



**ANDRÉ MESQUITA ROCHA**

**QUALIDADE DO TOMATE DO TIPO *GRAPE* EM DIFERENTES  
CULTIVOS E USO DE EMBALAGEM ATIVA NA RETENÇÃO DE  
COMPOSTOS BIOATIVOS E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

**SETE LAGOAS, MG**

**2020**

**ANDRÉ MESQUITA ROCHA**

**QUALIDADE DO TOMATE DO TIPO *GRAPE* EM DIFERENTES CULTIVOS E USO DE EMBALAGEM ATIVA NA RETENÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) pela Universidade Federal São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos  
Coorientador: Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva

**SETE LAGOAS - MG**

**2020**

**ANDRÉ MESQUITA ROCHA**

**QUALIDADE DO TOMATE DO TIPO *GRAPE* EM DIFERENTES CULTIVOS E USO DE EMBALAGEM ATIVA NA RETENÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) pela Universidade Federal São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Sete Lagoas, 12 de novembro de 2020.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Caroline Liboreiro Paiva – UFMG

Prof. Dra. Cintia Nanci Kobori – UFSJ

Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos  
Orientadora:

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e à minha irmã, por sempre estarem junto e me ajudarem.  
Ao meu grande amigo Ronaldo, pelo apoio e incentivo.  
À Heuzimara, pelo incentivo inicial.  
À minha orientadora Profa. Lanamar, por todo ensinamento.  
Ao meu coorientador Prof Ernani por todo ensinamento.  
A todos os professores com quem aprendi até aqui.  
Aos meus amigos dos laboratórios, Alice, Andréia, Antônio, Barbara Schultz, Barbara  
Moreira e Jessica Marçal obrigado por tudo.  
Aos meus colegas e amigos do programa, obrigado.  
Aos amigos Mariana, Luana, Paula, Alessandra, Rhennan e Isabela, obrigado!  
Aos servidores do campus, pela dedicação e o excelente trabalho.  
Ao Governo Federal, por disponibilizar este curso.  
À Cíntia que chegou no final, mas está sendo muito importante.  
Obrigado a todos.

## SUMÁRIO

Introdução Geral .....	12
Parte 1 – Artigo - Qualidade do tomate do tipo <i>grape</i> em diferentes cultivos e uso de embalagem ativa na retenção de compostos bioativos e na atividade antioxidante de tomates <i>grape</i> .....	13
Parte 2 – Uso de embalagem ativa na retenção de compostos bioativos e na atividade antioxidante de tomates <i>grape</i> .....	29
1 Introdução .....	29
2 Revisão de literatura .....	31
2.1 Tomate .....	31
2.2 Uso de embalagens .....	32
2.3 Pós-colheita .....	33
2.4 Armazenamento e atributos de qualidade .....	34
2.5 Características físico-químicas.....	35
2.6 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	37
3 Material e Métodos .....	39
3.1 Material vegetal .....	39
3.2 Metodologia .....	41
3.2.1 Avaliação das características físico-químicas .....	41
3.2.1.1 pH .....	41
3.2.1.2 ATT .....	41
3.2.1.3 SST .....	41
3.2.1.4 Cor instrumental .....	42
3.2.1.5 Perda de Massa .....	42
3.2.1.6 Textura Instrumental .....	42
3.2.2 Avaliação dos compostos bioativos .....	43
3.2.2.1 Licopeno .....	43
3.2.2.2 Compostos fenólicos totais .....	43
3.2.2.3 Vitamina C .....	44
3.2.3 Avaliação da atividade antioxidante.....	44
3.3 Delineamento experimental .....	45
4 Resultados e Discussão .....	46
4.1 Características físico-químicas .....	46
4.1.1 pH .....	46
4.1.2 ATT .....	48
4.1.3 SST .....	49
4.1.4 <i>Ratio</i> .....	49
4.1.5 Cor instrumental .....	50
4.1.6 Perda de Massa .....	51
4.1.7 Firmeza .....	53
4.2 Compostos Bioativos .....	54
4.2.1 Licopeno .....	54
4.2.2 Compostos fenólicos totais .....	56
4.2.3 Vitamina C .....	56
4.2.4 Atividade antioxidante .....	58
4 Conclusão .....	59
5 Referências .....	60

## RESUMO

### QUALIDADE DO TOMATE DO TIPO *GRAPE* EM DIFERENTES CULTIVOS E USO DE EMBALAGEM ATIVA NA RETENÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.

RESUMO – O tomate é uma fruta muito apreciada pelos consumidores, com potencial de alta produção quando cultivado em condições propícias. O cultivo sem solo, é uma das tecnologias aplicadas para o aumento da produtividade. Apesar das altas produções obtidas, as perdas pós-colheita consomem uma razoável percentagem da produção, o que leva a uma contínua busca por métodos de preservação afim de manter as características e prolongar a vida de prateleira dos frutos, o que permite a disponibilidade de tomates de ótima qualidade, mesmo em mercados distantes das regiões produtoras. Uma das formas de preservação dos frutos do tomateiro é a utilização de embalagens que têm como função controlar ou minimizar os processos de degradação, possibilitando que os frutos mantenham os parâmetros de qualidade até os consumidores. Esse trabalho objetivou avaliar a influência da embalagem sobre a vida de prateleira bem como sobre a preservação dos atributos de qualidade, dos conteúdos de compostos bioativos e da atividade antioxidante de tomates *grape*. O delineamento experimental utilizado, foi inteiramente casualizado envolvendo 2 tratamentos (embalagem ativa e embalagem PET), 5 tempos de armazenamento (dias 1, 5, 10, 15 e 20) e 4 repetições. As amostras para as avaliações laboratoriais foram retiradas no ato do armazenamento e cada 5 dias de armazenamento. As características avaliadas foram pH, ATT, SST, *Ratio*, firmeza, cor instrumental, perda de massa fresca, licopeno, compostos fenólicos totais, vitamina C e a atividade antioxidante (DPPH). Os teores médios de licopeno aumentaram durante o período de 20 dias de armazenamento (de 29,8 no momento do armazenamento a 48,7  $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  aos 20 dias). Houve degradação da vitamina C, cujos teores médios dos frutos armazenados, independentemente da embalagem variaram de 21,4 a 15,9  $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ). De uma maneira geral todas as características avaliadas foram influenciadas pela embalagem ou tempo de armazenamento e também pela interação de ambos. A definição da melhor embalagem a ser empregada depende do período de armazenamento a que será submetido os frutos. Para a conservação de massa e a preservação do conteúdo de licopeno a embalagem ativa apresentou o melhor resultado.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*; licopeno; vegetal pack.



## ABSTRACT

### QUALITY OF GRAPE TOMATO IN DIFFERENT CULTIVATION SYSTEMS AND USE OF ACTIVE PACKAGING IN THE RETENTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS AND IN THE ANTIOXIDANT ACTIVITY.

ABSTRACT – Tomato is a fruit that is highly appreciated by consumers, with high production potential when grown under favorable conditions. Substrate cultivation is one of the technologies applied to increase productivity. Despite the high yields obtained, post-harvest losses consume a reasonable percentage of production, which leads to a continuous search for preservation methods in order to maintain the characteristics and prolong the shelf life of the fruits, which allows the availability of tomatoes of excellent quality, even in markets far from the producing regions. One of the ways of preserving tomato fruits is the use of packaging that has the function of controlling or minimizing the degradation processes, allowing the fruits to maintain the quality parameters for consumers. This work aimed to evaluate the influence of packaging on shelf life as well as the preservation of quality attributes, the contents of bioactive compounds and the antioxidant activity of tomatoes grape. The experimental design used was entirely randomized 2 treatments, 5 storage times and 4 repetitions, where the tested packages were PET packaging and active packaging. Every 5 days of storage, samples were taken from the packaging of each model and then laboratory analyzes were carried out. The evaluated characteristics were pH, TTA, TSS, Ratio, Firmness, Instrumental color and loss of fresh mass in addition to the contents of lycopene, total phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity (DPPH). The average levels of lycopene increased during the period of 20 days of storage (29.8 at the time of storage at 48.7  $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  at 20 days). There was degradation of vitamin C, whose average levels of stored fruits, regardless of packaging, ranged from 21.4  $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  to 15.9  $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ). In general, all the characteristics evaluated were influenced by the packaging or storage time and also the interaction of both. The definition of the best packaging to be used depends on the storage period to which the fruits will be submitted. For mass conservation, the active type packaging presented the best result.

Key-word: *Lycopersicon esculentum*; lycopene; vegetal pack.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modificação nos pigmentos presentes em frutos de tomate durante a maturação. A) Verde-maturo; B) Verde-amarelo; C) Amarelo-laranja com traços verdes; D) Laranja-amarelo sem traços verdes; E) Laranja-vermelho; F) Vermelho .....	36
Figura 2. Fórmula estrutural do licopeno .....	37
Figura 3. Mesa de seleção e frutos já selecionados .....	39
Figura 4. Etapas envolvidas neste estudo .....	40
Figura 5. Amostras sendo preparadas para o armazenamento .....	41
Figura 6. Detalhe da sonda e um fruto durante a análise da textura .....	42
Figura 7. Valores de pH em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	47
Figura 8. Valores de ATT em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	48
Figura 9. Média da Luminosidade observada em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.....	51
Figura 10. Perda de massa em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.....	52
Figura 11. Firmeza de tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	53
Figura 12. Teores de licopeno ajustados para base seca em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	55
Figura 13. Teores de compostos fenólicos em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	56
Figura 14. Teores de vitamina C em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias .....	57
Figura 15- Atividade antioxidante expressa em $\mu\text{mol}$ Trolox equivalente (TE)/g em base fresca em tomates <i>grape</i> armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias. ....	58

## LISTA DE TABELAS

Table 1. Physico-chemical characteristics and content of bioactive compounds in grape tomatoes grown in pots and directly in the soil.....20

Tabela 1 - Quadrados médios e significância das variáveis: pH, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT), Perda de Massa, Textura, Licopeno, compostos fenólicos e atividade antioxidante.....46

Tabela 2 - Quadrados médios e significância para os parâmetros de cor instrumental L\*, a\*, b\*.....50

## Introdução Geral

O tomateiro representa uma das hortaliças de maior importância no cenário agrícola mundial, devido a sua flexibilidade na utilização como alimento por suas qualidades organolépticas, seu teor de substâncias bioativas e aceitação por grande parte dos consumidores.

Na América Latina, o Brasil destaca-se como o maior produtor desta solanácea. A tomaticultura brasileira encontra-se disseminada em todo o território nacional, sendo as regiões sudeste e centro-oeste os principais centros de produção.

O consumo de tomate especiais está concentrado nos grandes centros urbanos, nem sempre próximos dos grandes polos de produção o que demanda uma estrutura de beneficiamento, armazenamento e distribuição (ALVARENGA, 2013).

No entanto, para que estes frutos cheguem aos mercados varejistas e atendam da melhor forma possível os desejos e necessidades dos consumidores é preciso que seja aplicada técnicas que aumentem a produtividade e a qualidade dos frutos. Uma das técnicas, é o cultivo sem solo, onde as plantas são cultivadas em substrato, na ausência total de solo, maximizando o uso e controle da fertirrigação, além de permitir o uso de áreas que sem o uso desta técnica, não seria possível o estabelecimento do cultivo.

No que diz respeito a qualidade em pós colheita, o uso de embalagens ativas é uma das alternativas para uma maior vida de prateleira (ALVARENGA, 2013; CHITARRA e CHITARRA, 2005.).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi verificar as diferenças na qualidade de tomates cultivados em solo e substrato e também a influência de embalagem ativa sobre a vida de prateleira bem como sobre a preservação dos atributos de qualidade, dos conteúdos de compostos bioativos e da atividade antioxidante de tomates tipo *grape*.

## **Parte 1**

Artigo redigido e submetido à revista **Research, Society and Development**, aceito para publicação.

### **Quality of grape tomatoes in different cultivation systems**

#### **Qualidade do tomate do tipo grape em diferentes cultivos**

##### **Calidad de los tomates uva en diferentes cosechas**

**André Mesquita Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8842-9618>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

**Andreia Aparecida dos Anjos Chagas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8835-828X>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

**Gabriela Conceição Oliveira e Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6004-5348>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

**Ernani Clarete da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7515-7588>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

**Washington Azevedo da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9536-9238>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

**Lanamar de Almeida Carlos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2583>

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*, Brasil

## Resumo

O tomate é uma fruta rica em compostos bioativos como licopeno, vitamina C e compostos fenólicos. Entretanto, as condições de cultivo podem influenciar na concentração dessas substâncias. Neste estudo, o objetivo foi analisar características da qualidade dos frutos de tomateiro em diferentes sistemas de cultivo. As seguintes características foram avaliadas: pH, teor de sólidos solúveis, acidez total, relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez total, parâmetros instrumentais de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , cromas e hue), textura, compostos bioativos (carotenoides totais, licopeno, compostos fenólicos totais e vitamina C) e atividade antioxidantes de frutos de tomateiro do tipo *grape* cultivado em casa de vegetação em diferentes sistemas (solo x substrato). Utilizou-se delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos e quatro repetições. As análises foram realizadas por métodos oficiais e em triplicata. O pH, sólidos solúveis, textura, cor, licopeno, vitamina C e atividade antioxidante não foram afetadas pelo sistema de cultivo usado. Porém, os tomates tipo *grape* cultivados em substrato apresentaram maiores teores de carotenoides ( $36,31 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  base fresca), compostos fenólicos ( $68,37 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  base fresca) e relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez total (17,90), e menor acidez total (0,58% ácido cítrico  $100 \text{ g}^{-1}$ ), o que representam do ponto de vista nutricional, sensorial e funcional, benefícios para o consumidor.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*; Compostos bioativos; Cultivo em estufas.

## Abstract

Tomato is a fruit rich in bioactive compounds like lycopene, vitamin C and phenolic compounds. However, cultivation conditions can influence the concentration of these substances. In this study, the objective was to analyze quality characteristics of tomato fruits in different cultivation systems. The following characteristics were evaluated: pH, soluble solids content, total acidity, relationship between soluble solids content and total acidity, instrumental color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chroma and hue), texture, bioactive compounds (total carotenoids, lycopene, total phenolic compounds and vitamin C) and antioxidant activity of grape tomato fruits grown in a greenhouse in different systems (soil x substrate). A completely randomized design was used, with two treatments and four replications. The analysis were performed by official methods and in triplicate. The pH, soluble solids, texture, color, lycopene, vitamins C and antioxidant activity were not affected by the cultivation system used. However, grape-type tomatoes grown in substrate showed higher levels of carotenoids ( $36.31 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  fresh matter), phenolic compounds ( $68.37 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  fresh matter) and ratio between total soluble solids and total acidity (17.90), and lower total acidity (0.58% citric acid  $100 \text{ g}^{-1}$ ), which

represents a nutritional, sensorial and functional advantage for the consumer.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*; Bioactive compounds; Greenhouse crop.

