

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
AGRONOMIA

Inara Emily de Oliveira Pinto da Silva

**ATIVIDADE DE 1-MCP, AVG E METIL-JASMONATO NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE NECTARINAS EM ATMOSFERA REFRIGERADA**

São Miguel do Oeste – SC (2024)

Inara Emily de Oliveira Pinto da Silva

ATIVIDADE DE 1-MCP, AVG E METIL-JASMONATO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE NECTARINAS EM ATMOSFERA REFRIGERADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de **Engenheira Agrônoma**.

Orientadora

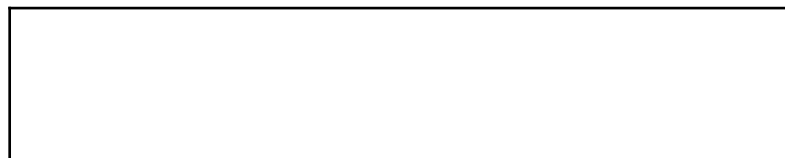
Prof^a. Dr^a. Aquidauana Miqueloto Zanardi

São Miguel do Oeste - SC (2024)

Inara Emily de Oliveira Pinto da Silva

**Atividade de 1-MCP, AVG e Metil-Jasmonato na conservação pós-colheita de nectarinas
em atmosfera refrigerada**

Este trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora composta por (Odimar Zanuzo Zanardi e Tiago Miqueloto) na data (16/08/2024), cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Prof^a. Dr^a. Aquidauana Miqueloto Zanardi

Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste

RESUMO

A nectarina é um fruto climatérico que apresenta elevadas taxas respiratórias e de produção de etileno. Além disso, possui alta perecibilidade e curto período de shelf-life. Na tentativa de prolongar o período de conservação desses frutos, vem sendo testado e utilizado inibidores da produção de etileno e o armazenamento dos frutos em atmosfera refrigerada. Assim, este estudo teve por objetivo avaliar a ação do aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP), metil-jasmonato (MeJa) e 1-metilciclopropeno (1-MCP) + metil-jasmonato (MeJa) na qualidade de nectarinas armazenadas em atmosfera refrigerada por 15 dias. Os frutos foram colhidos em um pomar comercial localizado em Descanso – SC, transportados ao laboratório, homogeneizados e submetidos à aplicação de 125 mg L⁻¹ de AVG, 188,0 mg m⁻³ de 1-MCP ou 10⁻⁴ M de MeJa. Como tratamento controle foi utilizado água destilada (solvente utilizado para dissolução dos inibidores da produção de etileno). Após a secagem a temperatura ambiente, os frutos foram armazenados à temperatura de 0 °C e UR 90-95% por 15 dias. Após o armazenamento e shelf-life por 48 horas à temperatura de 25 °C, as nectarinas foram analisadas quanto a massa fresca, coloração da epiderme, sólidos solúveis, acidez titulável, firmeza, elasticidade, peroxidação de lipídeos, atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX), antioxidantes totais, escurecimento da epiderme, murchamento e consistência. Os resultados indicaram que o tratamento com 1-MCP e sua combinação com MeJa mantiveram a elasticidade da epiderme dos frutos. Quanto à integridade oxidativa, não houve diferenças entre os tratamentos na peroxidação de lipídeos das membranas lipídicas das nectarinas. No entanto, a atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) mostrou uma diminuição inicial no tratamento combinado de 1-MCP + MeJa. O tratamento com 1-MCP isolado exibiu maior atividade enzimática após 48 horas, indicando um efeito positivo na capacidade antioxidante das nectarinas. Em relação à perda de massa durante o armazenamento, o 1-MCP e a combinação de 1-MCP + MeJa foram eficazes inicialmente, embora todas as diferenças entre os tratamentos tenham sido equiparadas após 48 horas. Similarmente, o escurecimento da casca foi reduzido significativamente pelos tratamentos com 1-MCP e AVG, refletindo numa menor oxidação de compostos fenólicos devido à menor produção de etileno. Portanto, os tratamentos com 1-MCP, MeJa, AVG e suas combinações apresentaram resultados significativos na qualidade pós-colheita das nectarinas.

Palavras-chave: *Prunus persica* var. *nucipersica*, etileno, shelf-life, danos por frio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo geral	6
2.2. Objetivos específicos	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. Caracterização da nectarina	6
3.2. Caracterização da nectarina na pós-colheita	7
3.3. Caracterização do etileno	8
3.4. Técnicas ou alternativas para prolongar a conservação pós-colheita de nectarinas ...	9
3.4.1. Temperatura	9
3.4.2. Aminoetoxivinilglicina (AVG)	10
3.4.3. 1-Metilciclopropano (1-MCP)	11
3.4.4. Metil-jasmonato (MeJa)	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Massa fresca	13
4.2. Coloração da epiderme	13
4.3. Sólidos solúveis	13
4.4. Acidez titulável	13
4.5. Peroxidação de lipídeos	14
4.6. Atividade da enzima Ascorbato Peroxidase (APX)	14
4.7. Antioxidantes totais	14
4.8. Escurecimento de epiderme, amolecimento e murchamento	15
4.9. Firmeza e elasticidade	15
4.10. Delineamento e análise de dados	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A nectarineira (*Prunus persica* var. *nucipersica*) pertence à família botânica Rosaceae e é considerada uma espécie frutífera de clima temperado. No Brasil, a região Sul se destaca como a maior produtora dessa fruta, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor do país (IBGE, 2017).

A nectarina é um fruto climatérico altamente perecível e se deteriora rapidamente em condições ambiente. Para a sua melhor conservação e aumento da vida útil têm sido utilizados algumas técnicas como, por exemplo, o armazenamento refrigerado, o uso da atmosfera controlada e a aplicação de inibidores da biossíntese e ação do etileno. O armazenamento refrigerado promove um efeito conservador, porque reduz os processos metabólicos que ocorrem nos frutos e que causam a sua deterioração. Quando armazenados sob temperatura ideal, ocorre diminuição na atividade metabólica e, conseqüentemente, redução da perda de qualidade e do envelhecimento dos frutos (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

A ação do gás etileno, principalmente em frutos climatéricos, desencadeia diversas reações nos frutos advindos da maturação e senescência (ALVES *et al.*, 2010; OETTERER; ARCE; SPOTO, 2006; TATSUKI; MORI, 1999; VIEIRA, 2019). Para retardar o avanço da degenerescência e prolongar a vida pós-colheita dos frutos tem-se utilizado compostos sintéticos que atuam na inibição da biossíntese e na ação do etileno nos frutos armazenados.

Dentre os compostos sintéticos disponíveis no mercado brasileiro, a aminoetoxivinilglicina (AVG) é considerada um potente inibidor da biossíntese do etileno, pois bloqueia a enzima ácido 1-carboxi-1-aminociclopropano sintase que é responsável pela conversão da S-adenosil-metionina ao ácido 1-carboxi-1-aminociclopropano (ACC) (YU; YANG, 1979) e deste para etileno. Portanto, o AVG pode prolongar a vida útil dos frutos, reduzindo as taxas respiratória e de produção de etileno e, com isso, retardar os processos degradativos nos frutos.

Da mesma forma, o 1-metilciclopropeno (1-MCP) também tem sido utilizado como alternativa para aumentar a vida útil dos frutos armazenados. O 1-MCP atua bloqueando os receptores de etileno, retardando o processo de sinalização dos genes associados ao processo de amadurecimento dos frutos.

