



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

José Henrique Barboza Neto

**1-METILCICLOPROPENO E ATMOSFERA MODIFICADA PARA**  
**CONSERVAÇÃO DE UVA DE MESA cv. TIMPSON™**

Petrolina, PE

2023

**JOSÉ HENRIQUE BARBOZA NETO**

**1-METILCICLOPROPENO E ATMOSFERA MODIFICADA PARA  
CONSERVAÇÃO DE UVA DE MESA cv. TIMPSON™**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Petrolina, PE

2023

Barboza Neto , José Henrique

B228m 1-Metilciclopropeno e Atmosfera Modificada para Conservação de Uva De Mesa cv. Timpson™ / José Henrique Barboza Neto.– Petrolina, PE , 2023.

112 f.: il.; 29 cm

Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal ) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias , Petrolina, PE , 2023

Orientadora: Profª. Drª. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

1. Viticultura tropical - Estudo. 2. Vitis vinifera L. - Qualidade 3. Armazenamento refrigerado – Vinho - Análise. I. Título. II. Lima, Maria Auxiliadora Coêlho de (Orient.). III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 663.2

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca

SIBI/UNIVASF

Bibliotecário: Fábio Santiago

CRB5/1785

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

**José Henrique Barboza Neto**

**1-Metilciclopropeno e atmosfera modificada para conservação de  
uva de mesa cv. Timpson™**

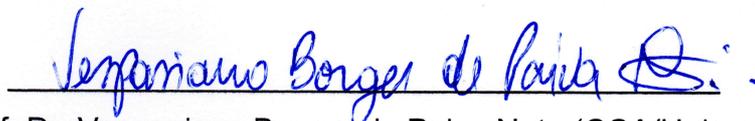
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco

Submetido em 31 de agosto de 2023.

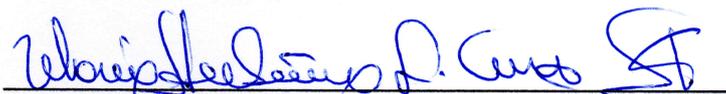
**Banca examinadora**



Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima (Embrapa Semiárido/Univasf)  
Orientadora



Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto (CCA/Univasf)  
Examinador interno



Profa. Dra. Maria Herbênia Lima Cruz Santos (Uneb)  
Examinadora externa

Dedico este trabalho aos meus pais, Zé Henrique e Zeza, “*in memoriam*”, pelo amor manifestado no cuidado e dedicação com os quais me educaram. Em particular a Zé Henrique, profissional bastante zeloso, reconhecido pelo valor que atribuía ao conhecimento como forma de crescimento pessoal. Aqui estamos papai...

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Deus Trino, criador do céu e da terra, graças por tudo e a todo momento.

À minha esposa Luciana e nossos filhos, Eduarda, Luisa e Pedro pela compreensão de minha ausência em alguns momentos durante essa jornada.

Aos meus irmãos, Andréa, Gustavo e Eduardo, em nome dos quais estendo meus agradecimentos à toda a minha “Grande Família” pela felicidade que sinto na presença de cada um.

À professora Auxiliadora, minha orientadora, pela transmissão do conhecimento, atenção e paciência.

À todo corpo docente do programa do mestrado, em especial aos professores Vespasiano, Izaias e Eliezer, com os quais mantive maior proximidade e tenho por eles um grande apreço.

Aos colegas da Embrapa, Danielly, Cristina, Augusto e Joveniano, pela ajuda na condução do experimento.

Finalmente aos meus colegas do curso, pela troca de conhecimentos, que me enriqueceram e me tornaram capaz de compreender melhor e valorizar esta jovem geração.

*Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana (Carl Jung).*

## RESUMO

O cultivo de uvas de mesa no Submédio do Vale do São Francisco tem acompanhado o investimento em novas cultivares sem sementes, produtivas e com características de qualidade apreciadas pelos consumidores. A inserção contínua de avanços tecnológicos na produção e manejo pós-colheita fortalecem a atividade, contribuindo para a competitividade. O armazenamento refrigerado se consolidou como ferramenta essencial à conservação da fruta. Porém, é necessária a associação com outras tecnologias que potencializem a vida útil da uva de mesa. O objetivo deste trabalho foi preservar a qualidade e estender a conservação pós-colheita da uva de mesa cultivar Timpson<sup>TM</sup> produzida na região do Submédio do Vale do São Francisco por meio da aplicação pré-colheita de 1-MCP e do uso de atmosfera modificada. O estudo abrangeu dois experimentos, em delineamento experimental inteiramente casualizado. O primeiro, em fatorial 4x5, avaliou dose de 1-MCP e tempo de armazenamento e o segundo, em fatorial 2x2x5, avaliou 1-MCP, atmosfera modificada por embalagem e tempo de armazenamento. O 1-MCP foi aplicado por pulverização dos cachos, aos sete dias antes das colheitas, que foram realizadas em 07/10/2022 (1º experimento) e 29/11/2022 (2º experimento). Os cachos colhidos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde foram amostrados e avaliados. As amostras foram pesadas, embaladas e armazenadas a  $0,0 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0 \pm 3,5\%$  UR. No primeiro experimento, as avaliações foram realizadas aos 0, 10, 20, 30 e 40 dias. No segundo experimento, os cachos foram avaliados aos 0, 14, 21, 28 e 35 dias. Os atributos de qualidade avaliados foram: perda de massa, firmeza da baga, desgrane, escurecimento da ráquis, incidência de manchas, ocorrência de murcha, cor da casca (luminosidade, croma e ângulo Hue), teor de sólidos solúveis, acidez titulável e teor de polifenóis extraíveis totais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SISVAR versão 5.6. As doses de 1-MCP não produziram efeitos consistentes na maior parte das variáveis observadas no primeiro experimento. A perda de massa, o desgrane e a perda da luminosidade foram maiores nos cachos que receberam a maior dose de 1-MCP. A maior conservação da qualidade foi alcançada pelo emprego de atmosfera modificada, isoladamente ou em associação com o 1-MCP. O efeito sinérgico entre 1-MCP e atmosfera modificada foi observado na redução da luminosidade da casca. No decorrer do armazenamento não houve grandes alterações nos parâmetros de qualidade.

**Palavras-chave:** *Vitis vinifera* L., armazenamento refrigerado, pós-colheita, qualidade, viticultura tropical.

## ABSTRACT

The cultivation of table grapes in the Submédio do Vale do São Francisco has accompanied investment in new seedless, productive cultivars with quality characteristics appreciated by consumers. The continuous insertion of technological advances in production and postharvest management strengthens the activity, contributing to competitiveness. Refrigerated storage has established itself as an essential tool for fruit conservation. However, it is necessary to associate it with other technologies that enhance the shelf life of table grapes. The objective of this work was to preserve the quality and extend the postharvest conservation of the Timpson™ table grape cultivar produced in the Submédio do Vale do São Francisco region through the preharvest application of 1-MCP and the use of a modified atmosphere. The study covered two experiments, in a completely randomized experimental design. The first, in a 4x5 factorial, evaluated dose of 1-MCP and storage time and the second, in a 2x2x5 factorial, evaluated 1-MCP, modified atmosphere per packaging and storage time. 1-MCP was applied by spraying the bunches, seven days before the harvests, which were carried out on 10/07/2022 (1st experiment) and 11/29/2022 (2nd experiment). The harvested bunches were transported to the Postharvest Physiology Laboratory at Embrapa Semiárido, where they were sampled and evaluated. The samples were weighed, packaged and stored at  $0.0\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ,  $83.0\pm 3.5\%$  RH. In the first experiment, evaluations were carried out at 0, 10, 20, 30 and 40 days. In the second experiment, the bunches were evaluated at 0, 14, 21, 28 and 35 days. The quality attributes evaluated were: mass loss, berry firmness, berry abscission, rachis browning, incidence of spots, occurrence of wilting, skin color (brightness, chroma and color angle), soluble solids content, titratable acidity and total extractable polyphenol content. Statistical analyzes were performed using the SISVAR version 5.6 program. The doses of 1-MCP did not produce consistent effects on most of the variables observed in the first experiment. Mass loss, berry abscission and loss of luminosity were greater in bunches that received the highest dose of 1-MCP. Greater quality conservation was achieved by using a modified atmosphere, alone or in association with 1-MCP. The synergistic effect between 1-MCP and modified atmosphere was observed in reducing berry skin luminosity. During storage there were no major changes in quality parameters.

**Key-words:** *Vitis vinifera* L., cold storage, postharvest, quality, tropical viticulture.

## Lista de Figuras

<b>Capítulo 1</b>		<b>Pág.</b>
Figura 1 -	Produção mundial de uva, em milhões de toneladas, e sua destinação, em percentual, a cada forma de consumo, nos anos de 2020 e 2021.	24
Figura 2 -	Localização da região do Submédio do Vale do São Francisco.	26
Figura 3 -	Aspecto dos cachos de uva da cultivar Timpson™.	27
Figura 4 -	Rota biossintética do etileno.	29
Figura 5 -	Morfologia da baga da uva.	36
Figura 6 -	Espaço de cores L*, C*, H.	39
Figura 7 -	Classes de compostos fenólicos em uvas e vinhos.	43
Figura 8 -	Rota de sinalização do etileno. A – A ligação do etileno ao receptor inativa-o, permitindo a sinalização via clivagem proteolítica do EIN2. Esta clivagem induz o domínio do terminal C, com a migração do EIN2 para o interior do núcleo através da ligação com o EIN3, que ativa as ERF's responsáveis pela transcrição do gene eu codifica as enzimas responsáveis pela qualidade do amadurecimento. B – Na ausência da ligação do etileno ou na presença do inibidor 1-MCP, o CRT1 liga-se ao receptor promovendo a fosforilação do EIN2, bloqueando dessa forma a sinalização do etileno.	48

Figura 9 -	Secção transversal através de um fruto mostrando como a concentração de CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> pode variar no interior dos diferentes tecidos devido a respiração e as barreiras internas e externas de difusão de gás.	50
------------	---	----

## Capítulo 2

Figura 1 -	Propriedade onde foi montado o experimento.	64
Figura 2 -	Croqui da área experimental.	66
Figura 3 -	Colheita na área experimental, realizada em 07/10/2022.	67
Figura 4 -	Perda de massa dos cachos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	71
Figura 5 -	Firmeza da baga da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pós-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	73
Figura 6 -	Desgrane de bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	74
Figura 7 -	Turgidez da ráquis da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	75

Figura 8 -	Ocorrência de manchas nas bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	77
Figura 9 -	Ocorrência de murcha nas bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	78
Figura 10 -	Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	79
Figura 11 -	Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ submetidos à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP).	79
Figura 12 -	Croma (C) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	80
Figura 13 -	Ângulo de cor ou °Hue (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	81
Figura 14 -	Teor de sólidos solúveis (SS) dos frutos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	81
Figura 15 -	Acidez titulável dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	82

Figura 16 -	Acidez titulável dos frutos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP).	83
Figura 17 -	Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) dos frutos da cultivar Timpson™, submetida a aplicação de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	84

### **Capítulo 3**

Figura 1 -	Propriedade onde foi montado o experimento.	93
Figura 2 -	Colheita da área experimental em 29/11/2022.	95
Figura 3 -	Composição da embalagem com bolsa plástica condicionadora de atmosfera modificada.	96
Figura 4 -	Firmeza dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	99
Figura 5 -	Desgrane de uvas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	100
Figura 6 -	Escurecimento da ráquis da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).	101
Figura 7 -	Presença de manchas nas bagas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou	102

não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).

- Figura 8 - Ocorrência de murcha de bagas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 103
- Figura 9 - Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 104
- Figura 10 - Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada. Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 104
- Figura 11 - Cromo (C) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 105
- Figura 12 - Ângulo de cor (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 106
- Figura 13 - Ângulo de cor (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 106
- Figura 14 - Teor de Sólidos solúveis (SS) dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1- 107

MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).

- Figura 15 - Acidez titulável (AT) dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 108
- Figura 16 - Polifenóis extraíveis totais (PET) dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR). 108

## Lista de Tabelas

	<b>Pág.</b>
<b>Capítulo 2</b>	
Tabela 1 - Composição química do solo da área onde foi instalado o experimento	65
<b>Capítulo 3</b>	
Tabela 1 - Composição química do solo da área onde foi instalado o experimento	94

## Lista de abreviaturas e siglas

1-MCP	1-metilciclopropeno
3,3-DMCP	3,3-dimetilciclopropeno
ACC	Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico
ACO	ACC oxidase
ACS	ACC sintase
ACS1	ACC sintase
AdoMet	S-Adenosilmetionina
ANAVA	Análise de variância
AOA	Ácido aminoxiacético
AT	Acidez Titulável
AVG	Aminoetoxi-Vinil-Glicina
°Brix	Índice Refractométrico
C	Cromaticidade
CP	Ciclopropeno
CTR1	Resposta Tripla Constitutiva
DACP	Diazociclopentadieno
DAP	Dias Antes da Poda
DMS	Diferença Mínima Significativa
EIN2	Etileno Insensitivo 2
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
ERFs	Família dos fatores de transcrição
FAO	<i>United Nations Food and Agriculture Organization</i>
HG	Homogalacturonas
H	Ângulo de cor ou °Hue
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Índice de luminosidade
MT	Penetrômetro Magness Taylor
OIV	<i>International Organization of Vine and Wine</i>
PAL	Fenilalanina amônia liase
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PET	Polifenóis extraíveis totais
PG	Poligalacturonase
PLD	Fosfolipase-D
PME	Pectina metilesterase
Ppb	partes por bilhão
PPO	Polifenol oxidase
RNA <sub>m</sub>	Ácido ribonucleico mensageiro
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SS	Sólidos solúveis

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	21
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	24
2.1 VITIVINICULTURA NO MUNDO .....	24
2.2 VITICULTURA TROPICAL .....	25
2.3 CULTIVAR TIMPSON .....	26
2.4 ETILENO.....	27
2.5 QUALIDADE DAS UVAS DE MESA: ATRIBUTOS E FATORES DETERMINANTES.....	31
2.5.1 Perda de massa .....	32
2.5.2 Firmeza da baga .....	34
2.5.3 Desgrane.....	35
2.5.4 Escurecimento da ráquis .....	37
2.5.5 Cor da casca.....	38
2.5.6 Sólidos solúveis e ácidos orgânicos .....	40
2.5.7 Compostos fenólicos .....	41
2.6 TECNOLOGIAS DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA.....	43
2.6.1 Armazenamento refrigerado.....	44
2.6.2 Inibidores de etileno .....	45
2.6.3 1-Metilciclopropeno .....	46
2.6.4 Atmosfera modificada.....	49
REFERÊNCIAS.....	52
<b>CAPÍTULO 2: APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE 1-MCP E CONSERVAÇÃO DE UVA DE MESA CULTIVAR TIMPSON™, SOB ARMAZENAMENTO REFRIGERADO</b> .....	60
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	62

<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	64	
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	64	
2.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	65	
2.3	AVALIAÇÕES .....	68	
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	69	
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	71	
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	85	
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	86	
<b>CAPÍTULO 3: ATMOSFERA MODIFICADA E 1-METILCICLOPROPENO NA</b>			
<b>QUALIDADE DA UVA DE MESA ‘TIMPSON™’, SUBMETIDA A</b>			
<b>ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....</b>			89
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	91	
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	93	
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	93	
2.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	94	
2.3	AVALIAÇÕES .....	97	
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	98	
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	99	
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	109	
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	110	

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da produção agrícola, sem o adequado manejo e armazenamento pós-colheita gerou um incremento das perdas e desperdícios de alimentos, que é mais proeminente nas frutas e hortaliças, atingindo 30 a 35% do total (SIDDQUI, 2015). Buscando contribuir para a mitigação dessas perdas, a pesquisa pós-colheita auxilia a melhorar a disponibilidade e qualidade da produção hortifrutícola, desenvolvendo e investigando novas ideias, através da condução de experimentos, seguindo o método científico (WILLS; GOLDING, 2015).

Dentre as espécies vegetais alimentares, a uva de mesa se caracteriza pela diversidade de cultivares exploradas e pela grande e histórica participação na dieta humana in natura, apesar de também ser processadas, gerando outros alimentos e bebidas. A produção mundial de uva de mesa, em 2021, alcançou 33,9 milhões t, das quais 882 mil t, 2,6% do total, foram produzidas no Brasil (OIV, 2022). As uvas das espécies *Vitis vinifera* L e *Vitis labrusca* L, pertencentes à família *Vitaceae*, são cultivadas em vários países com diversas finalidades: consumo in natura, desidratadas ou industrializadas para obtenção de sucos e vinhos (KELLER, 2020).

Apesar de ser uma fruta não climatérica, exibindo, portanto, baixa produção de etileno durante a maturação e após a colheita, alguns atributos de qualidade, como o escurecimento da ráquis, o desgrane e a coloração das bagas, são afetados pela produção desse regulador vegetal (LI *et al.*, 2015). A preservação destes e de outros atributos de qualidade, tais como sólidos solúveis, acidez titulável, firmeza, perda de massa, polifenóis e atividade antioxidante, por períodos mais longos na cadeia de frio, permite que o produto atinja condições adequadas ao consumo e com vida útil compatível com a logística disponível (BLANCKENBERG *et al.*, 2021).

A manutenção da qualidade pós-colheita é o principal desafio para a disponibilização de frutas frescas nos diferentes mercados. Muitos problemas associados à perda da qualidade têm sido detectados durante o armazenamento refrigerado (EJSMENIEWICZ *et al.*, 2015). As principais mudanças que prejudicam a qualidade da baga de uva são a murcha, a perda de firmeza, a degradação de pigmentos que caracterizam a cor, a ocorrência de podridões e a degradação de compostos que determinam seu valor nutricional (ZAHEDIPOUR *et al.*, 2019). Para

superá-las, há a necessidade de adoção de tecnologias eficazes e apropriadas à logística adotada na cadeia da uva de mesa.

O 1-metilciclopeno (1-MCP) tem sido proposto como um bloqueador da ligação do etileno ao seu receptor, evitando a transdução do sinal deste regulador vegetal (WANG *et al.*, 2019; WATKINS *et al.*, 2006). Estudos têm demonstrado que o 1-MCP retardou a degradação dos polissacarídeos da parede celular, em ameixa (Lin *et al.*, 2018), e manteve a integridade da estrutura da parede celular, em pera (CHEN *et al.*, 2017). Por sua vez, Trindade *et al.* (2015) observaram que, em manga, a perda de massa não foi influenciada pela dose de 1-MCP. Em uva de mesa, a aplicação pós-colheita de 1-MCP retardou o escurecimento da ráquis das cultivares Thompson Seedless e Mystery (LI *et al.*, 2015) e o desgrane, em Isabel (SILVA *et al.*, 2013).

O emprego da tecnologia de atmosfera modificada por meio de embalagens é largamente explorado com o propósito de reduzir as taxas de respiração e prolongar a vida útil de frutos frescos (CALEB *et al.*, 2013). Vários estudos têm demonstrado resultados positivos com a aplicação desta tecnologia. Liguori *et al.* (2021) observaram redução significativa na perda de massa em uva 'Italia', em resposta à alta concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Neste mesmo estudo, os teores de sólidos solúveis e a acidez titulável não foram afetados pela atmosfera modificada. Entretanto, a alta concentração de CO<sub>2</sub> resultante aumentou a ocorrência de desgrane e reduziu a firmeza da baga. Em uva cultivar Arra15<sup>TM</sup>, os teores de sólidos solúveis apresentaram os melhores desempenhos, aos 32 dias de armazenamento, quando submetidos a atmosfera modificada formada pelo uso de embalagem (SANTOS *et al.*, 2019).

Embora exista uma vasta literatura sobre qualidade e pós-colheita de diversas cultivares de uva de mesa, não foram encontrados trabalhos com a cultivar Timpson<sup>TM</sup> relacionados ao emprego de atmosfera modificada e aplicação de 1-MCP, bem como tratando de seus efeitos nos atributos de qualidade durante o armazenamento refrigerado. Em se tratando de cultivar lançada há poucos anos, requer estudos que permitam investigar seu comportamento pós-colheita e reduzir as causas de perdas ou que interfiram na qualidade. Portanto, este estudo justifica-se por gerar e suprir informações ao segmento produtivo, visando à adoção de práticas de manejo mais eficientes e rentáveis, tanto durante a produção quanto após a colheita, fornecendo também subsídios que orientem novos trabalhos sobre o tema e promovam avanços da pesquisa.

O objetivo geral deste trabalho foi preservar a qualidade e estender a conservação pós-colheita da uva de mesa cultivar Timpson™ produzida na região do Submédio do Vale do São Francisco por meio da aplicação pré-colheita de 1-MCP e do uso de atmosfera modificada. O estudo também teve como objetivos específicos: 1. determinar a dose de 1-MCP que preserve a turgidez do engaço e a firmeza da uva cultivar Timpson™, sob armazenamento refrigerado; 2. identificar o maior tempo de armazenamento refrigerado frio que permita preservação das características qualitativas da uva cultivar Timpson™, sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada a atmosfera modificada por embalagem; e 3. indicar, entre as duas tecnologias testadas, aquela que, associada ao armazenamento refrigerado, permita melhoria da conservação pós-colheita da uva cultivar Timpson™.

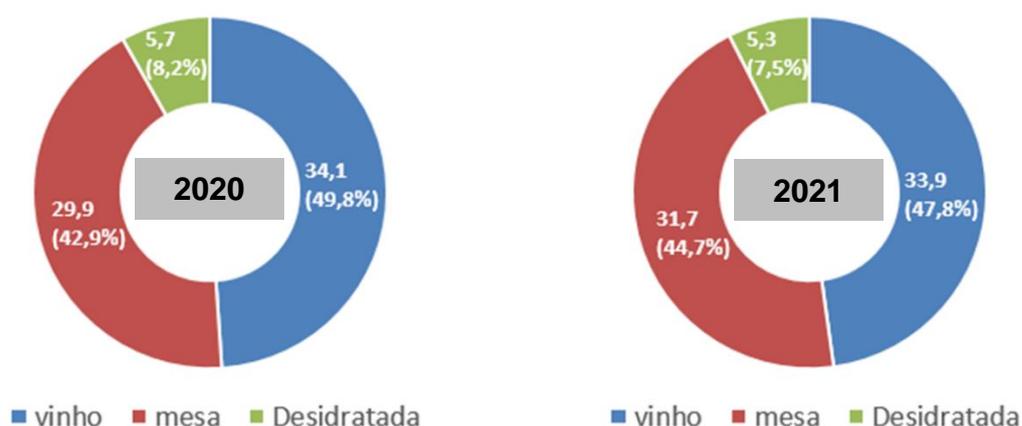
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 VITIVINICULTURA NO MUNDO

A área cultivada com uva no mundo, em 2022, foi de 7,28 milhões de ha, representando uma redução de 5,4% quando comparada ao ano 2000. A Espanha tem a maior área cultivada, sendo de 955 mil ha, seguida pela França e pela China, com 812 mil ha e 785 mil ha, respectivamente. Na América do Sul, os três países que mais se destacam no cultivo figuram entre os 25 maiores do mundo, sendo: Argentina, com 207 mil ha; Chile, com 196 mil ha; e Brasil, com 81 mil ha (OIV, 2023).

A produtividade média global alcançada em 2021 foi 10,2 t.ha<sup>-1</sup> (OIV, 2022) com produção de 70,9 milhões t de uva, representando um aumento de 1,7% em relação ao ano anterior que teve produção de 69,7 milhões t da fruta. A maior parte dessa produção é destinada a vinificação. A uva de mesa ocupa a segunda posição, com uma colheita de 31,7 milhões de t em 2021 (OIV, 2023) (Figura 1). A China se destaca como maior produtor mundial de uva de mesa, com produção de 10,9 milhões t em 2021, alcançando pouco mais de um terço da produção global, seguida da Índia com 3,6 milhões t e da Turquia com 1,9 milhões t. Naquele mesmo ano, o Brasil produziu 900 mil t, situando-se na 7<sup>a</sup> colocação (OIV, 2022).

**Figura 1.** Produção mundial de uva, em milhões de toneladas, e sua destinação, em percentual, a cada forma de consumo, nos anos de 2020 e 2021.



Fonte: OIV (2023).

Os maiores crescimentos, tanto em produção quanto em consumo de uva de mesa, ocorreram na China e na Índia. Tomando-se por base o período entre 2012 e 2021, o consumo na China cresceu a uma taxa anual de 5,7%, enquanto na Índia este

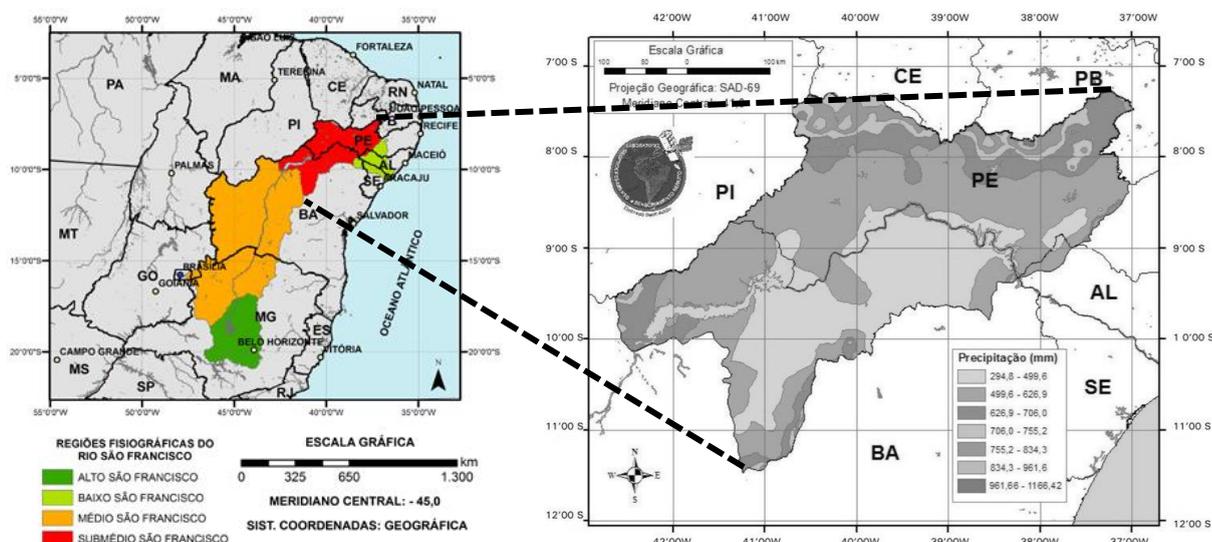
crescimento foi de 9,2%. Dentro da mesma base comparativa, a China teve sua produção aumentada em 5,2% e a Índia, em 11%, indicando que, nesses países, o aumento na produção se destinou praticamente ao consumo interno (OIV, 2022).

## 2.2 VITICULTURA TROPICAL

A produção brasileira de uva em 2021 foi 1.702.660 t, colhidas em 75.086 ha, com produtividade média de 22,7 t.ha<sup>-1</sup>. O maior estado produtor nacional foi o Rio Grande do Sul, com 951.258 t, correspondendo a mais que o dobro de Pernambuco, que é o segundo colocado e alcançou, naquele ano, 395.613 t. A maior produtividade entre os dois estados, entretanto, é a de Pernambuco, que colheu, em média, 47,6 t.ha<sup>-1</sup>. Esse desempenho é duas vezes superior ao do Rio Grande do Sul, que atingiu 20,3 t.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2023).

No Brasil, o cultivo de uva de mesa irrigado, embasado em cultivares sem sementes tem se consolidado no Submédio do Vale do São Francisco (Figura 2), particularmente no oeste do estado de Pernambuco e norte da Bahia, pela vocação da região para o cultivo, considerando-se as características edafo-climáticas e a disponibilidade de água para produção com melhor qualidade, razões que contribuem para a obtenção da maior produtividade nacional, com duas colheitas por ano. Têm destaque, como maiores produtores de uva nessa região, os municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Juazeiro, com 312.500, 76.610 e 47.986 t, respectivamente. Em Lagoa Grande, predomina o cultivo de uva para vinificação, enquanto em Petrolina e Juazeiro prepondera a uva de mesa (IBGE, 2023).

**Figura 2.** Localização da região do Submédio do Vale do São Francisco.



Fonte: Adaptado de imagens extraídas do site Google (<https://www.google.com/imghp?hl=EN>) e cedidas pela Embrapa Semiárido.

Estas condições tornaram a região bastante competitiva mundialmente, alcançando, em 2021, exportações de 76,6 mil t, com receita de US\$ 159,6 milhões, representando incrementos de 55 e 46% respectivamente, quando comparado a 2020. Os principais destinos nesses dois anos foram os países baixos, a Europa e os Estados Unidos da América (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2022).