## Resumen

El tomate es una fruta rica en compuestos bioactivos como licopeno, vitamina C y compuestos fenólicos. Sin embargo, las condiciones de cultivo pueden influir en la concentración de estas sustancias. En este estudio, el objetivo fue evaluar características de calidad de frutos de tomate en diferentes sistemas de cultivo. Se evaluaron las siguientes características: pH, contenido de sólidos solubles, acidez total, relación entre contenido de sólidos solubles y acidez total, parámetros instrumentales de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma y hue), textura, compuestos bioactivos (carotenoides totales, licopeno, compuestos fenólicos totales y vitamina C) y actividad antioxidante de frutos de tomate del tipo *grape* cultivados en invernadero en diferentes sistemas (suelo x sustrato). Se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Los análisis se realizaron por métodos oficiales y por triplicado. El pH, los sólidos solubles, la textura, el color, el licopeno, la vitamina C y la actividad antioxidante no se vieron afectados por el sistema de cultivo utilizado. Sin embargo, los tomates tipo *grape* cultivados en sustrato mostraron niveles más altos de carotenoides ( $36,31 \mu\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$  de base fresca), compuestos fenólicos ( $68,37 \text{ mg de GAE} \cdot 100 \text{g}^{-1}$  de base fresca) y relación entre sólidos solubles totales y acidez total ( $17,90$ ), y menor acidez total ( $0,58\%$  ácido cítrico  $100 \text{g}^{-1}$ ), lo que representa una ventaja nutricional, sensorial y funcional para el consumidor.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*; Compuestos bioactivos; Cultivo en invernadero.

## 1. Introduction

The cherry and grape tomatoes (*Solanum lycopersicum*) are among the most popular varieties in the world. In recent years its cultivation and commercialization have been boosted throughout Brazil, as it is a delicate fruit, of reduced size, sweet taste and attractive red color, because of the high content of lycopene (Guilherme et al., 2014). Due to these characteristics, the *grape* tomatoes are now well incorporated into modern gastronomy as garnishes, appetizers and in the preparation of various dishes (Silva et al., 2011).

Recent studies recommend its consumption, as it is a well-known fruit in terms of its content of bioactive compounds that contribute both to its nutritional value and to the maintenance of the consumer's health, since they have antioxidant compounds, such as carotenoids (lycopene, lutein and  $\beta$ -carotene), vitamins (vitamin E and C) and phenolic compounds (caffeic acid and quercetin) (Luterotti et al., 2015). These compounds act directly on the body as antioxidant agents, helping to prevent diseases such as cardiovascular disease, cancer, Parkinson's and Alzheimer. In addition, they assist the body in removing free radicals formed, mainly due to poor diet and stress conditions (Hallmann, 2012).

Therefore, in addition to vitamins, carotenoids and phenolic compounds, other properties such as color, firmness, sugar concentration and organic acids, which are responsible for the flavor, are also directly related to the quality of the fruits (Tinyane et al., 2013). According to Levya et al. (2013), these properties can be changed according to genetic differences, cultivation techniques, post-harvest storage conditions and environmental conditions such as humidity, light and temperature.

Due to the growing demand for high quality vegetables comes the need for the adoption of sustainable cultivation techniques aiming to save natural resources, reducing water consumption, reducing or eliminating pesticides, as well as reducing the distance between the production unit and distribution to shopping centers in urban areas.

The greenhouse crops cultivated in the soil, hydroponic or with fertigation in substrate, with partial control of the environment allows for an increase in productivity and obtaining better quality products, being thus considered the most suitable and the most used for the production of the majority of cultivated vegetable species. In this context, the present study aimed to analyze the quality characteristics of tomato fruits in different types of cultivation.

## **2. Methodology**

### **Materials and Methods**

The experiment was carried out in a greenhouse with a capacity of 1600 plants, built in a metallic structure, in the type of arched ceiling with 4 m high, covered with polyethylene film additive of UV stabilizers, 200 microns thick, located on the Pampulha farm, in the municipality of Pará de Minas-MG, under the geographic coordinates (Lat. 019°18'16"S Long. 044°61'98"W).



The experimental design adopted was entirely randomized (Ferreira, 2018) with four replications including two treatments: cultivation in the soil and cultivation in pots with a capacity of 10 liters filled with substrate based on coconut fiber. The plots in the soil consisted of single rows of 10 plants spaced 60 centimeters apart and the fruits of the six central plants were evaluated, as were the plants conducted in the pots.

The tomato seedlings of the hybrid cultivar Tomini were produced in 96-cell plastic trays, using commercial substrate. At 30 days after sowing, the seedlings were transplanted to the defined location according to the experimental design. The environmental control was carried out in order to allow a temperature of  $27^{\circ}\text{C} \pm 3$ , relative humidity around  $70\% \pm 3$  and a wind speed of  $2.4 \text{ km h}^{-1}$  (exhaust fan on).

The soil used in the experiment was a dystrophic oxisol that initially had the following characteristics:  $\text{P} = 1.15 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 72.0 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 2.31 \text{ cmoc dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 1.43 \text{ cmoc dm}^{-3}$ ;  $\text{Al} = 0.02 \text{ cmoc dm}^{-3}$ ; sum of exchangeable bases =  $3.92 \text{ cmoc dm}^{-3}$ ; cation exchange capacity =  $6.52 \text{ cmoc dm}^{-3}$ ; base saturation = 60.1%; organic matter =  $46.2 \text{ g dm}^{-3}$ .

In both treatments, the plants were automatically fertigated using the equipment (Hidrosense - RF4) with volumetric injectors adjusted to 1.2% so that the electrical conductivity of the applied solution remained at 2.5 mS/cm. The nutrients in quantity were diluted in water according to what is established by the Soil Fertility Commission of Minas Gerais, Fifth Approximation based on the analytical result of the soil.

The plants were carried out with two stems and tutored vertically with the aid of ribbons. All cultural and phytosanitary treatments were carried out according to the needs and recommendations for the culture (Alvarenga, 2013).

Approximately 180 grams of fruit from each plot were harvested. The tomatoes were packed in plastic boxes and transported to the Food Conservation laboratory of the Federal University of São João del-Rei at the Sete Lagoas Campus - MG, where the selection was made, washing in running water, drainage to remove excess of water and, later, physical-chemical analyzes, color, instrumental texture, bioactive compounds (total phenolics, total carotenoids, lycopene, vitamin C) and antioxidant activity.

### **Physico-chemical characteristics**

The hydrogen potential (pH) was determined with the aid of a digital pH meter (Tekna® T-1000), by immersing the electrode in the homogenized sample and adding 50 mL of distilled water (Aoac, 2016).

Total titratable acidity was determined by titrimetry, using a 0.01 N NaOH solution as standard and phenolphthalein as an indicator, according to the methodology proposed by Aoac (2016), with assistance of pH measurement. The results were expressed in % citric acid.

The content of total soluble solids (TSS) was evaluated through direct refractometric reading in degrees Brix ( $^{\circ}$ Brix), using a digital refractometer (REICHERT r2MINI), according to the Aoac methodology (2016).

The ratio of the total soluble solids content to the total titratable acidity (SST / AAT), was also calculated. The colorimetric parameters were evaluated with the aid of a Konica Minolta colorimeter, CR410 in the  $L^*$  color space,  $a^*$ ,  $b^*$ , C and  $H^{\circ}$ , where  $L^*$  indicates luminosity ranging from 0 (black) to 100 (white),  $a^*$  refers to how green or red the fruit is,  $b^*$  indicates coloration in the yellow range in blue, the chromaticity (C) represents the saturation and purity of the color (close to 0 neutral colors and close to 60 vivid colors, the Hue angle ( $H^{\circ}$ ) represents the real color at an angle of  $360^{\circ}$ . Measurements were made at three points distinct from the equatorial region of each fruit. The results consist of the averages of these readings.

Tomato firmness was determined in a *TAXTPLUS* Texture analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) equipped with a 50N load cell and Exponent Lite software (Version 5.1.1.0, 2010). For this, the fruits as a whole were fixed in the base of the equipment containing a central hole. Afterwards, a probe with a spherical tip, 2mm in diameter, was moved perpendicularly against the tomato surface until complete rupture, making a distance of 5 mm, at a test speed of  $5 \text{ mm s}^{-1}$ . From the Force (g) x time (s) curve, the data were automatically compiled by the software, and the firmness of the tomatoes was expressed in Newton.

## **Bioactive compounds**

### **Total carotenoids content and Lycopene**

The lycopene content was determined according to the methodology proposed by Rodriguez-Amaya (2001), which consists in the extraction of carotenoid pigments with acetone p.a and quantification by spectrophotometry at 450 nm for total carotenoids and 470 nm for lycopene. The results were expressed in  $\mu\text{g}$  of carotenoids per 100 grams of sample on a fresh basis.

### **Total phenolic compounds**

The content of total phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method Neves et al. (2009) by comparing a calibration curve constructed with gallic acid.

The absorbance was read on a FEMTO 700 S spectrophotometer at 740 nm. The results were expressed in mg of gallic acid equivalent (GAE) per 100 grams of sample on a fresh basis.

### **Ascorbic acid (Vitamin C)**

Vitamin C content was evaluated using high performance liquid chromatography (HPLC) on a HPLC SHIMADZU system prominence LC - 20A, with an LC - 20AT quaternary pump, manual injector with 20  $\mu\text{L}$  loop, degasser, an CBM- 20A integrator and an SPD-20AV DAD detector, ODS-2 HYPERSIL column (250 mm 4.6 mm, 5 $\mu\text{m}$ ) and CTO-20A oven at 40°C. The mobile phase was prepared with cetyltrimethylammonium bromide (5  $\text{mmol.L}^{-1}$ ) and monobasic potassium phosphate (50  $\text{mmol.L}^{-1}$ ) in a 1:1 ratio, following the methodology proposed by Benloch et al. (1993) and adapted by Teixeira, (2018).

### **Antioxidant Activity (AA)**

The measure of DPPH radical capturing activity (2,2-diphenyl-1-picrilhidrazil) was determined using the methodology described by Brand-Williams et al. (1995) and adapted by Embrapa, (2016). The absorbance was read on a FEMTO 700 S spectrophotometer at 515 nm wave length. The results were expressed in  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalent per gram of sample on fresh basis ( $\mu\text{mol TE. g}^{-1}$ ).

### **Statistical Analysis**

All analysis were performed in triplicate, the data obtained were subjected to analysis of variance by the F test and the means were compared by the Tukey test with a 5% probability using the SISVAR 5.6 software (Ferreira, 2014).

## **3. Results and Discussion**

The Table 1 contain data regarding physical and chemical characterization on tomatoes grown in soil and in substrate. It shows there were significant differences between treatments for the attributes of titratable acidity (TTA), relationship between soluble solids content and total acidity (Ratio), total carotenoids and total phenolic compounds (Table 1).

Table 1. Physico-chemical characteristics and content of bioactive compounds in grape tomatoes grown in pots and directly in the soil.

Attributes	Type of culture system used	
	Substrate	Soil
pH	4,53 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>
TSS (°Brix)	8,64 <sup>a</sup>	8,73 <sup>a</sup>
TTA (% citric acid)	0,58 <sup>a</sup>	0,81 <sup>b</sup>
Ratio	14,90 <sup>a</sup>	10,78 <sup>b</sup>
Texture (N)	5,23 <sup>a</sup>	5,03 <sup>a</sup>
L*	38,44 <sup>a</sup>	39,47 <sup>a</sup>
a*	11,19 <sup>a</sup>	10,69 <sup>a</sup>
b*	15,04 <sup>a</sup>	13,87 <sup>a</sup>
Croma (C*)	18,75 <sup>a</sup>	17,51 <sup>a</sup>
Hue (h°)	53,36 <sup>a</sup>	52,40 <sup>a</sup>
Lycopene (µg. 100 g <sup>-1</sup> fresh basis)	30,10 <sup>a</sup>	32,44 <sup>a</sup>
Total Carotenoids (µg. 100 g <sup>-1</sup> fresh basis)	36,31 <sup>a</sup>	32,54 <sup>b</sup>
Fenolics Compounds (mg GAE.100 g <sup>-1</sup> fresh basis )	65,37 <sup>a</sup>	53,00 <sup>b</sup>
Vitamin C (mg.100g <sup>-1</sup> fresh basis)	1314,39 <sup>a</sup>	1572,11 <sup>a</sup>
Antioxidant Activity (µmol TE.g <sup>-1</sup> fresh basis)	128,88 <sup>a</sup>	126,70 <sup>a</sup>

\*\* Averages followed by the same letter horizontally do not differ by Tukey's test with 5% probability (GAE: Gallic acid equivalent; TTA: total titratable acidity, Ratio: relationship between soluble solids content and total acidity).

Source: Elaborated by the authors

There were no significant difference between treatments in relation to pH, and the pH values observed in these studies are higher than the results obtained by Vieira et al. (2014), who found in studied similar tomatoes, obtained via organic and conventional cultivation, pH values in the range of 4.46 and 4.48. According to Ramos et al. (2013), the pH can vary with the cultivation conditions, however it is desirable that these values are low to reduce the incidence of microorganisms.

The total soluble solids (TSS) content was not affected by the tomato cultivation systems. Sugars, mainly sucrose, are the main soluble solids present in tomatoes. According to Otoni et al. (2012), light, temperature and relative humidity, are factors that can affect photosynthesis and consequently influence the concentration of sugars in the fruits.

The total titratable acidity had a significant variation, the highest values being found in tomatoes grown in soil (0.81% citric acid). Monteiro et al. (2019), evaluating the postharvest quality of cherry tomatoes grown in an agroecological system, found values of total titratable acidity of 0.31%, values lower than those found in this study. According to Oliveira et al. (2016), such a reaction may have been influenced by the metabolism response to the culture system.

Borguini et al. (2013) have reported that pH and total acidity are important elements when studying the level of acceptance of a product by the consumer, as fruits that are too acidic are in general more rejected by consumers.

With regard to the TSS/TTA, pot-grown tomatoes presented a significantly higher value (14.90) than tomatoes grown in soil (10.78), although both were considered to be good quality and pleasant taste, as they reached values greater than 10 (Kader et al., 1978). According to Vieira et al. (2014), when these values are high, the fruit is in a good degree of ripeness, due to an increase of SST values as the total acidity values decrease. Sousa et al. (2011) working with tomatoes in a greenhouse obtained very high values, ranging from 30.34 to 48.8, values considered higher when compared to others seen in the literature, that report values ranging from 12.60 to 15.40 (Cardoso et al., 2006).

It was observed that, for pulp firmness, there was no significant difference between treatments, with an average of 5.23 N for pot-grown tomatoes and 5.03 N for tomatoes grown in soil. Islam et al. (2018), evaluating the physical characteristics of cherry tomatoes after harvest, found averages of 18.90 N, higher than the values found in this study. The firmness of the pulp is another important quality characteristic for the commercialization of tomatoes, considering that this parameter is quite required by consumers, which significantly influences the purchase option (Ferreira et al., 2012). It is worth mentioning that firmness is also very important in the fruit's useful life, as it provides greater resistance to damage during harvesting, transportation and marketing.

There was no significant variation in instrumental color parameters, and the values observed for  $L^*$ ,  $b^*$  and  $h^{\circ}$  were similar to those obtained by Monteiro et al. (2019) for ripe cherry tomatoes, namely  $L^* = 37.14 \pm 1.42$ ;  $b^* = 14.54 \pm 1.36$  and  $h^{\circ} = 44.25 \pm 8.42$ .

However, the parameters  $a^*$  and  $C^*$  obtained in this study were lower than those reported by Monteiro et al. (2018) ( $a^* = 19.87 \pm 0.37$ ;  $C^* = 24.29 \pm 0.68$ ) for ripe cherry tomatoes. The cherry tomato fruits analyzed by Sousa et al. (2015), exhibited coloration tending slightly to yellow and strongly to red and with high luminosity. The results achieved in the present study differ from those obtained when the cherry tomatoes grown in the protected system in different cultivation were evaluated.