O processo de senescência em frutos também está associado ao aumento das espécies reativas de oxigênio (EROs), que são estimuladas pelas condições de estresse como o frio (SESTARI, 2010). Por isso, acredita-se que o uso do MeJa, por apresentar efeito antioxidante,

possa contribuir com a conservação de polpa de nectarinas, como previamente demonstrado em nêspersas (CAO *et al.*, 2009).

Portanto, a aplicação dos compostos aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP) e metil-jasmonato (MeJa) em nectarinas armazenadas em atmosfera refrigerada por 15 dias poderá auxiliar na preservação dos atributos físico-químicos e bioquímicos dos frutos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a atividade de aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP) e do metil-jasmonato (MeJa) nos atributos físico-químicos e bioquímicos em polpa de nectarinas armazenadas em atmosfera refrigerada por 15 dias.

2.2. Objetivos específicos

1. Avaliar a massa fresca, coloração da epiderme e da polpa, acidez titulável e sólidos solúveis de nectarinas tratadas com aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP) e metil-jasmonato (MeJa);
2. Avaliar a peroxidação lipídica, atividade antioxidante e atividade da ascorbato peroxidase em nectarinas tratadas com aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP) e metil-jasmonato (MeJa).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Caracterização da nectarina

A nectarineira (*Prunus persica* var. *nucipersica*) pertence à família botânica Rosaceae e está inserida no grupo conhecido como frutos de caroço, assim como pêssegos e ameixas. A nectarina é uma mutação proveniente do pêssego em decorrência do fator genético recessivo

que é expresso na forma de uma epiderme lisa, sem a presença de pilosidade (OJIMA *et al.*, 1983).

De acordo com os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgados no ano de 2017, a área total colhida de nectarinas foi de 355 hectares com produção de 4.250 toneladas do fruto. A pesquisa ainda aponta que o estado de Santa Catarina é o maior produtor da fruta no Brasil (IBGE, 2017).

Os frutos são classificados como drupas carnosas e possuem epicarpo e mesocarpo carnoso e endocarpo lenhoso, abrigando apenas uma semente. A forma pode variar de esférica, redonda, cônica, elíptica ou ovalada. A polpa dos frutos pode ser firme ou macia e o caroço pode ser encontrado solto ou preso à polpa (PIO, 2018). A nectarina tem característica climática, ou seja, no período de amadurecimento possui um pico de produção de etileno e aumento da respiração (CHITARRA; CARVALHO, 1985). Isso possibilita aos frutos continuarem o processo de amadurecimento mesmo depois de colhidos (BRON; JACOMINO, 2007).

A produção de frutos acontece exclusivamente nos ramos do ano anterior (ramos de ano). Os ramos que produzem frutos apresentam gemas florais e vegetativas (mistas). As flores são completas e capazes de se autofertilizarem (PIO, 2018). Além disso, as nectarinas necessitam de uma certa quantidade de horas de frio abaixo de 7,2 °C para superar a dormência e induzir o processo de brotação das gemas na próxima estação de crescimento das plantas (PETRI *et al.*, 2021).

3.2. Caracterização da nectarina na pós-colheita

A nectarina é um fruto de alta perecibilidade e, se não for manejada de forma correta, na pós-colheita sua vida de prateleira torna-se reduzida. De acordo com Sousa *et al.* (2018), as principais perdas pós-colheita são decorrentes de desordens fisiológicas, injúrias por patógenos e danos mecânicos. Uma das técnicas utilizadas para aumentar a vida de prateleira desses frutos é o armazenamento em baixas temperaturas.

A temperatura ideal para armazenagem de pêssegos e nectarinas é de -0,5 a 0,0 °C e umidade relativa do ar de 90-95% (MAYER *et al.*, 2019). Não é recomendado o armazenamento em temperaturas abaixo do nível mínimo, pois pode ocorrer o congelamento dos frutos. Em casos de armazenamento dos frutos em temperaturas superiores às recomendadas, o processo de conservação não será efetivo, pois haverá aceleração no

processo de amadurecimento e de degradação dos frutos. Após a conservação refrigerada, os frutos têm duração média de 2 a 4 dias em temperatura de 20 a 25 °C (MAYER *et al.*, 2019). Mesmo quando refrigerados, deterioram-se rapidamente em termos de sabor e mostram sinais visíveis de desidratação. Dependendo das circunstâncias de colheita e armazenamento, podem surgir problemas associados a distúrbios fisiológicos (CANTILLANO, 2021).

O armazenamento em baixas temperaturas pode causar estresses nos frutos e, conseqüentemente, favorecer a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs). As formas mais comuns de EROs nos frutos incluem os radicais superóxidos (O_2^-), hidroxila (OH^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2) (DE OLIVEIRA, 2015). As EROs são formas reduzidas de oxigênio que possuem mais energia que o oxigênio molecular e, por isso, tem maior facilidade de reagir com outras substâncias que podem causar a degradação ou morte dos tecidos (SESTARI, 2010).

Purvis e Shewfelt (1993) destacaram que as baixas temperaturas podem induzir ao estresse oxidativo, originado por um desequilíbrio entre compostos com poder oxidante e compostos antioxidantes. Como consequência, há o estímulo de enzimas oxidativas responsáveis pelo escurecimento enzimático (ARAÚJO, 1990). Dentre as enzimas, destaca-se a polifenoloxidase (PPO), considerada uma oxireductase que utiliza o oxigênio como aceptor de hidrogênio. A PPO possui capacidade de oxidar compostos fenólicos (CLEMENTE, 1998).

Os diferentes tipos de sintomas de dano por frio estão intimamente associados às cultivares (CRISOSTO *et al.*, 2004), sendo a maioria suscetíveis quando armazenadas a baixas temperaturas seguidas de exposição à temperatura ambiente (MINAS *et al.*, 2013). Em algumas espécies expostas a condições de estresse, a produção de etileno torna-se mais elevada, provocando o agravamento dos danos e estímulos ao estresse oxidativo (TATSUKI; MORI, 1999).

3.3. Caracterização do etileno

O etileno é um gás que possui em sua composição dois átomos de carbono e quatro átomos de hidrogênio (C_2H_4). É considerado o hormônio do amadurecimento, mas também regula aspectos do crescimento, desenvolvimento, respostas aos danos, senescência e estresses bióticos e abióticos (GAZZARRINI; MCCOURT, 2001). Na planta, o etileno é sintetizado a partir da metionina ($C_3H_{11}NO_2S$). A metionina é convertida em S-adenosilmetionina (SAM) por meio da enzima S-adenosilmetionina sintetase. Posteriormente, a enzima ácido 1-

aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACC) converte-a em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico.

Na etapa final, o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico é transformado em etileno pela ação da ACC oxidase (YANG; HOFFMAN, 1984). Em seguida, o etileno se liga ao receptor da membrana do retículo endoplasmático e desencadeia um processo de sinalização que é levado até o núcleo da célula e ativa os genes associados ao amadurecimento dos frutos.

Uma série de mudanças ocorrem a partir do processo de maturação regulado pelo etileno, estando intimamente associado à respiração climatérica dos frutos. Na presença desse gás, a respiração sofre um drástico aumento, principalmente na fase final do amadurecimento dos tecidos. Na pós-colheita, o etileno pode acelerar o processo de amadurecimento e senescência dos frutos. Entretanto, seu efeito pode ser retardado pelo uso de algumas substâncias inibidoras da rota de biossíntese ou de mecanismos de ação do etileno (VIEIRA, 2019).