### 2.3 CULTIVAR TIMPSON

Desenvolvida há poucos anos pela empresa Special New Fruit Licensing – SNFL, a cultivar Timpson™, de cor branca e sem sementes, vem tendo sua área de produção expandida no Submédio do Vale do São Francisco. Mesmo sendo pouco conhecida no mercado interno, por ter tido seu cultivo introduzido no país recentemente, encontra ampla aceitação nos mercados europeu e americano.

A cultivar Timpson™ foi desenvolvida como alternativa à cultivar Thompson Seedless. Apresenta sabor moscatel suave, com diâmetro das bagas maior ou igual a 20 mm, formato esférico e tamanho médio de cachos (Figura 3). A fertilidade de gemas é alta e a poda deve ser meio longa, deixando-se preservadas entre 6 e 8 gemas. A planta possui um vigor médio e sua colheita no Submédio do Vale do São Francisco

deve ocorrer entre fevereiro e abril, no primeiro semestre, e entre setembro e novembro, no segundo. Os teores de sólidos solúveis na polpa da uva se situam tipicamente próximo a 19° Brix e a relação sólidos solúveis/acidez titulável é frequentemente 31:1. Apresenta também bom potencial de armazenamento mesmo após 6 semanas em câmara fria (SNFL, 2021).

**Figura 3.** Aspecto dos cachos de uva da cultivar Timpson™.



Fonte: Direct Market Comércio de Frutas Ltda.

A despeito de ser bastante apreciada e de ter importância econômica destacada, por ser uma cultivar relativamente nova, são escassos os estudos no mundo com a cultivar Timpson™. No Submédio do Vale do São Francisco não foram encontrados trabalhos de pesquisa em pós-colheita com esta cultivar.

## 2.4 ETILENO

São diversos os relatos históricos da ação do etileno, que antecederam a sua descoberta. Há mais de dois mil anos, a fumaça produzida por incensos vegetais eram utilizadas no amadurecimento de peras, na China. Egípcios antigos, de acordo com descobertas arqueológicas, cortavam figos como forma de acionar seu amadurecimento (YAHIA, 2019). No século XIX, um gás exalado a partir da combustão do carvão, que era utilizado na iluminação das ruas, provocava a perda de folhas de forma mais intensa nas árvores próximas às lâmpadas (TAIZ; ZEIGER, 2009). No

início do século XX, era habitual a queima do querosene partir de aquecedores para desverdecer limão, embora na época este efeito tenha sido mais atribuído à elevada temperatura que ao etileno gerado a partir da incompleta combustão do querosene (WILLS; GOLDING, 2015).

Em 1901, plântulas de ervilhas cultivadas no escuro em laboratório apresentavam sintomas posteriormente denominados de resposta tríplice, encurtamento e espessamento do hipocótilo, curvatura exagerada do gancho plumular e redução no alongamento da raiz. O etileno foi identificado como a molécula que ocasionou a resposta. Em 1910, laranjas possivelmente infectadas com fungo do gênero *Penicillium*, armazenadas em câmaras, causaram o amadurecimento precoce de banana. Embora a laranja sintetize pouco etileno, o fungo produz grandes quantidades deste regulador vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

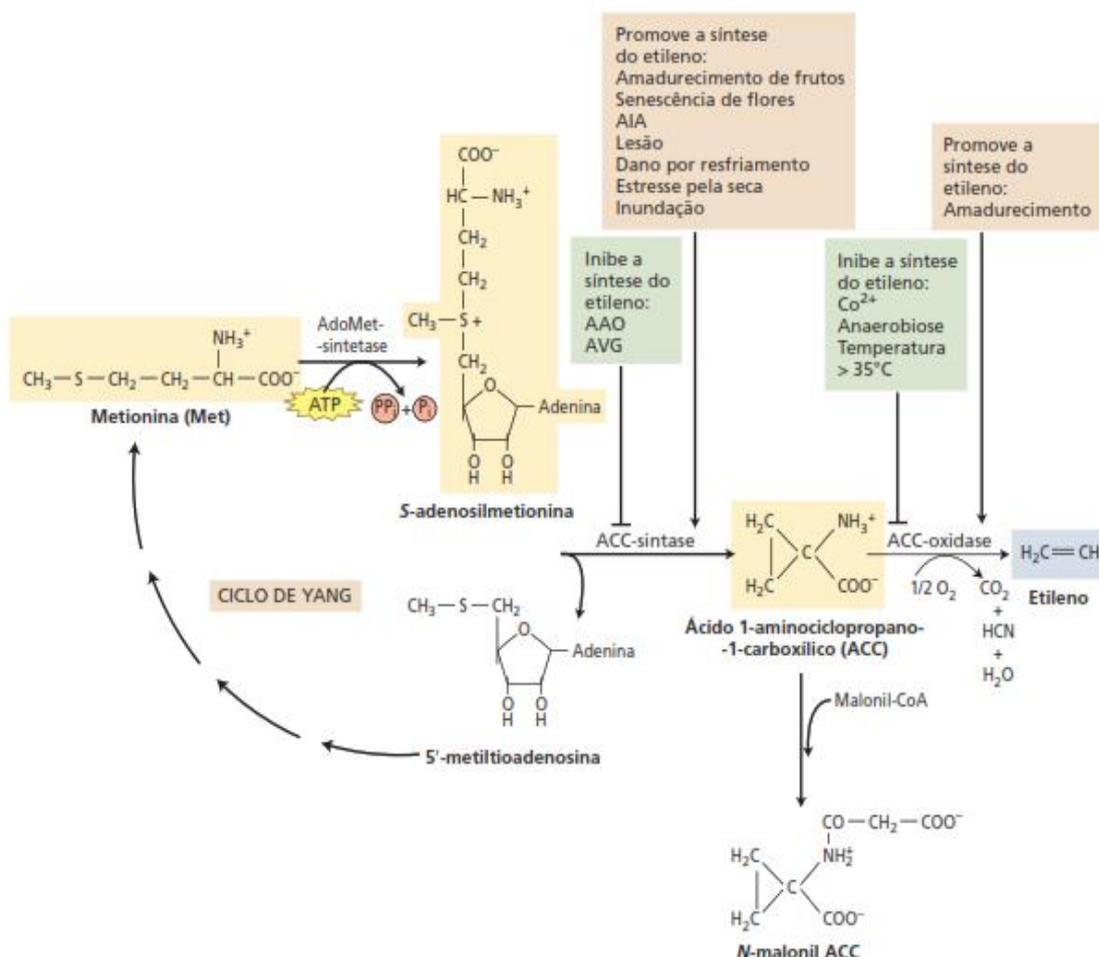
O etileno foi identificado quimicamente por Gane e colaboradores no início da década de 1930, como um produto sintetizado pelas plantas. Em 1935, o etileno foi proposto por Crocker e colaboradores como o agente responsável pelo amadurecimento das frutas e a senescência dos tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009; WILLS; GOLDING, 2015). Múltiplos processos fisiológicos nas plantas são regulados pelo etileno, a exemplo da senescência de folhas e flores, amadurecimento de frutos, abscisão de órgãos vegetativos, transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva, estando também envolvido nas reações das plantas aos estresses bióticos e abióticos (PALIYATH, 2008).

O etileno é uma molécula do grupo dos alcenos e um fitormônio gasoso, com massa molecular de  $28 \text{ g.mol}^{-1}$ , mais leve que o ar em condições fisiológicas, se difundindo livremente nos meios aquosos e lipídicos das células. É fisiologicamente ativo em pequenas quantidades e seus efeitos têm grande importância comercial. É produzido em quase todas as partes dos vegetais superiores, embora a taxa de produção dependa do estágio de desenvolvimento e do tipo de tecido do vegetal (PAREEK, 2016). A produção pela planta é autocatalítica e estimulada por sua aplicação exógena. Botondi *et al.* (2011) observaram, em uva cultivar Aleatico, um aumento abrupto na produção de etileno imediatamente após o tratamento com este regulador vegetal.

A rota metabólica da biossíntese do etileno é bastante conhecida (Figura 4), tendo com precursor o aminoácido metionina, que é convertido em S-Adenosilmetionina (AdoMet). A etapa seguinte é a conversão da AdoMet no ácido 1-

aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), catalisada pela enzima ACC sintase. Por último, o ACC é convertido em etileno através da ação da ACC oxidase, em presença de oxigênio (TAIZ *et al.*, 2016).

**Figura 4.** Rota biossintética do etileno.



Fonte: Taiz *et al.* (2016).

O fenômeno climatérico é designado como um aumento abrupto na produção de etileno, seguido imediatamente por um incremento na respiração. De acordo com o comportamento respiratório e a taxa de produção de etileno durante o amadurecimento, as frutas e hortaliças são classificadas em climatéricas e não climatéricas. As frutas climatéricas se caracterizam pela elevada taxa de respiração e produção de etileno, ao passo que as não climatéricas exibem um padrão estável para ambos os eventos fisiológicos (LI *et al.*, 2016).

Embora haja uma enorme quantidade de informação científica envolvendo o etileno nas frutas climatéricas, pouco se conhece sobre este hormônio em frutas não

climatéricas. Sabe-se que as frutas não climatéricas sintetizam etileno e, em alguns casos, a produção do hormônio pode acelerar a deterioração pós-colheita (PAREEK, 2016).

Em contraste, Chervin *et al.* (2004) relataram que na década de 1970 era atribuído ao etileno um papel bastante limitado no amadurecimento das frutas não climatéricas. Entretanto, Becatti *et al.* (2014), Barry e Gionannoni (2007) revelaram que alguns aspectos do amadurecimento não climatérico podem estar associados a respostas ao etileno. Chervin *et al.* (2004) relataram que a classificação da uva como não climatérica se baseou na sua baixa concentração por volume dos gases internos, entretanto, quando expresso em concentração por peso do tecido, observou-se uma alta significativa, justamente no período do estabelecimento da maturação.

Após sua biossíntese, o etileno é percebido por uma família de receptores, ligando-se a estes por meio do cofator cobre que se localizam predominantemente na membrana do retículo endoplasmático. No tomate, foi identificada e isolada uma família de sete genes que codificam os receptores de etileno: *LeETR1*, *LeETR2*, *NR*, *LeETR4*, *LeETR5*, *LeETR6* e *LeETR7*. É provável que o acúmulo de etileno no início do amadurecimento em tomate seja responsável pelo aumento na transcrição dos receptores *NR*, *LeETR4* e *LeETR6*, já que estes três genes receptores são disparadamente os que mais se expressam nos frutos. Na etapa seguinte, os receptores transmitem o sinal para a proteína denominada Resposta Tripla Constitutiva (CTR1). Todos os tecidos expressaram os genes que codificam a CTR1 e sua transcrição é elevada de forma diferenciada dependendo do tecido. O *LeCTR1* é o gene que mais se expressa nas frutas e a abundância é induzida pela aplicação de etileno exógeno e pelo amadurecimento. O próximo componente a jusante do CTR1 é o Etileno Insensitivo 2 (EIN2). A expressão do *LeEIN2*, gene que codifica a proteína, permanece constante nos diferentes estádios de desenvolvimento do fruto e é independente do etileno. A sinalização em cascata do etileno termina com a família dos fatores de transcrição, as ERFs (PAREEK, 2016).

Em uva, foram identificados e isolados quatro receptores de etileno, denominados *VvETR1*, *VvETR2*, *VvERS1* e *VvEIN4*. Outros componentes da transdução da sinalização do etileno identificados em uva incluem *VvRTE1*, *VvCTR1* e *VvEIN3*. A aplicação exógena de etileno resultou em elevadas expressões do *VvETR2* e *VvCTR1* RNAm. Por outro lado, a aplicação do inibidor 1-MCP provocou aumento na transcrição do *VvEIN3* e do *VvRTE1*, depois de nove e sete semanas

respectivamente. A análise conjunta dessas informações fortalecem indícios de uma rota de regulação deste hormônio, comum em frutos climatéricos e não climatéricos (CHERVIN; DELUC, 2010).

## 2.5 QUALIDADE DAS UVAS DE MESA: ATRIBUTOS E FATORES DETERMINANTES

Os alimentos armazenados, independentemente de sua perecibilidade, podem ser entendidos como parte de um ecossistema, em que fatores químicos, físicos e biológicos interagem em seu interior, produzindo alterações na qualidade e valor nutritivo do alimento armazenado (GOLOB; ORCHARD, 2002). Segundo Florkowsky (2014), qualidade é um conceito complexo e multifacetado, que se divide entre indicações e atributos. Indicações estão relacionadas aos elementos que a aparência revela ao consumidor, podendo ser intrínsecas aos produtos, como cor, forma e tamanho, e extrínsecas a ele, incluindo preço, marca, país de origem, informação nutricional, dentre outras. Os atributos podem ser baseados na experiência de consumo, como sabor e frescor, como também nos benefícios alcançados pelo consumo, a exemplo de bem-estar e saúde.

Yahia (2011) define qualidade como qualquer característica que faz algo ser o que ele é ou como o grau de excelência ou superioridade. O termo qualidade está associado a uma complexa experiência percebida de diferentes modos pelos envolvidos na cadeia de produção. Sob a perspectiva do produtor, a qualidade está ligada, além da boa aparência do fruto e ausência de defeitos, à alta produtividade, resistência a pragas e doenças, facilidade de colheita e conservação durante o armazenamento e transporte. Para os distribuidores, a aparência é o mais importante atributo, seguido pela firmeza e vida longa no armazenamento. Os consumidores, entretanto, têm seu interesse concentrado no valor nutritivo, na firmeza do fruto, no sabor e aroma, além da boa aparência (YAHIA, 2011; SIDDIQUI, 2015).

A avaliação da qualidade pelo consumidor acontece em um processo que tem início a partir de estímulos percebidos através dos órgãos sensoriais, como a visão, o olfato, o tato, o paladar e a audição (FERREIRA, 2017). A experiência no consumo de um mesmo produto hortifrutícola, colhido na mesma área e data, pode apresentar uma grande variação na qualidade do produto. Além disso, mesmo considerando produtos do mesmo lote, as diferenças se acentuam quando se considera a tecnologia empregada no armazenamento e a cadeia de distribuição (HARKER *et al.*, 2002).

Quando colhemos um fruto, retiramos dele o suprimento de água, carboidrato e nutrientes, interrompendo a possibilidade de melhoria de qualidade no produto colhido. O que pode ser feito a partir deste momento é reduzir a taxa de deterioração. Por isso, é muito importante entender os fatores pré e pós-colheita que influenciam a qualidade e, por conseguinte, a decisão de compra do produto pelo consumidor. O primeiro fator pós-colheita que interfere na qualidade é a maturação do fruto no momento da colheita. Frutos imaturos ou em estádios avançados de maturação têm qualidade inferior e deterioram mais rapidamente ainda que outros fatores sejam favoráveis (SIDDIQUI, 2015).

Existe uma expressiva perda na cadeia de frutas em geral e particularmente na pós-colheita de uva de mesa vinculada a problemas de qualidade. Embora não se tenha disponível dados específicos para esta cultura, a *United Nations Food and Agriculture Organization* (FAO), estima que aproximadamente 1/3 do alimento produzido globalmente é desperdiçado ou perdido ao longo da cadeia de produção, da fazenda para o prato (FAO, 2019; BLANCKENBERG *et al.*, 2021), sendo o segmento de hortifruti responsável por uma parcela de 38% deste volume (STATISTA, 2019; BLANCKENBERG *et al.*, 2021).

Enquanto 95% de todo o investimento mundial em pesquisa agrícola tem seu foco voltado para estratégias de incremento de produção, apenas 5% têm sua preocupação voltada para as questões de pós-colheita (LIPINSKI *et al.*, 2013). Entretanto, a redução das perdas e desperdícios pós-colheita, consome menos tempo e implica em custo mais efetivo que os empregados nas estratégias de produção (BLANCKENBERG *et al.*, 2021).

### **2.5.1 Perda de massa**

A água é uma substância associada diretamente aos processos da vida e o mais abundante componente dos frutos e hortaliças. É o maior constituinte das células vegetais e o meio essencial onde acontece as reações bioquímicas. A transpiração, ao lado da respiração, é um dos principais fatores determinantes da deterioração dos frutos e de sua vida útil. Por isso, um completo entendimento dos fatores biológicos e ambientais que determinam a transpiração e o modo como ela afeta a qualidade dos frutos e hortaliças é essencial para o desenvolvimento de ferramentas eficazes que auxiliem o seu manejo (YAHIA, 2019).

A perda de água é responsável pela quase totalidade da perda de massa dos frutos, por isso sua mensuração é tão importante quanto à das taxas de respiração e produção de etileno. Somente em casos excepcionais, como em cebola armazenada a longo prazo, a perda de massa seca devido à respiração contribui para a perda de massa total (PAREEK, 2016). A perda de água ocasiona depreciação dos atributos de qualidade identificados pelo consumidor visual e sensorialmente, em particular em frutos frescos (SIDDIQUI, 2015).

A lei de difusão de gases de Fick explica o fenômeno que governa a desidratação dos frutos. Ela declara que a perda de água é resultado da difusão do vapor d'água e depende da área da superfície e da resistência desta superfície à difusão, fatores intrínsecos ao fruto, como também da concentração de vapor d'água dentro e fora da superfície, que varia principalmente em função da temperatura e umidade (PAREEK, 2016). A perda de água através da transpiração é crítica para frutos frescos e acarreta alterações fisiológicas e metabólicas, incluindo o contato enzima substrato (SIDDIQUI, 2015).

As principais rotas de difusão de vapor d'água passam pelos estômatos, lenticelas e imperfeições da superfície do produto. A presença de cera cuticular e tricoma oferecem resistência a esta difusão (PAREEK, 2016). Em maçã, a perda de umidade no produto fresco envolve a difusão da água do interior das células para os espaços intercelulares até que o nível de saturação seja alcançado neste local. A partir daí, a umidade evapora através das lenticelas, cicatrizes, estômatos, áreas danificadas ou ainda diretamente através da cutícula (VERAVERBEKE *et al.*, 2003). A arquitetura também pode interferir na perda de água, como quando comparamos por exemplo o alface com as do repolho, verificamos que este último perde menos água devido a conformação de suas folhas (PAREEK, 2016).

A conteúdo de água no momento da colheita é o máximo que o fruto terá, considerando que a partir daí não haverá mais suprimento decorrente da absorção de água através das raízes. Dessa forma, a perda de água resultará em desidratação. Os sintomas da desidratação se manifestam de formas diferentes dependendo do vegetal, que podem apresentar amolecimento, perda de brilho, enrugamento e mudança de cor, entre outros (YAHIA, 2019).

A perda de massa nas uvas está intimamente relacionada à perda de umidade das bagas, uma vez que, mesmo considerando a mais alta taxa de transpiração da ráquis, esta representa apenas entre 4 e 5% da massa do cacho. Os principais

problemas de qualidade no manejo pós-colheita são a perda de umidade, que se traduz em perda de massa; a infecção fúngica; e a desidratação da ráquis, que se torna frágil e quebradiça, acompanhada de seu escurecimento, conduzindo a uma depreciação no apelo visual e uma redução no preço (BLANCKENBERG *et al.*, 2021). Quando a perda de massa da uva ultrapassa 5%, o enrugamento começa a se tornar aparente (NELSON, 1978).

A perda de água se inicia na colheita. Por esta razão, a colheita deve ser realizada em horários do dia de temperaturas mais amenas ou mesmo durante a noite. Além disso, imediatamente após a colheita, as uvas devem ser transportadas para instalações onde serão submetidas ao resfriamento forçado, usando um fluxo de ar sob alta umidade. Entretanto, até atingir a temperatura ideal de armazenamento, por volta de 0°C, as uvas podem ter perdas de massa acima de 1% (CRISOSTO *et al.*, 2001).

### **2.5.2 Firmeza da boga**

A textura é um atributo de qualidade extremamente complexo de um fruto ou hortaliça, que define sua aceitação pelo consumidor. Aspectos específicos da textura são requeridos para cada tipo de produto. Como exemplo, um alto grau de suculência desejado na laranja, não é adequado para amêndoas. A ligação entre as células, sua densidade e turgor como também a elasticidade e força da parede celular determinam a textura dos frutos e hortaliças, entretanto é essencial entender as mudanças bioquímicas que os afetam e que ocorrem durante o amadurecimento (YAHIA, 2019).

São várias as reações causadoras das mudanças na firmeza dos vegetais consumidos in natura. Em frutos de árvores caducifólias, a principal causa é a degradação da pectina. Em frutos de arbustos e ervas, como a uva e o morango, a perda de umidade é o principal agente causador, embora a mudança na firmeza não possa ser atribuída a uma causa única (FLORKOWSKY, 2014).

As mudanças na textura de um fruto podem ser observadas tanto na maturação quanto no amadurecimento, quando é mais proeminente e sua perda ocorre mais rapidamente. Estas mudanças podem ser verificadas através do toque, pelo profissional que executa a colheita, pressionando-se levemente com os dedos para apoiar a identificação do momento ideal da colheita (SIDDIQUI, 2015).

A textura também pode ser medida de forma objetiva, através de dispositivos

como analisadores e testadores de pressão (SIDDIQUI, 2015). Um aparelho amplamente utilizado para mensuração da firmeza é o texturômetro, que simula a mastigação do alimento na boca, incorporando diversas propriedades mecânicas como, elasticidade, cisalhamento e ruptura do tecido do fruto (FLORKOWSKY, 2014).

Durante o amadurecimento, a parede celular dos frutos sofre modificações que os tornam mais amolecidos e mais atrativos para dispersão de sementes. Não obstante um amaciamento mais severo pode levar a perdas econômicas na sua comercialização. Em geral, a parede celular dos tecidos do fruto é composta por microfibrilas, polissacarídeos não celulósicos, pectinas, incluindo homogalacturonas (HG), glicoproteínas e ligninas em algumas espécies vegetais (YAHIA, 2019).

Alterações na pectina e hemiceluloses nos polissacarídeos da parede celular primária e mudanças nas interações destes polímeros têm sido propostas como as causas primárias na modificação da textura, que leva à diminuição na firmeza durante o amadurecimento (BRUMMELL, 2006). Enquanto o amadurecimento progride, a parede celular e a lamela média sofrem despolimerização das glicanas, solubilização e despolimerização da pectina e perda dos açúcares neutros da cadeia lateral da pectina. Estas modificações são resultantes da atividade de enzimas como poligaracturonase (PG), pectina metilesterase (PME), expansina e pectato liase (YAHIA, 2019).

A firmeza da uva de mesa é um atributo essencial para sua comercialização (IWATANI *et al.*, 2011), de forma que os cachos contendo uvas com firmeza inaceitável ao padrão do consumidor, têm baixo valor comercial (ZEPEDA *et al.*, 2018). A despeito desta importância, pouco se conhece sobre os mecanismos que determinam a firmeza da baga da uva (BALIC *et al.*, 2014). A textura firme da polpa é frequentemente encontrada nas uvas de origem europeia, *Vitis vinifera* L., enquanto nas variedades de *V. labrusca* L. predominam a textura macia (IWATANI *et al.*, 2011).

Segundo Rodríguez *et al.* (2011), a firmeza está entre os atributos que precisam ser mais bem estudados. Estes autores afirmaram que a textura da baga está relacionada com a variedade, o manejo produtivo, a manipulação durante a colheita e as técnicas de conservação pós-colheita.

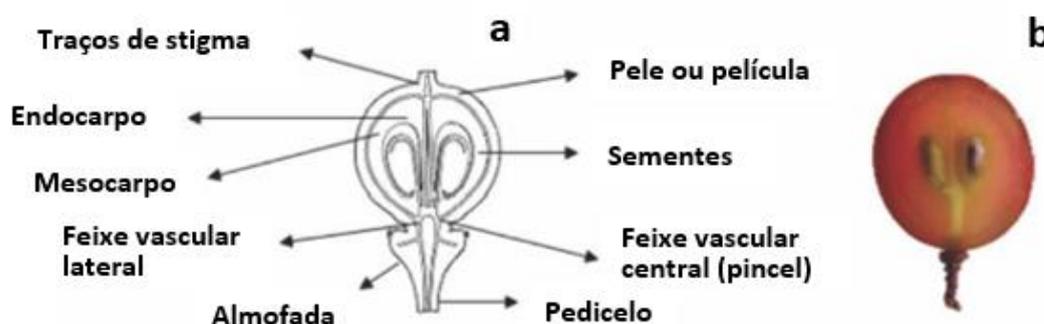
### 2.5.3 Desgrane

Grande parte das perdas em pós-colheita de uva de mesa devem-se ao

degrane de bagas e escurecimento da ráquis, comprometendo a aparência e reduzindo o seu valor comercial (DETONI *et al.*, 2005). O desgrane, caracterizado pelo destacamento da baga da ráquis em sua junção com o pedicelo, é o fator qualitativo que representa a segunda posição dentre as maiores causas de perdas pós-colheita em uva de mesa, afetando até 20,9% das bagas (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Em uvas de mesa, a ausência ou presença do "pincel" (Figura 5a) faz com que os frutos tenham uma predisposição genética à separação da baga do pedicelo, fator que também pode ser influenciado por técnicas agrônômicas, como, irrigação, adubação e à aplicação de giberelina, que não tenham sido adequadamente realizadas (HESPANHOL-VIANA *et al.*, 2007). Estudos sugerem que práticas pré-colheita relativas à nutrição foliar, especialmente com relação à aplicação de cálcio, associado ou não a reguladores vegetais, podem reduzir a ocorrência de desgrane em uva de mesa (SOUZA *et al.*, 2014; STOLLER *et al.*, 2016).

**Figura 5.** Morfologia da baga da uva.



Fonte: Ribéreau e Peynaud (1980), em a; e fotografia de Gomes (2006), em b.

De acordo com Tecchio *et al.* (2009), citado por Ferreira *et al.* (2017), o desgrane pode ser minimizado pela aplicação de cloreto de cálcio. Entretanto, estudando a cultivar Sweet Globe. Estudando a cultivar Niagara Rosada, Gomes (2006) verificaram que o fruto possui pequena força mecânica e está, portanto, mais susceptível ao destacamento do pedicelo, especialmente após a colheita. Os autores complementaram seus estudos com observações por meio de imagens de corte transversal da bota da cultivar (Figura 5b).

Existem poucas informações disponíveis sobre o comportamento mecânico da conexão entre o fruto e o pedicelo, ou sua variação durante o tempo, especialmente no período pós-colheita Gomes e Ferraz (2011). Lima *et al.* (2004), estudando a

cultivar Superior Seedless, verificaram aumento no desgrane aos 5 dias após a exposição a temperatura ambiente, depois de um período de 30 dias de armazenamento refrigerado. Este aumento, porém, foi inferior a 0,5%. Segundo Ngcobo *et al.* (2012), a dessecação e o conseqüente enfraquecimento da ráquis, favorecem o destacamento dos frutos do pedicelo.

#### 2.5.4 Escurecimento da ráquis

O cacho de uva é composto de duas estruturas: a baga comestível e a ráquis, que provê o suporte estrutural e o transporte de solutos para os frutos. Um dos mais importantes componentes de qualidade visual dos cachos é a cor da ráquis. Logo após a colheita, a perda progressiva de umidade determina o escurecimento (SILVA-SANZANA *et al.*, 2016), que consiste no segundo maior problema de qualidade durante o armazenamento refrigerado e na maior desordem durante sua vida útil (LI *et al.*, 2015; KAUR *et al.*, 2019).

A dessecação da ráquis, que represente apenas 4% da massa fresca dos cachos, é um dos principais fatores que levam ao escurecimento. Estudando a cultivar Flame Seedless, Crisosto *et al.* (2001) observaram escurecimento severo quando a perda de água atingiu 3,1%. No mesmo estudo, esses autores observaram, na cultivar Thompson Seedless, escurecimento da ráquis quando a perda de massa alcançou 3,1%. A ausência de uma espessa camada epidérmica onde existe deposição de cera cuticular, como ocorre no fruto, torna a ráquis mais propensa a perda de água (CARVAJAL-MILLÁN *et al.*, 2001).

A ausência de cera cuticular na epiderme é um dos fatores que determinam que a ráquis respire 11 a 28 vezes mais rápido que o fruto (HAMIE *et al.*, 2022). Portanto, embora a perda de água seja o principal fator que leva ao escurecimento da ráquis, estudos indicam que o aumento da respiração pode também estar envolvido neste processo (LI *et al.*, 2015).

Em estudo conduzido por Rosales *et al.* (2013), foi verificada uma redução no escurecimento da ráquis após 3 dias de tratamento com CO<sub>2</sub>, depois da colheita, na cultivar Cardinal. Este retardo no escurecimento veio acompanhado de redução na atividade da ACC Sintase (ACS1), na rota da biossíntese do etileno.