The averages of the chromatic coordinate  $a^*$  referring to the color that varies in the red axis (+a) to the green (-a), indicate the intensity of the red color, an important sensory attribute that makes the product more attractive to the consumer, influencing positively in buyer's choice.

When the lycopene concentration in the fruits was evaluated, it was observed that the cultivation systems did not influence this characteristic (Table 1). However, the values observed in these studies are lower than the results obtained by Shirahige et al. (2010), (4,544.96  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in fresh basis) for Santa Cruz tomatoes. The concentration of lycopene in tomatoes depends on its chemical constitution, genetics and interaction of the genotype with the environment in which it is inserted (Ceballos et al., 2012).

In contrast, the total carotenoid contents were statistically different in response to treatments (Table 1). Pot-grown tomatoes showed a higher average of carotenoids (36.31  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in fresh basis) than tomatoes grown in soil (32.54  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in fresh basis). However, the values detected in this experiment were lower than those reported by Pinho, (2008), which, evaluating the physical-chemical quality of cherry tomatoes of the cultivar "Carolina" in conventional and organic crops, found values of (41.29  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  and 47.98  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  on a fresh basis), respectively.

The contents of phenolic compounds were higher in pot-grown tomatoes (65.37 mg GAE.100  $\text{g}^{-1}$  in fresh basis) when compared to those grown in soil (53.00 mg GAE.100  $\text{g}^{-1}$  in fresh basis). The contents of bioactive compounds can vary with abiotic factors such as light, temperature, humidity, and ionizing radiation (Rivera-Pastrana et al., 2010), which in this study were minimized by the fact that the tomatoes were grown in the same protected environment.

With regard to antioxidant activity, they did not differ statistically between treatments. According to Vasconcelos et al. (2014), antioxidants in fruits are substances that can prevent or repair oxidative damage caused by reactive oxygen species in lipids, proteins and nucleic acids.

The average vitamin C content did not show any significant difference, ranging from (1314.39 mg.100 g<sup>-1</sup> to 1572.11 mg.100 g<sup>-1</sup> on a fresh basis) between treatments (Table 1). Guimarães et al. (2020), evaluating a “Compack” type tomato, found average vitamin C values of 29.303mg. 100 g<sup>-1</sup> in fresh basis, therefore, lower than those found in the present study.

According to Gautier et al. (2005), fruits that are less exposed to light, as in a protected environment, have a higher concentration of vitamin C, a fact that was observed in this study when compared to others found in the literature that report values that vary from (4.60 and 4.58 mg 100 g<sup>-1</sup> in fresh basis), in “Carolina” tomatoes grown in the field (Almeida, 2016).

#### **4. Final considerations**

It was considered that only carotenoids, phenolic compounds, total soluble solids/total acidity and total acidity are affected by the cultivation system whose contents obtained with the cultivation in substrate represent, from the nutritional, sensory and functional point of view, benefits for the consumer.

Future research relating different levels of nutrients available in the soil solution and the desired characteristics of the fruit in order to maximize the efficiency of nutrient use and decrease nutrient losses. Studies regarding the productivity and sensorial characteristics would enlighten further aspects.

#### **5. Acknowledgments**

The authors would acknowledge Mr. Adilson Abreu Pereira by the donation of the tomatoe samples and allowing the study to be carried out on his rural property. They also acknowledge FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Brazil) and CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) for granting of financial support.

#### **6. References**

Aoac - International, Latimer, G, W. Association of Official Analytical Chemistry - Aoac. (2016). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*. (20th ed.) Gaithersburg Maryland: Aoac.

Almeida, V. D. S. (2016). *Produtividade, compostos bioativos e características físico-químicas de tomates obtidos em diferentes sistemas e ambientes de cultivo* 2016, 60 f. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Alvarenga, M. A. R. (2013). Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. rev. e ampl. *Lavras: UFLA*.

Benlloch, R., Farre, R., & Frigola, A. (1993). A quantitative estimate of ascorbic and isoascorbic acid by high performance liquid chromatography: application to citric juices. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 16(14), 3113-3122. <https://doi.org/10.1080/10826079308019637>

Borguini, R. G., Bastos, D. H. M., Moita-Neto, J. M., Capasso, F. S., & Torres, E. A. F. D. S. (2013). Antioxidant potential of tomatoes cultivated in organic and conventional systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(4), 521-529. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000400001>

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

Cardoso, S. C., Soares, A. C. F., Brito, A. D. S., Carvalho, L. A. D., Peixoto, C. C., Pereira, M. E. C., & Goes, E. (2006). Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. *Bragantia*, 65(2), 269-274. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000200008>

Ceballos-Aguirre, N., Vallejo-Cabrera, F. A., & Arango-Arango, N. (2012). Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza (*Solanum* spp.). *Acta Agronómica*, 61(3), 230-238.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Determinação da atividade antioxidante total; método DPPH*. [Sete Lagoas]: Embrapa milho e sorgo, nov. 2016. n. 07.



Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

Ferreira, R. M. D. A. (2012). Caracterização física e química de híbridos de tomate em diferentes estádios de maturação produzidos em Baraúna, Rio Grande do Norte. *Rev. Ceres*, 506-511. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400011>

Ferreira, P. V. (2018) *Estatística experimental aplicada às ciências agrárias* (1st ed.) Viçosa, MG: Editora UFV.

Gautier, H., Rocci, A., Buret, M., Grasselly, D., & Causse, M. (2005). Fruit load or fruit position alters response to temperature and subsequently cherry tomato quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6), 1009-1016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2060>

Guilherme, D. D. O., de Pinho, L., Cavalcanti, T. F. M., da Costa, C. A., & de Almeida, A. C. (2014). Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. *Revista Caatinga*, 27(1), 181-186.

Guimarães, M. A. S., dos Reis Nascimento, A., Junior, L. C. C., & da Silva, F. A. (2020). Efeito do ensacamento na qualidade e incidência de danos em frutos de tomate mesa do tipo Compact”. *Research, Society and Development*, 9(8), e265985190-e265985190. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5190>

Hallmann, E. (2012). The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14), 2840-2848. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5617>

Islam, M. Z., Mele, M. A., Choi, K. Y., & Kang, H. M. (2018). Nutrient and salinity concentrations effects on quality and storability of cherry tomato fruits grown by hydroponic system. *Bragantia*, 77(2), 385-393. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017185>

Kader, A. A., Morris, L. L., Stevens, M. A., & Albright-Holton, M. (1978). Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103(1), 6-13.

Leyva, R., Constán-Aguilar, C., Blasco, B., Sánchez-Rodríguez, E., Romero, L., Soriano, T., & Ruíz, J. M. (2014). Effects of climatic control on tomato yield and nutritional quality in Mediterranean screenhouse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 63-70. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6191>

Luterotti, S., Bicanic, D., Marković, K., & Franko, M. (2015). Carotenes in processed tomato after thermal treatment. *Food Control*, 48, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.004>

Monteiro, S. S., Monteiro, S. S., & da Silva, E. A. (2019). Análise dos compostos bioativos e características físico-químicas de berinjela e tomate cereja em produção agroecológica. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(7), 6927. <https://doi.org/10.18378/cvads.v9i7.6927>

Neves, L. C., Alencar, S. D., & Carpes, S. T. (2009). Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 7, 107-110.

Oliveira, M. D., Pereira, E. M., Porto, R. M., Leite, D. D. F., Fidelis, V. D. L., & Magalhaes, W. B. (2016). Avaliação da qualidade pós-colheita de hortaliças tipo fruto, comercializadas em feira livre no município de Solânea-PB, Brejo Paraibano. *Agropecuária Técnica*, Areia-PB, v.37, n.1, p.13-18.

Otoni, B. S., Mota, W. R., Belfort, G. R., Silva, A. R. S., Vieira, J. C. B & Rocha, L. S. (2012). Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes porcentagens de sombreamento. *Rev. Ceres*, v. 59, n.6, p. 816-825. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000600012>

Pinho, L. de. (2008) - *Qualidade físico-química e sanitária de tomate cereja e milho verde, cultivados em sistemas de produção orgânico e convencional*. Dissertação de Mestrado. Monte Claro, Universidade Federal de Minas Gerais. 159 p.

Ramos, A. R. P., Amaro, A. C. E., Macedo, A. C., de Assis Sugawara, G. S., Evangelista, R. M., Rodrigues, J. D., & Ono, E. O. (2013). Qualidade de frutos de tomate 'giuliana' tratados com produtos de efeitos fisiológicos. *Semina: Ciências Agrárias*, 1(34), 3543-3552.

Rivera-Pastrana, D. M., Yahia, E. M., & González-Aguilar, G. A. (2010). Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14), 2358-2365. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4092>

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods* (pp. 5-10). Washington: ILSI press.

Shirahige, F. H., Melo, A. M. T., Purquerio, L. F. V., Carvalho, C. R. L., & Melo, P. C. T. (2010). Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. *Horticultura Brasileira*, 28(3), 292-298.

Silva, A. C., da Costa, C. A., Sampaio, R. A., & Martins, E. R. (2011). Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 33-40.

Sousa, A. A., Grigio, M. L., Nascimento, C. R., Silva, A. C. D., Rego, E. R., & Rego, M. M. (2011). Caracterização química e física de frutos de diferentes acessos de tomateiro em casa de vegetação. *Revista Agro@ambiente On-line*, vol.5, n.2, p.113-118. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v5i2.534>

Sousa, I. M., Garcia, L. G. C., Peixoto, J. V. M., Nascimento, L. M., Silva Neto, C. M., & Pontes, N. C. (2015). Avaliação do diâmetro e dos parâmetros a\*, b\*, L\* e croma em tomateiro industrial. In *IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, Goiano-GO*.

Teixeira, B. A. *Bioprodução de fitoquímicos em plantas alimentícias não convencionais (pAnc) nas quatro estações do ano*. 2018, 51 f. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias) - Curso de Pós-Graduação em Ciências agrária, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas.

Tinyane, P. P., Sivakumar, D., & Soundy, P. (2013). Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 161, 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.024>

Vasconcelos, T. B., Cardoso, A. R. N. R., Josino, J. B., Macena, R. H. M., & Bastos, V. P. D. (2014). Radicais livres e antioxidantes: proteção ou perigo. *Journal of Health Sciences*, 16(3). <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2014v16n3p%25p>

Vieira, D. A. de P., Cardoso, K. C. R., Dourado, K. K. F., Caliari, M., & Soares Junior, M. S. (2014). Qualidade física e química de mini-tomates Sweet *Grape* produzidos em cultivo orgânico e convencional. *Revista Verde*, v 9. , n. 3 , p. 100 -08, jul-set.

## Parte 2

# USO DE EMBALAGEM ATIVA NA RETENÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE TOMATES *GRAPE*

## 1 Introdução

Atualmente, há uma demanda crescente por alimentos funcionais, ou seja, alimentos consumidos regularmente que, além de seu conteúdo nutricional, proporcionam benefícios à saúde do consumidor, principalmente na redução do risco de doenças. Essa demanda tem contribuído para o aumento do consumo de hortaliças no Brasil e no mundo (CANELLA e LOUZADA, 2018.; MENDONÇA et al, 2019.).

O consumo regular de tomate, um fruto de baixo valor calórico, e reconhecida fonte de licopeno, além da presença de ácido ascórbico, vitamina E, vitamina K, ácido fólico, flavonoides, cálcio, potássio e outros minerais, é associado à redução do risco de câncer de próstata (ANTUNES, 2017; DA SILVA et al. 2009; RAO et al. 1998; SHAMI e MOREIRA, 2004). Estudos apontam que o licopeno confere proteção contra a danosa e contínua ação dos radicais livres sobre lipoproteínas de baixa densidade, proteínas e DNA (DÍEZ e NUEZ, 2008; RAO et al. 1998).

A relação entre o consumo regular de licopeno e a prevenção e combate ao câncer é estudada há vários anos e tem eficácia comprovada na prevenção, especificamente, do câncer de próstata.

Existem vários grupos de tomates cultivados e comercializados nas mais diferentes regiões do país. O mercado brasileiro de tomates pode ser dividido basicamente seis grupos: Santa Cruz, salada, saladinha, italiano, industrial e cereja, sendo que a produção de tomates de mesa está distribuída em: salada (51,5%), italiano (31,3%), Santa Cruz (12,1%) e cereja (5,1%). Os tomates *grape* estão dentro do grupo cereja, que são uma variedade de frutos pequenos, formato periformes, com elevados teores de sólidos solúveis, muito utilizados na ornamentação de pratos. Este grupo de tomate vem apresentando grande demanda pelos consumidores, alcançando preços compensadores no mercado (DORAIS et al. 2008; DOSSA e FUCHS, 2017; NADAI et al., 2015).

Apesar da alta produção obtida nos cultivos de média e alta tecnologia do tomate *grape*, as perdas pós-colheita consomem uma considerável parte da produção, o que leva a uma contínua busca por métodos de preservação afim de manter as características e prolongar a vida de prateleira dos frutos, o que permite a disponibilidade de tomates de

ótima qualidade, mesmo em mercados distantes das regiões produtoras (BARRINGER, 2008; DOSSA e FUCHS, 2017).

Uma das formas de preservação dos frutos e hortaliças *in natura* é a utilização de embalagens que têm como função controlar ou minimizar os processos de degradação, possibilitando que os frutos mantenham os parâmetros de qualidade até chegar aos consumidores (CHITARRA e CHITARRA, 2005.).

As embalagens, além de proteção mecânica, também devem ser de baixo custo de aquisição, atraentes ao consumidor e de fácil manuseio. Atualmente, tem se empregado cada vez mais as embalagens inteligentes, que indicam mudanças nas propriedades e na qualidade dos alimentos, e também as embalagens ativas, as quais podem contribuir para o aumento do tempo de conservação das características de qualidade dos produtos (LÓPEZ-GRESA et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da embalagem ativa sobre a vida de prateleira bem como sobre a preservação dos atributos de qualidade, dos conteúdos de compostos bioativos e da atividade antioxidante de tomates tipo *grape*.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Tomate

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma planta da família Solanaceae, mesma família que a batata e o pimentão. O tomateiro é uma planta herbácea, perene em ambientes selvagens, embora seja cultivada como as espécies anuais, tem centro de origem na região que compreende o norte do Chile e sul do Equador, sendo domesticado pelos povos Maia e Azteca. Foi levado para a Europa logo que as grandes navegações tiveram início. Foi citado pela primeira vez pelo botânico veneziano Mattioli em 1544 (JENKINS, 1948; LUZ, et al. 2007). Por muitos anos, não foi consumido devido a semelhança com a espécie venenosa *Atropa belladonna*, também da família das Solanaceas. Após um longo período de cultivo exclusivamente como decorativo e ornamental, o tomate começou a ser introduzido na dieta humana por volta da segunda metade do século XVIII. Mesmo o tomate sendo originário das Américas, foi introduzido no Brasil apenas no final do século XIX por imigrantes europeus (ALVARENGA, 2013).

As plantas de tomate possuem hábitos de crescimento característicos diferentes, sendo eles o crescimento determinado e o indeterminado. A planta com crescimento indeterminado apresenta uma relação de três folhas para cada ramo floral, havendo necessidade de serem tutoradas, sendo este tipo de tomateiro denominado tomate de mesa (ALVARENGA, 2013).