3.4. Técnicas ou alternativas para prolongar a conservação pós-colheita de nectarinas

3.4.1. Temperatura

A atmosfera refrigerada é um processo de acondicionamento de alimentos no qual os fatores mais importantes são a temperatura e a umidade relativa do ar. O uso de armazenamento sob baixas temperaturas para a conservação e manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos é uma técnica muito difundida. Esse método traz bons resultados pois age reduzindo os processos que causam a perda de qualidade e senescência dos frutos como a redução das atividades metabólicas nos tecidos e enzimas (ANESE; FRONZA, 2015).

A diminuição da atividade química e enzimática resulta em menor perda da qualidade, menor degradação de pigmentos e vitaminas, controle da desnaturação de proteínas e oxidação de lipídios dos frutos (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Na pós-colheita de frutos e hortaliças a respiração é o principal processo fisiológico. O aumento da temperatura provoca um incremento no processo respiratório e, conseqüentemente, a redução da vida útil (CALBO *et al.*, 2007). A respiração é o processo em que os vegetais obtêm energia por meio da degradação de um substrato orgânico. Quando o fruto está ligado à planta, os substratos utilizados na respiração são fornecidos por ela, porém, quando colhidos os frutos passam a oxidar as suas reservas, contribuindo para a sua

degradação. O processo de respiração aeróbico ocorre em três fases: glicólise (anaeróbia facultativa), ciclo de Krebs e cadeia transportadora de elétrons. Cada fase ocorre respectivamente no citosol, matriz mitocondrial e cristas mitocondriais da membrana interna (VIEIRA *et al.*, 2010).

Porém, para utilizar o armazenamento refrigerado de frutos na pós-colheita e, conseqüentemente, diminuir o processo respiratório, é necessário verificar o limite mínimo de temperatura suportável para cada espécie/cultivar, pois pode ocorrer injúrias e desordens fisiológicas que comprometem a qualidade dos frutos armazenados. Em espécies climatéricas como a nectarina, a baixa temperatura reduz e retarda o pico climatérico dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.4.2. Aminoetoxivinilglicina (AVG)

A aminoetoxivinilglicina (AVG) é considerada uma inibidora da biossíntese de etileno, por meio do bloqueio da ação da enzima ACC sintase. Desse modo, não há conversão de S-adenosil-metionina (SAM) para ácido 1-carboxi-1-aminociclopropano (ACC), que no processo de biossíntese, é o precursor do etileno (YU; YANG, 1979). Por esse motivo, a AVG vem sendo comercializada (Retain[®]) e utilizada na conservação pós-colheita de frutos, principalmente dos climatéricos.

Steffens *et al.* (2011) concluíram que a aplicação pré-colheita de AVG em ameixas ‘Laetitia’ preserva sua qualidade durante o armazenamento em baixas temperaturas. Da mesma forma, Amarante *et al.* (2002) demonstraram que a aplicação de AVG em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ retardou o processo de maturação dos frutos. Tavares *et al.* (2009) também verificaram que a aplicação pós-colheita de AVG em tanger ‘Murcott’ reduziu a taxa respiratória dos frutos. Além disso, Garcia (2022) constatou que a imersão pós-colheita de maçãs ‘Eva’ em AVG alterou o tempo de armazenamento, pH, teores de sólidos solúveis, índice de maturação, textura (firmeza do fruto), atividade antioxidante, compostos fenólicos e polifenoxidase dos frutos. Portanto, a aplicação de AVG nos frutos pode induzir efeitos que vão além da pré-colheita (modo de aplicação mais comum), mas também na pós-colheita, proporcionando a conservação qualitativa dos frutos.

3.4.3. 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é mais uma ferramenta que pode ser utilizada para a conservação dos frutos (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). O 1-MCP é um composto orgânico cíclico com uma ligação dupla simples. Este composto atua ocupando o lugar do etileno nos seus receptores. Com isso, o etileno não consegue se ligar ao receptor, inibindo-se sua biossíntese e atividade nos frutos. A afinidade do 1-MCP pelo receptor é aproximadamente 10 vezes maior que a do gás etileno. A partir da sua ação, a vida útil dos frutos é prolongada, pois diminui a respiração e os efeitos senescentes (PASHAZADEH *et al.*, 2017).

Em maçãs o 1-MCP aumentou o tempo de armazenamento para nove meses (TOMALA *et al.*, 2020). Em ameixas 'Rosa Vermelha' reduziu a ação do etileno e diminuiu a respiração e o escurecimento interno, provocou leve redução na mudança de cor e manteve a firmeza dos frutos (DONG *et al.*, 2001). Quando aplicado em ameixas 'Laetitia', o 1-MCP contribuiu para retardar o amadurecimento e reduzir a degenerescência, mantendo a firmeza após a exposição dos frutos à temperatura ambiente (ALVES *et al.*, 2010). Em abacaxis, o 1-MCP reduziu o escurecimento interno da polpa da infrutescência (SELVARAJAH, 2001).

Diante dos efeitos benéficos observados em diferentes espécies frutíferas, o 1-MCP (SmartFresh™) vem sendo comercializado e utilizado para conservação da qualidade pós-colheita e aumento da vida de prateleira de frutos.

3.4.4. Metil-Jasmonato (MeJa)

Os jasmonatos são hormônios que atuam em diversos processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas. Os jasmonatos são constituídos por ácido jasmônico (AJ) e metil-jasmonato (MeJa). Os jasmonatos regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas e atuam nas respostas aos estresses ambientais (TRIPATHI; DUBEY, 2004).

Estudos prévios também revelaram que metil-jasmonato evita a deterioração dos frutos, promove a síntese de metabólitos secundários (ZHANG *et al.*, 2009), reduz a taxa respiratória e de ação de enzimas oxidativas (WANG *et al.*, 2019) e aumenta a resistência de frutos ao processo oxidativo. Em tomate-cereja, o metil-jasmonato também atua na diminuição do índice de injúrias por frio (ZHANG *et al.*, 2012). Em ameixas 'Laetitia' o metil-jasmonato mantém a cor característica da polpa, além de aumentar a concentração de antioxidantes e reduzir a peroxidação lipídica (SANTOS, 2020).

O ácido jasmônico possui efeito antioxidante e pode atuar na redução das EROs (H_2O_2 e 1O_2) (DEUNER *et al.*, 2015). Em nêspera, Cao *et al.* (2009) verificaram que o uso de metil-

jasmonato seguido pelo armazenamento a 1 °C reduziu o escurecimento interno dos frutos e aumentou a sua defesa antioxidante.

Diante da participação do etileno no processo de amadurecimento e senescência dos frutos (desencadeando diversos processos físico-químicos e bioquímicos que podem levar a injúrias, como também ao aumento das EROs estimuladas pelo estresse por frio), pode-se afirmar que há um efeito positivo do uso de AVG, 1-MCP e MeJa no processo de conservação dos frutos. Porém, em nectarinas, a ação desses compostos na conservação pós-colheita dos frutos ainda não foi completamente investigada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

As nectarinas (*Prunus persica* var. *nucipersica*.) foram colhidas em um pomar comercial localizado no município de Descanso - SC (26°49'54''S, 53°28'13''W e altitude 378 m). No pomar, os frutos foram colhidos no estágio de maturação utilizado para comercialização e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Fitossanidade Vegetal do Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste.