A desidratação e a alta taxa de respiração acarretam uma série de processos metabólicos, dentre eles a antecipação da senescência, que induz produção de

espécies reativas de oxigênio (ROS) e a degradação das membranas com a elevação da atividade da fosfolipase-D (PLD). ROS são formas parcialmente reduzidas de oxigênio que causam modificações deletérias nos compostos bioquímicos, acarretando alterações no metabolismo dos organismos vivos. Dentre estas espécies, estão o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), o superóxido ( $O_2^-$ ) e a hidroxila ( $OH^-$ ). As ROS causam danos oxidativos, promovendo a desorganização dos tecidos internos (FLORKOWSKY, 2014; KAUR *et al.*, 2019).

Embora a degradação da clorofila, tendo como primeira etapa a remoção do magnésio da molécula, pareça estar envolvida no escurecimento da ráquis da cultivar Red Globe, Silva-Sanzana *et al.* (2016) concluíram que quando os cachos são submetidos a elevada concentração de  $CO_2$ , o menor escurecimento não se deveu à clorofila. Este mesmo estudo sugere que, não sendo a clorofila o único pigmento verde, a preservação desta cor tenha sido devido ao acúmulo de feofitina.

### **2.5.5 Cor da casca**

A aparência externa das frutas e hortaliças é o primeiro aspecto relacionado à qualidade com o qual o consumidor se depara no momento da compra. A percepção humana tem sido historicamente o principal instrumento para avaliação visual da cor (FLORKOWSKI *et al.*, 2014).

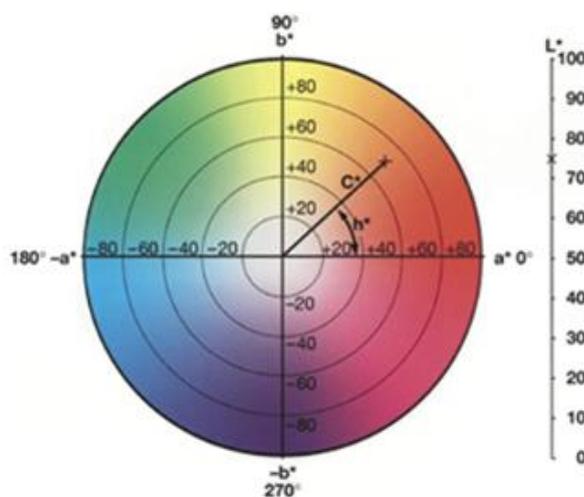
A definição de cor pode ser dada como a propriedade dos corpos em absorver e refletir luz, tendo como propriedades principais, a saturação, o matiz e a luminosidade. A cor é gerada pela percepção do olho humano de radiação eletromagnética visível, determinado pela superfície refletora e a fonte de luz. Por ser um fenômeno subjetivo, além do iluminante, da textura e das cores em seu entorno, a luz de um determinado objeto depende também do observador (FERREIRA, 2017).

A cor de determinado objeto ou superfície depende de forma expressiva da fonte de luz. As propriedades da cor detectáveis pelo olho humano são o brilho, a saturação e a matiz. Os principais avanços na investigação da cor seguem na direção da mudança da avaliação puramente subjetiva, feita pelo consumidor, para técnicas de quantificação objetiva (FLORKOWSKI, 2014).

São diversos os espaços de cores utilizados para sua determinação, com variações relacionadas à simetria de distribuição da cor e o sistema de coordenadas utilizado. A luminosidade (L) varia dentro de uma escala de 0 a 100, em que 0 está relacionado ao preto, mais escuro, e 100 ao branco, mais claro. O croma indica a

intensidade da cor ou sua saturação que vai do centro do espaço ao ponto da cor, partindo de acromática (0) para uma cor cromática pura. O ângulo Hue (H) está relacionado à roda de cores, atribuindo-se 270° ao azul, 180° ao verde, 90° ao amarelo e 0° ao vermelho (Figura 6). Portanto, L, C e H correspondem a um ponto dentro de um espaço de coordenadas que busca correlacionar a percepção humana com dados verificáveis instrumentalmente (LURIE *et al.*, 2015; FERREIRA, 2017).

**Figura 6.** Espaço de cores L\*, C\* e H.



Fonte: Ferreira (2017).

As cores são geradas por pigmentos como clorofila, feofitina, licopeno, carotenóides e antocianinas pela absorção e reflexão da luz incidente e pela dispersão desta luz através do tecido, quando observado pela visão humana. Portanto, alterações na visão, luz, estrutura do tecido e nível dos pigmentos, causam mudanças na cor. Para efeito prático na pesquisa, a visão e a luz são consideradas constantes, enquanto os pigmentos e a estrutura dos tecidos, são aspectos a serem descritos e modelados. Principalmente em frutas e hortaliças de coloração verde, o conteúdo de clorofila é ou deveria ser uma boa referência, quando considera-se maturação e amadurecimento em qualquer estágio de desenvolvimento (FLOKOWSKY, 2014).

Estudos indicam redução na concentração de clorofila em uvas verdes durante o armazenamento refrigerado. Zahedipour *et al.* (2019), estudando a cultivar “Thompson Seedless”, verificaram degradação de clorofila, aos 60 dias de armazenamento refrigerado. Utilizando uma escala de cores, com notas de 1 a 4, 1 correspondendo a cor verde e 4, correspondente a amarelo esverdeado, Castro *et al.*

(1999), observaram a perda progressiva da cor verde na uva 'Italia' após 4 semanas de armazenamento refrigerado.

### **2.5.6 Sólidos solúveis e ácidos orgânicos**

Dentre os atributos sensoriais, o sabor e o aroma são importantes componentes da qualidade das frutas e hortaliças. Mais de 300 compostos químicos foram identificados como responsáveis na determinação desses atributos, alguns contribuindo com maior impacto para o sabor específico de cada espécie. Entretanto, os teores de sólidos solúveis e a acidez titulável desempenham um importante papel na indicação do sabor, apresentando forte correlação com a expressão dos demais compostos (WILLS; GOLDING, 2015). O sabor e o aroma são os dois principais fatores determinantes da recompra de um fruto em particular. O sabor está associado principalmente ao equilíbrio entre açúcares e ácidos, e o aroma, aos compostos voláteis (PAREEK, 2016).

Os açúcares, especialmente glicose e frutose, estão entre os principais compostos que determinam a qualidade da uva e são responsáveis pela percepção de doçura, mascarando sensações indesejáveis como acidez, amargor e adstringência (KELLER, 2020). Durante o amadurecimento, há uma tendência de elevação do nível de açúcares nos frutos em decorrência do aumento da importação a partir do floema, antes da colheita, e pela mobilização das reservas de amido no interior dos frutos, após a colheita (PAREEK, 2016).

O teor de sólidos solúveis é largamente e sistematicamente avaliado pelos produtores de uva de mesa para verificar o estágio de amadurecimento, com o propósito de determinar o ponto de colheita. Os açúcares glicose, frutose e sacarose são os principais sólidos solúveis e suas concentrações representam entre 90 e 95% do total, embora os ácidos orgânicos cítrico, sais e alguns minerais também compoñham os sólidos solúveis (SIDDIQUI, 2015). O principal açúcar no estágio de amadurecimento, depende da espécie. Essa informação é importante porque o grau de doçura varia entre eles. A frutose e a glicose são, respectivamente, 80% e 60% mais doce que a sacarose. Na uva o açúcar presente em maior concentração é a glicose (PAREEK, 2016).

Como forma de verificar a relação entre os sólidos solúveis e a aceitação da uva 'Red Globe', por grupo de consumidores dos EUA e da China, Crisosto *et al.*

(2002) observaram que uvas com teores de sólidos solúveis acima de 17°Brix foram mais aceitas pelos chineses enquanto, entre os americanos, predominou a preferência para os frutos com teores entre 16 e 17°Brix. Durante o armazenamento refrigerado, os teores de sólidos solúveis apresentam comportamentos variáveis, possivelmente atribuídos a variedade em estudo. Bonfim *et al.* (2018) não verificaram mudanças nos teores de sólidos solúveis em uva A Dona, aos 42 dias de armazenamento refrigerado. Entretanto, em estudo conduzido com a cultivar Thompson Seedless, foi observado aumento de 9,4% na concentração de sólidos solúveis, após 30 dias de armazenamento refrigerado seguido de sete dias de vida útil (EJSMENIEWICZ *et al.*, 2015).

Os ácidos orgânicos predominantes nas frutas são malato, citrato e tartarato, sendo este último característico da uva (FLORKOWSKI, 2014). Os ácidos málico e cítrico são intermediários do ciclo dos ácidos tricarbóxicos, enquanto o ácido tartárico resulta do catabolismo do ácido ascórbico (ETIENNE *et al.*, 2013).

A redução da acidez é resultante da descarboxilação desses ácidos, promovendo a síntese de fosfoenolpiruvato, que resulta na produção de glicose a partir da gliconeogênese. Isso ocorre preponderantemente no amadurecimento, quando há um rápido acúmulo de açúcares nos frutos (PAREEK, 2016). Entre os fatores exógenos ao tecido vegetal, as condições de solo e clima e as práticas culturais influenciam a quantidade de ácidos orgânicos presentes na uva (FERREIRA, 2017).

Os tratamentos pós-colheita também influenciam a acidez titulável. Embora não tenha sido observado diferença significativa, Wang *et al.* (2019) verificaram decréscimos discretos na acidez titulável, na uva Yongyou NO. 1, de 0,76% na colheita para 0,62%, 0,55%, 0,61% e 0,70%, nos tratamentos controle, 1-MCP, 1-MCP + atmosfera modificada com alta concentração de O<sub>2</sub>, 1-MCP + atmosfera modificada com alta concentração de CO<sub>2</sub>, respectivamente.

### **2.5.7 Compostos fenólicos**

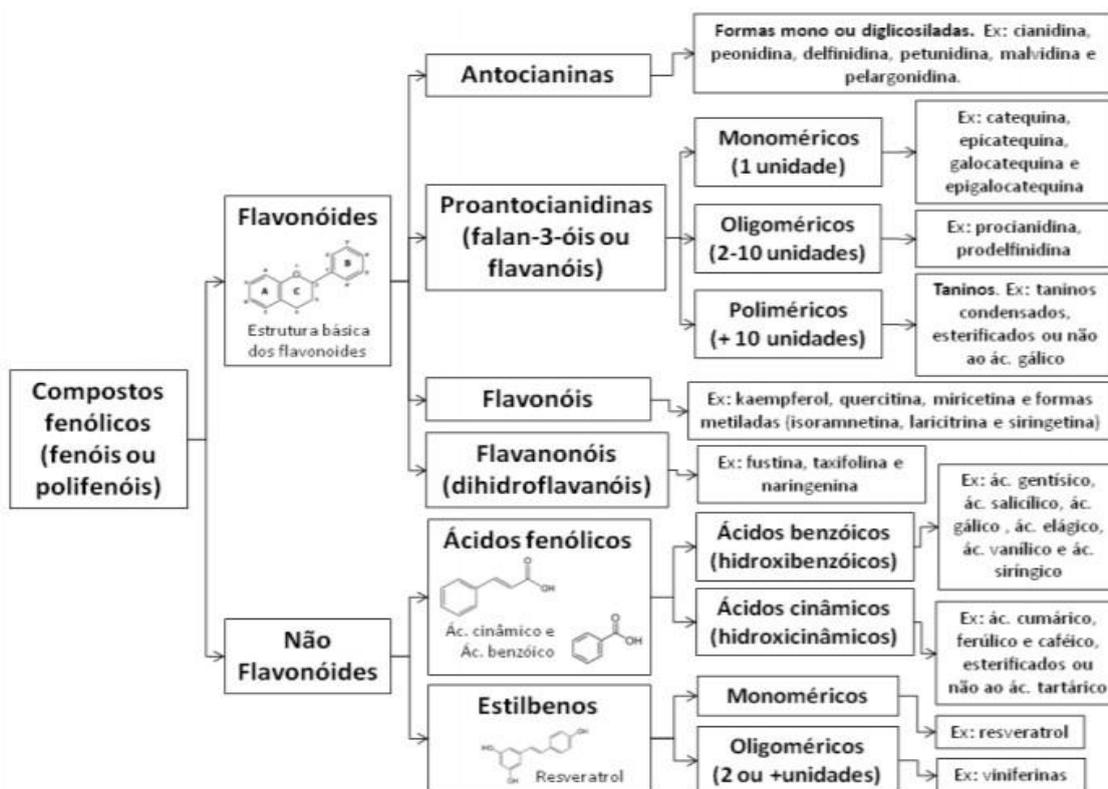
Junto com os terpenos e os compostos nitrogenados, os compostos fenólicos formam os três principais grupos de metabólitos secundários dos vegetais. Há mais de 10.000 compostos fenólicos conhecidos, com funções diversas na planta, como pigmentares, estruturais, de defesa contra patógenos, atrativas de insetos polinizadores ou dispersores de frutos e protetiva contra a radiação ultravioleta. A

biossíntese dos compostos fenólicos passa basicamente pelas rotas do ácido chiquímico e do ácido malônico. As classes mais numerosas de compostos fenólicos advêm da formação do ácido cinâmico, a partir da eliminação de uma molécula de amônia da fenilalanina. Essa reação é catalisada pela fenilalanina amônia liase (PAL), que, por sua importância na biossíntese de grande quantidade de compostos fenólicos, é talvez a enzima mais estudada no metabolismo secundário (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os compostos fenólicos são derivados dos aminoácidos aromáticos, tendo como característica distintiva a presença de anéis aromáticos com graus variáveis de hidroxilação. Além de repelir a ação de predadores e ter propriedade antibacteriana, é também responsável pela pigmentação dos frutos. Os compostos fenólicos contribuem também para a adstringência, conferem sabor amargo a alguns produtos e também protegem os tecidos contra a excessiva radiação ultravioleta (FLORKOWISKI, 2014). Abrangem o mais numeroso grupo de fitoquímicos das plantas (YAHIA, 2019) e são divididos em duas classes, flavonóides e não flavonóides (Figura 7). O mesocarpo é o tecido que acumula os não flavonoides, enquanto os flavonóides são acumulados na epiderme, como é o caso das antocianinas (KELLER, 2020).

Embora não tenha uma contribuição significativa no peso da baga da uva, como a água, os açúcares, os ácidos orgânicos e os minerais, os compostos fenólicos são extremamente importantes na qualidade do fruto (KELLER, 2020). Entendendo a complexidade e a importância deste importante indicador de qualidade, alguns estudos têm resultado em melhor entendimento do comportamento dos fenólicos durante o armazenamento refrigerado em uva de mesa. Liguori *et al.* (2015) demonstraram não haver efeito da atmosfera modificada no teor de fenólicos totais, embora tenha sido observada variação no decorrer do armazenamento refrigerado.

**Figura 7.** Classes de compostos fenólicos em uvas e vinhos.



Fonte: Adams (2006); Ribéreau-Gayon *et al.* (2006); Guerra (2012); Flamini *et al.* (2013) e Teixeira *et al.* (2013).

A estrutura dos compostos fenólicos está diretamente relacionada às suas propriedades antioxidantes. O incremento no grau de hidroxilação dos anéis aromáticos promove o aumento da atividade antioxidante (FLORKOWISKI, 2014). Keller (2020) considera que, além dos grupos hidroxilas, as ligações duplas insaturadas nos anéis tornam os fenólicos bons antioxidantes.

## 2.6 TECNOLOGIAS DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

Considerando o amadurecimento da uva de mesa em tempo adequado à comercialização, podem ser traçadas estratégias e adotadas diversas práticas com tecnologias incorporadas visando a preservação dos atributos de qualidade exigidos pelo mercado. A escolha deve ser embasada na fisiologia do fruto e ou da cultivar e na organização da logística de distribuição no mercado.

O armazenamento refrigerado com alta umidade relativa é uma tecnologia amplamente adotada para a conservação de frutas e hortaliças. Baixa temperatura

associada a alta umidade retardam o amadurecimento, reduzindo a atividade metabólica como consequência da redução na respiração, inibindo, simultaneamente, o efeito negativo da elevada taxa de transpiração estimulada pelo déficit de pressão de vapor d'água em ambientes secos (PAREEK, 2016).

Outras técnicas podem ser associadas à refrigeração, como a bastante difundida utilização de inibidores de etileno, hormônio vegetal responsável pelo amadurecimento dos vegetais. Alguns produtos comerciais com ingredientes ativos que bloqueia a síntese ou a ação do hormônio estão disponíveis no mercado (FLORKOWSKY, 2014).

Com avanços expressivos nas tecnologias da indústria de embalagens, uma outra técnica tem ganhado espaço como medida que busca a preservação dos alimentos perecíveis, in natura ou processados. Trata-se das embalagens que regulam, no seu interior, a concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), promovendo o que é designado como atmosfera modificada (SIDDIQUI, 2015).

### **2.6.1 Armazenamento refrigerado**

A sazonalidade e a perecibilidade de grande parte dos produtos olerícolas e frutícolas frescos demandam métodos que possam prolongar sua disponibilidade para consumo em diferentes mercados. Uma das primeiras técnicas para aumento da vida útil de produtos frescos foi a refrigeração (WILLS; GOOLDING, 2015).

A melhor qualidade de um fruto fresco é atingida no momento da colheita e o objetivo principal das tecnologias pós-colheita é preservar esta qualidade (FLORKOWSKY, 2014), considerando que mesmo depois de colhidos todos os processos fisiológicos prosseguem, dentre eles a respiração e a transpiração, porém sem o suprimento de água e nutrientes (SIDDIQUI, 2015). Os principais objetivos do armazenamento refrigerado são: reduzir o excesso de oferta, assegurando melhor preço ao produto; permitir a disponibilidade do produto fora da estação de colheita; evitar o desperdício pela deterioração; e obtenção de melhores preços, normalmente alcançados fora da época de colheita. A refrigeração é a tecnologia mais eficaz atualmente disponível, empregada na manutenção da qualidade (FLORKOWSKY, 2014). Sua eficiência tem associação à manipulação da temperatura, da umidade relativa e da ventilação, que são os principais fatores que concorrem para a preservação dos produtos hortifrutícolas depois de colhidos (SIDDIQUI, 2015).

O gerenciamento da temperatura é a mais efetiva ferramenta na busca do prolongamento da vida útil das frutas frescas (YAHIA, 2019). A temperatura influencia a taxa de todos os processos metabólicos incluindo a respiração e a produção de etileno endógeno, pela velocidade das reações bioquímicas reguladas pela atividade enzimática (FLORKOWSKY, 2014; PAREEK, 2016; YAHIA, 2019). A partir da caracterização bioquímica e molecular das principais etapas da biossíntese do etileno, foi possível descrever o efeito do armazenamento refrigerado na produção de etileno, especialmente nos frutos climatéricos. As respostas têm relação com a regulação da expressão dos genes responsáveis pela produção da ACC sintase (ACS) e ACC oxidase (ACO), conforme estudos realizados com banana, pera e maçã (YAHIA, 2019).

A umidade é o segundo fator mais importante na modulação das alterações fisiológicas e, conseqüentemente, na qualidade das frutas e hortaliças, nos sistemas pós-colheita (PAREEK, 2016). As frutas e hortaliças são compostos, em grande parte, de água. Portanto, um importante fator para preservação da qualidade é assegurar uma adequada umidade relativa nas câmaras frias, já que a perda de água pode ocasionar depreciação na aparência, na textura e na firmeza dos frutos, podendo afetar o sabor e o aroma (SIDDIQUI, 2015). Quando a umidade do ar que circunda a fruta estiver abaixo de 100%, que é o caso da maior parte dos sistemas pós-colheita, ela exerce uma demanda de vapor sobre esta fruta, provocando perda de água (SIDDIQUI, 2015; PAREEK, 2016).

O ponto ideal de umidade relativa é aquele em que a perda de água do fruto é minimizada e ao mesmo tempo que não favoreça a infecção por patógenos. Estudando a desidratação da ráquis e a incidência de podridão em uva Niágara Rosada, Pinto *et al.* (2015) observaram um aumento progressivo na turgidez do engaço quando os cachos foram armazenados sob umidade relativa de 85%, 90%, 95% e 100%, bem como ausência de podridão, ao final de 21 dias de armazenamento refrigerado.

### **2.6.2 Inibidores de etileno**

O controle da ação do etileno tem provado ser efetivo na conservação de vários frutos (TIWARY; PALIYATH, 2011). Existem algumas substâncias que atuam como inibidores de etileno. Esta inibição pode ocorrer através da interrupção da

biossíntese do hormônio ou, após sua produção endógena, pelo impedimento da sua ação. Os mais difundidos inibidores que agem no bloqueio das reações da síntese do etileno são o aminoetoxi-vinil-glicina (AVG), o ácido aminoxiacético (AOA) e o íon Cobalto ( $\text{Co}^{2+}$ ). Os dois primeiros agem bloqueando a conversão da AdoMet em ACC, impedindo que enzimas que utilizam o co-fator piridoxal fosfato sejam produzidas. O  $\text{Co}^{2+}$  age como inibidor do etileno na reação seguinte e última da rota, a conversão do ACC em etileno realizada pela ACC oxidase. Os inibidores da ação do etileno mais conhecidos são o íon prata, podendo ser aplicado como nitrato ou tiosulfato de prata, o  $\text{CO}_2$  em altas concentrações, o *trans*-ciclooctano e o 1-Metilciclopropeno (1-MCP) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Sisler e Serek (1997), estudando potenciais inibidores de etileno, descreveram o modo de ação e analisaram o efeito de diversas moléculas, o diazociclopentadieno (DACP), o ciclopropeno (CP), o 3,3-dimetilciclopropeno (3,3-DMCP) e o 1-metilciclopropeno (1-MCP). Em conformidade com estudos anteriores, o DACP apresentou-se como um fraco e instável inibidor da ação do etileno, cujo componente ativo até então não tinha sido identificado e é explosivo em altas concentrações. As moléculas do grupo dos ciclopropenos foram identificadas como efetivos antagonistas às respostas do etileno. Todas são gases em temperatura ambiente e não apresentam odor nas concentrações necessárias para proteger as plantas. Entretanto, o 1-MCP ganhou destaque com muitos estudos no meio científico, por ser mais estável que o CP e mais ativo que o 3,3-DMCP.

### 2.6.3 1-Metilciclopropeno

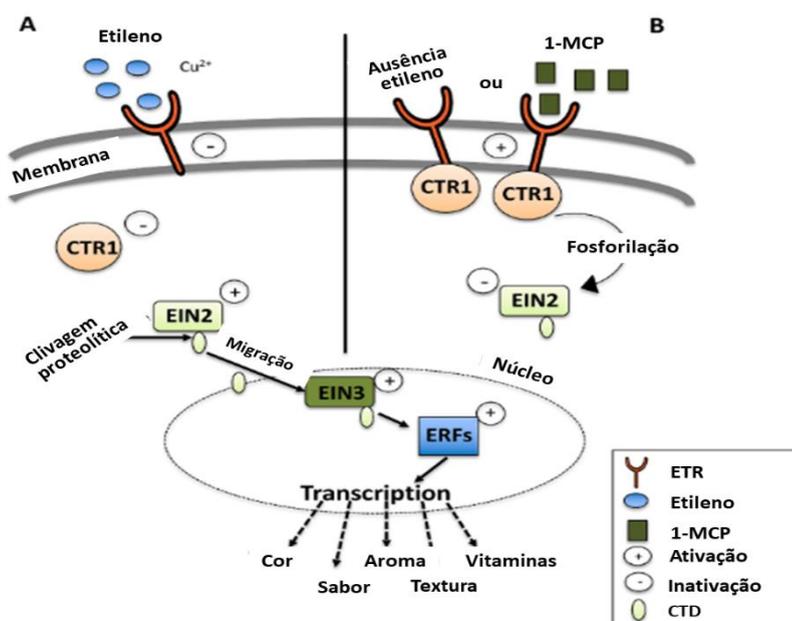
O 1-MCP é uma molécula planar, gasosa em temperatura ambiente, de massa molar  $54,09 \text{ g.mol}^{-1}$ , fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_6$ , com o grupo metil unido através de ligação dupla. Esta estrutura é capaz de um arranjo tipo aleno e este é também o fator provável da ligação do metal, supostamente localizado no receptor (SISLER; SEREK, 1997). O forte impacto do 1-MCP na ciência e tecnologia pós-colheita é resultante de ter se tornado uma ferramenta poderosa para elucidação de mecanismos fundamentais sobre o amadurecimento e a senescência, bem como se constituído numa tecnologia simples e efetiva na preservação dos frutos e hortaliças depois de colhidos (PALIYATH, 2008).

Vários trabalhos têm demonstrado sua alta eficiência com resultados significativos mesmo em pequenas doses, considerando que é ativo em partes por bilhão (ppb) (PALIYATH, 2008). Por ser extremamente ativo, porém instável na fase líquida, o 1-MCP é estabilizado por meio de sua complexação pela  $\alpha$ -ciclodextrina (WILLS; GOLDING, 2015). Essa formulação quando misturada com água libera o 1-MCP na forma de gás, à temperatura de 20°C em aproximadamente 20 a 30 minutos. Liguori *et al.* (2004) observaram que, em tratamento pós-colheita, pêssegos absorveram entre 80% e 90% do 1-MCP aplicado em recipiente fechado por 24 horas, em temperaturas de 20°C e 0°C. Considerando que o 1-MCP tem uma afinidade com o receptor muito maior que a do etileno, é necessária uma quantidade 100 vezes de etileno para competir com os sítios de ligação. Uma vez ligados aos receptores o 1-MCP, não é liberado e qualquer reversão do seu efeito ocorre exclusivamente pela síntese de novos receptores de etileno no tecido (PALIYATH, 2008).

Diversos ensaios comprovaram que o 1-MCP não é tóxico para os humanos e os resíduos deixados no produto no qual foi aplicado são insignificantes, conferindo segurança alimentar. Sua dose letal por inalação em ratos é maior que 2,5 mg.L<sup>-1</sup> no ar, não oferecendo risco aos animais. Estudos toxicológicos conduzidos pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA) relatam que não foram encontrados toxicidade aguda ou sinais clínicos de toxicologia sistêmica provocados pelo princípio ativo (PALIYATH, 2008).

A ação do 1-MCP é amplamente conhecida. Ele ocupa os sítios de ligação do etileno na membrana celular bloqueando a entrada deste no citosol, impedindo assim sua ação (DIAS *et al.*, 2021) (Figura 8). O 1-MCP tem sido largamente utilizado tanto na pesquisa como comercialmente, notadamente em frutos climatéricos, com a finalidade de retardar o amadurecimento, prolongando a vida útil dos frutos para consumo e prevenindo assim sua deterioração.

**Figura 8.** Rota de sinalização do etileno. A – A ligação do etileno ao receptor inativa-o, permitindo a sinalização via clivagem proteolítica do EIN2. Esta clivagem induz o domínio do terminal C, com a migração do EIN2 para o interior do núcleo através da ligação com o EIN3, que ativa as ERF's responsáveis pela transcrição do gene que codifica as enzimas responsáveis pela qualidade do amadurecimento. B – Na ausência da ligação do etileno ou na presença do inibidor 1-MCP, o CTR1 liga-se ao receptor promovendo a fosforilação do EIN2, bloqueando dessa forma a sinalização do etileno.



Fonte: Dias *et al.*, (2021).

Atualmente, o 1-MCP vem sendo comercializado em dezenas de países com registro para aplicação em pelo menos 18 culturas hortifrutícolas, todas climatéricas, a exemplo da pera, maçã e caqui (LI *et al.*, 2016). Estudando o desenvolvimento da coloração em pera Chunmei, Zhang *et al.* (2022) identificaram a intensificação da cor vermelha no oitavo dia de armazenamento com a aplicação do 1-MCP. Pegaroro *et al.* (2016) verificaram que o tratamento com 1-MCP em armazenamento refrigerado resultou em firmeza da polpa de Kiwi Tewi 2 vezes superior.

Embora em frutos não climatéricos o etileno não seja necessário para a coordenação e finalização do amadurecimento e não apresente claramente incrementos na taxa de produção deste hormônio neste período, a exposição de determinados frutos ao etileno exógeno pode estimular certos processos relacionados ao amadurecimento, como a perda gradual da coloração verde em laranja (LI *et al.*, 2016). Em estudo semelhante, Huber (2008) constatou que o 1-MCP afeta processos associados ao amadurecimento em vários outros frutos não climatéricos, tais como,

mudança de coloração, taxa de respiração, amaciamento, deterioração e algumas desordens fisiológicas.