Os tomates *grape* são plantas de crescimento indeterminado, podem ser cultivados em campo aberto e em estufas, o que permite a produção ao longo de todo o ano e com um menor uso de agrotóxicos. São tomates bem pequenos, leves, de sabor suave e adocicado. São consumidos em saladas, servidos *in natura*, confitados, em sanduíches, receitas *gourmet* e até em decoração de pratos. O consumo de uma porção de tomates *grape* (91 g) contém em média 27 kcal de energia, 0,6 g de gordura, 5,1 g de carboidratos, 2 g de fibras, até 0,8 g de proteína, 0,98 mg de vitamina E e 4,2 µg de vitamina K (USDA, 2020).

A produção de tomate concentra-se no estado de Goiás, que possui cerca de 32% da produção nacional, seguida de São Paulo, com 19,1%, Minas Gerais, que tem participação com 17,6%, e Espírito Santo, chegando a 4,1%. O total desta produção coloca o Brasil em nono lugar no *ranking* mundial. Se comparada a 2017, a produção de 2018 apresentou redução de 3,0% (FAO, 2019; IBGE 2019).

O tomate de mesa ou para a indústria é uma alta fonte de emprego e renda no país. Industrialmente, a cultura movimenta cerca de R\$3,2 bilhões anuais, podendo gerar até sete empregos por hectare cultivado (IBGE, 2019).

## **2.2 Uso de embalagens**

As embalagens para produtos vegetais frescos têm como sua finalidade básica o acondicionamento dos produtos em quantidades adequadas ao manuseio e transporte. Isso inclui proteção contra os inevitáveis danos causados pelo manuseio pelos consumidores, resistência afim de evitar perdas em empilhamento e transporte inadequados, e atratividade, despertando assim a atenção do consumidor. De maneira geral, a embalagem é utilizada para dar mais segurança e conservar melhor o alimento (BRASIL, 2018).

Diversos estudos já foram realizados com o uso de embalagens plásticas, filmes plásticos, isoladamente ou com o emprego conjunto de outras técnicas e tecnologias de armazenamento, como a atmosfera controlada e/ou modificada. As embalagens tipo filme plástico, que oferecem barreira contra a livre troca de gases, apresentam apresentaram efeitos sobre a perda de massa e manutenção da cor em diversos tipos de tomates já estudados (AKBUDAK et al. 2012; BECKLES, 2012; SABIR e AGAR, 2011; VANNDY et al. 2008).

Também são utilizados filmes plásticos com diferentes permeabilidades a gases que são empregados em frutos e hortaliças, tais como o polietileno de baixa densidade (PEBD), o cloreto de polivinila (PVC) e o tereftalato de polietileno (PET) (ARAH et al. 2016; CARON et al. 2013).

As embalagens com atmosfera controlada e/ou modificada, quando combinadas com baixas temperaturas, por exemplo a refrigeração, tornam se um meio eficiente para o controle das perdas pós-colheitas do tomate, visto que é um fruto climatérico, com produção de etileno na pós-colheita. Sendo assim, o armazenamento em atmosfera modificada em associação ao uso de absorvedores de etileno e diminuição da temperatura pode reduzir a taxa de respiração e deterioração dos frutos de tomateiro (DONAZZOLO et al. 2003).

Alguns tipos de embalagens, as chamadas embalagens ativas, têm, além de todas as demais características de proteção desejadas, efeito sobre a atmosfera interna da embalagem que contém o produto (FAGUNDES et al., 2015; RINALDI et al. 2011; SANDRI et al. 2015). Esta atuação pode acontecer de várias maneiras, podendo ser divididas em embalagens de atmosfera modificada ativa ou atmosfera modificada passiva.



Nas embalagens que promovem a atmosfera modificada passiva, o conteúdo inicial da atmosfera interna da embalagem é apenas o ar atmosférico, que, em função da respiração dos vegetais, tem a quantidade de O<sub>2</sub> diminuída e a de CO<sub>2</sub> aumentada. Esta modificação tem efeito direto na velocidade do metabolismo vegetal, o que tem impactos sobre as características do produto armazenado. Já na atmosfera modificada ativa, a atmosfera interna é obtida pela injeção de gases em uma razão pré-determinada e ou pela adição de materiais na própria estrutura da embalagem. Esses materiais promovem uma permeabilidade seletiva aos diferentes gases que, após curto período de armazenamento, atingem um nível que permanece em equilíbrio (AZEREDO et al. 2000; SPAGNOL et al., 2018).

As embalagens ativas com propriedades relativas à permeabilidade seletiva permitem a migração controlada de agentes voláteis e não voláteis na atmosfera circundante do alimento. Dependendo da aplicação pretendida, existem diversos tipos de embalagens no mercado, incluindo as antimicrobianas, antioxidantes, removedoras de oxigênio, controladoras de umidade, geradoras de CO<sub>2</sub>, absorvedoras de etileno e removedoras de aromas (MOUSAVI et al. 2018; SUALEH, 2016).

As embalagens podem apresentar diversas formas e funções: podem ser bandejas de plástico ou poliestireno (isopor), com tampa ou envoltas em filmes de plástico, e sacos de plástico de diferentes composições, dentre outras.

Conforme afirmado por Alvarenga (2013); Gomes e Silva (2018); Junior e Soares (2014), o comércio varejista também tem investido em embalagens especiais para a agregação de valor de tomates para nichos específicos de mercados. Tais embalagens são empregadas visando diminuir a atividade metabólica do produto (controle da atmosfera) e colaborar com o sucesso comercial por meio de seu apelo visual.

Além de todas as características desejadas a fim de conservar melhor os produtos, as embalagens devem realçar a marca e o produto e também garantir a rastreabilidade do produto (BRASIL, 2016; JUNIOR E SOARES, 2014; SPAGNOL et al., 2018).

### **2.3 Pós-colheita**

O manuseio e os cuidados em pós-colheita exercem papel essencial no atendimento às expectativas dos consumidores com relação à qualidade do produto final, pois é nesta etapa que acontecem os processos de classificação, embalagem, manuseio e transporte, que devem ser adequados à cadeia produtiva. A não-condução desses processos de maneira adequada e também de práticas como a colheita precoce, na tentativa de aumentar a resistência do vegetal ao transporte, podem causar a depreciação

da qualidade do produto (BECKER e FRICKE, 2002; WILLS E GOLDING, 2016; WILLS et al. 1998).

Os tratamentos de pós-colheita se iniciam com a seleção, ou seja, selecionar e padronizar o material conforme as exigências do mercado, eliminando os defeitos, podridões e os frutos com tamanhos e formatos inadequados. De forma geral, a classificação é feita por tamanho e estágio de maturação. No processo de classificação também é determinado o grau de defeitos leves e graves, seguido pelo processo de embalagem dos frutos, que atualmente é feita em caixas plásticas higienizáveis e retornáveis, ou caixas de papelão descartáveis (WILLS e GOLDING, 2016; JUMPS et al, 2019).

O uso de técnicas indevidas no manejo do vegetal após a colheita, especialmente durante o transporte e o armazenamento, fazem com que o produtor tenha perdas enormes, o que acarreta grandes prejuízos aos mesmos, aos varejistas e aos consumidores, que podem estar adquirindo um produto de baixa ou até mesmo de má qualidade. É importante destacar que a qualidade dos tomates é obtida no campo. Nada que for feito na pós-colheita vai aumentar a qualidade dos frutos e sim manter estas características iniciais por um período maior (BECKLES, 2012; CAMPOS et al., 2011; LUIZ, 2005.; MIGUEL et al. 2007).

#### **2.4 Armazenamento e atributos de qualidade**

As hortaliças são altamente suscetíveis à perda de água, principalmente as folhosas. E esta perda é intensificada pelo manejo inadequado da temperatura e da umidade do ar nos locais de armazenamento e de comercialização. Um processo errado provoca redução da vida de prateleira e aumento do custo final do produto para o consumidor (JUNIOR e SOARES, 2014; VERHEUL et al. 2015).

A perda de água provoca mudanças na aparência, metabolismo e composição de hortaliças, com consequentes alterações na coloração, qualidade nutricional e sua vida útil (TAIZ et al. 2017).

Condições ambientais desejadas para a conservação pós-colheita de produtos vegetais podem ser obtidas através do controle de temperatura, umidade e circulação de ar resfriado. Assim sendo, destacam-se como principais objetivos do armazenamento: a redução da atividade metabólica do produto; a redução do crescimento de microrganismos, com redução da temperatura ambiente, a redução na transpiração pela diminuição das diferenças entre a temperatura do ar e a do produto e manutenção da umidade no ambiente (WILLS e GOLDING, 2016).

O armazenamento sob Atmosfera Controlada (AC) objetiva prolongar a vida útil pós-colheita de produtos por meio da modificação e controle dos gases durante o armazenamento, principalmente das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

A decisão de compra dos produtos hortícolas é influenciada principalmente por suas características externas de qualidade. Segundo Mekonnen (2017), a qualidade de frutos e hortaliças é caracterizada com base em atributos como aparência, sabor, textura e valor nutritivo, sendo a cor o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor, principalmente no caso do tomate.

Já as características internas de qualidade, como sabor, aroma, textura ao paladar, combinadas às boas características externas, são importantes para que o produto seja aceito plenamente pelo mercado e seus consumidores.

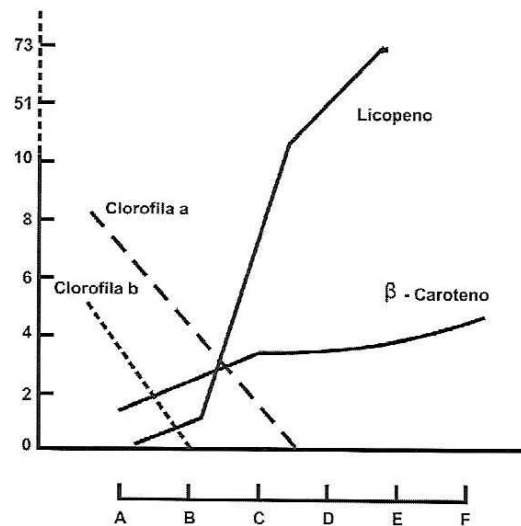
### **2.5 Características físico-químicas**

A cor, o sabor, o aroma e a textura devem ser observados em conjunto, pois isoladamente são pouco representativos da qualidade total dos produtos agrícolas.

A cor dos frutos é a característica mais atrativa para o consumidor. Os frutos de cores vibrantes são os que mais agradam aos consumidores.

Nos frutos do tomateiro, durante o processo de maturação, acontece uma contínua degradação dos pigmentos fotossintetizantes. Concomitantemente, acontece a biossíntese gradual de pigmentos carotenoides dentro dos cromoplastos. No tomate, os dois principais carotenoides encontrados são o licopeno e o  $\beta$ -caroteno. (CHALKER-SCOTT, 1999; CHITARRA e CHITARRA, 2005; LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ, 2004, TAKAHASHI et al. 2013).

Nos tomates, a cor vermelha característica, que é atribuída à presença do licopeno, é desenvolvida durante o amadurecimento (Figura 1).



**Figura 1:** Modificação nos pigmentos ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ) presentes em frutos de tomate durante a maturação. A) Verde-maturo; B) Verde-amarelo; C) Amarelo-laranja com traços verdes; D) Laranja-amarelo sem traços verdes; E) Laranja-vermelho; F) Vermelho. (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Como a Figura 1 bem ilustra, durante o processo de maturação dos tomates, aconteceu um processo de rápida degradação da clorofila concomitante a síntese de carotenoides em especial o licopeno (CHALKER-SCOTT, 1999; CHITARRA e CHITARRA, 2005; LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ, 2004; TAKAHASHI et al. 2013)

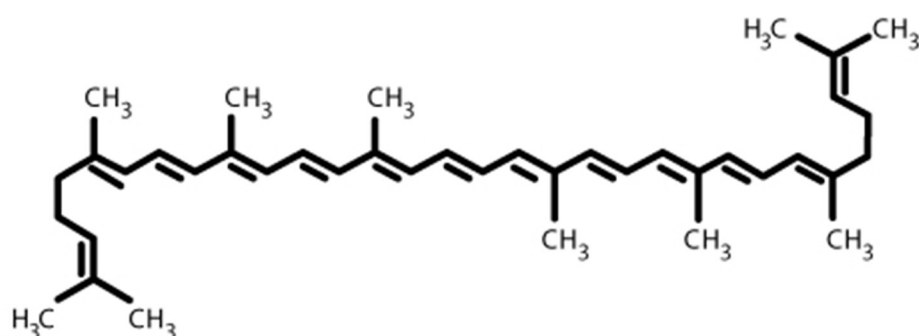
A textura é o conjunto de propriedades do alimento, composta por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relaciona com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força, já a firmeza é a propriedade do alimento relacionada a resistência a deformação (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Nos tomates grape, quanto menor a firmeza, melhor é esta característica, visto que, os consumidores apreciam os frutos que se rompem ao menor esforço.

A acidez presente nos frutos é atribuída aos diversos ácidos orgânicos. O teor de ácidos orgânicos de forma geral diminui durante o processo de maturação, ou seja, após a colheita ou não. Entre os ácidos orgânicos encontrados estão o ácido málico e o ácido cítrico (BRASHLYANOVA et al. 2014; SIRISOMBOON et al. 2012; VERHEUL et al., 2015).

## 2.6 Compostos bioativos e atividade antioxidante

Compostos bioativos são componentes alimentares presentes na dieta que influenciam a fisiologia e atividade celular em animais ou seres humanos que tenham em sua dieta estes compostos (WANG, 2016). São exemplos de compostos bioativos os compostos fenólicos, a vitamina C e o licopeno, carotenoide majoritário em tomates maduros.

Os carotenoides constituem um dos mais importantes grupos de pigmentos na natureza, devido às suas numerosas funções, larga distribuição e diversidade estrutural. (RODRIGUEZ-AMAYA e KIMURA, 2001), cuja estrutura é apresentada na Figura 2.



**Figura 2:** Fórmula estrutural do licopeno (TAIZ et al. 2017)

O consumo frequente do licopeno (Figura 2) tem reconhecido efeito benéfico sobre a saúde humana, sendo relacionado à prevenção de doenças do coração e também a prevenção de tipos de câncer, especialmente o de próstata (MORITZ e TRAMONTE, 2006; NAVARRO-GONZÁLEZ et al. 2018; PERIAGO et al., 2002).

Assim como os carotenoides, os compostos fenólicos também estão presentes no tomate. Este grupo é bastante heterogêneo do ponto de vista metabólico e compreende desde moléculas simples, como é o caso dos ácidos fenólicos até outras com alto grau de polimerização. São biossintetizados nas plantas por meio de diferentes rotas metabólicas, e seu teor nos frutos é influenciado pelo estado nutricional da planta, além de fatores ambientais e endógenos (ALVARENGA 2013; BARROS et al., 2012; TAIZ et al. 2017).

BASSOLINO et al., (2013), BLANDO et al., (2019), BUTELLI et al., (2008) e GONZALI et al. (2009) ao estudarem variedades de tomate, detectaram a presença de mais de 20 diferentes ácidos fenólicos, sendo o ácido cis p-cumárico o majoritário.

As antocianinas são pigmentos que conferem a cor púrpura, azulada e arroxeada aos frutos, folhas e flores. Sua presença já foi detectada nos chamados tomates púrpura,

sendo a negreteína e petunidina as principais antocianinas detectadas (BASSOLINO et al. 2013; GOULD et al. 2009).