No laboratório, os frutos foram selecionados (sendo descartados aqueles que apresentaram danos mecânicos, abrasões, ataques de insetos ou animais), sanitizados, higienizados e utilizados para avaliação. Após, três amostras de 10 frutos foram analisadas físico-quimicamente para caracterizar os atributos qualitativos iniciais dos frutos. Feito isso, quatro amostras de 15 frutos foram tratadas com aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-metilciclopropeno (1-MCP), metil-jasmonato (MeJa), 1-metilciclopropeno (1-MCP) + metil-jasmonato (MeJa) ou água destilada (controle). A aplicação do AVG nos frutos foi realizada por meio de borrição de uma solução de AVG 150 g kg⁻¹ (Retain[®]) na concentração de 125 mg L⁻¹. O MeJa foi aplicado de forma semelhante ao AVG utilizando a concentração de 10⁻⁴ M. Porém, o 1-MCP 6,3 g L⁻¹ (SmartFresh[®]) foi aplicado aos frutos utilizando caixas herméticas com gás na concentração de 188,0 mg m⁻³ por 12 horas em temperatura ambiente (25 ± 1 °C) e umidade relativa de 70-80%. Para o tratamento controle, foi utilizado água destilada (solvente utilizado para dissolução dos produtos).

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram mantidos sobre bancadas para secagem natural. Após a secagem, os frutos foram acondicionados em redes plásticas e armazenados em uma câmara fria por 15 dias a 0 °C e umidade relativa do ar de 90-95%.

Após o armazenamento, os frutos foram expostos às condições ambiente (25 ± 1 °C e UR de 70-80%) por 48 horas (shelf-life). Decorrido este período, os frutos foram submetidos às análises físico-químicas e bioquímicas.

4.1. Massa fresca

A massa fresca dos frutos foi aferida em uma balança analítica Marte AD430 (precisão de 0,0001g) antes e após o armazenamento dos frutos.

4.2. Coloração da epiderme

A cor da epiderme dos frutos foi determinada com base nos parâmetros L (lightness), C (croma), a (coordenada vermelho/verde), b (coordenada amarelo/azul) e h° (ângulo 'hue') obtidos com um colorímetro Delta Color (Delta Vista[®]). O L tem a função de detectar o brilho da cor (0 = coloração mais escura, 100 = coloração mais clara), o C a saturação da cor (0 = cinza e 90 = cores vivas), o a (+ a indica mais vermelho e - a indica mais verde), o b (+ b indica mais amarelo e - b indica mais azul) e o h° expressa a coloração básica (0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde). As leituras foram realizadas em dois lados opostos da região equatorial dos frutos antes e após o armazenamento.

4.3. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis dos frutos foi determinado por refratometria. Para isso, uma alíquota de suco da polpa dos frutos foi extraída e adicionada em um refratômetro digital Atago com correção de temperatura para 20 °C e os resultados expressos em °Brix.

4.4. Acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada por volumetria com indicador. Para isso, 1 g da polpa de nectarina foi diluído em 25 mL de água e adicionado 0,3 mL de solução de fenolftaleína para cada 100 mL da solução a ser titulada. A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante até atingir coloração rósea

persistente por 30 segundos. O resultado foi expresso em porcentagem de acidez titulável total.

4.5. Peroxidação de lipídeos

Para a quantificação da peroxidação de lipídeos foi utilizado 0,1 g da polpa macerada em 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) à 0,1% e centrifugado a 5000 rpm sob temperatura de 4 °C por 10 minutos. Após, uma alíquota de 0,5 mL foi removida e adicionada 1,5 mL de tricloroacético (TCA) e tiobarbitúrico (TBA) à 10%. Feito isso, as amostras foram incubadas em banho-maria à temperatura de 90-95 °C por 25 minutos e incubadas em gelo. A quantificação de peroxidação lipídica foi determinada em um espectrofotômetro utilizando os comprimentos de onda de 440, 532 e 600 nm e expressas em nmol g⁻¹ MF.

4.6. Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX)

Para determinar a atividade da ascorbato peroxidase (APX), o meio de extração foi preparado utilizando como tampão fosfato de potássio a pH 6,8 e, posteriormente, adicionado sal dissódico (2H₂O. Na₂ EDTA) e fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF). Para a obtenção do extrato foi utilizado 1g do tecido vegetal seguido de maceração com 3 mL da solução de extração e levado à centrífuga durante 15 minutos a 4 °C a 5.000 rpm. O meio de reação foi preparado com o tampão fosfato de potássio a pH 7,8. Posteriormente, adicionado sal dissódico (2H₂O. Na₂ EDTA) e ácido ascórbico em 100 mL do meio de reação. Em seguida, 0,9189 µL de peróxido de hidrogênio foi adicionado. A atividade da APX foi determinada por absorvância utilizando comprimento de onda de 290 nm durante o primeiro minuto da reação.

4.7. Antioxidantes totais (ATT)

A determinação foi baseada na extinção da absorção do radical ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico). Para o método ABTS as amostras foram aferidas em um espectrofotômetro QUIMIS® Q898U2M5 utilizando comprimento de onda de 734 nm e os resultados expressos em µg de equivalente Trolox g⁻¹ de massa fresca da amostra.

4.8. Escurecimento da epiderme, murchamento e amolecimento

O método envolveu a análise visual de murchamento, amolecimento e escurecimento da epiderme dos frutos de nectarina, observando-se a incidência. O escurecimento da epiderme foi identificado pela presença de pontos escuros. O amolecimento também foi avaliado por meio de uma análise visual, observando a perda de firmeza da polpa, enquanto o murchamento foi evidenciado pela desidratação e perda de turgor (redução do volume e enrugamento da casca) dos frutos. Essas características foram avaliadas visualmente e registradas na saída da câmara de armazenamento e 48 horas de shelf-life à 25 °C.

4.9. Firmeza e elasticidade

As análises de elasticidade e firmeza do fruto foram conduzidas utilizando o equipamento texturômetro. As medições foram realizadas em lados opostos do fruto, garantindo uma avaliação mais abrangente e representativa. Os resultados foram expressos em g cm^{-2} .

4.10. Delineamento e análise de dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições de 20 frutos/repetição. Os dados obtidos foram inicialmente submetidos ao teste de Bartlett (BARLETT, 1937) e ao teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) para verificar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos, respectivamente. Como todos os dados atenderam as pressuposições do modelo normal, estes foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à elasticidade da epiderme do lado vermelho e amarelo dos frutos não houve diferença significativa entre os tratamentos, na saída da câmara (Tabela 1). Porém, a elasticidade da epiderme do lado vermelho dos frutos de nectarina expostas a temperatura de 25 °C por 48h foram superiores no 1-MCP + MeJa em comparação ao MeJa e controle, não diferindo do 1-MCP e AVG (Tabela 1). A elasticidade da epiderme do lado amarelo dos

frutos após 48 h de shelf-life foi superior no 1-MCP em comparação ao MeJa, AVG e controle, não diferindo do 1-MCP + MeJa. A elasticidade é um parâmetro que determina a flexibilidade da epiderme dos frutos. Conhecer a elasticidade é fundamental para avaliar a resistência dos frutos durante o manuseio, transporte e armazenamento. Frutos com boa elasticidade tendem a ser mais duráveis e menos suscetíveis a danos físicos, o que contribui para a qualidade e a aparência do produto final oferecido ao consumidor.