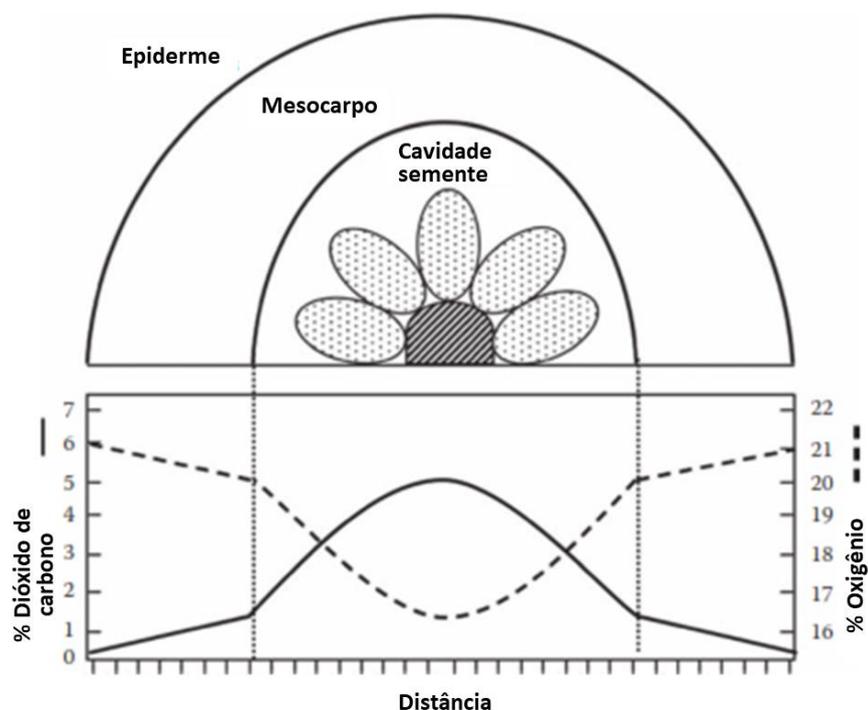
Estudando as cultivares de uva de mesa 3003, Thompson e Mystery, Li *et al.* (2015) verificaram que a aplicação de 1-MCP promoveu uma maior preservação da coloração verde no engaço, tanto na cultivar Thompson como na cv. Mystery. A ação combinada da aplicação de 1-MCP e atmosfera modificada (80% de O<sub>2</sub> e 20% de CO<sub>2</sub>), em estudo conduzido na província de Hangzhou, China, com as cultivares Kyoho e Yongyou No.1, foi constatado nas duas variedades a preservação da aparência do engaço por um longo período, enquanto no controle foi observado escurecimento em menos de 24 horas de armazenamento refrigerado (WANG *et al.*, 2019).

#### **2.6.4 Atmosfera modificada**

O segmento de embalagens é comandado por aquelas que são condicionadoras de atmosfera modifica. O sucesso dessa tecnologia depende de diversos fatores, dentre eles a boa qualidade inicial do produto, práticas adequadas de manuseio, proporções corretas de gases, adequada refrigeração e material de embalagem apropriado (SIDDIQUI, 2015).

Em geral, os níveis de O<sub>2</sub> apresentam uma tendência de decréscimo da parte mais externa para a mais interna dos frutos (Figura 9). Esta variação na depleção dos patamares internos de O<sub>2</sub> dependem da espécie do fruto, sob condição de atmosfera modificada (PAREEK, 2016). A causa primária para esta queda é o fato de o O<sub>2</sub> participar como substrato para a reação catalisada pela enzima ACC oxidase (ACO) (PAREEK, 2016). Baixos níveis de O<sub>2</sub> reduzem a respiração e a susceptibilidade a doenças, entretanto concentrações abaixo de 1% podem induzir o metabolismo anaeróbico. Quando isso acontece, a respiração da mitocôndria decresce e a produção aeróbica de CO<sub>2</sub> diminui, promovendo aumento da fermentação, denominado com efeito Pasteur (PARREK, 2016; SIDDIQUI, 2015).

**Figura 9.** Secção transversal através de um fruto mostrando como a concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> pode variar no interior dos diferentes tecidos devido a respiração e as barreiras internas e externas de difusão de gás.



Fonte: Ferreira (2017).

Ao contrário do O<sub>2</sub>, as concentrações de CO<sub>2</sub>, são maiores no interior do fruto e decrescem em direção a sua superfície (Figura 9) (PAREEK, 2016). Níveis elevados de CO<sub>2</sub> foi a causa atribuída à redução da atividade ou síntese de várias enzimas do metabolismo respiratório, incluindo a fosforilação oxidativa (KADER, 1999). Estudos sobre respiração e fatores que a influenciam são importantes porque a vida útil dos frutos colhidos tem uma relação íntima com a taxa respiratória da parte armazenada da planta (PAREEK, 2016). Entretanto elevados níveis de CO<sub>2</sub>, acima de 12%, podem causar injúrias nos produtos armazenados, como por exemplo o escurecimento da polpa, que ocorre em razão do dano oxidativo, condição em que é produzido peróxido de hidrogênio promovendo modificações na membrana das células. Além disso, frutas armazenadas em concentrações muito mais altas de CO<sub>2</sub>, quando comparadas à atmosfera normal, exibem maior atividade do polifenol oxidase (PPO), correlacionada positivamente com o escurecimento da fruta (YAHIA, 2019).

A alta demanda por produtos hortifrutícolas tem gerado aumento na

quantidade e variedades de produtos disponíveis para consumo. Entretanto, frutas e hortaliças são muito perecíveis (ZHANG *et al.*, 2013). Uma das tecnologias bastante difundidas com o propósito de conservação dos alimentos frescos ou minimamente processados, é a alteração na composição de gases do ambiente onde são armazenados. Os dois gases que têm um efeito expressivo na conservação dos alimentos são  $O_2$  e  $CO_2$ . O equilíbrio na manutenção da concentração desejada entre eles é fator decisivo para o alcance dos objetivos de preservação da qualidade do produto.

A tecnologia de embalagem condicionadora de atmosfera modificada apoia-se na modificação da atmosfera no interior da embalagem pela respiração do fruto ou órgão vegetal armazenado e permeabilidade dos gases através da embalagem, condicionando uma atmosfera rica em  $CO_2$  e pobre em  $O_2$  (SIDDIQUI, 2015). Trabalhando com uva Itália em diversos tipos de embalagem, Castro *et al.* (1999) observaram que a embalagem aditivada com inibidor de etileno apresentou desempenho inferior em relação aos outros tipos de embalagens com relação a perda de peso, cor da baga e desgrane natural. Em trabalho conduzido com mirtilo, Saito *et al.* (2020) verificaram que tratamentos com atmosfera modificada na embalagem associada a emissão de  $SO_2$  foram os mais efetivos na redução da perda de peso e murcha do fruto.

Para reduzir os problemas de uvas de mesa em pós-colheita é preciso identificar tecnologias facilmente incorporáveis à logística atual da cadeia e que permitam os benefícios da preservação do frescor por tempo coerente com os mercados pretendidos. O inibidor de etileno aplicado em pré-colheita deve promover efeitos sobre eventos dependentes da ação do etileno, como amaciamento, desgrane e degradação de pigmentos. Ainda, evita-se a dificuldade de realização de pulverizações pós-colheita em uva, uma vez que estas que mantêm a umidade nos cachos, favorecendo o crescimento de patógenos. Essa aplicação pré-colheita também pode proteger os cachos dos efeitos do ato de colheita no metabolismo dos frutos. Finalmente, o uso de atmosfera modificada deve trazer benefícios de atraso na senescência e manutenção da turgidez das bagas e do engajo, repercutindo em ganhos para a cadeia.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. O. Phenolics and ripening in grape berries. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 57, p. 249-256, 2006.
- Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2022. **Brazilian Hort&fruit yearbook**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2022. 96 p.
- BALIC, I.; ESJMENTEWICZ, T.; SANSHUEZA, D.; SILVA, C.; PEREDO, T.; OLMEDO, P.; BARROS, M.; VERDONK, J. C.; PAREDES, R.; MENESES, C.; PRIETO, H.; ORELLANA, A.; DEFILIPPI, B. G.; CAMOS-VARGAS, R. Biochemical and physiological study of the firmness of table grapes berries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 25-23, 2014.
- BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and Fruit Ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 26, p. 143-159, 2007.
- BECATTI, E.; GENOVA, G.; RANIERE, A.; TONUTTI, P. Postharvest treatments with ethylene on *Vitis vinifera* (cv Sangiovese) grapes affect berry metabolism and wine composition. **Food Chemistry**, v. 159, p. 257-266, 2014.
- BLANCKENBERG, A.; OPARA, U. L.; FAWOLW, O. A. Postharvest Losses in Quantity and Quality of Table Grape (cv. Crimson Seedless) along the Supply Chain Associated Economic, Environmental and Resource Impacts. **Sustainability**, v. 13, p. 4450, 2021.
- BONFIM, W. M. D.; ANDRADE NETO, E. R.; DA COSTA; R. R.; LIMA, M. A. C. Potencial para conservação pós-colheita de uvas da cultivar A Dona sob armazenamento refrigerado. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 13., 2018, Petrolina. **Anais**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018.
- BOTONDI, R.; LODOLA, L.; MENCARELLI, F. Postharvest ethylene treatment affects berry dehydration, polyphenol and anthocyanin content by increasing the activity of cell wall enzymes in Aleatico wine grape. **European Food Research and Technology**, v. 232, p. 679-685, 2011.
- BRAGA, L. R.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: Revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 69-84, 2010.
- BRUMMELL, D. A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, v. 33, p. 103-119, 2006.
- CALEB, O. J.; MAHAJEN, P. V.; AL-SAID, F. A-J.; OPARA, U. L. Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and Microbial Consequences – A Review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 303-329, 2013.
- CARVAJAL-MILLÁN, E.; CARVALHO, T.; OROSKO, J. A.; MRTÍNEZ, M. A.; TAPIA, I.; GUERRERO, V. M.; RASCÓN-CHU, A.; LLAMAS, J.; GARDEA, A. A. Polyphenol

Oxidase Activity, Color Changes, and Dehydration in Table Grape Rachis during Development and Storage as Affected by N-(2-Chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 946-951, 2001.

CASTRO, J. V.; PARK, K. J.; HONÓRIO, S. L. Emprego de embalagens para conservação pós-colheita de uva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 35-40, 1999.

CHEN, Y.; SUN, J.; LIN, H.; HUNG, Y.; ZHANG, S.; LIN, Y.; LIN, T. Paper-based 1-MCP treatment suppresses cell wall metabolism and delays softening of Huanghua pears during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2547-2552, 2017.

CHERVIN, C.; EL-KEREAMY, A.; ROUSTAN, J. P.; LATCHÉ, A.; LAMON, J.; BOUZAYEN, M. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. **Plant Science**, v. 167, p. 1301-1305, 2004.

CHERVIN, C.; DELUC, L. Ethylene signaling receptors and transcription factors over the berry development: gene expression profiling. **Vitis**, v. 49, n. 3, p. 129-136, 2010.

CRISOSTO, C. H.; SMILANIK, J. L.; DOKOOZLIAN, N. K. **Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays**. California Agriculture, v. 55, n. 1, p. 39-42, 2001.

CRISOSTO, C. H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of "Red Globe" table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 181-189, 2002.

DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; BRAGA, G. C.; HERZOG, N. F. M. Uva "Niágara Rosada" cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 546-552, 2005.

DIAS, C.; RIBEIRO, T.; RODRIGUES, A. C.; FERRANTE, A.; VASCONCELOS, M. W.; PINTADO, M. Improving the ripening process after 1-MCP application: Implications and strategies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 382-396, 2021.

EJSMENIEWICZ, T.; BALIC, I.; SANHUEZA, D.; BARRIA, R.; MENESES, C. ORELLANA, A.; PRIETO, H.; DEFILIPPI, P.; CAMPOS-VARGAS, R. Comparative Study of Two Table Grape Varieties with Contrast Texture During Cold Storage. **Molecules**, v. 20, p. 3667-3680, 2015.

ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ, A.; MBEGUIÉ, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 6, p. 1451-1469, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of Food and Agriculture: Moving forward on food loss and waste reducing**. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2019.

FERREIRA, D. **Instrumentação Pós-colheita em Frutas e Hortaliças**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 284 p.

FLAMINI R.; MATTIVI F.; ROSSO M.; ARAPITSAS P.; BAVARESCO L. Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. **International Journal of Molecular Science**, v. 14, n. 10, p. 19651- 19669, 2013.

FLORKOWSKI, W. J.; SHELFELT, R. L.; BRUECKNER, B.; PRUSSIA, S. E. **Postharvest Handling: A Systems Approach**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2014. 564 p.

GOLOB, P.; ORCHARD, J. E. **Crop Post-Harvest: Science and Technology, Principles and Practices**. Ames: Blackwell Science Ltd., 2002. v. 1. 554 p.

GOMES, D. **Efeito da vibração na qualidade da uva Niagara Rosada**. 2006. 84 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-colheita). Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Campinas, 2006.

GOMES, D.; FERRAZ, A. C. O. Mechanical behaviour of “Niagara Rosada” grape berry detachment. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 6, p. 1115-1122, 2011.

GUERRA, C. C. Polifenóis da uva e do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 4, n. 4, p. 90-100, 2012.

HAMIE, N.; ZOFFOLI, J. P.; TARRICONE, L.; VERRASTRO, V.; PÉREZ-DONOSO, A. G.; GAMBACORTA, G. Rachis browning and water losses description during postharvest storage of “Krissy” and “Thompson Seedless” table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 184, p. 111758, 2022.

HARKER, F. R.; GUNSON, F. A.; BROKFIELD, P. L.; WHITE, A. An apple a day: the influence of memory on consumer judgment of quality. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 173-179, 2002.

HESPANHOL-VIANA, L.; PORMME, C. V.; VIANA, A. P.; CAMPOSTRINI, E. Avaliação da aderência ao pedicelo de algumas variedades de uva de mesa. **Jornal da Fruta**, v. 15, p. 2-3, 2007.

HUBER, D. J. Supression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerfull tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and non-climacteric fruits and vegetables. **HortScience**, v. 43, p. 106-111, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>. Acesso em: 02 jul. 2023.

IWATANI, S.; IAKUSHIJI, H.; MITANI, N.; SAKURAI, N. Evaluation of grape flesh texture by an acoustic vibration method. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 305-309, 2011.

KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 203-208, 1999.

KADER, A. A.; SALVEIT, M. E. Atmosphere Modification. *In*: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. **Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 229-246.

KAUR, S.; ARORA, N. K.; GILL, K. B. S.; SHARMA, S.; GILL, M. I. S. Hexanal formulation reduces rachis browning and postharvest losses in table grapes cv. "Flame Seedless". **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 265-273, 2019.

KELLER, M. **The Science of Grapevines**. 3. ed. London: Academic Press, 2020.

KERRY, J. P.; O'GRADY, M. N.; HOGAN, S. A. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat Science**, v. 74, p. 113-130, 2006.

LI, L.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; DAUS, A.; PORAT, R.; LICHTER, A. The effects of 1-methylcyclopropane and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 107, p. 16-22, 2015.

LI, L.; LITCHER, A.; CHALUPOWICZ, D.; GAMRASNI, D.; GOLDBERG, T.; NERYA, O.; BEN-ARIE, R.; PORAT, R. Effects of ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 322-329, 2016.

LIGUORI, G.; WEKSLER, A.; ZUTAHY, Y.; LURIE, S.; KOSTO, I. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of melting flesh peaches and nectarines. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 263-268, 2004.

LIGUORI, G.; AQUINO, S. D.; SORTINO, G.; DE PASQUALE, C.; INGLESE, P. Effect of passive and active modified atmosphere packaging conditions on quality parameters of minimally processed table grapes during cold storage. **Journal of Berry Research**, v. 5, p. 131-143, 2015.

LIGUORI, G.; SORTINO, G.; GULLO, G.; INGLESE, P. Effects of Modified Atmosphere Packaging and Chitosan Treatment on Quality and Sensorial Parameters of Minimally Processed cv. "Italia" Table Grapes. **Agronomy**, v. 11, p. 328, 2021.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; ASSIS, J. S. de. **Vida útil pós-colheita da uva de mesa Superior Seedless após armazenamento refrigerado**. Edição de 49th Annual Meeting International Society for Tropical Horticulture, Fortaleza, 2004.

LIN, Y.; LIN, Y.; LIN, H.; LIN, M.; LI, H.; YUAN, F.; CHEN, Y.; XIAO, J. Effects of paper containing 1-MCP postharvest treatment on disassembly of cell wall polysaccharides and softening in Younai Plum fruit during storage. **Food Chemistry**, v. 264, p. 1-8, 2018.

LIPINSKI, B.; HANSON, C.; LOMAX, J.; KITINOJA, L.; WAITE, R.; SEARCHINGER, T. Reducing food loss and waste. United Nations Environment Programme – UNEP, **World Resources Institute**, Working Paper, 2013.

LURIE, S.; OVADIA, R.; NISSIM-LEVI, A.; ORN-SHAMIR, M.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; WEKSLER, H.; LICHTER, A. Abscisic acid improves colour development in “Crimson Seedless” grapes in the vineyard and on detached berries. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 84, n. 6, p. 639-644, 2015.

NELSON, K. E. Pre-cooling – its significance to the market quality of table grape. **International Journal of Refrigeration**, v. 1, n. 4, p. 207-215, 1978.

NGCOBO, M. E. K.; DELELE, M. A.; PATHARE, P. B.; CHEN, L.; OPARA, U. L. MEYER, C. J. Moisture loss characteristics of fresh table grapes packed in different film liners during cold storage. **SciVerse ScienceDirect**, v. 113, p. 363-370, 2012.

OIV - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE. **Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021**. International Organization of Vine and Wine: Dijon, França, 2022.

OIV - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE. **World Statistics**. Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv>. Acesso em: 02 jul. 2023.

PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANDA, A. K.; LURIE, S. **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flowers**. 1. ed. Ames: Willey-Blackwell, 2008. 482 p.

PAREEK, S. **Postharvest Ripening Physiology of Crops**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. 620 p.

PEGARORO, C.; STORCH, T. T.; CRIZEL, G. R.; FERREIRA, W. A.; GIRARDI, C.L. Atmosfera controlada associada ao 1-metilciclopropeno na preservação da qualidade de kiwi “tewi”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. e2014078, 2016.

PINTO, J. A. V.; SCHORR, M. R. W.; THEWES, F. R.; CECONI, D. L.; BOTH, W.; BRACKMANN, A.; FRONZA, D. Relative humidity during cold storage on postharvest quality of “Niagara Rosada” table grapes. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 386-391, 2015.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, S. O.; ARAÚJO, J. L. P. Perdas pós-colheita em uva de mesa registradas em casas de embalagem e em mercado distribuidor. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 67-74, 2014.

RIBÉREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E. Traité d’ampélogie: Science et techniques de la vigne. **Dunod**, v. 1, p. 11-130, 1980.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology: The chemistry of wine. Stabilization and treatments**. vol. 2, 2nd ed. 451p. John Wiley & Sons, West Sussex. 2006.

RODRIGUÉZ, R. C.; AONOWSKY, C. P.; PIÑONES, M. B.; KUHL, E. K. Berry firmness categories in diferente cultivars (*Vitis vinifera* L.). Ver. **FCA UNCUYO**, v. 43, n. 1, p. 127-141, 2011.

ROSALES, R.; FERNANDEZ-CABALLERO, C.; ROMERO, I.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C.; SANCHEZ-BALLESTRA, M. T. Molecular analysis of the improvement in rachis quality by high CO<sub>2</sub> levels in table grapes stored at low temperature. **Postharvest Biology and Technology**, v. 77, p. 50-58, 2013.

SANTOS, L. H.; DA SILVA, J. C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SILVA, E. P.; AZEVEDO, T. A.; COSTA, J. D. S. Qualidade de uva “arra 15” armazenada em atmosfera modificada em bolsões de filme plástico. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 20, n. 2, 2019.

SAITO, S.; OBENLAND, D.; XIAO, C-L. Influence of sulfur dioxide-emitting polyethylene packaging on blueberry decay and quality during extended storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 160, p. 111045, 2020.

SIDIQUI, M. W. *Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices for Quality Maintenance*. CRC Press, 2015.

SILVA, R. S.; SILVA, S. M.; ROCHA, A.; DANTAS, R. L. Influence of 1-MCP on Berry Drop and Quality of “Isabel” Grape. *In: 7<sup>th</sup> Postharvest International Symposium*. Acta Horticulturae, v. 1012, p. 509-513, 2013.

SILVA-SANZANA, C.; BALIC, I.; SEPÚLVEDA, P.; OLMEDO, P.; LÉON, G.; DEFILIPPI, B. G.; BLANCO-HERRERA, F.; CAMPOS-VARGAS, R. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on rachis quality of table grape “Red Globe” variety. **Postharvest biology and Technology**, v. 119, p. 33-40, 2016.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at receptor level: Recent developments. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 577-582, 1997.

SNFL. **SNFL Homepage**. Disponível em: <https://snflgroup.com/wp-content/uploads/2021/11/2.Timpson-EN.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SOUZA, E. R. **Fenologia e mistura de reguladores vegetais e de fertilizante foliar no metabolismo da videira cv. Sweet Sunshine em clima semiárido**. 2014. 163 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Botucatu, 2014.

STATISTA. **Global volume of wasted food of 2017 by food category**. Global Waste Generation Dossier, Statista. 2019. Disponível em: <https://www.statista.com/study/58790/global-waste-generation/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

STOLLER. **Site Stoller**. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/produtos/fisiologicos/hold/>. Acesso em: 21 maio 2023.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 858 p.
- TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; CIA, P.; PAIOLI-PIRES, E. J.; MOURA, M. F.; SANCHES, J.; BENATO, E. A.; HERNANDES, J. L.; VALENTINI, S. R. T.; SIGRIST, J. M. M. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-colheita em uva “Niagara Rosada”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2009.
- TEIXEIRA, A.; EIRAS-DIAS, J.; CASTELLARIN, S. D.; GERÓS, H. Berry phenolics of grapevine under challenging environments. **International Journal of Molecular Science**, v. 14, n. 1, p. 18711-18739, 2013.
- TIWARI, K.; PALIYATH, G. Microarray analysis of ripening-regulated gene expression. And its modulation by 1-MCP and hexanal. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 329-340, 2011.
- TRINDADE, D. C. G.; L, M. A. C.; ASSIS, J. S. Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga “Palmer” em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 753-762, 2015.
- VERAVERBEKE, E. A.; VERBOVEN, P.; SCHEERLINCK, N.; HOANG, M. L.; NICOLAÏ, B. M. Determination of the diffusion coefficient of tissue, cuticle, cutin and wax of apple. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 285-294, 2003.
- WANG, L.; LUO, Z.; LI, J.; YANG, M.; YAN, J.; LU, H.; LI, D.; CHEN, C.; AGHDAM, M. S.; WU, B.; LI, L. Morphological and quality characterization of grape berry and rachis in response to postharvest 1-methylcyclopropene and elevated oxygen and carbon dioxide atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 153, p. 107-117, 2019.
- WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 389-409, 2006.
- WILLS, R. B. H.; GOLDING, J. B. **Advances in Postharvest Fruit and Vegetable Technology**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. 392 p.
- YAHIA, E. M.; **Postharvest Biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Duxford: Woodhead Publishing, 2011. v. 1. 490 p.
- YAHIA, E. M.; **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. 1. ed. Duxford: Woodhead Publishing, 2019. 490 p.
- ZAHEDIPOUR, P.; ASGHARI, M.; ABDOLLAHI, B.; ALIZADEH, M.; DANESH, Y. R. A comparative study on quality attributes and physiological responses of organic and conventionally grown table grapes during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 247, p. 86-95, 2019.

ZEPEDA, B.; OLMEDO, P.; EJSMENTEWICZ, T.; SEPÚLVEDA, P.; BALIC, I.; BALLADARES, C.; DELGADO-RIOSECO, J.; FUENTEALBA, C.; MORENO, A. A.; DEFILIPPI, B. G.; MENESES, C.; PEDRESCHI, R.; CAPOS-VARGAS, R. Cell wall and metabolite composition of berries of *Vitis vinifera* (L.) cv. Thompson Seedless with different firmness. **Food Chemistry**, n. 268, p. 492-497, 2018.

ZHANG, B-Y.; SAMAPUNDO, S.; POTHAKOS, V.; SÜRENGIL, G.; DEVLIEGHIERE, F. Effect of high oxygen and high carbon dioxide atmosphere packaging on the microbial spoilage and shelf-life of fresh-cut honeydew melon. **International Journal of Food Microbiology**, n. 166, p. 378-390, 2013.

ZHANG, Y.; LING, J.; ZHOU, H.; TIAN, M.; HUANG, W.; LUO, S.; HU, H.; LI, P. 1-Methylcyclopropene counteracts ethylene inhibition of anthocyanin accumulation in peach skin after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 183, 111737, 2022.

## CAPÍTULO 2

### APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE 1-MCP E CONSERVAÇÃO DE UVA DE MESA CULTIVAR TIMPSON™, SOB ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

#### RESUMO

A cultivar de uvas de mesa sem sementes Timpson™ foi lançada há poucos anos, mas está sendo cultivada em várias regiões do mundo, incluindo o Submédio do Vale do São Francisco. Para garantir sua permanência no mercado, é importante adotar técnicas que preservem a qualidade e permitam extensa vida útil. A aplicação pós-colheita de 1-metilciclo propeno (1-MCP) em uva de mesa tem mostrado alguns resultados sobre atributos de qualidade. Porém, devido às implicações negativas da secagem das uvas após imersão ou aspersão de tratamentos pós-colheita, aplicações antes da colheita podem ser mais viáveis. O objetivo deste trabalho foi determinar a dose de 1-MCP aplicada em pré-colheita que preserve a qualidade da uva de mesa cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado. As aplicações de 1-MCP foram feitas sete dias antes da colheita, em pomar comercial no município de Petrolina-PE. Os frutos foram colhidos maduros e armazenados sob refrigeração ( $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$  e  $83,0 \pm 3,5\%$  UR) para avaliação aos 0, 10, 20, 30 e 40 dias. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em fatorial 4 x 5 (dose de 1-MCP x tempo de armazenamento), com 3 repetições. Os atributos de qualidade avaliados foram: perda de massa, firmeza da baga, desgrane, escurecimento da ráquis, incidência de manchas, ocorrência de murcha, cor da casca ( $L^*$ ,  $C^*$ , H), teor de sólidos solúveis, acidez titulável e teor de polifenóis extraíveis totais (PET). Os efeitos do 1-MCP nas doses testadas apresentaram resultados adversos na perda de massa, luminosidade da casca e desgrane, embora a acidez titulável tenha regredido com a aplicação do produto. Estas respostas sugerem a realização de novos estudos, buscando avaliar novas doses que possam permitir resultados coerentes com a inibição do etileno.

**Palavras-chave:** *Vitis vinifera* L., cv. Timpson™, inibidor de etileno, pós-colheita, qualidade, viticultura tropical.

## ABSTRACT

The Timpson™ seedless table grape cultivar was launched a few years ago, but is being cultivated in several regions of the world, including the Submédio do Vale do São Francisco. To ensure its permanence on the market, it is important to adopt techniques that preserve quality and allow for an extended shelf life. The post-harvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on table grapes has shown some results on quality attributes. However, due to the negative implications of drying grapes after soaking or spraying post-harvest treatments, pre-harvest applications may be more viable. The objective of this work was to determine the dose of 1-MCP applied pre-harvest that preserves the quality of table grape cultivar Timpson™ during refrigerated storage. 1-MCP applications were made seven days before harvest, in a commercial orchard in the municipality of Petrolina-PE. The fruits were harvested when ripe and stored under refrigeration ( $0.0\pm 2.5^{\circ}\text{C}$  and  $83.0\pm 3.5\%$  RH) for evaluation at 0, 10, 20, 30 and 40 days. The experimental design was in randomized blocks, in a 4 x 5 factorial (dose of 1-MCP x storage time), with 3 replications. The quality attributes evaluated were: weight loss, berry firmness, berry abscission, rachis browning, incidence of spots, occurrence of wilting, skin color ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H$ ), soluble solids content, titratable acidity and total extractable polyphenol (PET) content. The effects of 1-MCP at the tested doses showed adverse results in mass loss, peel luminosity and berry abscission, although titratable acidity regressed with the application of the product. These responses suggest the carrying out of new studies, seeking to evaluate new doses that may allow results consistent with ethylene inhibition.

**Key-words:** *Vitis vinifera* L., cv. Timpson™, ethylene inhibitor, postharvest, quality, tropical viticulture.

## 1 INTRODUÇÃO

A uva de mesa é uma das frutas mais consumidas no mundo. Apesar de sua riqueza nutricional, está sujeita a perdas pós-colheita por problemas de qualidade, que são possivelmente decorrentes de sua textura macia e polpa suculenta, que restringem seu armazenamento e comercialização (WU *et al.*, 2015). A uva é classificada como não climatérica uma vez que se caracteriza por apresentar mudanças na taxa de produção de etileno apenas no final da maturação (CHERVIN *et al.*, 2004). Entretanto, alguns aspectos do amadurecimento de frutas não climatéricas podem estar associados a respostas ao etileno (GIOVANNONI, 2001). Portanto, o controle da síntese de etileno é uma estratégia importante tanto para frutos climatéricos como não climatéricos.