Os compostos fenólicos presentes nos alimentos desempenham efeitos biológicos de grande importância, como os efeitos relacionados à redução de incidência de diversos tipos de câncer, principalmente o do esôfago, estômago e colón. Também possuem reconhecida atividade anti-inflamatória, antialérgica e antitrombótica, mas seu principal destaque se dá pela sua reconhecida ação antioxidante (BLANDO et al. 2019; GOULD et al. 2009).

Uma dieta contendo vitaminas também é fundamental ao metabolismo humano. As vitaminas são substâncias essenciais para o bom funcionamento de vários processos fisiológicos dos seres humanos, onde cumprem papel importante no metabolismo celular e no crescimento (SOARES et al. 2019).

A vitamina C ou ácido ascórbico (AA) é um nutriente hidrossolúvel e termolábil e é considerado o antioxidante hidrossolúvel mais importante no organismo. A vitamina C é obtida através da ingestão de frutas e hortaliças (SOARES et al. 2019).

Diversos autores ao quantificarem os teores de vitamina C em tomates observaram valores variando de 9 até 44 mg,100 g<sup>-1</sup> (MARFIL et al. 2008; SINGH e SINGH, 2015; STEVENS et al., 2008; ZUSHI e MATSUZOE, 1998)

O ácido ascórbico tem a capacidade de eliminar diferentes espécies de radicais livres, tais como os radicais superóxido e hidroxil, além de reduzir radicais tocoferóis de volta para sua forma ativa nas membranas celulares, mantendo a sua integridade em células dos organismos aeróbios. (SOARES et al. 2019).

O principal destaque dos compostos bioativos se dá pela ação antioxidante das substâncias bioativas fornecidas pelos alimentos. Conforme já exposto, é fundamental para a captura e neutralização dos radicais livres e formas reativas de oxigênio. A produção de radicais livres acontece naturalmente durante o metabolismo do corpo humano assim como sua degradação, porém quando a taxa de produção é maior que a de degradação, acontece os danos aos tecidos humanos. (BOROSKI et al. 2015).

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Material vegetal

Foram utilizados frutos da cultivar Tomini, cultivados em estufas, em sistema semi-hidropônico, colhidos e selecionados de forma manual (Figura 3) e fornecidos por tomatal comercial localizado no município de Pará de Minas, localizado nas coordenadas geográficas (Lat. 19.7816S, Long. 44.6198W).



**Figura 3:** Mesa de seleção e frutos já selecionados.

Os frutos que foram colhidos em estado maduro, transportados para Laboratório de Conservação de Alimentos da Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas, onde foram preparados, acondicionados, armazenados e analisados conforme descrição a seguir (Figura 4).

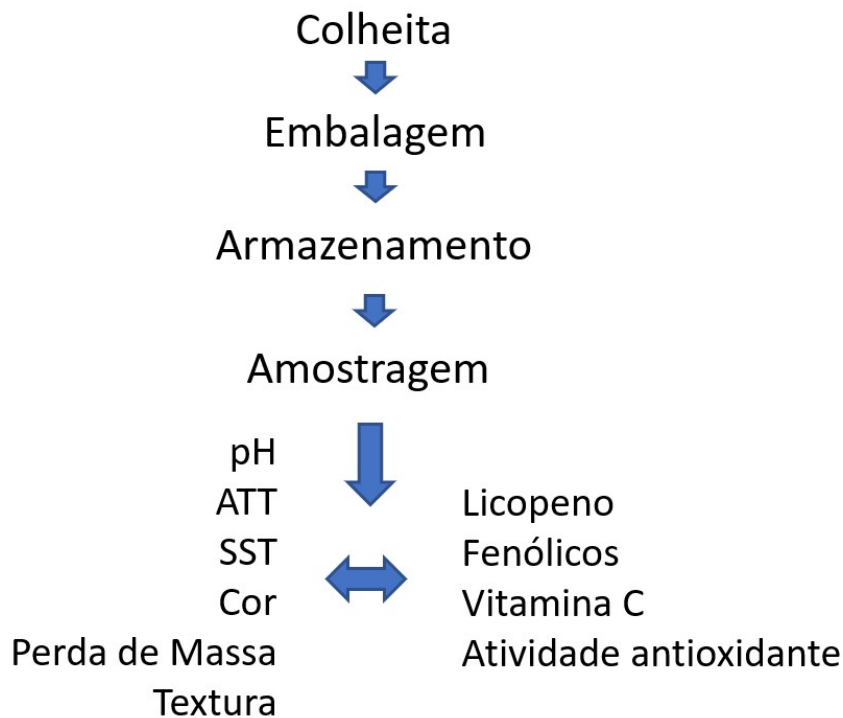


Figura 4 – Fluxograma das etapas deste estudo.

Os frutos foram separados em porções de 180 g (Figura 5) e embalados distintamente em 20 embalagens Tipo PET com tampa para abertura/refechamento (termo moldada, favorecendo a proteção contra danos mecânicos, no formato que remete a um cacho de uvas, de menor custo de aquisição) e 20 embalagens de filme plástico de PEBD ativo, que continha partículas (zeolitos) absorvedoras de etileno em sua estrutura (Nome comercial VEGETALPACK, fabricada por Eletro Polímeros do Brasil Ltda).

Para as análises físico-químicas, foram retiradas amostras de tomates armazenados em cada um dos tipos de embalagem (PET e ativa) no ato do armazenamento e aos 5,10, 15 e 20 dias. Foram retiradas 4 embalagens de cada um dos modelos, perfazendo 4 repetições de cada tratamento. As análises foram realizadas em triplicata.





**Figura 5** - Amostras sendo acondicionadas nas embalagens PET e embalagem ativa preparadas para o armazenamento.

### **3.2 Metodologia**

#### **3.2.1 Avaliação das características físico-químicas**

##### **3.2.1.1 pH**

Para a determinação do pH, foram pesados 3 g dos frutos homogeneizados e adicionados de 50 mL de água destilada. A leitura foi realizada por imersão direta do eletrodo de um pHmetro digital (Tekna® T-1000).

##### **3.2.1.2 ATT**

A acidez total titulável foi determinada segundo a metodologia proposta pela AOAC (2012). Foi feita titulação com solução de NaOH 0,1N como padrão e fenolftaleína assessorada de pHmetro para detecção do ponto de viragem, visto que a cor da amostra já dificulta as sutis mudanças na cor. Os resultados foram expressos em % (g/100 g) de ácido cítrico em base fresca.

##### **3.2.1.3 SST**

Os sólidos solúveis totais foram analisados com o auxílio de um refratômetro digital Reichert® r2 Mini com leitura direta e precisão de 0,1°Brix. Para a determinação do teor de SST, as amostras foram maceradas e filtradas em tecido, as gotas foram colocadas diretamente no prisma do refratômetro (AOAC, 2012).

#### 3.2.1.4 Cor instrumental

A determinação da cor foi feita com o uso de colorímetro konica Minolta, CR410, e foi expressa no espaço de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde  $L^*$  aponta a luminosidade,  $a^*$  as cores variando do verde para o vermelho e  $b^*$  define as cores do azul para o amarelo.

A leitura da cor foi realizada em 3 pontos distintos na região equatorial de cada fruto amostrado.

#### 3.2.1.5 Perda de Massa

A perda de massa (g) foi calculada com auxílio de balança analítica, onde as embalagens foram identificadas e pesadas individualmente no ato do armazenamento e novamente pesadas a cada 5 dias, no momento antes de se proceder as análises laboratoriais. A perda de massa calculada foi baseada na diferença entre as massas inicial (g) e final (g), sendo posteriormente convertido em porcentagem.

#### 3.2.1.6 Textura Instrumental

A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio de um texturomêtro TA XT *Plus*, equipado com uma célula Blade Set HDP/BS operacional, *probe* de aço inox de 2 mm de diâmetro (Figura 6), ajustado para uma velocidade de penetração de  $0,5 \text{ mm.s}^{-1}$ .

Os resultados da análise de firmeza (o pico da máxima força necessária para romper a casca dos frutos), foram expressos em Newton (N).



**Figura 6-** Texturometro e detalhe da *probe* e um fruto de tomate *grape* durante a análise de firmeza.

### **3.2.2 Avaliação dos compostos bioativos**

#### **3.2.2.1 Licopeno**

Os carotenoides presentes nos frutos foram quantificados conforme metodologia proposta por Rodriguez-Amaya e Kimura (2001). Para a análise, foram pesados 5g da amostra homogeneizada, transferido então para um almofariz, acrescentado BHT (butil hidroxi tolueno), com a finalidade de proteger os carotenoides da oxidação, celite, utilizado para romper totalmente os tecidos da amostra, e acetona afim de extrair os pigmentos carotenoides.

Após a amostra ser finamente macerada, foi filtrada a vácuo e acrescida de acetona até a completa extração dos pigmentos carotenoides.

O extrato foi então transferido para um funil de separação já preparado com éter de petróleo p.a. e então, com o uso de água destilada, o extrato etéreo foi lavado por 3 vezes, sendo transferido para Erlenmeyer, onde a amostra foi desidratada com o uso de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). O extrato foi imediatamente transferido para balão volumétrico de 25 mL.

A leitura da absorbância foi realizada em um espectrofotômetro (FEMTO LTDA) com comprimento de onda de 470 nm, calibrando-se o equipamento previamente com éter de petróleo. O teor de licopeno foi calculado mediante a Equação 1, sendo os resultados expressos em µg de licopeno/100 g de amostra fresca (RODRIGUEZ-AMAYA e KIMURA, 2001).

$$\text{Licopeno} = 100 \left[ \frac{A \times V \times 10^4}{E1\% \text{ 1cm} \times M} \right]$$

Onde: A = Absorbância a 470 nm, multiplicado pelo fator de diluição; V = Volume da amostra (25 mL); E1% 1 cm = Coeficiente de extinção do licopeno em éter de petróleo = 3450, M = Massa da amostra (5 g).

#### **3.2.2.2 Compostos fenólicos totais**

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método Folin-Ciocalteu (NEVES et al. 2009) com comparação de uma curva de calibração construída com ácido gálico.

A análise consiste em extração dos compostos fenólicos da amostra com uso de etanol 70%. Em seguida, uma alíquota do extrato foi adicionada a solução de Follin Ciocatteu (10%). Após 8 minutos reagindo, é adicionada a solução de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Após reação das soluções (2 horas), realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 740 nm, realizando as diluições, caso fosse necessário, com água destilada. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra em base fresca

### 3.2.2.3 Vitamina C

A quantificação de vitamina C foi realizada por HPLC, conforme metodologia descrita por Benlloch et al. (1993) com pequenos ajustes. Pesou-se 1 grama das amostras homogeneizadas e adicionou-se solução aquosa de óxido oxálico a 0,5% em quantidade suficiente para completar o volume de 10 mL. Em seguida, efetuou-se uma centrifugação por 5 minutos a 4500 rpm, sendo retirada uma alíquota do sobrenadante, que foi então filtrada em filtros Minisart RC (13mm diâmetro, membrana de 0,45µm). Procedeu-se a injeção de 20 µL em cromatógrafo SHIMADZU Prominence equipado com detector DAD SPD-M20, bomba LC20AT, coluna ThermoScientific C-18 ODS-2 HYPERSIL 250 mm x 4,6 mm. A fase móvel utilizada foi uma solução aquosa fosfato mono potássico 50mmol/L e brometo de cetiltrimetilamônio (BCTMA) 5 mmol/L com o pH ajustado a 4 usando ácido fosfórico e fluxo de 1mL.min<sup>-1</sup>. O detector foi ajustado para λ = 254 nm.,

### 3.2.3 Avaliação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada conforme metodologia proposta por Brand-Willians et al. (1995), onde após a extração etanoica, foi adicionado o radical livre DPPH, sendo a solução mantida ao abrigo da luz. O radical livre ao ser reduzido pela amostra, tem sua cor modificada, se tornando menos intensa à medida que os DPPH é reduzido. Após 1 hora, foi feita a leitura da absorbância a 572 nm em espectrofotômetro. Comprimento de onda de máxima absorção do DPPH.

A atividade antioxidante foi calculada por meio da equação 2:

$$[ATA] = \frac{(\Delta Abs - b) * V * D}{a * m}$$

Onde: ΔAbs=Absorbância do branco – absorbância da amostra, B= Coeficiente linear, A= Coeficiente angular, V1= Volume total da amostra (extração), m= Massa da amostra de trabalho (g), m= Massa da amostra (g), D= Razão de diluição

Os resultados obtidos foram expressos em µmol Trolox equivalente/g amostra visto que capacidade antioxidante total da amostra para o radical DPPH foi comparada ao potencial antioxidante do Trolox. (equação da reta: y= 0,0009x +0,0162; R<sup>2</sup>= 0,9814).

### **3.3 Delineamento experimental**

Foi utilizado o esquema de parcela subdividida no tempo 2 x 5 (2 embalagens e 5 períodos de avaliação) em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando houve significância, os dados foram desdobrados em análise de regressão. As análises laboratoriais foram realizadas em triplicata.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Características físico-químicas

As características de qualidade de frutos, em especial a cor, acidez, teor de sólidos solúveis totais e firmeza, devem ser consideradas em conjunto, pois sua análise de forma isolada pouco representa a qualidade como um todo (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Observou-se que houve interação dos fatores estudados (embalagens e tempo de armazenamento) para as características pH, SST, ATT e perda de massa (Tabela 1).

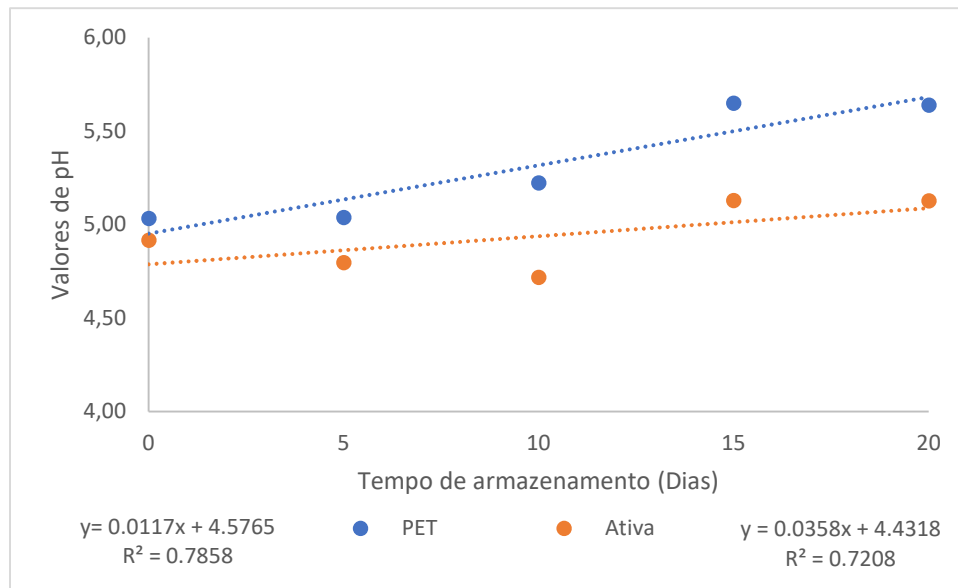
**Tabela 1-** Quadrados médios e significância das variáveis: pH, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT), Licopeno (LC), Perda de Massa (PM), Firmeza (FM), compostos fenólicos totais (CFT) e Atividade antioxidante (ATA).