TABELA 1 – Elasticidade da epiderme dos lados vermelho e amarelo de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) e mantidas em refrigeração por 15 dias e após 48 h de shelf-life.

Tratamento	Elasticidade (g cm ⁻²) do lado vermelho ¹		Elasticidade (g cm ⁻²) do lado amarelo ¹	
	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)
Controle	749,2±86,94 a	425,1±7,39 b	710,5±33,59 a	409,7±19,66 b
1-metilciclopropeno (1-MCP)	757,5±104,44 a	503,8±25,27 ab	827,5±82,36 a	532,3±25,68 a
Aminoetoxivinilglicina (AVG)	826,3±81,31 a	461,4±15,48 ab	766,6±73,68 a	450,6±5,79 b
Metil jasmonato (MeJa)	650,2±45,11 a	393,0±17,32 b	724,2±86,25 a	399,3±17,69 b
1-MCP + MeJa	860,4±32,65 a	520,8±29,46 a	808,6±37,40 a	510,1±18,81 ab
F _{4, 15}	1,1650	6,7380	0,5870	10,0500
Valor de P	0,3650	0,0026	0,6770	0,0004

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

A firmeza da polpa, na saída da câmara, do lado mais amarelo dos frutos foi menor nas nectarinas tratadas com AVG, MeJa, 1-MCP + MeJa em relação ao controle. Os frutos que receberam aplicação de 1-MCP apresentaram firmeza de polpa similar aos frutos do controle (Tabela 2). Porém, para firmeza de polpa do lado vermelho, nenhuma diferença foi observada entre os tratamentos na saída da câmara e após 48 h de shelf-life. Os tratamentos AVG, MeJa, 1-MCP + MeJa não foram eficientes em conservar a firmeza de polpa dos frutos do lado amarelo na saída da câmara, possivelmente devido à evolução na maturação dos frutos e a perda de água através da transpiração. Santos *et al.* (2008) observaram que há uma relação positiva entre perda de massa e firmeza dos frutos. De acordo com esses autores, quanto maior o percentual de perda de massa, maior redução nos valores de firmeza de polpa. Ao observar os percentuais de perda de massa, no presente estudo, observou-se perdas consideráveis de massa dos frutos, resultando na diminuição da firmeza de polpa dos frutos tratados com AVG, MeJa, 1-MCP + MeJa (Tabela 4).

A firmeza é um atributo que indica a resistência à ruptura da polpa dos frutos. Durante o processo de amadurecimento dos frutos, os ácidos poligalacturônicos que compõem a lamela média da parede celular são degradados pelas enzimas de parede celular

pectinametilesterase e poligalacturonase (TAIZ; ZEIGER, 2006). O etileno é um fitohormônio que pode induzir o aumento da síntese de enzimas de parede celular e reduzir a firmeza da polpa (HUBER, 1983). Para prolongar a conservação e manter a firmeza da polpa dos frutos tem sido utilizado substâncias inibidoras da biossíntese e mecanismos de ação do etileno, como AVG e 1-MCP, respectivamente. No entanto, os resultados obtidos demonstram que a utilização de AVG e 1-MCP não são efetivos para reduzir a ação das enzimas de parede celular e manter a firmeza de polpa ao longo do período de armazenamento e/ou após 48 h de shelf-life a 25 °C (Tabela 2).

Quanto aos parâmetros AT e SS não foram verificadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 3).

TABELA 2 – Firmeza de polpa dos lados vermelho e amarelo de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) e mantidas em refrigeração por 15 dias e após 48 h de shelf-life.

Tratamento	Firmeza (g cm ⁻²) do lado vermelho ¹		Firmeza (g cm ⁻²) do lado amarelo ¹	
	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)
Controle	331,0±23,18 a	91,3±89,56 a	366,0±43,71 a	69,7±25,61 a
1-metilciclopropeno (1-MCP)	169,3±31,03 a	122,6±29,98 a	272,0±42,61 ab	141,1±25,84 a
Aminoetoxivinilglicina (AVG)	204,2±34,98 a	122,9±51,64 a	173,01±26,54 b	84,5±30,37 a
Metil jasmonato (MeJa)	254,7±33,67 a	105,3±38,63 a	165,1±51,27 b	56,3±15,44 a
1-MCP + MeJa	216,5±50,71 a	165,4±61,41 a	195,8±37,31 b	125,1±50,99 a
F _{4, 15}	2,9560	0,3330	7,2200	1,2970
Valor de P	0,0551	0,8510	0,0019	0,3150

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 3 – Sólidos solúveis totais e acidez titulável total de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) e mantidas em refrigeração por 15 dias e 48 h de shelf-life.

Tratamento	Sólidos solúveis (°Brix) ¹		Acidez titulável total (%) ¹	
	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)	Saída da câmara	Shelf-life (48 h)
Controle	9,0±0,41 a	11,2±0,34 a	2,2±0,13 a	1,9±0,06 a
1-metilciclopropeno (1-MCP)	8,3±0,31 a	10,7±0,39 a	2,1±0,11 a	2,0±0,06 a
Aminoetoxivinilglicina (AVG)	9,1±0,75 a	11,8±0,50 a	2,2±0,08 a	1,9±0,12 a
Metil jasmonato (MeJa)	9,5±0,83 a	11,6±0,48 a	2,5±0,22 a	2,0±0,07 a
1-MCP + MeJa	9,2±0,19 a	11,7±0,64 a	2,1±0,03 a	2,1±0,14 a
F _{4, 15}	0,6360	0,8840	1,4250	1,1290
Valor de P	0,6450	0,4970	0,2740	0,3400

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na análise da peroxidação de lipídeos das nectarinas, nenhuma diferença foi observada entre os tratamentos tanto na saída da câmara de armazenamento quanto 48 h de

shelf-life a 25 °C (Tabela 4). A peroxidação lipídica indica a degradação da membrana plasmática. Os frutos com maior peroxidação lipídica apresentam menor conservação e qualidade pós-colheita. Assim, a aplicação de 1-MCP, AVG, MeJa ou 1-MCP + MeJa em frutos de nectarinas não induziu um impacto imediato ou diferencial na integridade oxidativa das membranas lipídicas dos frutos durante o período de avaliação.

TABELA 4 - Peroxidação, enzimas, antioxidantes e perda de massa de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) após o armazenamento (saída da câmara) e após 48 h de shelf-life.