Diversas tecnologias têm sido estudadas com a finalidade de manter a qualidade da uva de mesa e prolongar sua vida útil, como armazenamento refrigerado, coberturas biodegradáveis, atmosfera controlada e modificada, tratamento térmico, controle biológico, reguladores vegetais e inibidores de etileno (WU *et al.*, 2015). 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um potente inibidor da ação do etileno bastante difundido no meio científico e utilizado comercialmente em algumas cadeias produtivas. Vários atributos de qualidade são influenciados positivamente pela aplicação dessa molécula, como preservação da firmeza em pêsego (ZHANG *et al.*, 2022), pera (CHEN *et al.*, 2017) e kiwi (PEGARORO *et al.*, 2016). Em caqui, Vieira *et al.* (2016) observaram uma redução na manifestação do distúrbio fisiológico conhecido como mancha translúcida, após 70 dias de armazenamento. Em uva de mesa 'Thompson Seedless', Li *et al.* (2015) observaram redução no escurecimento da ráquis com aplicação pós-colheita de 1-MCP.

Reconhecendo-se as diferenças entre as cultivares de uvas de mesa, estudos para melhoria da conservação pós-colheita devem considerar as particularidades fisiológicas e ou morfológicas entre elas. Para a cultivar Timpson™, lançada recentemente, não há estudos sobre as mudanças na qualidade e sobre melhorias na conservação pós-colheita. Em se tratando de uma cultivar bastante apreciada no mercado europeu e com relevante área cultivada no Submédio do Vale do São Francisco, disponibilizar informações direcionadas para as condições regionais contribui sobremaneira para a adoção de práticas de manejo de produção e de pós-

colheita mais eficientes e rentáveis. Também, estudos com novas cultivares fornecem subsídios para novas pesquisas e contribuições para superar os principais problemas tecnológicos.

O objetivo deste trabalho foi determinar a dose de 1-MCP aplicada em pré-colheita que preserve a qualidade da uva de mesa cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado em pomar comercial, localizado no Projeto Maria Tereza, no município de Petrolina, estado de Pernambuco, com altitude de 374 m, sob coordenadas geográficas 9°09'10.94"S e 40°34'07.35" (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é do tipo BSw<sup>h</sup>, denominado tropical semiárido, quente e seco, com estação chuvosa concentrada entre os meses de janeiro e abril (REDDY, 1983).

**Figura 1.** Propriedade onde foi montado o experimento.



Fonte: Adaptado de Google Earth página <https://www.google.com.br/maps/place/@-9.1511906,-40.5707631,1548m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>.

Para implantação do experimento, foi selecionada uma área de 0,5 hectare plantada com a cultivar Timpson™ em setembro de 2019, sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, com espaçamento de 3,5 m entre linhas por 2,5 m entre plantas e sistema de condução em latada. A plantas foram irrigadas por gotejamento, com emissores espaçados em 50 cm, com vazão entre 0,0 (irrigação interrompida) e 2,0 L.h<sup>-1</sup>, a depender do estágio de desenvolvimento da planta e do regime pluviométrico.

A adubação foi realizada conforme interpretação e recomendação da análise de solo (Tabela 1), com aplicação, em fundação, de 40 L.planta<sup>-1</sup> de composto

orgânico, 60 g.planta<sup>-1</sup> de produto a base de substâncias húmicas, 500 g.planta<sup>-1</sup> de alga marinha *Lithothamnium*, 80 g.planta<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 1 kg.planta<sup>-1</sup> de condicionador de solo. Na fertirrigação, foram introduzidos: 85 g.planta<sup>-1</sup> de produto a base de aminoácidos, das quais 40 g.planta<sup>-1</sup> foram aplicadas aos 3 dias antes da poda (DAP) e 45 g.planta<sup>-1</sup> foram divididas em 3 aplicações, aos 7, 14 e 21 DAP; 320 g.planta<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio em 8 aplicações semanais e sucessivas de 40 g.planta<sup>-1</sup>, a partir de 7 DAP; 240 g.planta<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio com aplicações de quantidades iguais e intercaladas em intervalos de 7 dias, a partir do sétimo DAP; 21 g.planta<sup>-1</sup> de produto contendo zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), Manganês (Mn) e molibdênio (Mo), em 6 aplicações regulares, entre o vigésimo primeiro e o quinquagésimo sexto DAP; 550 g.planta<sup>-1</sup> de sulfato de potássio, em aplicações semanais, a partir de 21 DAP, 25 g.planta<sup>-1</sup> nas quatro primeiras semanas, 50 g.planta<sup>-1</sup> nas duas semanas seguintes, 100 g.planta<sup>-1</sup> na semana subsequente e 50 g.planta<sup>-1</sup> nas demais e 10 g.planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas em 5 aplicações espaçadas em 7 dias, a partir do terceiro dia antes da poda.

**Tabela 1.** Composição química do solo, da área onde foi instalado o experimento.

Prof. (cm)	C.E. (dS.m <sup>-1</sup> )	pH (água)	M.O. (g.Kg <sup>-1</sup> )	P-Resina (mg.dm <sup>-3</sup> )	Análise de solo							V (%)
					K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	S	
0-30	0,55	6,57	10,8	100,2	0,27	0,03	3,13	3,68	0	0,69	7,12	91,13

Prof. = profundidade do solo; C.E. = condutividade elétrica; pH = potencial hidrogeniônico; M.O. = matéria orgânica; P-Resina = fósforo extrator resina; K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; S = soma de bases; V = saturação de bases.

Fonte: O autor (2023).

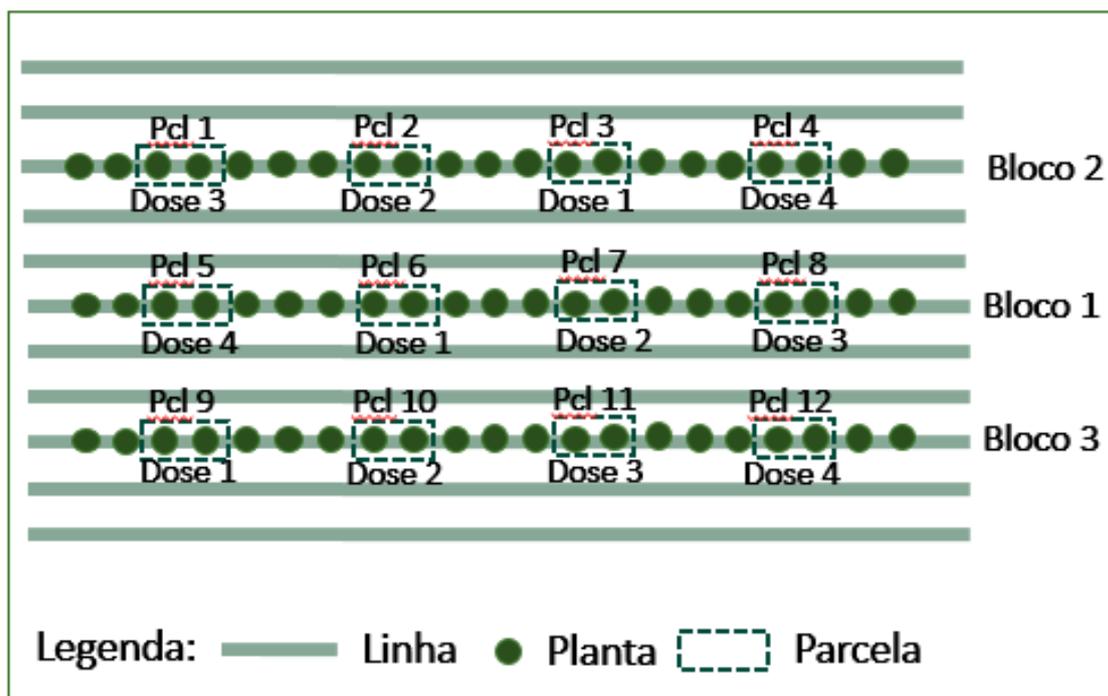
## 2.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em fatorial 4 x 5, representando dose de 1-MCP e tempo de armazenamento, com três repetições. As doses de 1-MCP aplicadas foram: sem aplicação (controle), 200 mg.L<sup>-1</sup>, 400 mg.L<sup>-1</sup> e 600 mg.L<sup>-1</sup>. Foram constituídas parcelas de duas plantas úteis, com sorteio dos blocos dentro da linha e dos tratamentos em cada bloco. Destas plantas úteis foram colhidos os cachos para armazenamento refrigerado.

Com o propósito de mitigar o efeito de interferência da proximidade de plantas de parcelas diferentes, foram estabelecidas bordaduras entre elas. Cada unidade experimental foi constituída por 3 plantas na mesma linha e 2 linhas entre os blocos,

conforme croqui (Figura 2).

**Figura 2.** Croqui da área experimental



Fonte: O autor (2023).

As aplicações das doses de 1-MCP ocorreram no dia 30/09/2022, no final da tarde, a fim de reduzir a deriva do produto, considerando que nesse período do dia a velocidade do vento é menor. Para aplicação, utilizou-se o pulverizador costal Jacto elétrico, modelo pjb-20, com capacidade para 20 L, bomba tipo diafragma, pressão máxima de trabalho 70 psi e vazão em aberto de 2,1 L.min<sup>-1</sup>, com bico cone regulável azul.

A formulação de 1-MCP usada foi uma suspensão concentrada com concentração de 17,15 g.L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo. O produto foi diluído em solução com água destilada nas seguintes proporções: 11,7 mL do produto mais 988,3 mL de água, 23,3 mL do produto mais 976,7 mL de água e 35,0 mL do produto mais 965,0 mL de água, para as doses de 100 mg.planta<sup>-1</sup>, 200 mg.planta<sup>-1</sup> e 300 mg.planta<sup>-1</sup>, respectivamente, com aplicação de 0,5 L.planta<sup>-1</sup>.

A colheita foi realizada no dia 07/10/2022 nas primeiras horas da manhã (Figura 3). Os cachos colhidos foram acondicionados em contentores separados por parcela, previamente higienizados e forrados com papel seda. Os contentores foram transportados até a Embrapa Semiárido, em trajeto que teve a duração aproximada

de uma hora, para estudo e avaliação no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita.

**Figura 3.** Colheita na área experimental, realizada em 07/10/2022.



Fonte: O autor (2023).

Na chegada ao laboratório, os cachos colhidos foram limpos, retirando-se bagas com defeitos comerciais, pesados e foram transferidos para cumbucas identificadas com as informações respectivas de dose de 1-MCP, tempo de armazenamento e repetição. As cumbucas de cada tratamento foram envolvidas em filme plástico microperfurado contendo cartelas de metabissulfito de sódio -  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ , gerador dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) - e acondicionadas em caixas de poliestireno expandido (EPS). Os cachos embalados foram armazenados sob refrigeração para avaliação aos 0 (data da colheita), 10, 20, 30 e 40 dias após a colheita, constituindo-se em experimento com 60 parcelas, cada uma com duas cumbucas de 500 g. As caixas para as avaliações a partir da colheita foram mantidas em câmara fria instalada na Embrapa Semiárido, a uma temperatura de  $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$  e  $83,0 \pm 3,5\%$  de umidade relativa do ar.

## 2.3 AVALIAÇÕES

A determinação da perda de massa foi feita em balança semianalítica (Acculab®). Foram pesadas inicialmente e simultaneamente as duas cumbucas referentes a cada uma das 60 parcelas e deduzida a massa das embalagens. Posteriormente, em cada um dos tempos seguintes de avaliação, as cumbucas foram pesadas, para obtenção do peso final. A perda de massa (PM) foi então calculada como razão da diferença entre o peso inicial e final sobre o peso inicial, descrito em percentual.

Para obtenção da firmeza, foram selecionadas 20 bagas representativas da amostra, submetidas a leitura no analisador de textura modelo TA XT Plus, fabricado pela Stable Micro Systems. O valor médio das leituras efetuadas pelo equipamento foram expressas em N. O desgrane, expresso em percentual, foi determinado a partir da fração da massa da(s) baga(s), sobre a massa do cacho, deduzida a massa do engajo, cujas pesagens foram efetuadas em balança semianalítica (Acculab®).

O escurecimento da ráquis foi determinado de forma subjetiva, através da atribuição de uma nota, variando de 0 a 4, conforme a seguinte escala: 0, mais de 40% do engajo seco; 1, 10% a 40% do engajo desidratado, atingindo o pedicelo das bagas; 2, até 10% do engajo desidratado, atingindo o pedicelo das bagas; 3, início da desidratação do engajo, atingindo apenas o pedicelo das bagas e/ou a região superior da ráquis; e 4, engajo verde, totalmente túrgido (LIMA *et al.*, 2004).

As manchas provocadas por injúrias mecânicas foram determinadas por avaliação subjetiva, segundo a escala proposta por Lima *et al.* (2004): 0, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 40% das bagas; 1, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 20% e menos de 40% das bagas; 2, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 5% e menos de 20% das bagas; 3, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em até 5% das bagas; e 4, ausência de manchas causadas por abrasão e/ou pressão.

A murcha foi avaliada de maneira subjetiva, conforme escala: 0, cacho com mais de 25% das bagas apresentando murcha; 1, ocorrência de murcha em mais de 10% e menos de 25% das bagas; 2, ocorrência de murcha em mais de 5% e menos de 10% das bagas; 3, ocorrência de murcha em até 5% das bagas; e 4, bagas totalmente túrgidas, sem sinais de murcha (LIMA *et al.*, 2004).

A cor da casca foi determinada por meio de calorímetro digital fabricado pela Konica Minolta Inc.® (Kyoto, Japão), modelo CR-400, através de leitura na região equatorial de 20 bagas representativas das amostras, extraídas uniformemente das regiões superiores, medianas e inferiores dos cachos. No trabalho, a cor foi avaliada em relação aos atributos de luminosidade – L, cujos valores se situam entre 0 e 100 representativos das cores de preta a branca respectivamente; croma – C, representando a intensidade ou pureza; e ângulo de cor – H, correspondente a cor propriamente dita, com valores entre 0 e 360°.

O teor de sólidos solúveis - SS foi obtido por leitura direta em refratômetro digital de bancada, Marca ATAGO – modelo PAL-1, com compensação automática de temperatura e resultado expresso em °Brix. A acidez titulável – AT foi determinada em titulador automático, da marca Metro hm, modelo 848 Citrino Plus, a partir da diluição de 5 mL de suco da amostra previamente macerada, em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N, até a neutralização. Os resultados foram expressos em g de ácido tartárico.100 mL<sup>-1</sup> (AOAC, 2010).

Para determinação do teor de polifenóis extraíveis totais (PET), foi utilizada a metodologia desenvolvida por Larrauri *et al.* (1997), por meio do reagente Folin-Ciocalteu, utilizando a ácido gálico como padrão. O extrato contendo os compostos fenólicos foram obtidos dos sobrenadantes de duas centrifugações de 1,5 g da casca e 8,5 g da polpa dos frutos, inicialmente com 20 mL de metanol a 50% e posteriormente com 20 mL de acetona a 70%. A leitura dos polifenóis extraíveis totais foi realizada em espectrômetro Varian® Carry 50 Bio UV-Vis, no comprimento de onda 700 nm.

## 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

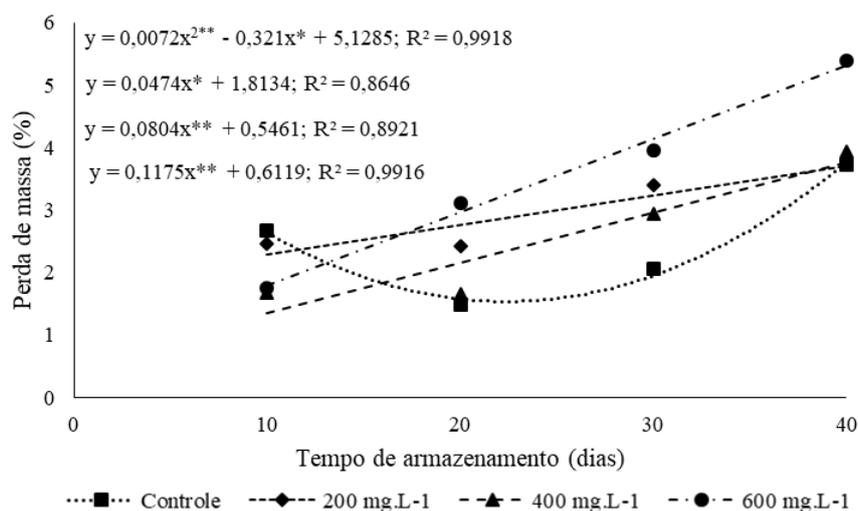
Todas as variáveis avaliadas foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e apresentaram distribuição normal, exceto os parâmetros relativos à aparência do engajo, manchas e murcha nas bagas, que se valeram da estatística descritiva para suas respectivas análises. As variáveis cujos dados apresentaram distribuição normal foram sujeitas a análise de variância (ANAVA), considerando os fatores tempo de armazenamento e dose de 1-MCP isoladamente e a interação entre eles. Apresentando diferença mínima significativa (DMS) na ANAVA, as médias relacionadas aos efeitos significativos do tempo, da dose e da interação tempo x dose

foram submetidas à regressão polinomial. As análises e testes descritos foram realizados através do programa SISVAR versão 5.6.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores em estudo influenciou a perda de massa dos cachos (Figura 4). Ao final do período de armazenamento, a dose de 600 mg.L<sup>-1</sup> apresentou perda de massa de 5,4%, 46% superior as doses controle e de 200 mg.L<sup>-1</sup>, e 38% maior que a dose de 400 mg.L<sup>-1</sup>, evidenciando um efeito negativo progressivo causado pela elevação das doses de 1-MCP. Porém, nos cachos que receberam as doses de 200 e 400 mg.L<sup>-1</sup>, as taxas de incremento na perda de massa foram menores quando comparadas à maior dose. Nessas doses intermediárias, os valores de perda de massa, aos 40 dias de armazenamento, equivaleram-se ao do controle.

**Figura 4.** Perda de massa dos cachos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).



Fonte: O autor (2023).

A perda de massa resulta em efeitos deletérios em outros atributos de qualidade, como a firmeza e o escurecimento da ráquis. Também causam prejuízos diretos na comercialização já que a massa do cacho determina seu valor no mercado. Dessa forma, a rápida comercialização da fruta, reduzindo o tempo de armazenamento, minimiza o impacto da perda de massa e os prejuízos causados por ela (LICHTER *et al.*, 2011)

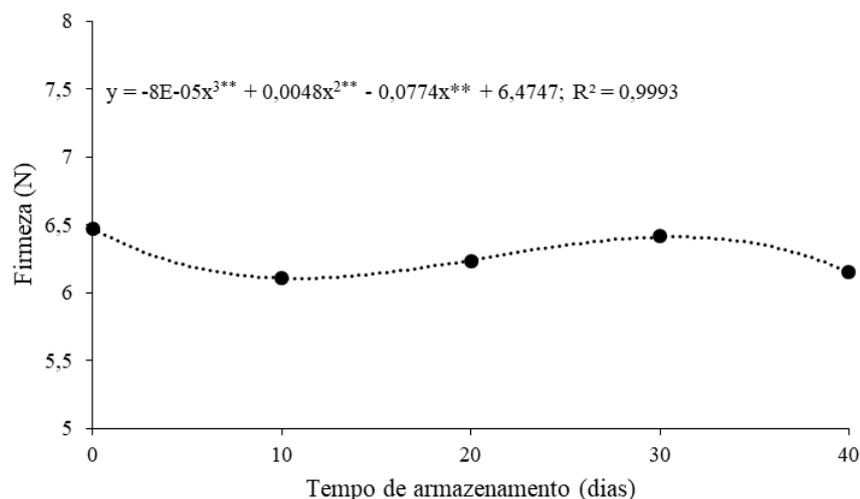
Em estudo com a cultivar Kyoho, Wu *et al.* (2015) observaram, perdas de

massa de 1,1%, aos 15 dias, e 4,1%, aos 45 dias de armazenamento refrigerado. Artés-Hernández *et al.* (2004) relataram na cultivar Autumn Seedless a ocorrência de perda de massa de 7,03% após 60 dias de armazenamento das uvas embaladas em recipientes selados termicamente com filme macroperfurado. Considerando que foi observada ocorrência de podridão, é provável que a embalagem e a ausência de tratamento com agentes fungistáticos tenham sido a causa dessa perda acentuada. Li *et al.* (2015) observaram resultados inconsistentes na perda de massa, que foi maior no tratamento pós-colheita com 1-MCP na cultivar Thompson Seedless, enquanto na cultivar Mystery foi menor. As respostas são diversas tanto entre diferentes condições experimentais quanto entre os tratamentos com 1-MCP, bem como quando comparados ao controle. Essa variação indica possível interferência de outros fatores na perda de massa, tais como cultivar, condições de embalagem e armazenamento. Entretanto, não há na literatura estudos que expliquem essas divergências, sendo necessária novas pesquisas que possam elucidá-las.

No Submédio do Vale do São Francisco, muitos produtores de uva não dispõem de uma cadeia de frio adequada. Em muitas ocasiões, as uvas colhidas são embaladas nas propriedades e transportadas, por distâncias de até 40 Km, para as câmaras frias, em veículos desprovidos de aparelhos de resfriamento. A agilidade na embalagem e transporte torna-se essencial para reduzir a perda de massa, influenciadas por temperaturas acima do recomendado nesse trajeto e pelo tempo entre a colheita e a chegada a câmara fria.

A firmeza da baga não foi influenciada pelo 1-MCP (Figura 5). Porém, ao longo do período de refrigeração, observou-se tendência de amaciamento, sendo a resposta mais bem ajustada ao modelo de regressão cúbica. Aos 40 dias após o início do armazenamento, a firmeza média foi de 6,15 N, semelhante ao registrado aos 10 dias, sugerindo a possível influência de outras variáveis independentes não consideradas neste estudo. É importante também considerar que no cacho de uva, as bagas não são uniformes em relação às suas características físicas e químicas, sendo normal a observação de variações. Neste caso, a perda de firmeza ao final do armazenamento foi de apenas 4,9% do valor observado na colheita.

**Figura 5.** Firmeza da baga da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pós-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$ ,  $83,0 \pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

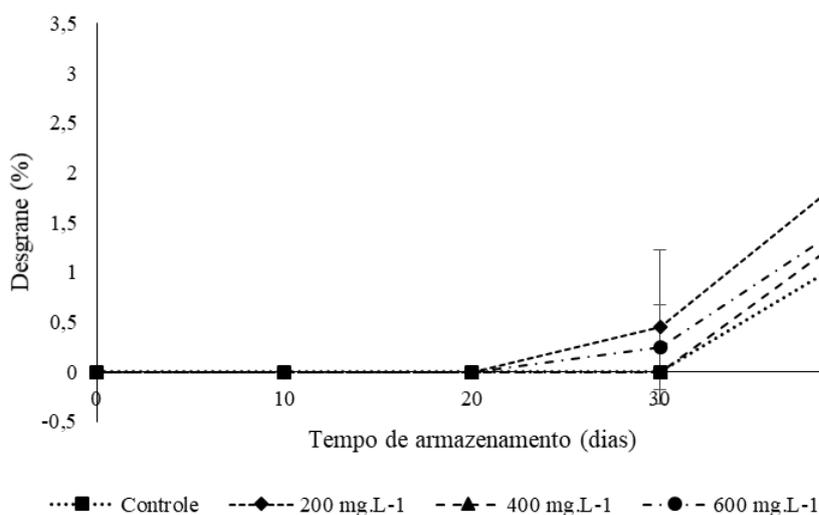
As causas primárias propostas para a mudança na textura, que resulta na redução na firmeza durante o amadurecimento, são mudanças nas pectinas, hemiceluloses e outros polissacarídeos da parede celular primária, bem como a alterações na interação entre esses polímeros, comprometendo a vida útil do fruto. Em estudo realizado em pomar comercial no Chile, com a cultivar NN107, colhida na safra 2015-2016, foram relatados valores de firmeza de 7,8 e 5,8 N, logo após a colheita, e 7,6 e 4,0 N, após 30 dias de armazenamento, para fenótipos mais e menos firmes respectivamente (BALIC *et al.*, 2022). Ejsmentewicz *et al.* (2015) relataram diferenças expressivas de firmeza entre cultivares. Rodríguez *et al.* (2011), estudando cinco cultivares de uva de mesa, a maior parte presente em cultivos comerciais no Submédio do Vale do São Francisco, informaram os seguintes resultados de firmeza, imediatamente depois da colheita: 3,0 N, em Flame Seedless; 2,5 N, em Superior Seedless; 2,4 N, em Thompson Seedless e Red Globe; e 1,8 N, em Crimson Seedless. Esses valores são inferiores aos identificados neste estudo.

Foi constatado uma relação indireta entre a firmeza da baga e o teor de sólidos solúveis, conforme relatado por Balic *et al.* (2014). Nas duas cultivares estudadas, Thompson Seedless e NN107, durante quatro períodos distintos, sendo início da maturação, dois tempos intermediários e colheita, os autores destacaram redução na firmeza na medida em que o teor de sólidos solúveis aumentava, exceto para NN107,

exclusivamente entre o segundo momento intermediário e a colheita, quando houve aumento no teor de sólidos solúveis e na firmeza. Nestes dois últimos pontos de avaliação, a cultivar NN107 teve desempenho relativo superior para a firmeza.

Os dados da variável desgrane não apresentaram distribuição normal, conforme teste de Shapiro Wilk. O desgrane começou a ocorrer a partir dos 30 dias de armazenamento (Figura 6). Ao final do período de armazenamento, os cachos que receberam 1-MCP a  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentaram a maior percentagem média de desgrane, 1,97, enquanto que nos demais foram observados valores de 1,13 a 1,49%. Ferreira *et al.* (2017), avaliando o desgrane na cultivar Sweet Globe, observaram ao final do armazenamento refrigerado durante 42 dias, desgrane de 1,35%.

**Figura 6.** Desgrane de bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$ ,  $83,0 \pm 3,5\%$  UR).



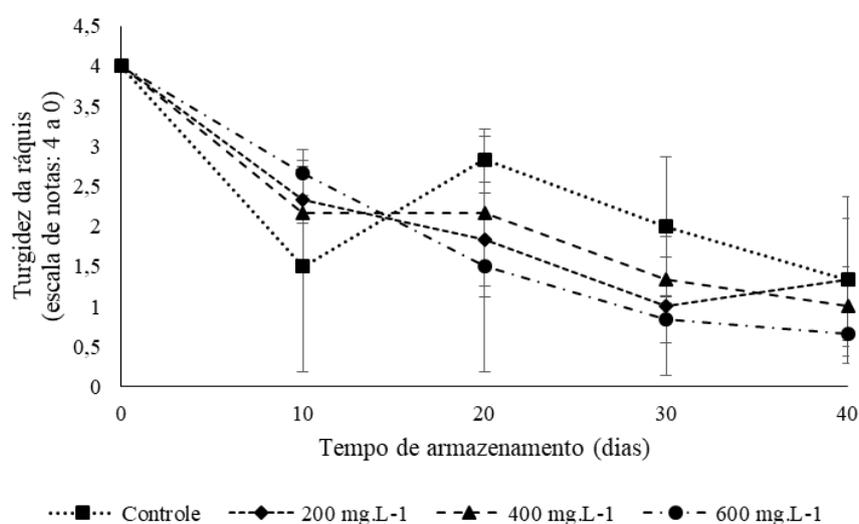
Fonte: O autor (2023).

Em estudo com a cultivar Crimson Seedless em armazenamento refrigerado, Neves *et al.* (2008) não relataram a ocorrência de desgrane até o 49º dia de armazenamento. A partir do 56º dia, foram observados valores de 1,4%, no tratamento em que foram utilizados sacola de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de  $20 \mu\text{m}$ , caixa de papelão de 4 Kg e 3 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ . Estudando cultivo orgânico de uva de mesa cv. Niagara Rosada, Detoni *et al.* (2005) observaram a inexistência de desgrane até o 14º dia em armazenamento refrigerado a  $1^\circ\text{C}$ , iniciando-se na terceira semana e evoluindo para uma taxa máxima de 65% aos 35

dias de armazenamento. Diversos fatores, a exemplo de suscetibilidade da cultivar, teor de água dos frutos e maturidade no momento da colheita, aplicação de reguladores vegetais durante fases fenológicas específicas da videira, manejo nutricional, especialmente com cálcio, manuseio pós-colheita da uva e condições de armazenamento influenciam a ocorrência e intensidade do desgrane (HESPANHOL-VIANA *et al.*, 2007).