CV	GL	QM							
		pH	SST	ATT	LC	PM	FM	CFT	ATA
Emb. (A)	1	0,0931*	0,2030	0,0140*	178813*	579,9567*	1,4668*	112,7952	0,6760
Tem. (B)	4	0,0330*	3,8678*	0,0352*	1662.65	91,7327*	0,4592*	508,1138*	4,3918*
A x B	4	0,1621*	1,1279*	0,0070*	30859.51*	65,1217*	0,0744	42,7054	0,0796
Resíduo	30	0,1135	0,2734	0,0013	2461.87	0,7966	0,1548	24,8827	0,6243
CV (%)		2.248	6.94	7.34	11.06	13,76	7,67	2,19	4,50

\*Significativo com 5% de probabilidade pelo teste F

#### 4.1.1 pH

Em termos de pH, observou-se um aumento dos valores detectados à medida em que avançou o tempo de armazenamento. O pH aumentou de forma linear, e dessa forma, os frutos armazenados em ambas as embalagens foram se tornando menos ácidos ao longo do período estudado (Figura 7).



**Figura 7-** Valores de pH em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

Aplicando-se a equação de regressão, observa-se que a cada dia de armazenamento, os frutos acondicionados na embalagem PET aumentaram o valor médio do pH em aproximadamente 0,036 e já os frutos acondicionados na embalagem ativa foi em média de apenas 0,012. Este aumento do pH possivelmente aconteceu devido a degradação dos ácidos orgânicos durante o armazenamento dos frutos.

Os frutos armazenados na embalagem PET tornaram-se menos ácidos, partindo de 4,53 no início do armazenamento e aos 20 dias de armazenamento, onde observou-se o valor máximo de 5,37. Já entre os frutos armazenados na embalagem ativa, o maior valor observado foi de 4,77 também aos 20 dias de armazenamento.

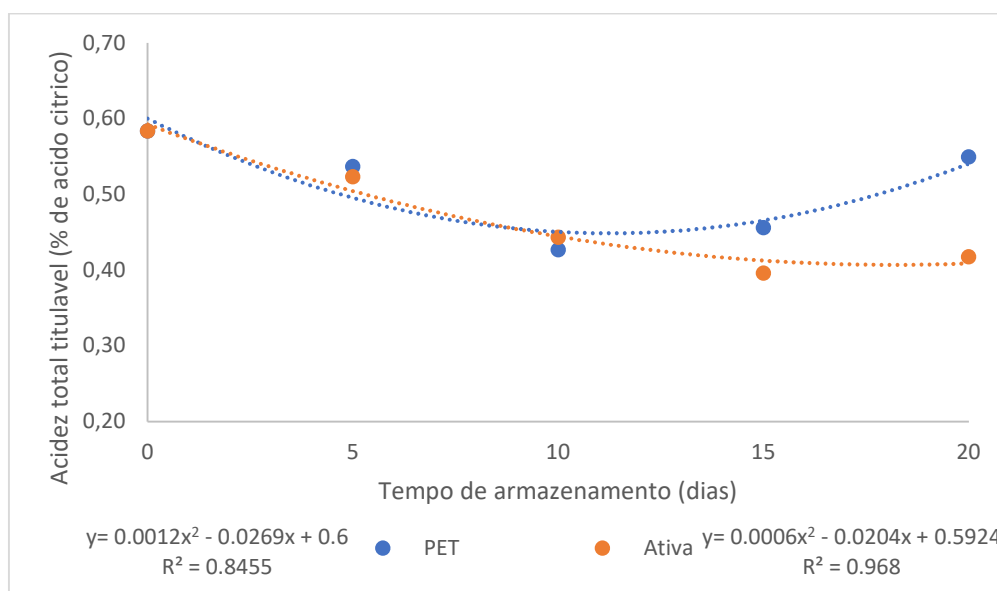
Ao estudar frutos do híbrido comercial *sweet grape* em diversos tipos de embalagens, em especial os filmes plásticos flexíveis de PVC (policloreto de vinila), e PEBD (polietileno de baixa densidade), Sandri (2015) observou a manutenção dos valores de pH nas embalagens abertas, que não ofereciam nenhuma barreira quanto a troca de gases. Nas embalagens do tipo filme plástico selado, este mesmo autor observou uma ligeira tendência ao aumento do pH, embora menor que as observadas no presente estudo.

Aguiar et al. (2012), ao compararem a vida útil de dois diferentes híbridos de tomates, também observaram aumento do valor do pH nos frutos ao longo do tempo, onde

o pH partiu de 4,5 e 4 para os tomates *sweet grape* e “cereja coco” respectivamente, chegando a 4,92 e 4,4, respectivamente, aos 17 dias de armazenamento.

#### 4.1.2 Acidez total titulável (ATT)

A ATT diminuiu durante o armazenamento dos frutos. A análise de regressão das médias observadas permitiu o ajuste de um modelo quadrático de regressão (Figura 8). Houve tendência de redução dos valores observados de ATT, sendo seu menor valor observado aos 11 dias em ambas as embalagens utilizadas. A diminuição da ATT acontece em consonância à observação do ligeiro aumento do pH dos frutos ao longo do armazenamento, provavelmente acontece devido a degradação dos ácidos orgânicos, em especial o ácido cítrico, que é utilizado como substrato para atividade respiratória nos tecidos (ANDREUC CETTI et al. 2007).



**Figura 8-** Valores de ATT em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

No estudo da vida útil de tomates, Aguiar et al., (2012) reportam o decréscimo da ATT nos materiais utilizados (*sweet grape* e “Coco Cereja”). O mesmo foi reportado em vários outros estudos, onde sempre foi observado o decréscimo da ATT, em alguns híbridos sendo menores que em outros, porém sempre existindo um decréscimo ao longo do tempo de armazenamento (BECKLES, 2012; CAMPOS et al., 2011; LUIZ, 2005; MIGUEL et al., 2007).



#### 4.1.3 Sólidos solúveis totais (SST)

Os valores médios dos teores de SST dos frutos acondicionados na embalagem ativa variaram de 8,67 °Brix no momento do armazenamento a 7,35 °Brix ao final dos 20 dias de armazenamento. Nos frutos da embalagem PET, a diminuição mais acentuada, partindo de 8,67 °Brix no momento do armazenamento dos frutos e chegando a 7,02 °Brix ao final dos 20 dias de armazenamento. Ao longo do período de estudo, houve oscilação dos teores de SST nos frutos acondicionados em ambos os tipos de embalagens durante o armazenamento, o que não permitiu o ajuste de um modelo de equação de regressão. Entretanto, com base nos valores observados no momento do armazenamento e o final do período de 20 dias, foi possível detectar uma tendência nítida de redução do teor SST em ambas as embalagens na medida em que se aumentou o tempo de armazenamento. A redução dos SST durante o armazenamento pode ser influenciada pelo aumento da taxa respiratória do produto, que pode consumir as reservas existentes nas células (ANDREUCETTI, 2007; BECKLES, 2012).

Tolesa e Workneh (2017), ao estudarem a qualidade de tomates de mesa colhidos e armazenados por até 28 dias, também observaram oscilações dos teores de SST ao longo do período de armazenamento dos frutos.

Beckles (2012), estudando os fatores que influenciam o teor de SST, afirma que os tomates armazenados em temperaturas próximas a 12,5 °C apresentam uma melhor conservação dos açúcares constituintes, possivelmente devido a diminuição do metabolismo vegetal, assim como o uso de embalagem com atmosfera modificada e controlada também contribuem para esta melhor conservação dos teores de SST.

#### 4.1.4 *Ratio*

As embalagens utilizadas, assim como o período de armazenamento, exerceram influência de forma independente sobre a *Ratio*. Para os frutos armazenados na embalagem PET, os valores de *Ratio* oscilaram de 14,86, no momento do armazenamento a 13,87, ao final do armazenamento (20 dias). Entretanto, constatou-se tendência de redução dos valores após 15 dias de armazenamento. Já Tigist et al. (2013), ao estudarem diferentes variedades de tomates armazenados em temperatura ambiente, observaram um crescente aumento do valor do *Ratio* em todas as variedades estudadas, ao contrário do relatado por Aguiar et al. (2012), que observaram que os valores de *Ratio* aumentaram em um primeiro momento e apresentam nítido declínio aos 17 dias de armazenamento. Comportamento semelhante ocorreu neste estudo também nos frutos embalados com

embalagem ativa em que os valores de *Ratio* foram significativamente maiores, alcançando o valor final igual a 16,92.

Estes resultados mostraram que os valores foram influenciados pela embalagem utilizada e também pelo tempo de armazenamento, porém a análise estatística não indicou interação entre eles, semelhante aos resultado observados por outros autores (JAVANMARDI e KUBOTA, 2006; OLIVEIRA et al. 2015; TOLESA e WORKNEH, 2017) no estudo da dinâmica do amadurecimento do tomate.

#### 4.1.5 Cor instrumental

A cor é um dos principais fatores relacionados à aceitação e à intensão de compra dos consumidores (VISKELIS, 2009).

Os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  foram influenciados apenas pelo tempo de armazenamento, não sendo afetados pela embalagem utilizada e interação entre o fator embalagem e o tempo de armazenamento. O parâmetro  $a^*$  foi influenciado pela interação entre a embalagem utilizada e o tempo de armazenamento (Tabela 2).

**Tabela 2** - Quadrados médios e significância para os parâmetros de cor instrumental  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .

CV	GL	QM		
		$L^*$	$a^*$	$b^*$
Embalagens (A)	1	0,1016	2,1903*	0,0204
Tempo (B)	4	77,0148*	4,4797*	71,5558*
A x B	4	0,6790	0,4376*	0,1102
Resíduo	30	0.4095	0,1286	0.0547
CV (%)		1,55	3,24	1,80

\*Significativo com 5% de probabilidade pelo teste F

A coordenada  $b^*$ , que expressa a variação entre o azul e amarelo, diminuiu conforme o tempo avançou, resultado semelhante a observação de CARON et al. (2013), onde à medida que aumenta o tempo de armazenamento, a coordenada  $b^*$  decresce.

A coordenada  $a^*$ , que representa a variação no eixo que vai do vermelho ao verde, manteve-se ao longo do período de estudo sem grandes variações, com um pequeno aumento aos 10 dias de armazenamento seguido de queda, onde retorna a valores próximos do inicial (10,71 no momento de armazenamento, 12,20 aos 10 dias e 10,54 ao final do experimento). No momento do armazenamento os frutos estavam no ponto ideal para comercialização, ou seja, com a cor já desenvolvida, o que tornou as mudanças que aconteceram ao longo do armazenamento muito sutis.

Isso permite inferir que ambas as embalagens permitiram a manutenção da cor atraente dos frutos ao longo do período avaliado neste trabalho.

Esta pequena flutuação nos valores da coordenada  $a^*$  também foi observada por Aguiar et al. 2012; Renna et al. 2018 e Tigist et al. 2013; ao estudarem tomates já maduros e com a cor desenvolvida no momento da armazenagem, confirmando assim as observações deste estudo.

Ao estudar a qualidade de tomates cultivados na Lituania, Viskelis (2009), observou que enquanto os teores de licopeno aumentaram os valores de Luminosidade ( $L^*$ ) diminuía.

Conforme pode ser observado na Figura 9, à medida que aumentou o tempo de armazenamento também aconteceu um aumento da luminosidade média observada. Os teores de licopeno nos frutos armazenados na embalagem ativa se comportaram de forma semelhante, ou seja, conforme o tempo avançou, houve o aumento dos teores do mesmo, o oposto aconteceu nos frutos da embalagem PET, onde os teores de licopeno diminuíram (Figura 12).

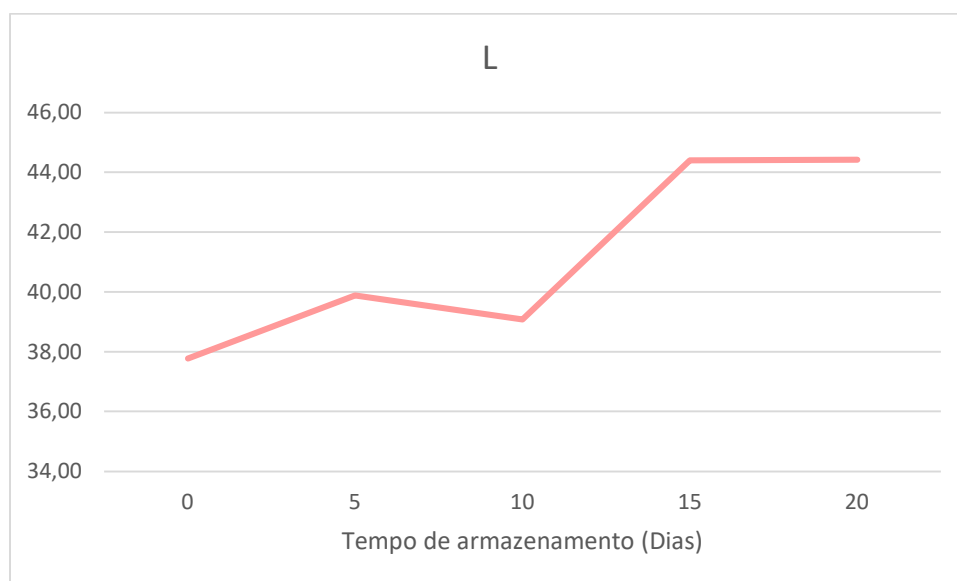


Figura 9 – Média da Luminosidade observada em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

#### 4.1.6 Perda de Massa

Os frutos armazenados, independentemente da embalagem utilizada, perderam massa ao longo do tempo de armazenamento. As médias observadas permitiram o ajuste de uma equação linear descrevendo a interação entre os fatores. À medida em que aumentou o tempo de armazenamento, aumentou-se também a perda de massa dos frutos

armazenados nas embalagens, sendo que os frutos armazenados na embalagem PET apresentaram valores de perda de massa significativamente superior às perdas de massa dos frutos armazenados na embalagem ativa (Figura 10).

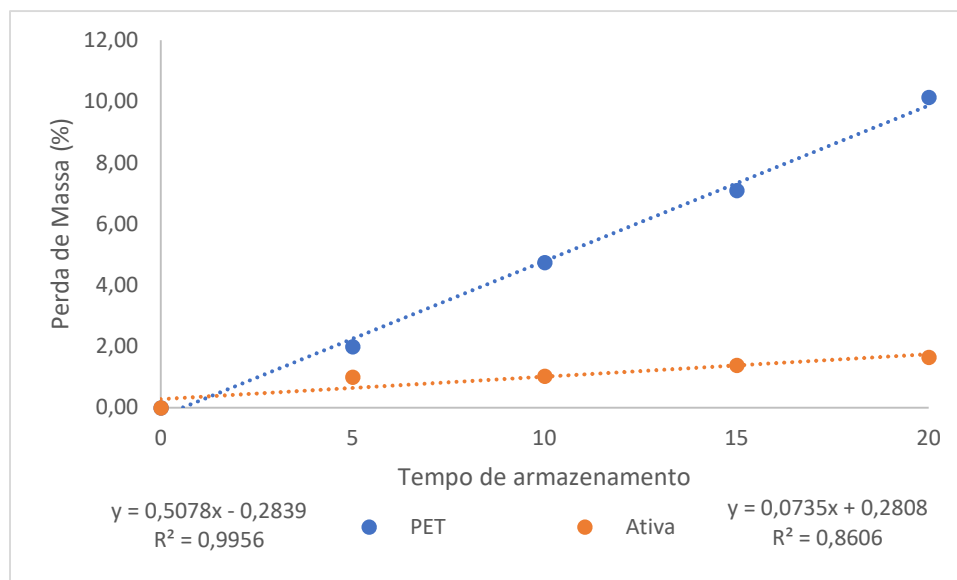


Figura 10 – Perda de massa em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005.) a perda de massa dos frutos acontece principalmente devido a atividade metabólica e perda de umidade para a atmosfera circundante. Na embalagem PET, foi observada uma maior perda de massa, já que esta oferece pouca ou nenhuma barreira contra a troca de gases na atmosfera interior da embalagem, devido a pequena abertura que há entre a tampa e o corpo da embalagem, potencializando ainda mais a perda de água, diferente da embalagem ativa, que diminui a troca de vapor de água com o ambiente externo da embalagem.

