCHUPP, J.; GREENE, D. W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples: I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, v. 39, p. 1030-1035, 2004.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Postharvest treatment with 1-MCP in apple 'Gala' mutants: physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity. **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 40-47, 2018.

SILVA, A. V. C. *et al.* Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemóia. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 300-304, 2009.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, M. *et al.* Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 59-64, 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUSA, J. P. D. *et al.* Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas' Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.

STEFFENS, C. A. *et al.* Respiratory rate of fruits of temperate climate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 313-321, 2007.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.

STEFFENS, C. A. *et al.* Maturação da maçã ‘Gala’ com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, v. 36, p. 434-440, 2006.

STEFFENS, C. A. *et al.* O tratamento pré-colheita com aminoetoxivinilglicina ou ácido giberélico preserva a qualidade pós-colheita de ameixas ‘Laetitia’. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 222-227, 2011.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, set. 2005.

STROKA, M. A. *et al.* Effect of anti-hail nets with different colors on ‘Eva’ apple trees agronomical responses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 43, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009, 819p

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of Science and Food Agriculture**, n. 81, p. 853-879, 2001.

TOMAZ, H. V. D. Q. *et al.* Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 987-994, 2009.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. Westport: Conn. Avi, 1961. 1028 p.

TSANTILI, E. *et al.* Phenolic compounds, maturation and quality in fresh green olives for table use during exposure at 20° C after preharvest ReTain treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 26-32, 2012.

TSAO, R. *et al.* Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 12, p. 4989-4995, 2005.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

VIEITES, R. L. *et al.* Maçã 'Eva' orgânica submetida a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 187-193, 2014.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

WACLAWOVSKY, A. J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação pré colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. 2001. 134 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WANG, Z.; DILLEY, D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, p. 328-331, 2001.

WHALE, S. K. *et al.* Fruit quality in 'Cripp's Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. **Scientia Horticulturae**, v. 115, n. 4, p. 342-351, 2008.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, p. 55-58, 1971.

WILMES, A. *et al.* JENNINGS, P.; LEONARD, M. O. Identification and dissection of the Nrf2 mediated oxidative stress pathway in human renal proximal tubule toxicity. **Toxicology In Vitro**, v. 25, n. 3, p. 613-622, 2011.

YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, v. 20, n. 1, p. 41-45, 1985.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 3, p. 253-262, 2005.

ZHANG, H. *et al.* Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 60-65, 2008.

ZHANG, Y. *et al.* The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n. 1, p. 67-74, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de AS e AVG para a conservação pós-colheita de maçã cv. Eva não influenciou positivamente as características físico-químicas e bioquímicas. No entanto, torna-se necessário o aprimoramento das aplicações dos produtos para que quando aplicados permaneçam efetivos por mais tempo e possam ser mais eficazes na conservação do fruto, como aplicações em doses maiores, maior tempo de exposição ao produto e aplicação do produto logo depois da colheita. Além disso, os frutos de maçã utilizados nesse estudo estavam sem a presença de patógenos, com isso, estudos futuros utilizando a inoculação de certos patógenos no fruto e posteriormente a aplicação dos produtos deve ser realizada, para avaliar a eficiência dos produtos.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO - **Anuário Brasileiro de Fruticultura** 2018 – Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz Ltda, 2018. 51p.

BERNARDI, J.; DENARDI, F.; HOFFMAN, A. Cultivares e porta-enxertos. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil: maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 32-46.

BITTENCOURT, C. C.; BARONE, F. M. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração pública**, v. 45, n. 4, p. 1199-1222, 2011

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005, 785p.

EILERT, J. B.; DA SILVA, C. M.; BUENO, P. M. C.; BAUCHROWITZ, I. M.; QUEIROZ, N. M. Comparação fenológica de quatro cultivares de macieira na região de Palmas-PR. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 3, p. 320-329, 2017.

EPAGRI/CEPA. Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina/centro de socioeconômica e planejamento agrícola. Boletim Agropecuário, Santa Catarina nº 83 p.7-9, 2020. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n83.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

FANTE, C. A.; BOAS, A. C. V.; COSTA, A. C.; SILVA, E. P.; OLIVEIRA, M. C. D.; LIMA, L. C. D. O. 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 43, p. 2142-2147, 2013.

GEPSTEIN, S.; KIEBER, J. Etileno: o hormônio gasoso. In: TAIZ, L, ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 22, p. 647-670.

GREENE, D. W. An update on preharvest drop control of apples with aminothoxyvinyglycine (Retain). **Acta Horticulturae**, v. 727, 2006

HAUAGGE, R.; TSUNETTA, M. IAPAR 75 – Eva, IAPAR 76 – Anabela e IAPAR 77 – Carícia – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 3, p. 239-242, 1999.

HORTIFRUTI/CEPEA, 2021 – Maçã – disponível em: <http://hfbrasil.org.br>. Acesso em: 29 set. 2021

IMRAN, H.; ZHANG, Y.; DU, G.; WANG, G.; ZHANG, J. Effect of salicylic acid (SA) on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. **Frontiers of Agriculture in China**, v. 1, n. 4, p. 456-459, 2007.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 439–463, 1992.

SGANZERLA, W. G.; MELO, M. D.; FERRAREZE, J. P.; VEECK, A. D. L.; FERREIRA, P. I.; GIRARDI, C. L. Postharvest treatment with 1-MCP in apple 'Gala' mutants: physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity. **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 40-47, 2018.

STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. D.; CHECHI, R.; ZANARDI, O. Z.; ESPINDOLA, B.P.; MENEHINI, A.L. O tratamento pré-colheita com aminoetoxivinilglicina ou ácido giberélico preserva a qualidade pós-colheita de ameixas 'Laetitia'. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 222-227, 2011.

STROKA, M. A.; AYUB, R. A.; SILVA, D. M. D.; PESSENTI, I. L.; PEREIRA, A. B.; BARBOSA, E. A. A. Effect of anti-hail nets with different colors on 'Eva' apple trees agronomical responses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 43, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009, 819p

TSANTILI, E.; KAFKALETOU, M.; ROUSSOS, P. A.; CHRISTOPOULOS, M. V. Phenolic compounds, maturation and quality in fresh green olives for table use during exposure at 20° C after preharvest ReTain treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 26-32, 2012.

VIEITES, R. L.; DA ROCHA SOARES, L. P.; DAIUTO, É. R.; DE MENDONÇA, V. Z.; FURLANETO, K. A.; FUJITA, E. Maçã 'Eva' orgânica submetida a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 187-193, 2014.