Os dados de turgidez da ráquis, a ocorrência de manchas e a murcha das bagas não apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro Wilk. Entre as variáveis associadas à aparência, observou-se avanço da perda de turgidez do engaço em todos os tratamentos (Figura 7). A alta variação entre os dados de cada tratamento dificultou uma diferenciação dos efeitos. A redução de turgidez do engaço dose 600 mg.L<sup>-1</sup> resultou na pior nota para os cachos. De maneira oposta, em estudo conduzido com as cultivares Kyoho e Yongyou, foi observada uma melhora significativa na aparência da ráquis nos cachos tratados com aplicação pós-colheita de 1 µL.L<sup>-1</sup> de 1-MCP comparado ao controle (WANG *et al.*, 2019). Bahar *et al.* (2017) observaram escurecimento em 49% da superfície da ráquis da cultivar Mystery e em 96% da superfície da cultivar Superior, ao final do armazenamento refrigerado de 21 dias mais dois dias sob temperatura ambiente.

**Figura 7.** Turgidez da ráquis da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).



Fonte: O autor (2023).

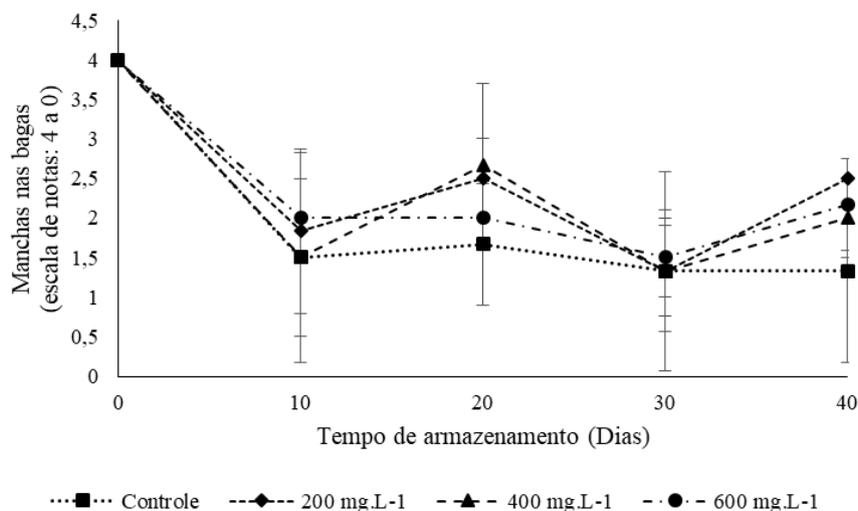
Crisosto *et al.* (2001) relataram maior escurecimento da ráquis aos 30 e aos

60 dias de armazenamento, nos cachos do tratamento controle colhidos com teor de SS de 14°Brix, quando comparados àqueles colhidos com 17°Brix, apontando para uma relação inversa entre o teor de sólidos solúveis e o escurecimento da ráquis, embora os mecanismos que expliquem essa relação ainda sejam desconhecidos. Em estudo conduzido na Universidad Adres Bello, em Santiago, Chile, foi avaliado o percentual de cor verde da ráquis da cultivar Red Globe na colheita e após 90 dias de armazenamento refrigerado, utilizando método objetivo e quantitativo. A determinação foi realizada a partir do escaneamento da ráquis e posterior leitura das cores da foto obtida. Foi observado que a ráquis apresentava 90% de cor verde na colheita enquanto aos 90 dias de armazenamento este percentual diminuiu para menos de 5% (SILVA-SANZANA *et al.*, 2016).

Rosales *et al.* (2013) estabeleceram uma correlação entre o conteúdo de água na ráquis e seu escurecimento. Para determinação do escurecimento da ráquis, foi utilizado o mesmo método adotado neste estudo, porém com escala em ordem inversa, com a nota menor associada ao menor grau de escurecimento, representando a ráquis completamente verde e túrgida. Avaliando o escurecimento da ráquis de três cultivares, entre elas a Thompson Seedless, em armazenamento refrigerado por 21 dias, Li *et al.* (2015) observaram que os cachos de uva tratados com 1-MCP em pós-colheita apresentaram menor escurecimento da ráquis ao final de 21 dias de armazenamento, diferindo estatisticamente daqueles do controle. O mesmo ocorreu com a cultivar Mystery, aos 28 dias de armazenamento, porém sem diferença mínima significativa entre os tratamentos.

A resposta para a ocorrência de manchas nas bagas foi semelhante entre os tratamentos em cada um dos períodos de armazenamento avaliados, com uma queda abrupta da nota para valores médios de 1,5 a 2,0, nos primeiros 10 dias de armazenamento, indicando a ocorrência de manchas em 5 a 20% das bagas (Figura 8). Aos 40 dias de armazenamento, o desempenho relativo à ocorrência de manchas, nos frutos tratados com 1-MCP sugere menor proporção das bagas afetadas com o tratamento 600 mg.L<sup>-1</sup> em relação ao controle. Ressalta-se que a variação de notas nas amostras dificultou a distinção de respostas.

**Figura 8.** Ocorrência de manchas nas bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).

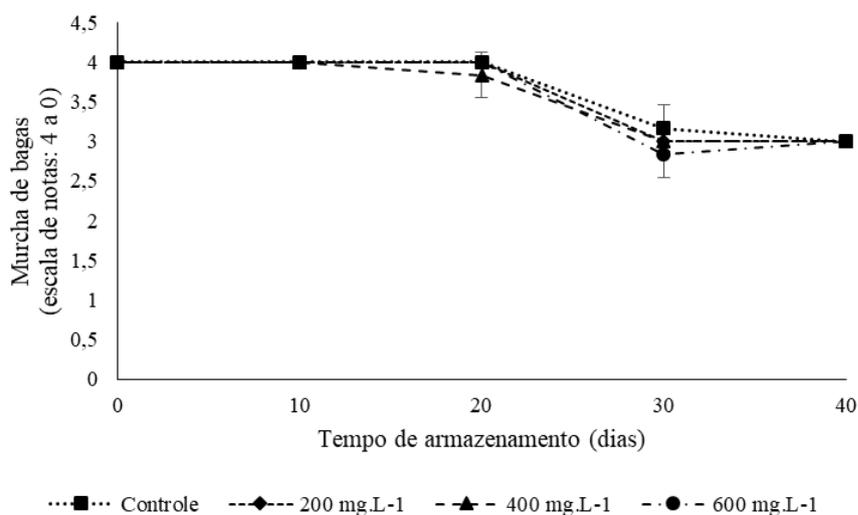


Fonte: O autor (2023).

Lima *et al.* (2002), avaliando a cultivar Itália em armazenamento refrigerado, observaram tendência semelhante, utilizando a mesma escala de notas aplicada neste trabalho. Os autores observaram um aumento contínuo dos sintomas das injúrias ao longo do armazenamento, que, aos 42 dias, intensificaram-se, atingindo nota 3,0.

A resposta da aplicação das doses de 1-MCP no que diz respeito à murcha, inclusive no controle, foi bastante semelhante em cada período de armazenamento (Figura 9). Somente aos 30 dias de armazenamento, os sintomas se revelaram e permaneceram até o final do período, com nota 3,0, equivalente a menos de 5% das bagas apresentando murcha. Esse percentual não traz problemas à aceitação da uva e sua ocorrência está associada à extensão do período de armazenamento.

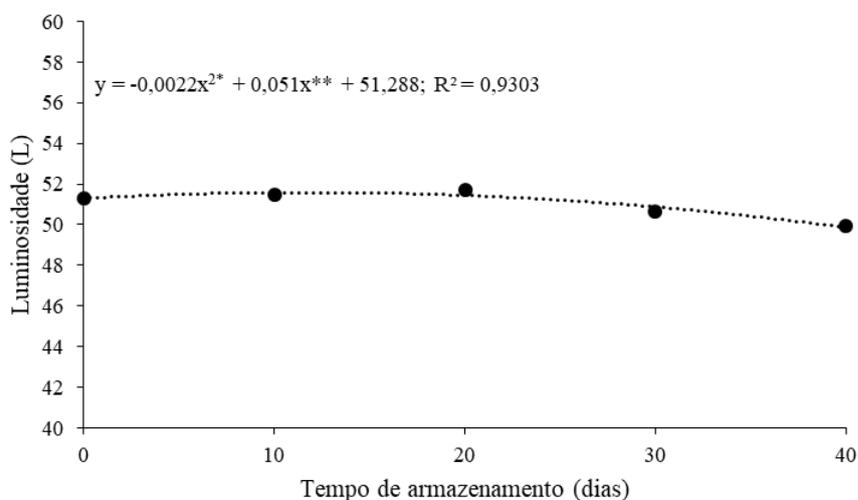
**Figura 9.** Ocorrência de murcha nas bagas da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

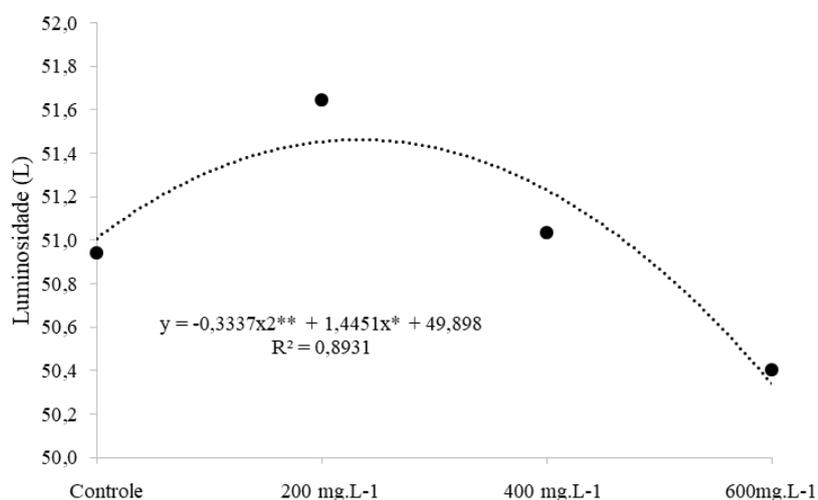
No decorrer do período de armazenamento, a luminosidade da casca das bagas apresentou pequenas variações até o 20º. dia de armazenamento, registrando valores de 51,3 a 51,7 (Figura 10). Aos 30 e 40 dias, ocorreu perda de luminosidade para valores de 50,6 e 49,9, respectivamente, porém são insuficientes para trazer alguma limitação à qualidade das uvas. Avaliando o efeito das doses, houve um desempenho superior da dose 200 mg.L<sup>-1</sup> de 1-MCP, cujo valor médio foi de 51,6 enquanto a dose 200 mg.L<sup>-1</sup> resultou em menor luminosidade relativa (Figura 11).

**Figura 10.** Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

**Figura 11.** Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ submetidos à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP).



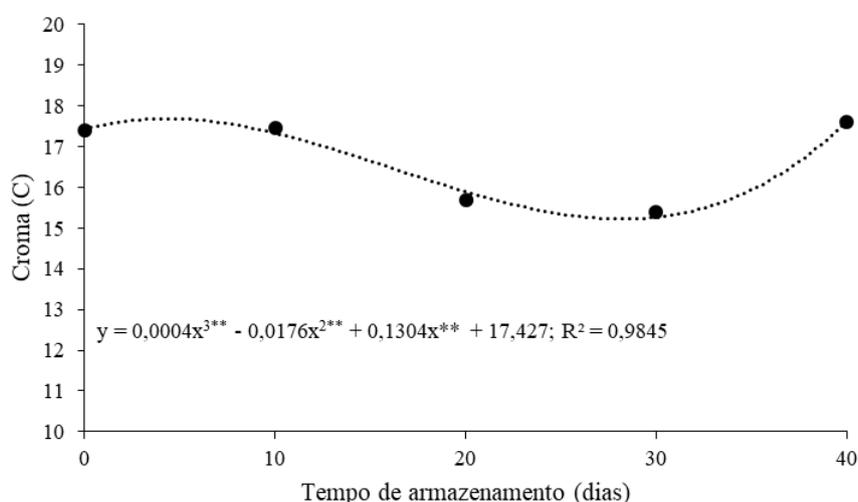
Fonte: O autor (2023).

Zahedipour *et al.* (2019), estudando a luminosidade (L) da casca de uvas da cultivar Thompson Seedless, nas condições de cultivo do Iran, a partir de cultivos orgânico e convencional, durante o período de armazenamento refrigerado, relataram valores menores que os observados neste trabalho, utilizando o mesmo equipamento e metodologia de leitura, com os seguintes resultados para o cultivo convencional:

43,62 na colheita, 41,55 aos 30 dias e 43,56 aos 60 dias de armazenamento. Em trabalho conduzido em Israel, Lurie *et al.* (2015), analisando a cor da cultivar Crimson Seedless, relataram valores de L entre 30,0 e 32,0, não apresentando diferença significativa em função de tratamentos com aplicação de ácido abscísico. Deve-se destacar que, neste caso, trata-se de uva de coloração vermelha.

Durante o armazenamento refrigerado, o Cromo (C) da casca mostrou valores entre 15,39 e 17,59, sem qualquer influência das doses de 1-MCP testadas (Figura 12). Em estudo realizado por Zahedipour *et al.* (2019), foram mencionados valores de 13,64, 11,44 e 12,09, na colheita e aos 30 e 60 dias após o início do armazenamento, respectivamente. Portanto, um pouco menores que os encontrados neste trabalho.

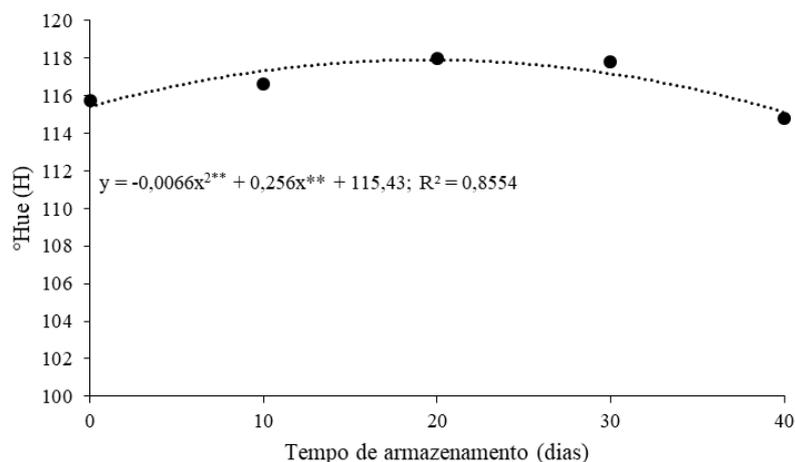
**Figura 12.** Cromo (C) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

As variações no ângulo Hue da casca da uva durante o tempo de armazenamento foram explicadas por regressão polinomial quadrática, com leituras de 115,76, na colheita; 116,66, ao 10º dia de armazenamento; 117,96, ao 20º dia; 117,79, ao 30º dia e 114,81, ao 40º dia (Figura 13). Estas variações são inexpressivas não sendo facilmente percebidas sensorialmente pelo consumidor. Em trabalho desenvolvido com a cultivar Superior Seedless, foram observados valores para H de 114, na colheita e após 7 dias sob refrigeração e de 115 após 7 dias sob refrigeração mais 2 dias em temperatura ambiente (ARTÉS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2006).

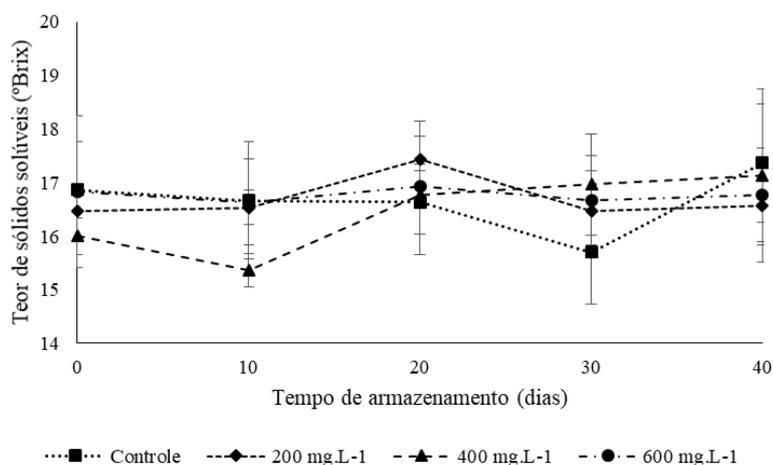
**Figura 13.** Ângulo de cor ou  $^{\circ}\text{Hue}$  (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

Analisando o teor de sólidos solúveis, as uvas do tratamento controle foram as que apresentaram maior amplitude em suas médias, com leituras entre  $15,7$  e  $17,4^{\circ}\text{Brix}$ , aos 30 e 40 dias de armazenamento refrigerado, respectivamente, sendo a primeira a que foi a menor (Figura 14). O maior teor de sólidos solúveis foi observado nas uvas que receberam a dose  $200\text{ mg.L}^{-1}$ , após 20 dias de armazenamento refrigerado.

**Figura 14.** Teor de sólidos solúveis (SS) dos frutos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropano (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).

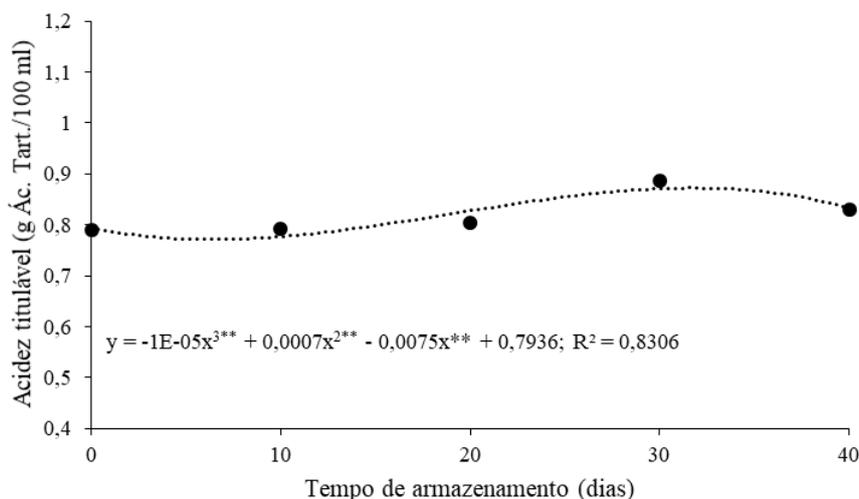


Fonte: O autor (2023).

Estudando a cultivar Thompson Seedless em armazenamento refrigerado, Ejsmentewicz *et al.* (2015) citaram teor de SS de 19,2ºBrix na colheita, 20,3ºBrix, aos 30 dias, e 20,1ºBrix, aos 60 dias de armazenamento. Neste mesmo trabalho, foram observados os seguintes valores para a cultivar NN107: colheita, 18,2ºBrix; 30 dias, 18,1ºBrix e 60 dias, 18,7ºBrix. Neste mesmo trabalho, foi estabelecido uma associação entre a redução do diâmetro da baga e o aumento do teor de sólidos solúveis, indicando a perda de água do fruto como fator responsável. De forma equivalente, a baixa taxa de transpiração no armazenamento refrigerado, decorrente das condições de alta umidade relativa no ambiente, reduz consideravelmente a perda de água e, por conseguinte, possíveis variações nos teores de sólidos solúveis.

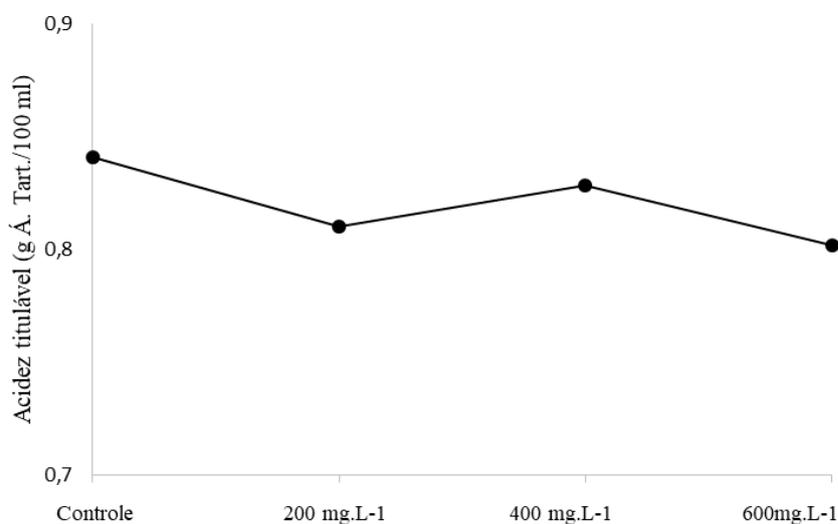
A acidez titulável foi mais bem explicada pela regressão cúbica, para o tempo isoladamente (Figura 15), com leituras variando entre 0,79 e 0,87 g ácido tartárico.100 mL<sup>-1</sup>. Por sua vez, a avaliação dos efeitos de doses de 1-MCP foi realizada a partir de análise estatística por meio da média e desvio padrão, tendo a dose 600 mg.L<sup>-1</sup> resultado em bagas com menor acidez (Figura 16).

**Figura 15.** Acidez titulável dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).



Fonte: O autor (2023).

**Figura 16.** Acidez titulável dos frutos da cultivar Timpson™ submetida à aplicação pré-colheita de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP).

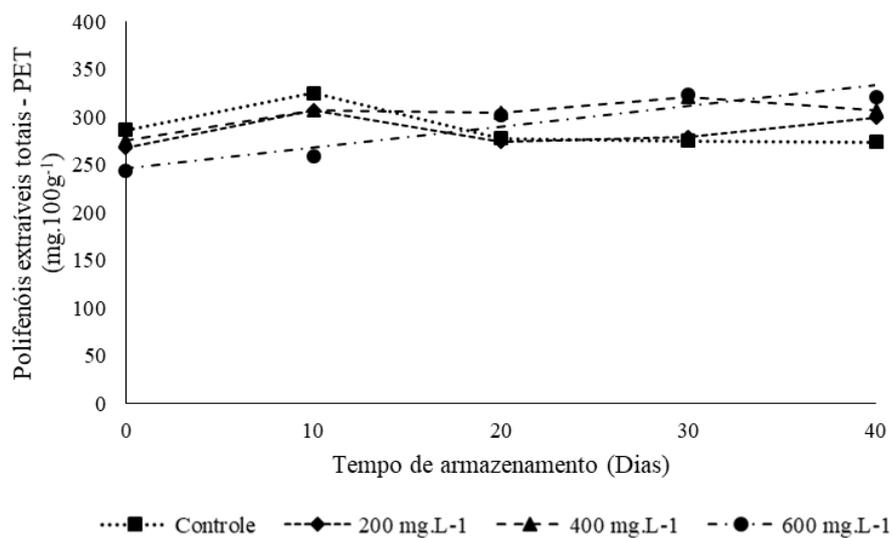


Fonte: O autor (2023).

Wang *et al.* (2019), caracterizando os atributos de qualidade das cultivares Kyoho e Yongyou nº 1 em resposta à aplicação de 1-MCP pós-colheita, sob armazenamento refrigerado, concluiu que o inibidor de etileno não influenciou a acidez titulável aos 32 dias de armazenamento.

Os teores de polifenóis extraíveis totais (PET) apresentaram uma variação entre 244,32 nos frutos tratados com a dose 600 mg.L<sup>-1</sup> na data da colheita e 325,22 mg.100g<sup>-1</sup> nas uvas do controle, aos 10 dias de armazenamento. O tratamento com a dose 600 mg.L<sup>-1</sup> resultou em aumento progressivo da concentração de PET nas uvas até o trigésimo dia, estabilizando até o quadragésimo dia de armazenamento. De forma inversa, os frutos do controle caracterizaram-se por queda nos teores de PET durante o armazenamento refrigerado. No dia da colheita, os frutos do tratamento controle exibiram o maior teor de PET, 286,78 mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto que aqueles do tratamento 600 mg.L<sup>-1</sup> o teor foi de 244,32 mg.100g<sup>-1</sup>. Estudando cinco cultivares de uva de mesa, Derradji-Benmeziane *et al.* (2014), identificou teores de PET em uvas brancas, entre 158 e 185 mg.100g<sup>-1</sup>, na data da colheita, inferiores aos encontrados neste trabalho.

**Figura 17.** Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) dos frutos da cultivar Timpson™, submetida a aplicação de doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP), durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

## 4 CONCLUSÃO

Nas doses testadas, os efeitos do 1-MCP em aplicação pré-colheita foram restritos à perda de massa, luminosidade da casca e acidez titulável, de forma que sob doses elevadas, houve estímulo às duas primeiras variáveis, efeitos que são normalmente associados ao etileno e não a seus inibidores. Por sua vez, o incremento na acidez titulável da cultivar Timpson™ observado durante o armazenamento, foi menor com a dose maior de 1-MCP, sugerindo um efeito sobre este metabolismo.

Em decorrência das respostas observadas, sugere-se a realização de novos estudos visando a avaliações de outras doses que possam permitir analisar de forma mais abrangente a utilização de inibidores de etileno como ferramenta para incremento da vida útil da uva 'Timpson™'.

## REFERÊNCIAS

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of “Autumn Seedless” table grapes during long-term cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, n. 31, p. 59-67, 2004.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ARTÉS, F. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO<sub>2</sub>-free “Superior Seedless” table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 146-154, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC, 2010. 1025 p.

BAHAR, A.; KAPLUNOV, T.; ALCHANATIS, V.; LICHTER, A. Evaluation of methods for determining rachis browning in table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 134, n. 1, p. 106-113, 2017.

BALIC, I.; ESJMENTEWICZ, T.; SANSHUEZA, D.; SILVA, C.; PEREDO, T.; OLMEDO, P.; BARROS, M.; VERDONK, J. C.; PAREDES, R.; MENESES, C.; PRIETO, H.; ORELLANA, A.; DEFILIPPI, B. G.; CAMOS-VARGAS, R. Biochemical and physiological study of the firmness of table grapes berries. **Postharvest Biology and Technology**, n. 93, p. 25-23, 2014.

BALIC, I.; OLMEDO, P.; ZEPEDA, B.; EJSMENTEWICZ, T.; BARROS, M.; AGUAYO, D.; MORENO, A. A.; PEDRESCHI, R.; MENESES, C.; CAMPOS-VARGAS, R. Metabolomic and biochemical analysis of mesocarp tissues from table grape berries with contrasting firmness reveals cell wall modifications associated to harvest and cold storage. **Food Chemistry**, n. 389, 133052, 2022.

CHEN, Y.; SUN, J.; LIN, H.; HUNG, Y.; ZHANG, S.; LIN, Y.; LIN, T. Paper-based 1-MCP treatment suppresses cell wall metabolism and delays softening of Huanghua pears during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2547-2552, 2017.

CHERVIN, C.; EL-KEREAMY, A.; ROUSTAN, J. P.; LATCHÉ, A.; LAMON, J.; BOUZAYEN, M. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. **Plant Science**, n. 167, p. 1301-1305, 2004.

CRISOSTO, C. H.; SMILANIK, J. L.; DOKOOZLIAN, N. K. Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. **California Agriculture**, v. 55, n. 1, p. 39-42, 2001.

DERRADJI-BENMEZIANE, F.; DJAMAI, R.; CADOT, Y. Antioxidant capacity, total phenolic, carotenoid, and vitamin C contents of five table grape varieties from Algeria and their correlations. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 48, p. 153-162, 2014.

DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; BRAGA, G. C.; HERZOG, N. F. M. Uva “Niágara Rosada” cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 3, n. 25, p. 546-552, 2005.

EJSMENTEWICZ, T.; BALIC, I.; SANHUEZA, D.; BARRIA, R.; MENESES, C. ORELLANA, A.; PRIETO, H.; DEFILIPPI, P.; CAMPOS-VARGAS, R. Comparative Study of Two Table Grape Varieties with Contrast Texture During Cold Storage. **Molecules**, v. 20, p. 3667-3680, 2015.

FERREIRA, M. A. R.; NASSUR, R. C. M. R.; HAUSEN, L. J. O. V.; SOUZA, F. F.; FREITAS, S. T. Degrane de bagas e escurecimento da ráquis em uva de mesa. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 109, 2017.

GIOVANNONI, J. Molecular Biology of Fruit Maturation and Ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 725-749, 2001.

HESPANHOL-VIANA, L.; PORMME, C. V.; VIANA, A. P.; CAMPOSTRINI, E. Avaliação da aderência ao pedicelo de algumas variedades de uva de mesa. **Jornal da Fruta**, v. 15, p. 2-3, 2007.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CAKIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1394, 1997.

LI, L.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; DAUS, A.; PORAT, R.; LICHTER, A. The effects of 1-methylcyclopropane and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 107, p. 16-22, 2015.

LICHTER, A.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; DAUS, A.; ALCHANATIS, V.; OSTROVSKY, V.; LURIE, S. Physical and visual properties of grape rachis as affected by water vapor pressure deficit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, p. 25-33, 2011.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; ASSIS, J. S.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A. Aparência, compostos fenólicos e enzimas oxidativas em uva “Itália” sob influência do cálcio e do armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 39-43, 2002.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; ASSIS, J. S. de. **Vida útil pós-colheita da uva de mesa Superior Seedless após armazenamento refrigerado**. Edição de 49th Annual Meeting International Society for Tropical Horticulture, Fortaleza, 2004.