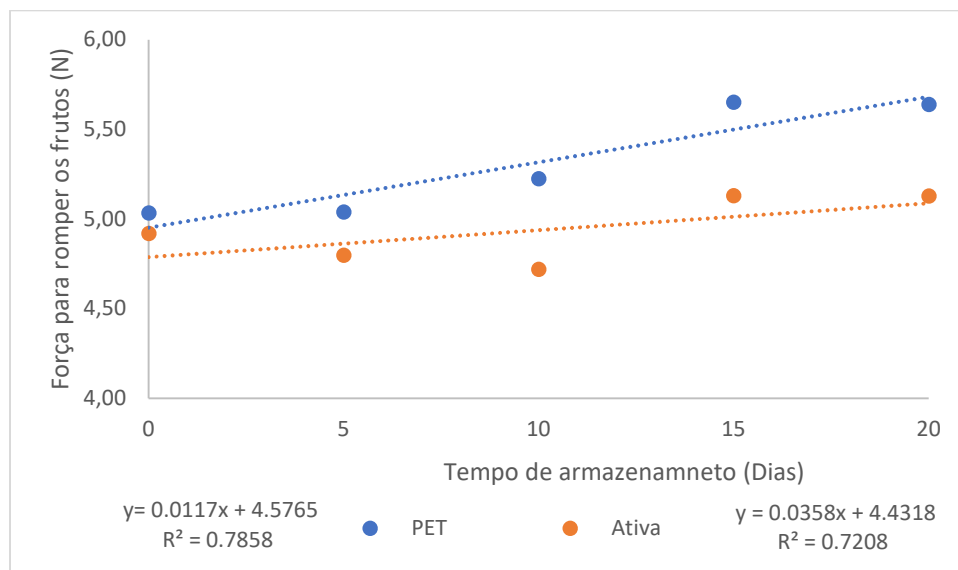
Diversos autores observaram perda de massa fresca de tomates ao longo do armazenamento, porém não havia controle da troca de gases e de vapor de água com o ambiente (JAVANMARDI e KUBOTA, 2006; OLIVEIRA et al., 2015; TOLESA e WORKNEH, 2017).

Sandri et al., (2015), no estudo de diferentes condições de armazenagem, observaram que quando os frutos foram acondicionados em embalagens que permitiam a troca de gases com o ambiente, estes também apresentaram uma perda de massa fresca maior os frutos armazenados em embalagens que não permitiam ou que diminuía a troca de gases, desta forma confirmando os resultados observados neste estudo.

#### 4.1.7 Firmeza

Conforme pode ser observado na Figura 11, a força para romper os frutos aumenta ao longo do período de armazenamento (dias) e acontece de forma mais pronunciada nos frutos armazenados na embalagem PET. Essa alteração aconteceu devido à perda de turgidez dos frutos durante o tempo de armazenamento, o que resultou em uma maior deformação elástica da casca dos tomates, e conseqüentemente exigiu maior força aplicada no rompimento dos frutos.

É importante ressaltar que uma característica importante que os consumidores apreciam nos tomates tipo *grape* está relacionada à textura dos frutos, que quando mordidos, se rompem na boca provocando sensações agradáveis causadas pelo estouro ou arrebentação do pericarpo do fruto. Quanto menor a força necessária para romper a casca dos frutos, melhor é esta característica. Neste sentido, observou-se que esta característica positiva tem uma relação inversa com o tempo de armazenamento dos tomates avaliados.



**Figura 11-** Firmeza de tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

Este aumento da força necessária para romper a casca dos frutos acontece devido à perda de turgidez dos frutos permitindo uma maior deformação elástica, demandando assim uma maior força. Importante ressaltar que este aumento da firmeza dos frutos é uma característica indesejada, pois uma pequena força para o rompimento dos frutos é uma característica que os consumidores apreciam em tomates *grape*.

Há uma quantidade limitada de estudos acerca da firmeza de tomates *grape*, o que torna difícil a comparação dos dados observados com frutos semelhantes.

Ao estudarem a desidratação de tomates, Ordaz-Ortiz et al. (2009) observaram o aumento proporcional da quantidade de fibras de celulose hemicelulose e pectina durante a desidratação do pericarpo, em especial o exocarpo, o que levou a um aumento das forças de ruptura destes tecidos.

Saladié et al., 2007, ao estudarem as propriedades biomecânicas da cutícula de tomates, encontraram relação direta entre a hidratação dos tecidos e a força necessária para a ruptura dos mesmos.

## **4.2 Compostos Bioativos**

### **4.2.1 Licopeno**

A análise estatística apontou que o tipo de embalagem influenciou nos teores de licopeno, assim como a interação entre a embalagem utilizada e o tempo de armazenamento dos frutos.

Ao se realizar o desdobramento das interações, observou-se que os teores de licopeno diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) a partir dos 10 dias de armazenamento.

Diversos autores ao estudarem e descreverem os processos e mudanças que acontecem durante a maturação de tomates, relataram que a síntese de licopeno é influenciada por muitos fatores, que podem agir isoladamente ou em conjunto, de forma sinérgica intensificando ou retardando a sua biossíntese (IGLESIA et al. 2013; JONES 2007; MONTEIRO et al. 2018; TAIZ et al. 2017; VERHEUL et al. 2018).

Taiz et al. (2017) ao descreverem o processo de maturação dos frutos climatéricos, expuseram que o processo de degradação da clorofila acontece concomitantemente à síntese de carotenoides, como também com as mudanças nas paredes celulares e estruturas das organelas (principalmente os cromoplastos). Os autores também apontam que estes eventos são controlados por inúmeros fatores ambientais, como a presença e intensidade luminosa, temperatura, existência de danos mecânicos e também por fatores endógenos, sendo o etileno o principal hormônio influenciador a síntese de carotenoides.

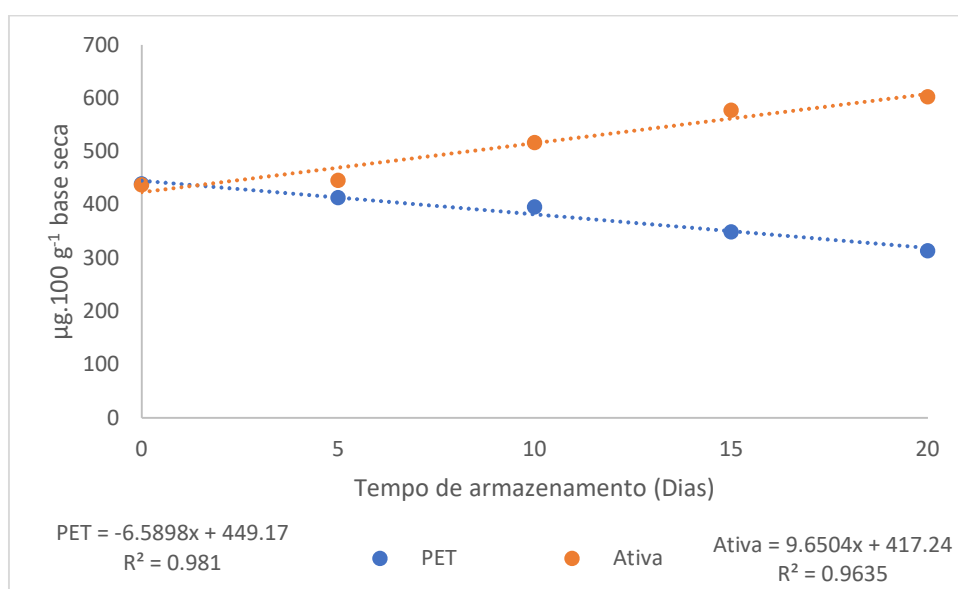
Verheul et al. (2018) e Monteiro et al. (2018) ao estudarem as influências do estágio de maturação de tomates sobre o conteúdo de carotenoides, mostram que grandes variações nos teores de licopeno podem acontecer após a colheita dependendo do estágio de maturação em que o fruto foi colhido

Outros autores ao estudarem a dinâmica do amadurecimento de tomates em diversas embalagens observaram que embalagens ativas que diminuem o etileno e que

modificam o balanço de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> causam a diminuição da síntese de licopeno (FAGUNDES et al. 2015; GHAREZI et al. 2012; IGLESIA et al. 2013; KANDASAMY et al. 2019).

Assim ao se observar o comportamento do conteúdo de licopeno nas condições deste estudo detectou-se que as embalagens exerceram efeito antagônico sobre o conteúdo de licopeno durante o armazenamento dos frutos.

Os teores de licopeno nos tomates armazenados na embalagem PET diminuíram na medida em que o período de armazenamento aumentava enquanto nos frutos armazenados na embalagem ativa ocorreu um aumento gradativo deste carotenoide (Figura 12).



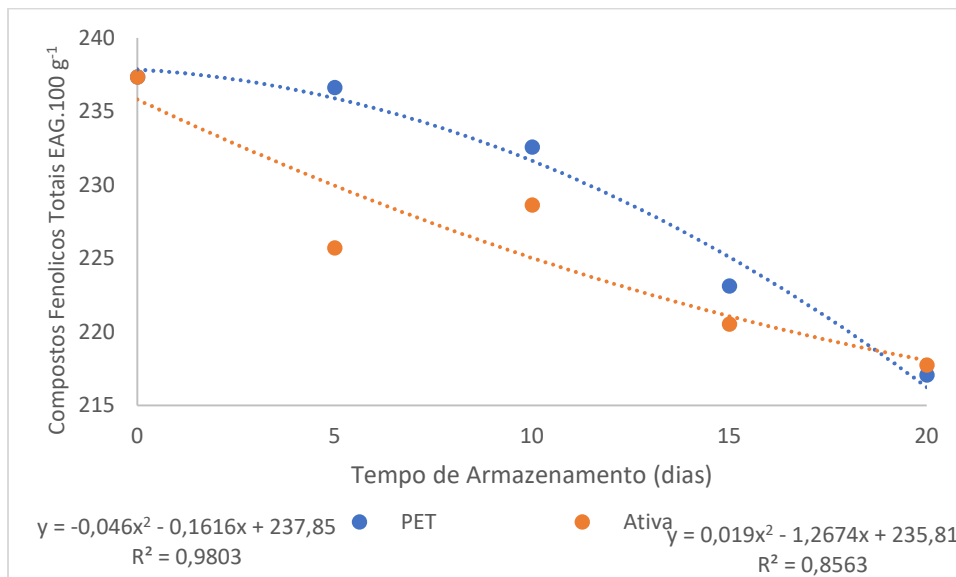
**Figura 12-** Teores de licopeno expressos ( $\mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$  base seca) em tomates *grape* armazenados sob refrigeração ( $16 \text{ }^\circ\text{C}$ ) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

A diminuição dos teores de licopeno nos frutos armazenados na embalagem PET possivelmente está ligada a perda de massa dos frutos, pois os frutos chegaram a perder 10,14% de massa ao final dos 20 dias. Enquanto nos frutos armazenados na embalagem ativa é possível observar o aumento do teor do licopeno enquanto no mesmo período perderam não mais que 2% de massa.

#### 4.2.2 Compostos fenólicos totais

Os teores de compostos fenólicos totais observado nos tomates diferiram apenas no que diz respeito ao tempo de armazenamento. Não foram influenciados pela embalagem escolhida, nem pela interação entre os dois fatores estudados.

Os maiores teores de compostos fenólicos foram detectados nos frutos no ato do armazenamento (237,33 EAG/100 g) (Figura13), sendo que estes teores diminuíram gradativamente até os 20 dias de armazenamento, onde a mínima média observada foi de 217,39 EAG/100 g. Resultado oposto ao observado (LIU et al. 2012), ao estudar o efeito da radiação UV-C nos conteúdos de compostos fenólicos em tomates armazenados, onde foi observado o aumento do conteúdo de compostos fenólicos totais em todos os tratamentos.



**Figura 13-** Teores de compostos fenólicos em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

Já Mirdeghan e Valero (2016), ao estudarem o efeito de diferentes aditivos para revestimento e tratamento superficial de tomates *in natura* observaram uma redução no teor de compostos fenólicos em todos os tratamentos utilizados e na testemunha o que condiz com as observações do presente estudo.

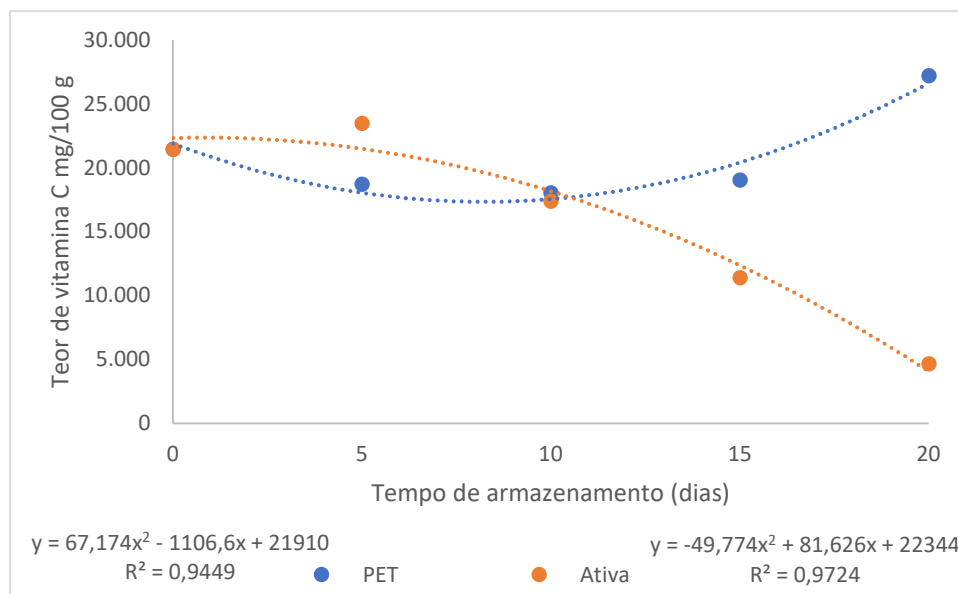
#### 4.2.3 Vitamina C

Os teores de vitamina C dos frutos armazenados na embalagem ativa no momento do armazenamento foram de 21,48 mg.100 g e diminuíram ao longo do período de estudo, atingindo o teor de 4,66 mg.100 g passados 20 dias, ou seja, apresentaram uma perda próxima a 78% de vitamina C. Já os frutos armazenados na embalagem PET apresentaram



oscilação dos teores médios de vitamina C ao longo do tempo, mas, ao final do período, apresentaram um ligeiro incremento chegando a 27,24 mg.100 g.