Tratamento	Peroxidação lipídica Eq. MDA ¹ (nmol mL ⁻¹)	Enzimas AE ¹ (μmol min ⁻¹ mg proteína ⁻¹)	Antioxidantes ¹ (Trolox g ⁻¹)	Perda de massa ¹ (%)
Saída da câmara				
Controle	0,3±0,20 a	5,3±0,83 a	200,9±3,09 b	25,6±0,53 a
1-metilciclopropeno (1-MCP)	0,1±0,02 a	4,5±0,51 a	343,4±14,62 a	17,3±1,91 b
Aminoetoxivinilglicina (AVG)	0,1±0,04 a	4,6±0,12 a	268,1±25,27 ab	24,4±1,84 a
Metil jasmonato (MeJa)	0,1±0,04 a	4,3±0,37 a	220,6±24,61 b	26,7±1,46 a
1-MCP + MeJa	0,1±0,04 a	0,8±0,19 b	252,5±25,20 ab	20,7±1,51 ab
F _{4, 15}	1,452	13,550	7,186	6,480
Valor de P	0,266	<0,0001	0,002	0,003
48 h de shelf-life				
Controle	0,2±0,01 a	4,3±0,52 b	262,0±13,26 b	35,5±5,77 a
1-MCP	0,2±0,05 a	6,4±0,34 a	346,1±33,37 ab	20,3±3,48 a
AVG	0,1±0,04 a	3,1±0,18 bc	419,1±9,48 a	23,1±7,59 a
MeJa	0,1±0,03 a	2,3±0,34 c	370,5±17,91 a	49,1±13,76 a
1-MCP + MeJa	0,1±0,02 a	5,5±0,48 ab	369,6±14,28 a	27,1±3,87 a
F _{4, 15}	2,053	18,360	8,725	2,192
Valor de P	0,138	<0,0001	0,001	0,119

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Em relação a atividade enzimática na saída da câmara de armazenamento, a atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) foi menor nas nectarinas tratadas com 1-MCP + MeJa em comparação aos demais tratamentos (Tabela 4). Porém, após 48 h de shelf-life, frutos tratados com 1-MCP apresentaram maior atividade enzimática, seguido pelos frutos tratados com 1-MCP + MeJa (Tabela 4). Pode-se inferir que as respostas enzimáticas das nectarinas à aplicação de reguladores de crescimento e compostos bioquímicos variam ao longo do tempo e podem ser influenciadas pela interação entre os compostos aplicados. A atividade da APX é um indicador importante da capacidade antioxidante dos frutos e sua resistência ao estresse oxidativo por reduzir significativamente as EROs (MEHLHORN *et al.*, 1996). A menor atividade da APX em frutos tratados com 1-MCP + MeJa ou 1-MCP na saída ou 48 h de shelf-life, respectivamente, é atribuída a um possível efeito do 1-MCP na supressão das vias sinalizadoras que ativam a produção de APX. Enquanto isso, o MeJa pode ter induzido a produção de compostos fenólicos (SIEPE, 2018) ou estimulado a atividade de outras enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD) e a catalase (CAT).

Para a atividade antioxidante na saída da câmara de armazenamento, o tratamento com 1-MCP apresentou maiores teores de antioxidante, seguido pelo AVG e 1-MCP + MeJa. O tratamento com MeJa mostrou resultados semelhantes ao controle. O 1-MCP atua sobre os receptores do etileno na membrana do retículo endoplasmático inibindo o mecanismo de ação deste fitohormônio. Já o AVG, atua sobre a ACC sintase inibindo a rota de biossíntese do etileno. Então, o 1-MCP, AVG e 1-MCP + MeJa tiveram maior concentração de antioxidantes, provavelmente em razão do 1-MCP e AVG terem reduzido a ação do etileno sobre a degradação de compostos antioxidantes (PASHAZADEH *et al.*, 2017).

Após 48 h de shelf-life, todos os tratamentos apresentaram aumento nos níveis de antioxidantes. Entretanto, as nectarinas tratadas com AVG, 1-MCP + MeJa e MeJa tiveram maiores teores de antioxidantes em relação ao controle, não diferindo do 1-MCP. Segundo Calbo *et al.*, (2007), a velocidade das reações bioquímicas aumenta de 2 a 6 vezes para cada 10 °C de aumento da temperatura. A elevação da temperatura resulta em um aumento na taxa respiratória, produção de etileno e no estresse oxidativo (TATSUKI; MORI, 1999). Esse estresse oxidativo induz a produção das EROs que degradam a membrana plasmática e ocasiona perda na qualidade dos frutos. Para minimizar o efeito das EROs, os frutos podem aumentar a sua defesa induzindo a produção de antioxidantes. Assim, quando os frutos foram transferidos para a temperatura de 25 °C por 48 h, ocorreu um estresse oxidativo que induziu um aumento na produção de antioxidantes principalmente nas nectarinas tratadas com 1-

MCP, AVG, MeJa e 1-MCP + MeJa com o propósito de dissipar as EROs nos níveis dos antioxidantes.

A análise da perda de massa em nectarinas mostrou que o tratamento com 1-MCP teve menor perda de massa em comparação aos demais tratamentos na saída do armazenamento (Tabela 4). Porém, após 48 h de shelf-life, todas as diferenças iniciais entre os tratamentos desapareceram, o que resultou em perdas de massa semelhantes. Isso pode ser explicado devido ao fato de que os frutos transferidos do ambiente refrigerado para uma condição ambiente apresentaram um aumento da temperatura e, conseqüentemente, aumentou a velocidade das reações e a respiração dos frutos (CALBO *et al.*, 2007). Isso pode levar a uma aceleração da transpiração e aumentar a perda de massa nos frutos e influenciar as condições de armazenamento.

Ao analisar o escurecimento da epiderme de nectarinas (Tabela 4) na saída da câmara de armazenamento refrigerado, os frutos tratados com 1-MCP e AVG tiveram menor incidência de escurecimento. Porém, após 48 h de shelf-life, nenhuma diferença foi constatada nos frutos para o escurecimento de epiderme, independentemente do tratamento usado no período de armazenamento refrigerado.

O 1-MCP e o AVG mostraram-se eficazes na redução do escurecimento da epiderme. Isto pode ter ocorrido em razão do AVG e 1-MCP terem reduzido a atividade enzimática da polifenoloxidase que é responsável por oxidar os compostos fenólicos que ocasiona o escurecimento dos tecidos vegetais, causando alterações indesejáveis na cor (ROTILI, 2012). A remoção das nectarinas do ambiente controlado da câmara refrigerada expôs os frutos a temperaturas mais elevadas, acelerando os processos oxidativos de maneira uniforme entre os tratamentos.

TABELA 5 - Escurecimento da epiderme, murchamento e amolecimento de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) após o armazenamento (saída da câmara) e após 48 h de shelf-life.

Tratamento	Escurecimento da epiderme ¹ (%)	Murchamento ¹ (%)	Amolecimento ¹ (%)
Saída da câmara			
Controle	16,7±1,93 a	63,3±8,38 a	78,3±5,69 a
1-MCP	6,7±2,72 b	35,0±6,87 a	46,7±2,72 b

AVG	1,7±1,67 b	38,3±9,95 a	48,3±11,01 b
MeJa	13,3±0,01 ab	35,0±5,00 a	50,0±1,93 ab
1-MCP + MeJa	11,7±3,19 ab	36,7±7,93 a	41,7±6,87 b
F _{4,15}	7,191	2,431	4,464
Valor de P	0,002	0,093	0,009
----- 48 h de shelf-life -----			
Controle	25,0±8,84 a	34,4±10,67 a	37,5±8,84 a
1-MCP	12,5±5,10 a	18,8±6,25 a	15,6±3,13 b
AVG	12,5±5,10 a	18,8±6,25 a	15,6±3,13 b
MeJa	21,9±5,98 a	31,3±8,07 a	25,0±5,10 ab
1-MCP + MeJa	21,9±7,86 a	46,9±5,98 a	37,5±7,22 a
F _{4,15}	0,750	2,383	3,417
Valor de P	0,573	0,098	0,036

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Em relação ao murchamento em nectarinas, os resultados revelaram nenhuma diferença entre os tratamentos, tanto no momento da remoção das frutas da câmara de armazenamento refrigerado quanto após 48 h de shelf-life a 25 °C (Tabela 5).