LURIE, S.; OVADIA, R.; NISSIM-LEVI, A.; ORN-SHAMIR, M.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; WEKSLER, H.; LICHTER, A. Abscisic acid improves colour development in “Crimson Seedless” grapes in the vineyard and on detached berries. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 84, n. 6, p. 639-644, 2015.

NEVES, L. C.; SILVA, V. X.; BENEDETE, R. M.; PRILL, M. A. S.; VIEITES, R. L.; ROBERTO, S. R. Conservação de uvas “Crimson Seedless” e “Itália”, submetidas a

diferentes tipos de embalagens e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2008.

PEGARORO, C.; STORCH, T. T.; CRIZEL, G. R.; FERREIRA, W. A.; GIRARDI, C.L. Atmosfera controlada associada ao 1-metilciclopropeno na preservação da qualidade de kiwi “tewi”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. e2014078, 2016.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina: **EMBRAPA/CPATSA**, 1983. 280 p.

RODRIGUÉZ, R. C.; AONOWSKY, C. P.; PIÑONES, M. B.; KUHL, E. K. Berry firmness categories in diferente cultivars (*Vitis vinifera* L.). Ver, **FCA UNCUIYO**, v. 43, n. 1, p. 127-141, 2011.

ROSALES, R.; FERNANDEZ-CABALLERO, C.; ROMERO, I.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C.; SANCHEZ-BALLESTRA, M. T. Molecular analysis of the improvement in rachis quality by high CO<sub>2</sub> levels in table grapes stored at low temperature. **Postharvest Biology and Technology**, v. 77, p. 50-58, 2013.

SILVA-SANZANA, C.; BALIC, I.; SEPÚLVEDA, P.; OLMEDO, P.; LÉON, G.; DEFILIPPI, B. G.; BLANCO-HERRERA, F.; CAMPOS-VARGAS, R. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on rachis quality of table grape “Red Globe” variety. **Postharvest biology and Technology**, v. 119, p. 33-40, 2016.

VIEIRA, M. J.; ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; SOUZA, E. L. Conservação de caqui “Fuyu” com o tratamento pré-colheita e pós-colheita com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 197-206, 2016.

WANG, L.; LUO, Z.; LI, J.; YANG, M.; YAN, J.; LU, H.; LI, D.; CHEN, C.; AGHDAM, M. S.; WU, B.; LI, L. Morphological and quality characterization of grape berry and rachis in response to postharvest 1-methylciclopropene and elevated oxygen and carbon dioxide atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 153, p. 107-117, 2019.

WU, Z.; YUAN, X.; LI, H.; LIU, F.; WANG, Y.; LI, J.; CAI, H. WANG, Y. Heat acclimation reduces postharvest loss of table grapes during cold storage – Analysis of possible mechanisms involved trough a proteomic approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 105, p. 26-33, 2015.

ZAHEDIPOUR, P.; ASGHARI, M.; ABDOLLAHI, B.; ALIZADEH, M.; DANESH, Y. R. A comparative study on quality attributes and physiological responses of organic and conventionally grown table grapes during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 247, p. 86-95, 2019.

ZHANG, Y.; LING, J.; ZHOU, H.; TIAN, M.; HUANG, W.; LUO, S.; HU, H.; LI, P. 1-Methylciclopropene counteracts ethylene inhibition of anthocyanin accumulation in peach skin after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 183, 111737, 2022.

## CAPÍTULO 3

### ATMOSFERA MODIFICADA E 1-METILCICLOPROPENO NA QUALIDADE DA UVA DE MESA 'TIMPSON™', SUBMETIDA A ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

#### RESUMO

Os estudos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e atmosfera modificada em uva de mesa têm gerado resultados promissores, mas que são dependentes da cultivar, das condições de cultivo e das doses aplicadas e ou tipo de material de embalagem. Para cultivares como Timpson™ que ainda requerem tecnologias apropriadas para o manejo pós-colheita, estudar essas tecnologias pode prevenir eventos que geram perdas de qualidade. O objetivo deste estudo foi identificar o potencial de conservação pós-colheita refrigerada da uva cv. Timpson™, sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada. As aplicações do 1-MCP foram feitas 7 dias antes da colheita em pomar comercial no município de Petrolina/PE. Foi utilizado o esquema fatorial 2x2x5 (1-MCP x bolsa plástica/atmosfera modificada x tempo de armazenamento, com 4 repetições. Os frutos foram mantidos sob refrigeração a  $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$  e  $83,0\pm 3,5\%$  UR durante 0, 14, 21, 28 e 35 dias. Os atributos de qualidade avaliados foram: firmeza da baga, desgrane, escurecimento da ráquis, incidência de manchas, ocorrência de murcha, cor da casca, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e teor de polifenóis extraíveis totais (PET). A associação entre o 1-MCP e atmosfera modificada reduziu o escurecimento da ráquis, porém, como era esperado, causou uma ligeira queda no teor de sólidos solúveis. A preservação da luminosidade e do ângulo Hue também foram beneficiados pela atmosfera modificada. Particularmente, para o ângulo Hue, a aplicação do 1-MCP resultou em desempenho superior à da atmosfera modificada, quando estudados isoladamente. Houve um efeito sinérgico entre o 1-MCP e a atmosfera modificada na preservação da qualidade da uva de mesa 'Timpson™'.

**Palavras-chave:** *Vitis vinifera* L., cultivar Timpson™, pós-colheita, qualidade, viticultura tropical.

## ABSTRACT

Studies with 1-methylcyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere on table grapes have generated promising results, but these are dependent on the cultivar, cultivation conditions and doses applied and/or type of packaging material. For cultivars like Timpson™ that still require appropriate technologies for postharvest management, studying these technologies can prevent events that generate quality losses. The objective of this study was to identify the potential for refrigerated postharvest conservation of grape cv. Timpson™, under the influence of preharvest application of 1-MCP associated or not with a modified atmosphere. Applications of 1-MCP were made 7 days before harvest in a commercial orchard in the municipality of Petrolina/PE. A 2x2x5 factorial scheme was used (1-MCP x plastic bag/modified atmosphere x storage time, with 4 replications). The fruits were kept under refrigeration at  $0.0\pm 2.5^{\circ}\text{C}$  and  $83.0\pm 3.5\%$  RH during 0, 14, 21, 28 and 35 days. The quality attributes evaluated were: berry firmness, berry abscission, rachis browning, incidence of spots, occurrence of wilting, skin color, soluble solids content, acidity titratable content and total extractable polyphenols (PET) content. The association between 1-MCP and modified atmosphere reduced rachis browning, however, as expected, it caused a slight drop in the content of soluble solids. The preservation of luminosity and the Hue angle were also benefited by the modified atmosphere. Particularly, for the Hue angle, the application of 1-MCP resulted in better performance than the modified atmosphere, when studied in isolation. There was a synergistic effect between 1-MCP and modified atmosphere in preserving the quality of the 'Timpson™' table grape.

**Key-words:** *Vitis vinifera* L., postharvest, quality, Timpson™ cultivar, tropical viticulture.

## 1 INTRODUÇÃO

A uva de mesa é uma fruta não climatérica propensa a perdas pós-colheita como desgrane, escurecimento da ráquis, infecção por fungos, entre outros (WANG *et al.*, 2019). Apesar da baixa atividade fisiológica, a uva de mesa é bastante sensível a perda de água no manuseio após a colheita, durante o armazenamento refrigerado e na cadeia de distribuição (LIGUORI *et al.*, 2021). Diversas tecnologias associadas ao armazenamento refrigerado têm sido estudadas com o objetivo de manter a qualidade da uva de mesa (WU *et al.*, 2015), dentre elas a aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e o emprego de embalagens que possibilitam atmosfera modificada.

A utilização do 1-MCP tem demonstrado resultados favoráveis à preservação da qualidade de vários frutos climatéricos (CHEN *et al.*, 2017; PEGARORO *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2022). Em uva de mesa, Li *et al.*, (2015) observaram menor desidratação e escurecimento da ráquis em cachos tratados com 1-MCP na uva Thompson Seedless. A cultivar de uva vinífera Aleatico caracterizou-se por menor concentração de polifenóis totais nas uvas que receberam tratamento pós-colheita com 1-MCP, quando comparado ao tratamento com aplicação de etileno (BELLINCONTRO *et al.*, 2006).

O emprego da atmosfera modificada tem recebido especial atenção no manejo pós-colheita das frutas e hortaliças em função de sua conveniência, efetividade econômica e por ser livre de resíduo. As técnicas convencionais de atmosfera modificada buscam elevar a concentração de CO<sub>2</sub> e reduzir a concentração de O<sub>2</sub> dentro do espaço livre da embalagem, que varia conforme a taxa de respiração do fruto e a permeabilidade do filme da embalagem (WANG *et al.*, 2019). A seleção adequada do material para atmosfera modificada passiva permite redução na desidratação e escurecimento do engaço na uva de mesa cultivar Cardinal através da elevação da concentração de CO<sub>2</sub> (ROSALES *et al.*, 2013). Em estudo conduzido com as uvas de mesa 'Kyoho' e 'Yongyou No. 1', foram observados efeitos sinérgicos na associação entre a aplicação de 1-MCP e alta concentração de O<sub>2</sub>, com reduções de 40% e 50% no desgrane, após 32 dias de armazenamento (WANG *et al.*, 2019).

Ainda não há estudos sobre o comportamento pós-colheita relativo aos atributos de qualidade da cultivar Timpson<sup>TM</sup>, possivelmente por ter sido lançada

recentemente. Entretanto, por ser uma cultivar bastante apreciada no mercado europeu e com expressiva área cultivada no Submédio do Vale do São Francisco, inclusive por grandes empresas exportadoras, a realização de estudos que permitam vantagens na cadeia de pós-colheita é importante. Este trabalho pretende gerar informações sobre o comportamento pós-colheita da cultivar, visando a adoção de práticas de manejo mais eficientes e rentáveis, tanto antes quanto após a colheita, fornecendo também subsídios para o setor da pesquisa, orientando novos estudos sobre o tema.

O objetivo deste estudo foi identificar o potencial de conservação pós-colheita refrigerada da uva cv. Timpson<sup>TM</sup>, sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em vinhedo comercial, situado no Projeto Maria Tereza, município de Petrolina, estado de Pernambuco, com altitude de 374 m, sob coordenadas geográficas 9°09'10.94"S e 40°34'07.35" (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima é do tipo BSw<sup>h</sup>, tropical semiárido, quente e seco, com período de chuvas bem definido nos primeiros quatro meses do ano (REDDY, 1983). Foi delimitada uma área de 0,5 hectare plantada com a cultivar Timpson™, em agosto de 2020, sobre o porta-enxerto Ramsey, no espaçamento de 3,5 m entre linhas por 2,5 m entre plantas e sistema de condução em latada, protegida com cobertura plástica de rafia (190 g.m<sup>-2</sup>). Durante o ciclo de produção, as plantas foram irrigadas através de gotejamento, com emissores espaçados em 50 cm, trabalhando com vazão entre 0,0 (irrigação interrompida) a 2,0 L.h<sup>-1</sup>, em função do estágio fenológico da planta e da evapotranspiração potencial da cultura.

**Figura 1.** Propriedade onde foi montado o experimento.



Fonte: Adaptado de Google Earth página <https://www.google.com.br/maps/place/@-9.1511906,-40.5707631,1548m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>. Acesso em: 10/07/2023.

A adubação foi realizada conforme interpretação e recomendação da análise de solo (Tabela 1), com aplicação em fundação de 40 L.planta<sup>-1</sup> de composto orgânico,

500 g.planta<sup>-1</sup> de alga marinha *Lithothamnium*, 80 g.planta<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio e 1 Kg.planta<sup>-1</sup> de condicionador de solo. Na fertirrigação foram introduzidos: 85 g.planta<sup>-1</sup> de produto a base de aminoácidos, sendo 40 g.planta<sup>-1</sup> aos três dias antes da poda (DAP) e mais 45 g.planta<sup>-1</sup> divididos em três vezes, aos 7, 14 e 21 DAP; 320 g.planta<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio em oito aplicações semanais e sucessivas de 40 g.planta<sup>-1</sup>, a partir de 7 DAP; 240 g.planta<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio com aplicações de quantidades iguais e intercaladas em intervalos de sete dias, a partir do sétimo DAP; 21 g.planta<sup>-1</sup> de produto contendo zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), Manganês (Mn) e molibdênio (Mo) em seis aplicações regulares, entre o vigésimo primeiro e o quinquagésimo sexto DAP; 550 g.planta<sup>-1</sup> de sulfato de potássio, em aplicações semanais, a partir de 21 DAP, 25 g.planta<sup>-1</sup> na quatro primeiras semanas, 50 g.planta<sup>-1</sup> nas duas semanas seguintes, 100 g.planta<sup>-1</sup> na semana subsequente e 50 g.planta<sup>-1</sup> nas demais e 10 g.planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas em cinco aplicações espaçadas em sete dias, a partir do terceiro dia antes da poda.

**Tabela 1.** Composição química do solo, da área onde foi instalado o experimento.

Análise de solo												
Prof. (cm)	C.E. (dS.m <sup>-1</sup> )	pH (água)	M.O. (g.Kg <sup>-1</sup> )	P-Resina (mg.dm <sup>-3</sup> )	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	S	V (%)
					------(cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )-----							
0-30	0,55	6,57	10,8	100,2	0,27	0,03	3,13	3,68	0	0,69	7,12	91,13

Prof. = profundidade do solo; C.E. = condutividade elétrica; pH = potencial hidrogeniônico; M.O. = matéria orgânica; P-Resina = fósforo extrator resina; K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; S = soma de bases; V = saturação de bases.

Fonte: O autor (2023).

## 2.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi empregado o delineamento experimental em dois blocos ao acaso, em fatorial 2x2x5 (1-MCP x bolsa plástica x tempo de armazenamento), com quatro repetições. Foram constituídas parcelas de quatro plantas, com os tratamentos designados através de sorteio em cada bloco. Com o propósito de atenuar o efeito do tratamento de uma parcela na adjacente a ela, foram estabelecidas bordaduras de duas plantas na mesma linha e uma linha entre os blocos.

Os tratamentos com 1-MCP foram constituídos pelas doses 0 (controle) e 600

mg.L<sup>-1</sup>. As aplicações de 1-MCP foram feitas no dia 23/11/2022, entre 17:00 e 18:00 h, com a finalidade de reduzir a deriva do produto, já que nesse horário do dia a velocidade do vento é menor. Para a aplicação, utilizou-se o pulverizador costal Jacto elétrico, modelo pjb-20, com capacidade para 20 L, bomba tipo diafragma, pressão máxima de trabalho 70 psi e vazão em aberto de 2,1 L.min<sup>-1</sup>, com bico cone regulável azul.

A fonte do ingrediente ativo foi o produto formulado em suspensão concentrada, na concentração de 17,15 g.L<sup>-1</sup> de 1-MCP. O produto foi adicionado e disperso em água destilada na proporção de 6,24 mL do produto mais 993,76 mL de água, pulverizando-se 0,5 L.planta<sup>-1</sup>, equivalente à 53,5 mg.planta<sup>-1</sup>.

Nas primeiras horas do dia 29/11/2022, foi feita a colheita (Figura 2). Os cachos colhidos em cada parcela foram acomodados em dois contentores previamente higienizados e forrados com papel seda, totalizando 16 contentores. Esses recipientes foram carregados em uma caminhonete e transportados até a Embrapa Semiárido, em trajeto com 1 hora de duração. No destino, após descarregados, os contentores foram levados ao Laboratório de Fisiologia Pós-colheita.

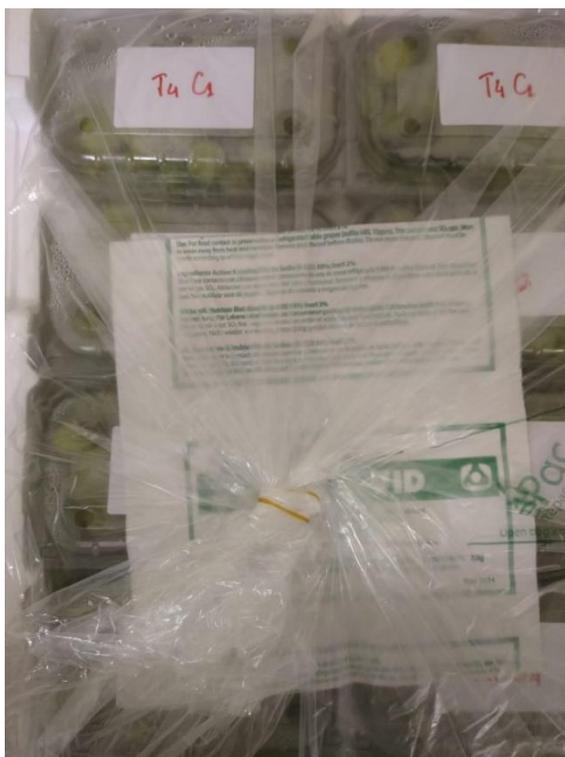
**Figura 2.** Colheita da área experimental em 29/11/2022.



Fonte: O autor (2023).

Os cachos foram submetidos à limpeza e acondicionados em embalagens de tereftalato de polietileno (cumbucas) com capacidade para 500 g. A separação das amostras, o acondicionamento nas cumbucas e as primeiras avaliações foram realizadas na data da colheita. Para as avaliações subsequentes, as caixas de poliestireno expandido (EPS) de 5 Kg foram forradas com dois tipos de filmes plásticos: bolsa plástica microperfurada com ventilação de 1% (utilizada comercialmente) e bolsa plástica com 20 µm de espessura a base de poliamida, condicionadora de atmosfera modificada passiva (filme em avaliação). Em seguida, as cumbucas foram acomodadas nas caixas junto com cartelas de metabissulfito de sódio, que é um gerador de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) a partir de reação com água. Por último, a bolsa microperfurada usada comercialmente foi fechada com selo adesivo e a bolsa com 20 µm de espessura a base de poliamida, com prendedor elástico de borracha (Figura 3). As caixas seguiram então para armazenamento em câmara fria instalada na Embrapa Semiárido, a uma temperatura de 0,0±2,5°C e 83,0±3,5% de umidade relativa do ar. Foram definidos cinco tempos de armazenamento refrigerado para as avaliações, sendo 0, 14, 21, 28 e 35 dias após a colheita.

**Figura 3.** Composição da embalagem com bolsa plástica condicionadora de atmosfera modificada.



Fonte: O autor (2023).

## 2.3 AVALIAÇÕES

Para determinação da firmeza, foram escolhidas 20 bagas representativas de cada parcela e submetidas a leitura no analisador de textura modelo TA XT plus, fabricado pela Stable Micro Systems. A média das leituras efetuadas pelo equipamento foram convertidas e expressas em N. O desgrane, expresso em percentual, foi calculado a partir da fração da massa da baga destacada da ráquis, sobre a massa do cacho, deduzida a massa da ráquis, com todas as pesagens feitas em balança semianalítica (Acculab®).

O escurecimento da ráquis foi determinado através da atribuição de uma nota, variando de 0 a 4, conforme a seguinte escala, proposta por Lima *et al.* (2004): 0, mais de 40% do engaço seco; 1, 10% a 40% do engaço desidratado, atingindo o pedicelo das bagas; 2, até 10% do engaço desidratado, atingindo o pedicelo das bagas; 3, início da desidratação do engaço, atingindo apenas o pedicelo das bagas e/ou a região superior da ráquis; e 4, engaço verde, totalmente túrgido.

Para determinação das manchas causadas por injúrias mecânicas, foi utilizada escala com a seguinte escala de notas: 0, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 40% das bagas; 1, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 20% e menos de 40% das bagas; 2, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em mais de 5% e menos de 20% das bagas; 3, presença de manchas causadas por abrasão e/ou pressão em até 5% das bagas; e 4, ausência de manchas causadas por abrasão e/ou pressão (LIMA *et al.*, 2004).

A murcha foi avaliada de maneira subjetiva, conforme escala proposta por Lima *et al.* (2004): 0, cacho com mais de 25% das bagas apresentando murcha; 1, ocorrência de murcha em mais de 10% e menos de 25% das bagas; 2, ocorrência de murcha em mais de 5% e menos de 10% das bagas; 3, ocorrência de murcha em até 5% das bagas; e 4, bagas totalmente túrgidas, sem sinais de murcha.

A cor da casca foi determinada por meio de colorímetro digital fabricado pela Konica Minolta Inc. no Japão, modelo CR-400, através de leitura na região equatorial de 20 bagas representativas das amostras, extraídas uniformemente das regiões superiores, medianas e inferiores dos cachos. No trabalho, a cor foi avaliada em relação aos atributos: luminosidade – L, cujos valores variam de 0 a 100, que são representativos das cores preta e branca respectivamente; croma – C, representando

a intensidade ou pureza; e ângulo de cor – H, correspondente a cor propriamente dita, com valores entre 0 e 360°.

O teor de sólidos solúveis - SS foi obtido por leitura direta em refratômetro digital de bancada, Marca ATAGO® – modelo PAL-1, com compensação automática de temperatura e teve seu resultado expresso em °Brix. A acidez titulável – AT foi determinada usando titulador automático, da marca Metrohm, modelo 848 Titrino Plus, a partir da diluição de 5 mL de suco da amostra previamente macerada, em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N, até a neutralização. Os resultados foram expressos em g de ácido tartárico.100 mL<sup>-1</sup> (AOAC, 2010).

Para determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET) foi utilizada a metodologia desenvolvida por Larrauri *et al.* (1997), por meio do reagente Folin-Ciocalteu, utilizando a ácido gálico como referência. O extrato contendo os compostos fenólicos foram obtidos dos sobrenadantes das reações de 1,5 g da casca e 8,5 g da polpa dos frutos, inicialmente com 20 ml de metanol a 50% e posteriormente com 20 mL de acetona a 70%. A leitura dos polifenóis extraíveis totais foi realizada em espectrômetro Varian Carry® 50 Bio UV-Vis, no comprimento de onda 700 nm.

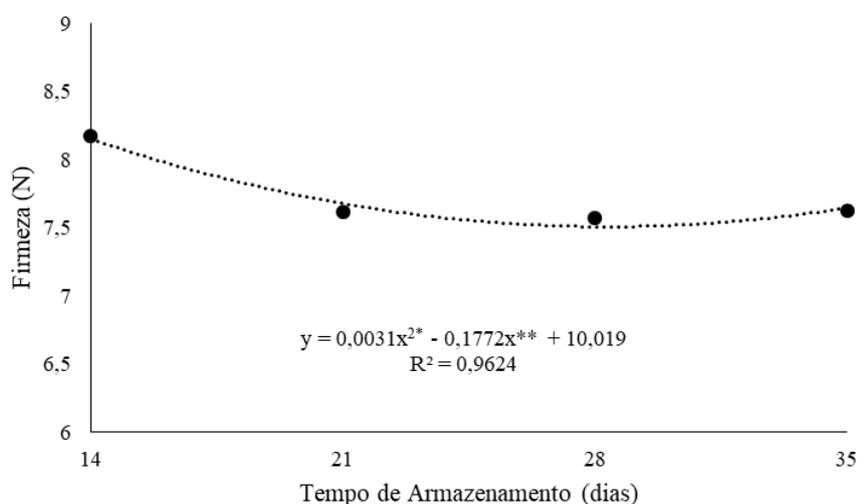
## 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As variáveis dependentes foram submetidas a ANAVA, considerando o efeito da interação entre os três fatores (1-MCP, bolsa plástica/atmosfera modificada e tempo de armazenamento), da interação do 1-MCP com atmosfera modificada, da interação do 1-MCP com tempo de armazenamento, da interação da atmosfera modificada com o tempo de armazenamento, da interação dos três fatores e de todos os fatores isoladamente. Apresentando diferença mínima significativa (DMS), as médias relacionadas ao tempo e a interações envolvendo o tempo, foram submetidas à análise de regressão, enquanto as médias dos tratamentos relativos ao 1-MCP e a atmosfera modificada, associados ou isolados, foram analisadas pelo teste F (comparações de cada fator qualitativo isoladamente) ou de Tukey, quando as médias da interação 1-MCP x atmosfera modificada foram comparadas, à 5 e 1% de probabilidade. Todas as variáveis cujas médias diferiram estatisticamente foram sujeitas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando não houve distribuição normal dos dados, valeram-se da estatística descritiva para suas respectivas análises. Em todas as análises foi utilizado o programa SISVAR versão 5.6.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora não tenha ocorrido diferença significativa na firmeza da baga em função dos tratamentos com 1-MCP e atmosfera modificada, mas mostrou ligeira queda ao longo do tempo de armazenamento, desde 8,17 N para 7,61 N, entre o 14º e o 21º dia, mantendo-se praticamente estável a partir desse período até o final do armazenamento aos 35 dias (Figura 4). Ejsmentewicz *et al.* (2015), com a cv. Thompson sem semente apresentando queda de 12 % na firmeza após 60 dias de armazenamento. Neste mesmo estudo, até os 30 dias de armazenamento não houve redução na firmeza.

**Figura 4.** Firmeza dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).



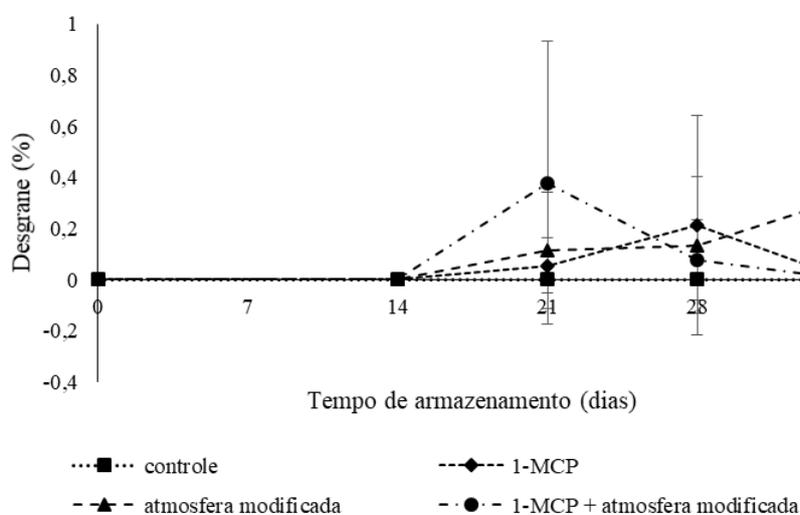
Fonte: O autor (2023).

Com o propósito de elucidar a correlação entre a composição dos monossacarídeos da parede celular e a firmeza do fruto nos estádios de início da maturação e colheita, Zepeda *et al.* (2018) sugeriram uma possível associação entre o expressivo acúmulo desses monossacarídeos e de epicatequina, em paralelo à redução na firmeza do fruto da cv. Thompson Seedless.

Observou-se desgrane a partir do 21º dia de armazenamento em todos os tratamentos, exceto no controle. A maior taxa de desgrane, 0,37%, ocorreu aos 21

dias nos cachos tratados com 1-MCP e armazenados com embalagem promotora de atmosfera modificada (Figura 5). Diferente do que sugerem alguns autores, não identificamos neste trabalho uma correlação entre o desgrane e a desidratação do engaço, já que no tratamento controle, mesmo ocorrendo uma depreciação acentuada na aparência da ráquis, não houve desgrane. De maneira inversa, o tratamento sem aplicação de 1-MCP e emprego de embalagem promotora de atmosfera modificada mostrou, apesar de uma preservação na aparência da ráquis, uma taxa de desgrane de 0,32%.

**Figura 5.** Desgrane de uvas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

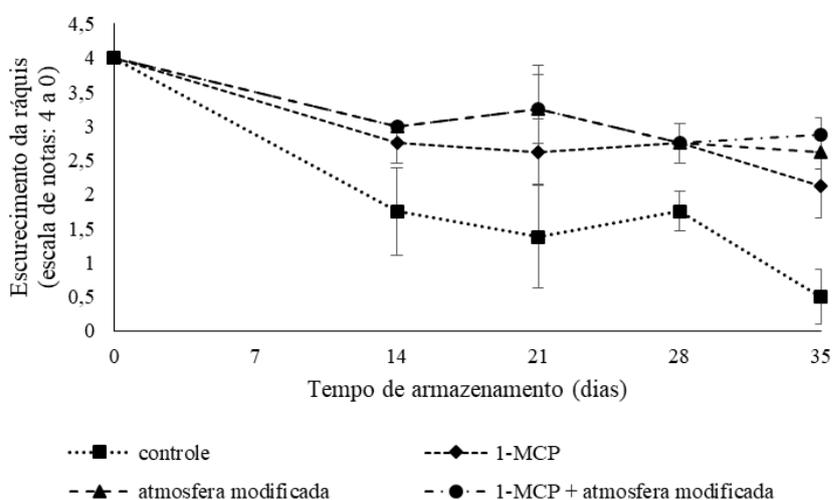
Em estudo conduzido na China, com a cv. Kyoho, ficou demonstrado, de forma bastante precisa, que os tratamentos com embalagem promotora de atmosfera modificada passiva tiveram um desempenho superior, quando comparado ao controle, durante o armazenamento a  $0^{\circ}\text{C}$ , durante 60 dias. Neste trabalho, não foi identificada diferença significativa entre os tratamentos com embalagens promotoras de atmosfera modificada (CHEN *et al.*, 2018). Medindo a força de aderência da baga ao pedicelo em oito variedades de uva de mesa, Hспанhol-Viana *et al.* (2007), verificaram uma correlação com o destacamento e conseqüentemente com a taxa de desgrane das bagas, observando que a separação da baga com aplicação de força de menor

intensidade resulta em maior taxa de desgrane.