A análise do amolecimento das nectarinas indicou que, imediatamente após a retirada da câmara refrigerada, frutos tratados com 1-MCP, AVG e 1-MCP + MeJa apresentaram menores taxas de amolecimento. O controle apresentou a maior taxa de amolecimento, enquanto o tratamento com MeJa produziu resultados intermediários. Após 48 h de shelf-life a 25 °C, as tendências se mantiveram, exceto para o tratamento com 1-MCP + MeJa, que apresentou uma taxa de amolecimento similar ao controle (Tabela 5).

O desempenho intermediário do MeJa pode ser atribuído à sua capacidade de fortalecer a estrutura celular por meio da indução de respostas de defesa, embora não atue como inibidor da ação do etileno. Essa característica explica a menor eficácia do MeJa em reduzir o amolecimento dos frutos em comparação aos tratamentos com 1-MCP ou AVG, apesar de seu efeito ser superior ao do controle.

TABELA 6 - Cor do lado amarelo e vermelho de nectarinas tratadas com 1-metilciclopropeno (1-MCP), aminoetoxivinilglicina (AVG) e metil jasmonato (MeJa) após o armazenamento (saída da câmara) e após 48 h de shelf-life.

Tratamento	Cor do lado amarelo ¹					Cor do lado vermelho ¹				
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>°h</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>°h</i>
Saída da câmara										
Controle	54,2±0,63 a	5,5±0,32 a	32,5±0,30 a	33,1±0,25 a	80,1±0,57 a	29,6±0,28 a	23,4±0,91 b	11,5±0,20 a	26,4±0,67 b	25,0±0,87 a
1-MCP	55,8±1,40 a	5,2±0,54 a	33,8±1,23 a	34,4±1,15 a	81,0±1,15 a	30,5±0,29 a	28,7±1,00 a	14,1±0,47 a	32,1±1,03 a	25,8±0,67 a
AVG	56,4±0,83 a	4,5±0,70 a	34,2±0,25 a	34,7±0,28 a	82,3±1,11 a	30,0±1,50 a	27,8±1,05 a	13,6±0,94 a	31,1±1,20 a	25,6±1,49 a
MeJa	54,7±0,86 a	5,1±0,47 a	32,9±0,61 a	33,5±0,68 a	80,9±0,60 a	31,3±0,88 a	27,2±0,76 a	14,1±0,67 a	30,7±0,94 a	27,1±0,75 a
1-MCP + MeJa	53,4±0,82 a	6,0±0,76 a	32,9±0,58 a	33,7±0,49 a	79,0±1,91 a	30,8±0,88 a	26,6±0,50ab	14,5±0,91 a	30,6±0,81 a	27,9±1,31 a
F _{4,15}	1,613	0,828	1,128	1,019	1,062	0,584	5,454	2,857	5,477	1,194
Valor de <i>P</i>	0,223	0,528	0,381	0,429	0,409	0,679	0,006	0,067	0,006	0,354
48 h de shelf-life										
Controle	51,7±1,47 a	6,4±0,63 a	34,0±0,69 ab	34,8±0,63 a	78,9±1,13 a	28,0±1,18 a	24,0±0,37 a	11,8±0,51 a	26,9±0,12 a	25,8±1,27 a
1-MCP	53,2±1,22 a	8,2±0,89 a	33,2±0,58 ab	34,6±0,49 a	75,6±1,42 a	30,3±1,37 a	26,0±1,48 a	13,5±0,97 a	29,5±1,50 a	27,0±1,49 a
AVG	54,7±0,65 a	7,0±0,73 a	34,7±0,81 ab	35,6±0,68 a	78,0±1,47 a	31,9±0,46 a	24,8±1,45 a	14,0±1,18 a	28,8±1,85 a	28,9±0,63 a
MeJa	54,0±0,97 a	7,0±0,74 a	35,1±0,87 a	36,0±0,72 a	78,3±1,37 a	30,9±0,66 a	22,9±1,26 a	12,6±1,18 a	26,4±1,72 a	27,9±1,10 a
1-MCP + MeJa	51,2±0,46 a	9,4±0,63 a	31,8±0,43 b	33,6±0,19 a	73,1±1,26 a	30,4±0,90 a	25,0±1,73 a	13,0±1,15 a	28,4±1,88 a	26,7±1,68 a
F _{4,15}	2,143	2,740	3,622	2,673	3,269	2,098	0,747	0,619	0,721	0,863
Valor de <i>P</i>	0,126	0,068	0,029	0,073	0,051	0,132	0,575	0,656	0,591	0,508

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (*P*<0,05).

Quanto aos parâmetros a e C do lado vermelho dos frutos na saída da câmara de armazenamento, frutos tratados com 1-MCP, AVG, MeJa e 1-MCP + MeJa apresentaram valores significativamente maiores em comparação ao controle (Tabela 6). Isso possivelmente ocorre devido ao fato de que ao bloquear a ação do etileno, podem ter retardado a degradação das antocianinas responsáveis pela cor vermelha, resultando em valores mais elevados de a e C (SAKSING *et al.*, 2009). No controle, onde os frutos não receberam nenhum tratamento para inibir a ação do etileno é provável que o processo de amadurecimento e senescência tenha progredido de maneira natural, levando à perda da cor vermelha. A ausência de intervenção no controle permite que os processos naturais de degradação de pigmentos e outros compostos ocorram, resultando em valores mais baixos de a e C . A variação nos parâmetros de cor pode não somente afetar a aparência visual dos frutos, mas também influenciar na percepção da qualidade pelo consumidor e a aceitação pelo mercado.

Em síntese, os tratamentos com 1-MCP, MeJa, AVG e 1-MCP + MeJa proporcionaram resultados significativos na qualidade pós-colheita de nectarinas, com benefícios observados na elasticidade da casca, capacidade antioxidante, escurecimento da casca, amolecimento e cor dos frutos.

6. CONCLUSÕES

O 1-MCP e 1-MCP + MeJa atuam positivamente na elasticidade da epiderme dos frutos após 48 h de shelf-life a 25 °C, contribuindo para a redução de desordens fisiológicas em nectarinas.

O 1-MCP + MeJa reduz a atividade de APX durante o armazenamento refrigerado e aumenta a atividade de APX após 48 h de shelf-life, sugerindo uma adaptação das nectarinas ao estresse induzido pelos tratamentos.

A atividade antioxidante das nectarinas é preservada pelo 1-MCP, mostrando maior estabilidade dos compostos antioxidantes durante o armazenamento. Os tratamentos com 1-MCP e 1-MCP + MeJa também são eficazes na redução da perda de massa durante o armazenamento refrigerado.

1-MCP e AVG reduz o escurecimento da epiderme de nectarinas de, indicando menor oxidação de compostos fenólicos e melhor preservação da aparência visual das nectarinas.

Os tratamentos com 1-MCP, AVG e 1-MCP + MeJa são eficientes para conservar a consistência dos frutos na saída da câmara e após 48 h de shelf-life a 25 °C.

1-MCP, AVG e 1-MCP + MeJa contribuem na manutenção na qualidade pós-colheita de nectarinas armazenadas por 15 dias a temperatura de 0 °C.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. de O. *et al.* Armazenamento refrigerado de ameixas “Laetitia” com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 30–36, 2010.

ALVES, J. A. V. *et al.* **A manifestação do escurecimento da polpa em ameixas ‘Laetita’ e ‘Angelino’ está associada com ação do etileno.** In: 14º jornada da pós-graduação e pesquisa- CONGREGA, URCAMP 2017.

AMARANTE, C. V. T. *et al.* Effect of aminoethoxyvinilglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. Harvest and postharvest. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 661-664, 2002.

ANESE, R. de O.; FRONZA, D. **Fisiologia pós-colheita em fruticultura.** Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015. 130p.

ARAÚJO, S. A. **Escurecimento enzimático em alimentos.** Viçosa: UFV, 1990. 14 p.

BARLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London: Mathematical and Physical Sciences**, v. 160, n. 901, p. 268-82, 1937.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n.1, p.1-25, 2003.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Classificação de frutos por “climatério” é conceito em extinção? **Visão Agrícola**, p. 8–10, 2007.

CALBO, A. G.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Respiração de frutas e hortaliças.** Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2007, 10p.

CANTILLANO, R. F. F. **Frigorificação**. Embrapa Clima Temperado, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pessego/pos-producao/frigorificacao>. Acesso em: 26 de mar. de 2023.

CAO, S.; ZHENG, Y.; YANG, Z.; WANG, K.; RUI, H. Effect of methyl jasmonate on quality and antioxidant activity of postharvest loquat fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 12, p. 2064-2070, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, 2 ed. p. 785, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, V. D. Qualidade e industrialização de frutos temperados: pêssegos, ameixas e figos. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 125, p. 56-66.

CLEMENTE, E. Purification and thermo stability of isoperoxidase from oranges. **Phytochemistry**, v. 49, n. 1, p. 29-36, 1998.

CRISOSTO, C. H. *et al.* Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindell) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, n. 3, p. 237-244, 2004.

DE OLIVEIRA, L. E. M. **Espécies reativas de oxigênio**. Setor Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Disponível em: http://www.ledson.ufla.br/respiracao_plantas/cadeia-transportadora-de-eletrons/especies-reativas-de-oxigenio/. Acesso em: 23 de abr. 2023.

DEUNER, C. *et al.* Ácido jasmônico como promotor de resistência em plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 275-281, 2015.

DONG, L. *et al.* Amadurecimento de ameixas 'Rosa Vermelha': efeito do etileno e 1-metilciclopropano. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 1039 - 1045, 2001.

GARCIA, R. M. **Ácido salicílico e aminoetoxivinilglicina na conservação refrigerada da maçã cv. Eva sob cultivo orgânico**. 2022. 122p. Dissertação (Mestrado). - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2022.

GAZZARRINI, S.; MCCOURT, P. Genetic interactions between ABA, ethylene and sugar signaling pathways. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 4, n. 5, p. 387-391, 2001.

HUBER, D. J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. **Horticultural Review**, n.5, p.169-219, 1983.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Nectarina de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

MAYER, N. A.; FRANZON, R. C.; RASEIRA, M. do C. B. KROLOW, A. C. et al. **Pêssego, nectarina e ameixa: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. ed. 1, 2019. 290p.

MEHLHORN, H.; LELANDAIS, M.; KORTH, H. G.; FOYER, C. H. Ascorbate is the natural substrate for plant peroxidases. **FEBS Letters**, v. 378, n. 3, p. 203-206, 1996.

MINAS, I. S. *et al.* Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10°C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 1–9, 2013.

OETTERER, M.; ARCE, M. A. B. R. D.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 604p.

OJIMA, M. *et al.* Melhoramento da nectarina em São Paulo. I. Cruzamento de 1970: seleção nas gerações F1 e F2. **Revista científica do Instituto Agrônomo**, v. 42, p. 1-14, 1983.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* **Tecnologia de alimentos**, v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PASHAZADEH B.; HAJNAJARI, H.; SHAVAKHI, F. O 1-MCP melhorou diversas características sensoriais, bioquímicas e físicas da maçã durante o armazenamento refrigerado com base na cultivar. **Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p.77-96, 2017.

PETRI, J. L. *et al.* **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2021, 153p.

PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2018, 2 ed, p. 440.

PURVIS, A. C.; SHEWFELT, R. L. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in the sensitive plant tissues? **Plant Physiology**, v. 88, p.712-718, 1993.

ROTILI, M. C. C. **Respostas bioquímicas, físico-químicas e microbiológicas do maracujá**

amarelo durante armazenamento em atmosfera modificada e em diferentes temperaturas. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2012.

SAKSING, W.; MONGKOLCHAIYAPHRUEK, A.; KETSA S. **Participação do etileno na degradação de antocianinas em flores de orquídea *Dendrobium*.** Antalya: Turquia, 2009, 256p.

SANTOS, C. E. M.; COUTO, F. A. D.; SALOMÃO, S. C. C.; CECON, P. R.; WAGNER JÚNIOR, A.; BUCKNER, C. H. Comportamento pós-colheita de mamão formosa ‘Tainung 01’ acondicionado em diferentes embalagens para transporte. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.315-321, 2008.

SANTOS, N. C. **Ácido Naftaleno acético e Metil Jasmonato na conservação de ameixas ‘Laetitia’.** 2020. 28f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2020.

SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A. D.; JOHN, P. O escurecimento interno em abacaxis refrigerados é suprimido por uma aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, n. 2, p. 167-170, 2001.

SESTARI, I. **Indução de tolerância de frutos à injúrias de frio: aspectos fisiológicos e bioquímicos.** 2010. 142p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SIEPE - SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. 10, 2018. **Metil jasmonato aumenta o conteúdo de compostos fenólicos em plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae).** Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2018. 6p.

SOUSA, A. N. S. *et al.* Perdas pós-colheita de hortaliças no mercado varejista de Chapadinha, Maranhão, Brasil. **Agrotropica**, v. 30, n. 2, p 127-134, 2018.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.

TATSUKI, M.; MORI, H. Rapid and transient expression of 1-amino-ciclopropane-1-carboxylate synthase isogenes by touch and wound stimuli in tomato. **Plant Cell Physiology**, v. 40, p. 709-715, 1999.

TAVARES, S. *et al.* Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina em tangor 'Murcott' sob armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, vol. 10, n. 1, p. 45-50, 2009.

TOMALA, K. *et al.* Efeitos do tratamento com 1-metilciclopropeno na qualidade de frutos de maçãs 'Idared' durante o armazenamento e transporte. **Agricultura**, v. 10, n. 11, 490 p., 2020.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N.K. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 3, p. 235-245, 2004.

VIEIRA, E. L. **Apontamentos e práticas de fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças**. Cruz das Almas: UFRB, 2019. 131p.

VIEIRA, E. L. *et al.* **Manual de fisiologia vegetal**. São Luís: EDUFMA, 2010. 186p.

WANG, H. *et al.* Effects of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of the blueberry fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 258, n. 108785, p. 108785, 2019.

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.

YU, Y. B.; YANG, S. F. Auxin-induced ethylene production and its inhibition by aminoethoxyvinylglycine and cobalt ion. **Plant Physiology**, v. 64, p. 1074-1077, 1979.

ZHANG, X. *et al.* Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 64, n. 1, p. 160-167, 2012.

ZHANG, H. *et al.* Methyl jasmonate enhances biocontrol efficacy of *Rhodotorula glutinis* to postharvest blue mold decay of pears. **Food Chemistry**, v. 117, n. 4, p. 621-626, 2009.