Ao final de 35 dias de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram alteração na aparência da ráquis, sendo mais pronunciada no tratamento controle (Figura 6). As menores alterações foram observadas nos tratamentos com emprego de atmosfera modificada com aplicação de 1-MCP. Em todos os períodos avaliados, o emprego de atmosfera modificada apresentou desempenho superior na preservação da ráquis, exceto aos 28 dias, quando a aplicação de 1-MCP sem associação com o emprego de atmosfera modificada manifestou resultado semelhante aos dois outros tratamentos com emprego de atmosfera modificada.

De forma semelhante, o escurecimento da ráquis foi reduzido, em duas cultivares de uva de mesa, Kyoho e Yongyou, com aplicação pós-colheita de 1-MCP associada ao armazenamento em atmosfera controlada com elevação da concentração de CO<sub>2</sub> para 20%. Neste mesmo trabalho, foi verificada uma abrupta degradação da clorofila no tratamento controle, quando comparado ao tratamento com aplicação de 1-MCP e emprego de atmosfera controlada, que apresentou uma menor redução no teor de clorofila, aos 32 dias de armazenamento refrigerado, evidenciando forte associação entre o escurecimento da ráquis e a degradação da clorofila (WANG *et al.*, 2019).

**Figura 6.** Escurecimento da ráquis da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante o armazenamento refrigerado (0,0±2,5°C, 83,0±3,5% UR).

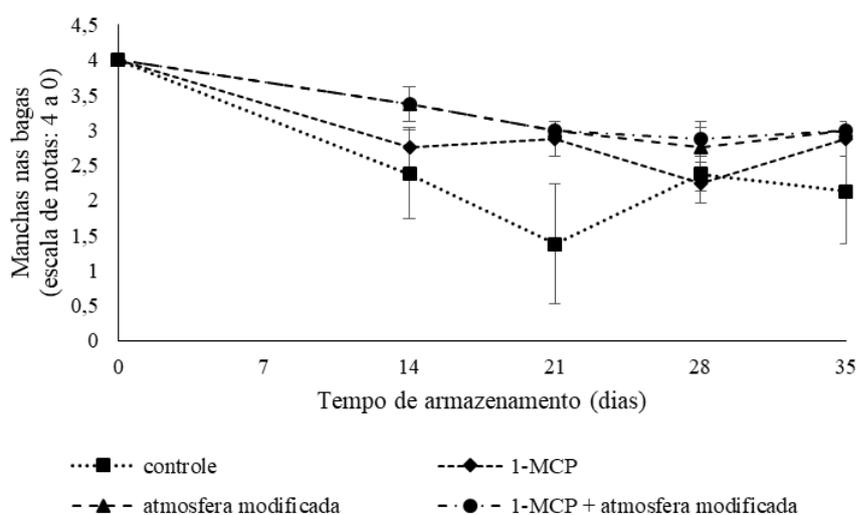


Fonte: O autor (2023).

Em estudo conduzido com a cv. Flame Seedless, Kaur *et al.* (2019) utilizando uma escala de 0 a 2, atribuindo-se a nota “0” à ráquis completamente sadia, “1” ao escurecimento moderado e “2” à ráquis completamente escura, observaram evolução no escurecimento da ráquis em armazenamento refrigerado por 60 dias, com avaliações a cada 15 dias. No mesmo trabalho, também foi avaliada a cor da ráquis, com mensurações da luminosidade (L), intensidade do vermelho (a\*) e intensidade do amarelo (b\*), com resultados mostrando uma progressiva queda na luminosidade e aumento das intensidades das colorações vermelho e amarelo.

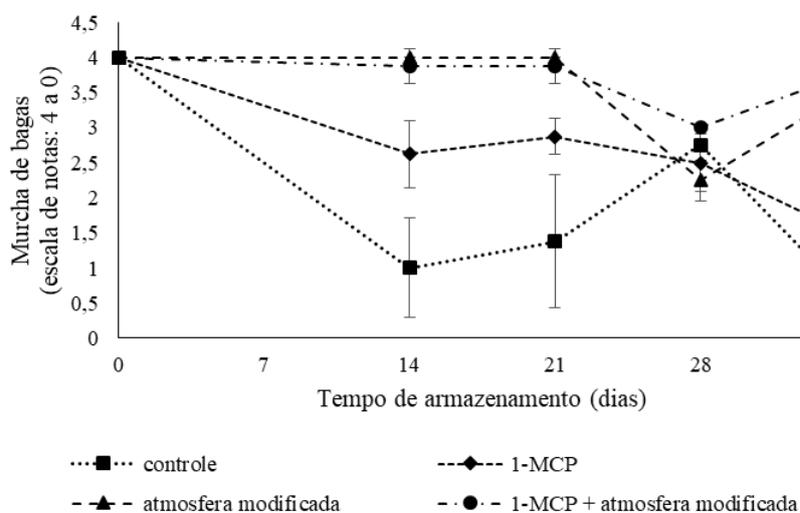
As manchas se apresentaram de forma mais acentuada no tratamento controle no decorrer do armazenamento, enquanto o tratamento com emprego de atmosfera modificada sustentou os melhores desempenhos durante todo o período de armazenamento (Figura 7). Os cachos acondicionados sob atmosfera modificada não mostraram murcha até o 21º dia de armazenamento enquanto o controle apresentou o pior desempenho nesse período. Ao final de 35 dias de armazenamento, o tratamento com emprego de atmosfera modificada e aplicação de 1-MCP exibiram melhor aparência (Figura 8).

**Figura 7.** Presença de manchas nas bagas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

**Figura 8.** Ocorrência de murcha de bagas da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).

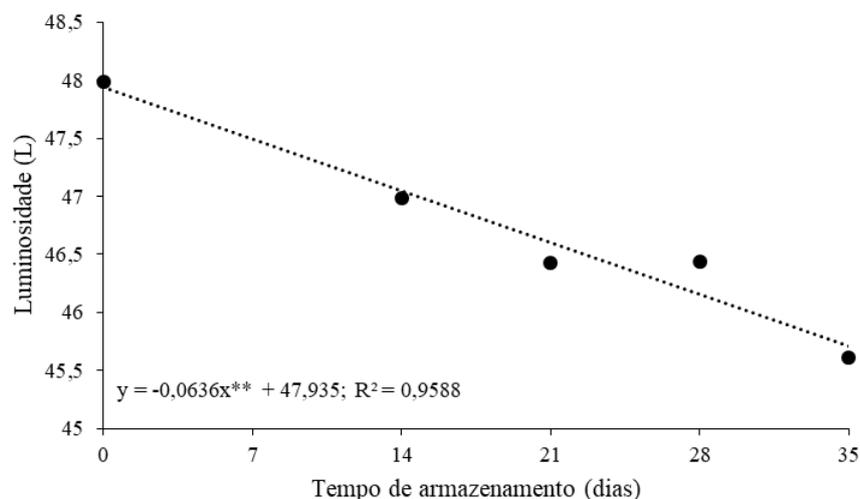


Fonte: O autor (2023).

Ao longo do armazenamento refrigerado, a luminosidade (L) diminuiu, partindo de 47,98, no início do armazenamento, para 45,61 aos 35 dias (Figura 9). O tratamento com atmosfera modificada foi o de melhor desempenho, embora tenha mostrado diferença significativa apenas em relação ao tratamento com 1-MCP (Figura 10).

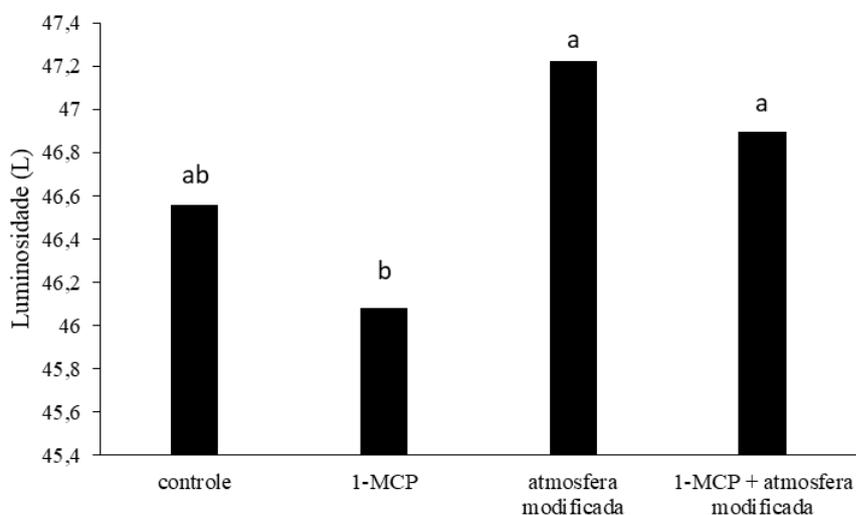
Santos *et al.* (2019) não encontraram diferença significativa para essa mesma variável de qualidade com a utilização do mesmo tipo de embalagem, quando comparado ao controle com embalagem convencional, na cv. Arra 15. Porém, divergiu quanto ao comportamento da luminosidade no período de armazenamento, cujos valores se mantiveram praticamente inalterados. Após 7 dias de armazenamento refrigerado, Artés-Hernández *et al.* (2006) não verificaram alterações na luminosidade da casca da cultivar Superior Seedless, em embalagens com e sem atmosfera modificada.

**Figura 9.** Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$ ,  $83,0 \pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

**Figura 10.** Luminosidade (L) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada. Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

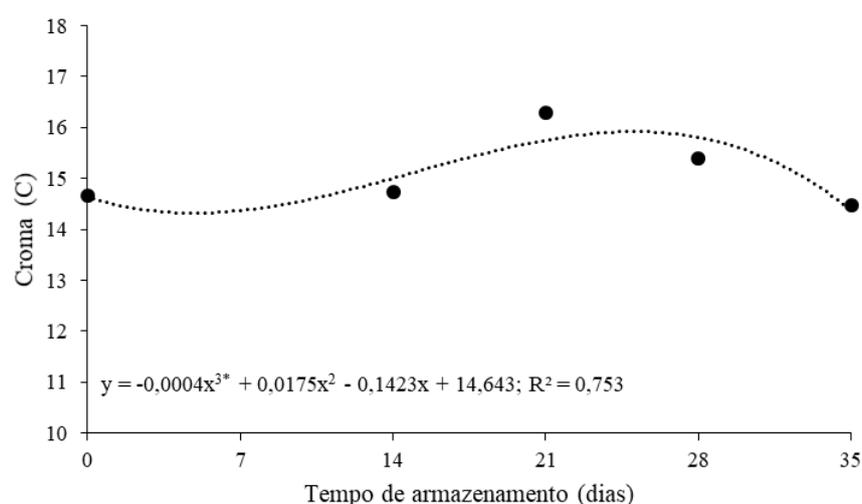


Fonte: O autor (2023).

Durante o período de armazenamento, a cromaticidade (C) apresentou valores variáveis, mantendo-se estável até os 14 dias, com ligeira elevação aos 21

dias, quando atingiu 16,29, regredindo posteriormente até o final do armazenamento, quando registrou menor valor, 14,47 (Figura 11). Para esta característica, não foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos relacionados ao 1-MCP e atmosfera modificada. Em estudo conduzido por Zahedipour *et al.* (2019), com a cv. Thompson sem semente, não foi demonstrado efeito estatisticamente significativo, do armazenamento refrigerado de 60 dias, no valor de C.

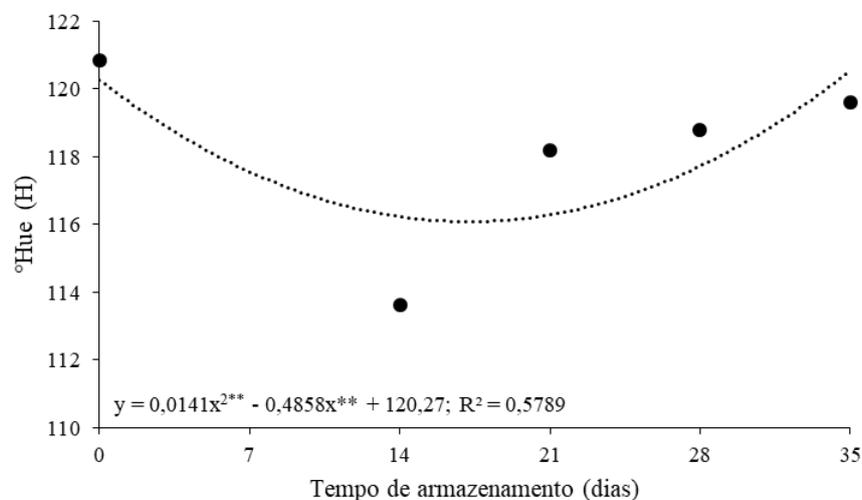
**Figura 11.** Cromo (C) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

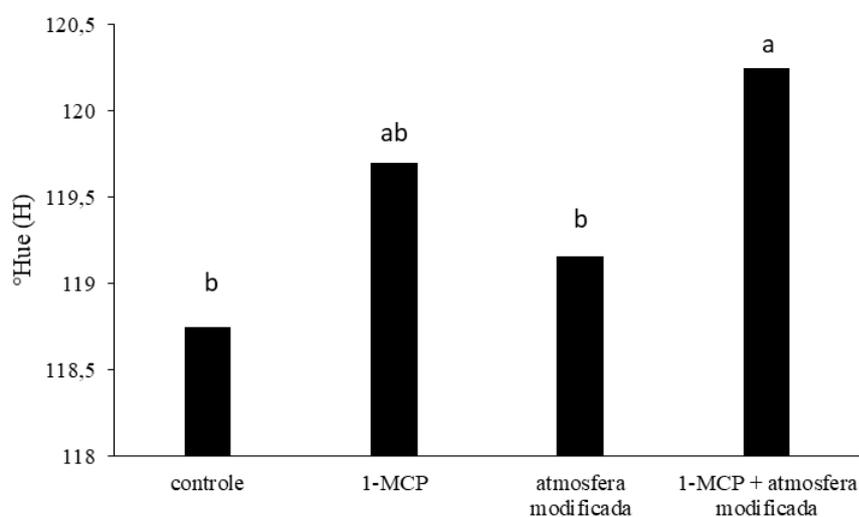
Os tratamentos com 1-MCP resultaram em valores de ângulo Hue (H) maiores, sendo observado valor de 119,69 nos tratamentos em que não se usou atmosfera modificada e 120,24 com atmosfera modificada, com este último diferindo estatisticamente dos tratamentos sem aplicação de 1-MCP (Figura 12). Foi observada redução no valor de H aos 14 dias de armazenamento seguida de aumento, atingindo, ao final do período de 35 dias, com valor bastante semelhante ao encontrado no início do armazenamento (Figura 13). Em estudo conduzido com a cv. Regal Seedless, de cor verde, foi constatado redução no H ao longo do armazenamento refrigerado, partindo de  $118,1^{\circ}$  no início, para  $108,8^{\circ}$ , indicando uma mudança de cor do verde amarelado para o amarelo esverdeado (NGCOBO *et al.*, 2011).

**Figura 12.** Ângulo de cor (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0 \pm 2,5^\circ\text{C}$ ,  $83,0 \pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

**Figura 13.** Ângulo de cor (H) da casca dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



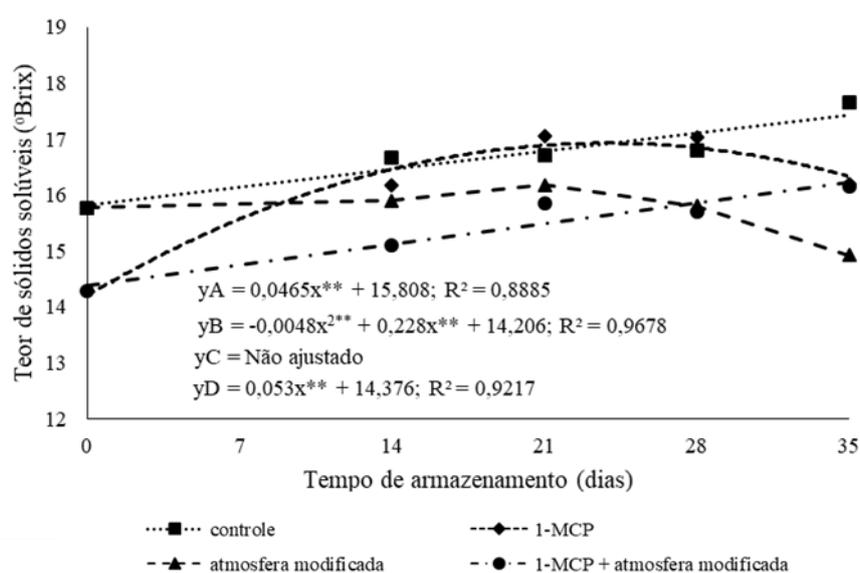
Fonte: O autor (2023).

Na data da colheita, a aplicação de 1-MCP apresentou teor de sólidos solúveis 9,5% inferior ao observado onde não houve aplicação. No tratamento controle e

naquele onde foi empregado atmosfera modificada com aplicação de 1-MCP, houve evolução progressiva dessa variável no período de armazenamento (Figura 14). É possível que a perda de massa acentuada tenha influenciado este aumento. Ao final do armazenamento, o tratamento controle apresentou o maior teor de sólidos solúveis, embora tenha partido no início do armazenamento de teores mais elevados do que os tratamentos em que o 1-MCP foi utilizado. Artés-Hernández *et al.* (2004) não observou diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis após 60 dias de armazenamento refrigerado, porém o tratamento controle, utilizando bolsa plástica microperfurada, mostrou um teor de sólidos solúveis ligeiramente superior.

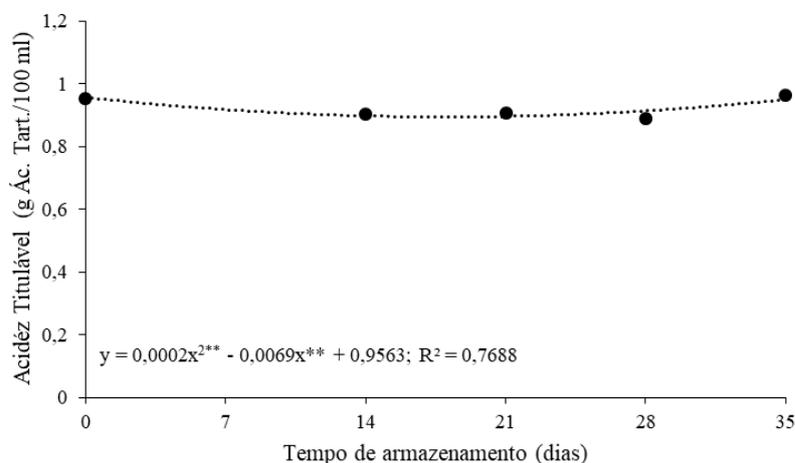
A acidez titulável apresentou valores altos, provavelmente pelo baixo índice de maturidade na colheita durante um período de chuva e bastante semelhantes no início e ao final do período de armazenamento de 35 dias (Figura 15). Convergindo com este resultado, em estudo conduzido na Itália com a cv. Red Globe, não foram relatadas diferenças na acidez titulável tanto no decorrer do armazenamento refrigerado durante 21 dias como entre os tratamentos com atmosfera modificada passiva e ativa (LIGUORI *et al.*, 2015).

**Figura 14.** Teor de Sólidos solúveis (SS) dos frutos da cultivar Timpson™ sob influência da aplicação pré-colheita de 1-MCP associada ou não a atmosfera modificada durante armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

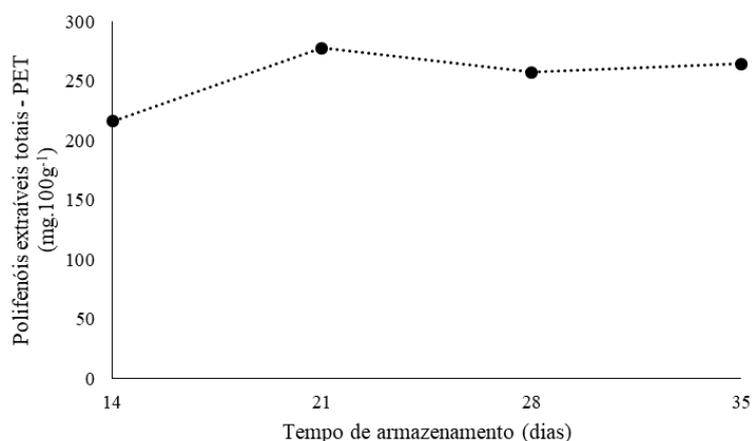
**Figura 15.** Acidez titulável (AT) dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de polifenóis extraíveis totais (PET), conforme Figura 16. Durante o período de armazenamento, os teores de PET apresentaram comportamento variável, com a maior concentração verificada aos 21 dias,  $278,05 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , e a menor aos 14 dias,  $216,40 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Em trabalho conduzido com a cv. Red Globe, Liguori *et al.* (2015), não observaram alterações significativas nos teores de polifenóis em atmosfera modificada, quando comparado ao controle, durante o armazenamento refrigerado.

**Figura 16.** Polifenóis extraíveis totais (PET) dos frutos da cultivar Timpson™ durante o armazenamento refrigerado ( $0,0\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $83,0\pm 3,5\%$  UR).



Fonte: O autor (2023).

## 4 CONCLUSÃO

A associação entre o 1-MCP e atmosfera modificada foi vantajosa na redução das taxas de alterações em algumas variáveis que determinam a qualidade das bagas da cultivar Timpson™, durante o armazenamento refrigerado, destacando-se escurecimento da ráquis, luminosidade e ângulo de cor da casca, bem como teor de sólidos solúveis. No caso do ângulo de cor, o tratamento com 1-MCP isoladamente resultou em desempenho superior à atmosfera modificada. Portanto, reduzindo as taxas em que algumas variáveis de qualidade são modificadas, o uso conjunto de 1-MCP e atmosfera modificada potencializa os efeitos de ambas as tecnologias individualmente.

## REFERÊNCIAS

- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of “Autumn Seedless” table grapes during long-term cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, n. 31, p. 59-67, 2004.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ARTÉS, F. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO<sub>2</sub>-free “Superior Seedless” table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, n. 39, p. 146-154, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC, 2010. 1025 p.
- BELLINCONTRO, A.; FARDELLI, A.; DE SANTIS, D.; BOTONDI, R.; MENCARELLI, F. Postharvest ethylene and 1-MCP treatments both affect phenols, anthocyanins, and aromatic quality of Aleatico table grapes. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 12, n. 41, p. 141-149, 2006.
- CHEN, Y.; SUN, J.; LIN, H.; HUNG, Y.; ZHANG, S.; LIN, Y.; LIN, T. Paper-based 1-MCP treatment suppresses cell wall metabolism and delays softening of Huanghua pears during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2547-2552, 2017.
- CHEN, S.; WANG, H.; FU, Q.; WANG, R.; ZHANG, W. Prediction of plastic film thickness based on gas permeability and validation with “Kyoho” table grapes for optimal modified atmosphere packaging. **Packaging Technology and Science**, v. 1, p. 1-7, 2018.
- EJSMENIEWICZ, T.; BALIC, I.; SANHUEZA, D.; BARRIA, R.; MENESES, C. ORELLANA, A.; PRIETO, H.; DEFILIPPI, P.; CAMPOS-VARGAS, R. Comparative Study of Two Table Grape Varieties with Contrast Texture During Cold Storage. **Molecules**, v. 20, p. 3667-3680, 2015.
- HESPANHOL-VIANA, L.; PORMME, C. V.; VIANA, A. P.; CAMPOSTRINI, E. Avaliação da aderência ao pedicelo de algumas variedades de uva de mesa. **Jornal da Fruta**, v. 15, p. 2-3, 2007.
- KAUR, S.; ARORA, N. K.; GILL, K. B. S.; SHARMA, S.; GILL, M. I. S. Hexanal formulation reduces rachis browning and postharvest losses in table grapes cv. “Flame Seedless”. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 265-273, 2019.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CAKIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1394, 1997.
- LI, L.; KAPLUNOV, T.; ZUTAHY, Y.; DAUS, A.; PORAT, R.; LICHTER, A. The effects of 1-methylcyclopropane and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, n. 107, p. 16-22, 2015.

LIGUORI, G.; AQUINO, S. D.; SORTINO, G.; DE PASQUALE, C.; INGLESE, P. Effect of passive and active modified atmosphere packaging conditions on quality parameters of minimally processed table grapes during cold storage. **Journal of Berry Research**, v. 5, p. 131-143, 2015.

LIGUORI, G.; SORTINO, G.; GULLO, G.; INGLESE, P. Effects of Modified Atmosphere Packaging and Chitosan Treatment on Quality and Sensorial Parameters of Minimally Processed cv. "Italia" Table Grapes. **Agronomy**, v. 11, p. 328, 2021.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; ASSIS, J. S. de. **Vida útil pós-colheita da uva de mesa Superior Seedless após armazenamento refrigerado**. Edição de 49th Annual Meeting International Society for Tropical Horticulture, Fortaleza, 2004.

NGCOBO, M. E. K.; OPARA, U. L.; THIART, G. D. Effects of packaging liners on cooling rate and quality attributes of table grape (cv. Regal Seedless). **Packaging Technology and Science**, n. 25, p. 73-84, 2011.

PEGARORO, C.; STORCH, T. T.; CRIZEL, G. R.; FERREIRA, W. A.; GIRARDI, C.L. Atmosfera controlada associada ao 1-metilciclopropeno na preservação da qualidade de kiwi "tewi". **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2014078, 2016.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina: **EMBRAPA/CPATSA**, 1983. 280 p.

ROSALES, R.; FERNANDEZ-CABALLERO, C.; ROMERO, I.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C.; SANCHEZ-BALLESTRA, M. T. Molecular analysis of the improvement in rachis quality by high CO<sub>2</sub> levels in table grapes stored at low temperature. **Postharvest Biology and Technology**, v. 77, p. 50-58, 2013.

SANTOS, L. H. R.; DA SILVA, J. C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SILVA, E. P.; AZEVEDO, T. P.; COSTA, J. D. S. Qualidade de uva "arra 15" armazenada em atmosfera modificada em bolsões de filme plástico. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 20, n. 2, p. 34-40, 2019.

WANG, L.; LUO, Z.; LI, J.; YANG, M.; YAN, J.; LU, H.; LI, D.; CHEN, C.; AGHDAM, M. S.; WU, B.; LI, L. Morphological and quality characterization of grape berry and rachis in response to postharvest 1-methylcyclopropene and elevated oxygen and carbon dioxide atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 153, p. 107-117, 2019.

WU, Z.; YUAN, X.; LI, H.; LIU, F.; WANG, Y.; LI, J.; CAI, H. WANG, Y. Heat acclimation reduces postharvest loss of table grapes during cold storage – Analysis of possible mechanisms involved through a proteomic approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 105, p. 26-33, 2015.

ZAHEDIPOUR, P.; ASGHARI, M.; ABDOLLAHI, B.; ALIZADEH, M.; DANESH, Y. R. A comparative study on quality attributes and physiological responses of organic and conventionally grown table grapes during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 247, p.86-95, 2019.

ZHANG, Y.; LING, J.; ZHOU, H.; TIAN, M.; HUANG, W.; LUO, S.; HU, H.; LI, P. 1-Methyl cyclopropene counteracts ethylene inhibition of anthocyanin accumulation in peach skin after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 183, p. 111737, 2022.

ZEPEDA, B.; OLMEDO, P.; EJSMENTEWICZ, T.; SEPÚLVEDA, P.; BALIC, I.; BALLADARES, C.; DELGADO-RIOSECO, J.; FUENTEALBA, C.; MORENO, A. A.; DEFILIPPI, B. G.; MENESES, C.; PEDRESCHI, R.; CAPOS-VARGAS, R. Cell wall and metabolite composition of berries of *Vitis vinifera* (L.) cv. Thompson Seedless with different firmness. **Food Chemistry**, v. 268, p. 492-497, 2018.