Conforme pode ser observado (figura 14), a embalagem do tipo ativa apresentou efeito negativo sobre a quantidade de vitamina C ao longo do período de estudo.



**Figura 14-** Teores de vitamina C em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

O conteúdo de vitamina C em tomates pode ser influenciado diversos fatores tais como adubação, situação fitossanitária do tomateiro, condições de estresses térmico e hídrico e também o tempo entre a colheita e o consumo (DAVIES e HOBSON, 1981). A diminuição do conteúdo de vitamina C nos frutos já colhidos acontecem principalmente devido a formação de espécies reativas de oxigênio, que reagem com a vitamina C. Estas espécies reativas são produzidas naturalmente em condições de estresses, o que pode ser causado por danos mecânicos e excesso de temperatura entre outros fatores (MORAES et al., 2010).

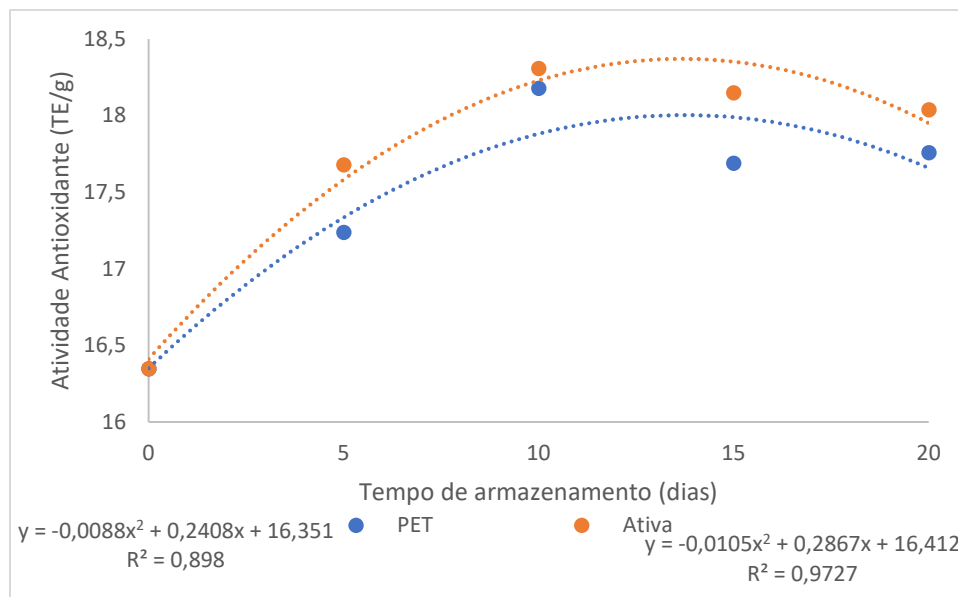
Oscilações nos teores de vitamina C semelhante ao que foi observado nos frutos armazenados na embalagem PET também foram observadas por MIGUEL et al. (2007) ao estudarem diferentes embalagens para armazenar tomates minimamente processados, porém MIGUEL et al. (2007) em nenhum dos tratamentos observaram redução semelhante a que foi detectada na embalagem tipo ativa durante o período de armazenamento.

Conforme pode ser observado (Figura 13), a embalagem do tipo ativa apresentou efeito negativo sobre a quantidade de vitamina C ao longo do período de estudo.

#### 4.2.4 Atividade antioxidante

Observou-se que apenas o tempo de armazenamento exerceu influência sobre a atividade antioxidante. Não sendo observada influência do tipo de embalagem, nem a interação entre a embalagem escolhida e o tempo de armazenamento.

A atividade antioxidante média variou de 16,35  $\mu\text{mol TE/g}$  no momento do armazenamento, tendo o seu maior valor observado aos 10 dias de armazenamento (18,24  $\mu\text{mol TE/g}$ ) e depois, regredindo para 17,9  $\mu\text{mol TE/g}$  em média aos 20 dias de armazenamento (Figura 15).



**Figura 15-** Atividade antioxidante expressa em  $\mu\text{mol Trolox equivalente (TE)/g}$  em base fresca em tomates *grape* armazenados sob refrigeração (16 °C) em duas diferentes embalagens (Ativa e PET) por 20 dias.

Javanmardi e Kubota, (2006), estudando o armazenamento de tomates sob refrigeração embora tenham observado uma menor atividade antioxidante relataram um ligeiro incremento na atividade antioxidante dos frutos, variando de 14,92 a 16,50  $\text{mmolTE/kg}$  nos primeiros 7 dias de armazenamento.

Já Mirdehghan e Valero (2016), ao estudarem diferentes aditivos para melhoria da qualidade de tomate armazenados, observaram um aumento da atividade antioxidante entre o momento de armazenamento (aproximadamente 28  $\text{mg equivalente ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e a primeira observação que ocorreu aos 8 dias (aproximadamente 38,3  $\text{mg equivalente ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Em seguida, houve um recuo para níveis inferiores ao inicial (aproximadamente 25,7  $\text{mg equivalente ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

#### 4 Conclusão

Houve influência da embalagem sobre os atributos de qualidade, os conteúdos de compostos bioativos e a atividade antioxidante de tomates tipo *grape* durante o armazenamento refrigerado (16 °C).

A embalagem ativa conservou por mais tempo a firmeza dos frutos e reduziu de forma expressiva a perda de massa.

Os teores de licopeno aumentaram gradualmente (de 438,1 a 602,05  $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  em base seca) durante o período de 20 dias de armazenamento dos frutos na embalagem ativa. Os frutos armazenados na embalagem PET apresentaram redução gradual dos teores de licopeno (de 438,1 a 313,2  $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  em base seca) no mesmo período de observação

O tempo de armazenamento e a interação entre o tempo de armazenamento e o tipo de embalagem, apresentaram maior influência sobre as características estudadas do que o tipo de embalagem avaliada isoladamente.

A escolha da melhor embalagem a ser empregada, depende do tempo que se pretende armazenar os frutos, ou seja até 5 dias, as embalagens não exerceram influência sobre nenhuma das características avaliadas. Já ao se considerar um período de 20 dias de armazenamento, a melhor opção é a embalagem ativa no que diz respeito à preservação teores de compostos fenólicos, licopeno e uma menor perda de massa. Já a embalagem PET, aos 20 dias, de armazenamento contribuiu para a manutenção de maiores teores de vitamina C e de acidez total titulável.

## 5 Referências

- ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L.; HONORIO, S. L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 122-126. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100025>.
- AGUIAR, F. P. C.; ABRAHÃO, R. M. S.; ANJOS, V. D. A., BENATO, E. Ap. Determinação da vida útil de tomate tipo cereja e "sweet grape" CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6º, 2012, Jaguariúna **Anais**, Jaguariúna, EMBRAPA (Vol. 66). 2012
- AKBUDAK, B.; AKBUDAK, N.; SENIZ, V.; ERIS, A. Effect of pre-harvest harpin and modified atmosphere packaging on quality of cherry tomato cultivars "Alona" and "Cluster." **British Food Journal**, v. 114 (2), p. 180–196, 2012. <https://doi.org/10.1108/00070701211202377>
- ALVARENGA, M. A. R. **Produção de tomate em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA. 2013. 455p.
- ANTUNES, S. R. N. **Propriedades fitoquímicas do licopeno: efeito preventivo no cancro da próstata**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Instituto Universitário Egas Moniz – Ciências Farmacêuticas, Almada, Portugal
- ARAH, I. K.; AHORBO, G. K.; ANKU, E. K.; KUMAH, E. K.; AMAGLO, H. (2016). Postharvest Handling Practices and Treatment Methods for Tomato Handlers in Developing Countries: A Mini Review. **Advances in Agriculture**, p. 1–8. 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6436945>
- AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. DE A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20(3), p. 337–341. 2000. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612000000300010>
- BARRINGER, S. A. Vegetables: Tomato Processing. In: SMITH J. S.; HUI Y. H. **Food Processing** p. 473–490 2008. <https://doi.org/10.1002/9780470290118.ch29>
- BARROS, L.; DUEÑAS, M.; PINELA, J.; CARVALHO, A. M.; BUELGA, C. S.; FERREIRA, I. C. F. R. Characterization and Quantification of Phenolic Compounds in Four Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Farmers' Varieties in Northeastern Portugal Homegardens. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67(3), p. 229–234. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0307-z>
- BASSOLINO, L.; ZHANG, Y.; SCHOONBEEK, H.; KIFERLE, C.; PERATA, P.; MARTIN, C. Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. **New Phytologist**, v. 200(3), p. 650–655. 2013. <https://doi.org/10.1111/nph.12524>
- BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Hydrocooling time estimation methods. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 29 n.2, p. 165–174. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0735-1933\(02\)00307-X](https://doi.org/10.1016/S0735-1933(02)00307-X)

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, p. 129–140. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>

BENLLOCH, R.; FARRÈ, R.; FRIGOLA, A. A quantitative estimate of ascorbic and isoascorbic acid by high performance liquid chromatography: Application to citric juices. **Journal of Liquid Chromatography**, v. 16(14), p. 3113–3122. 1993. <https://doi.org/10.1080/10826079308019637>

Boroski, M.; Visentainer, J. V.; Cottica, S. M.; Morais, D. R. **Antioxidantes - Princípios e métodos analíticos**. Curitiba:Appris 2015. 141 p.

BRASHLYANOVA, B.; ZSIVÁNOVITS, G.; GANEVA, D. Texture quality of tomatoes as affected by different storage temperatures and growth habit. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.26(9), p.750–756. 2014. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i9.17484>

BRASIL. Instrução Normativa Conjunta INC nº2, de 8 de fevereiro de 2018. **Diário Oficial da União** nº28 p. 148-149, 2018

BUTELLI, E.; TITTA, L.; GIORGIO, M.; MOCK, H. P.; MATROS, A.; PETEREK, S.; MARTIN, C. Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. **Nature Biotechnology**, v.26(11), p. 1301–1308. 2008. <https://doi.org/10.1038/nbt.1506>

CAMPOS, A. J.; VIEITES, R. L.; NEVES, L. C.; ROBLES P. A.; GARCIA, A. A. C. Manutenção da qualidade pós-colheita do tomate “pitenza” submetido a atmosfera controlada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha** v. 12 2011. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81320900009>

CANELLA, D.; LOUZADA, M. L.; CLARO, R.; COSTA, J.; BANDONI, D.; LEVY, R.; MARTINS, A. P. Consumption of vegetables and their relation with ultra-processed foods in Brazil. **Revista De Saúde Pública**, v.52, p. 50. 2018. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000111>

GOMES, C. N.; SILVA, D. J. H. Tomate do Plantio à Colheita, Viçosa: Editora Viçosa , 2008 237p. <https://www.editoraufv.com.br/produto/2113244/tomate-do-plantio-a-colheita>

CARON, V. C.; TESSMER, M. A.; MELLO, S. C.; JACOMINO, A. P. Quality of mini tomatoes harvested at two maturity stages and kept chilled in three packages. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v.31(2), p. 279–286. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200017>

CHALKER-SCOTT, L. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. **Photochemistry and Photobiology**, v. 70(1), p. 1–9. 1999. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1999.tb01944.x>

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

- D'AQUINO, S.; MISTRITOTIS, A.; BRIASSOULIS, D.; DI LORENZO, M. L.; MALINCONICO, M.; PALMA, A. Influence of modified atmosphere packaging on postharvest quality of cherry tomatoes held at 20°C. **Postharvest Biology and Technology**, v.115, p. 103–112. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.014>
- DA SILVA, A. M.; SCHNEIDER, V. C.; MATIUCCI PEREIRA, C. A. Propriedades químicas e farmacológicas do licopeno. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 6(2). 2009. <https://doi.org/10.5216/ref.v6i2.6546>
- DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The influence of environment, nutrition and genotype. **Crit. Rev. Food Science and Nutrition.**, v. 15. 2012, p. 205–280, 1981.
- DÍEZ, M. J.; NUEZ, F. Tomato. In: Prohens, J.; Nuez, F. Vegetables II. **Handbook of Plant Breeding**, Springer, New York, NY. 2008. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9_7)
- DONAZZOLO, J.; HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. (2003). Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. oso grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 27(1), p. 165–172. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000100020>
- DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: Análise Técnico-Econômica E Os Principais Indicadores Da Produção Nos Mercados Mundial, Brasileiro E Paranaense. **Ceasa**, 2017
- DORAIS, M.; EHRET, D. L.; PAPADOPOULOS, A. P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer. **Phytochemistry Reviews**, v. 7, p. 231–250. 2008. <https://doi.org/10.1007/s11101-007-9085-x>
- FAGUNDES, C.; MORAES, K.; PÉREZ-GAGO, M. B.; PALOU, L.; MARASCHIN, M.; MONTEIRO, A. R. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p.73–81. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.05.017>
- FAO, **CropWater - Land and Water**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Acessado em 10 de dezembro de 2018, em <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- GHAREZI, M.; JOSHI, N.; SADEGHIAN, E. Effect of post harvest treatment on stored cherry tomatoes. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 2(8), p. 1-10, 2012.
- GOULD, K.; DAVIES, K. M; WINEFIELD, C. **Anthocyanins: biosynthesis, functions, and applications**. 1ed. Nova York, Springer. 2009. 336p.
- IGLESIA, N.; M. S.; QUEVEDO, M. A.; GONZAGA, Z, C. Physico-chemical Changes in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruits as Influenced by Cultivation Systems and Modified Atmosphere Packaging. **Annals of Tropical Research**, v. 35(1), p. 74-104, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores Conjunturais em 2019**. Brasília: IBGE 2019. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/indicadores\\_2019.php](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/indicadores_2019.php) Acesso em: 18 de janeiro de 2020

JAVANMARDI, J.; KUBOTA, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41(2), p. 151–155. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.008>

JENKINS, J. A. The origin of the cultivated tomato. **Economic Botany**, v. 2(4), p. 379–392. 1948. <https://doi.org/10.1007/BF02859492>

JONES, R. B. (2007). Effects of postharvest handling conditions and cooking on anthocyanin, lycopene, and glucosinolate content and bioavailability in fruits and vegetables. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 35(2), p. 219–227. <https://doi.org/10.1080/01140670709510188>

JUMPS, J. C. L.; CHILÁN, G. R. M.; MURILLO, D. M. S.; MENDOZA, A. P. G. Evaluation of post-harvest tomato practices (*lycopersicum sculentum*). **International journal of life sciences**, v. 3(3) p. 8-15, 2019

JUNIOR, M. F.; SOARES, A. G. **Comunicado técnico 205**: Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando à redução de suas perdas. In Embrapa. 2014. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003270/1/CT205finalizado.pdf>

KANDASAMY, P.; MUKHERJEE, S. Enhancing shelf life of tomato under controlled atmosphere condition using diffusion channel system. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 0–1. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.07.001>

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G. DE; GOMES, R. R. Caracterização agronômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4(1), 14–22. 2010. <https://doi.org/10.7127/rbai.v4n100022>

LIU, C. H.; CAI, L. Y.; LU, X.; YING, H. X.; YING, T. J. Effect of Postharvest UV-C Irradiation on Phenolic Compound Content and Antioxidant Activity of Tomato Fruit During Storage. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11(1), p. 159–165. 2012. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(12\)60794-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(12)60794-9)

LÓPEZ CAMELO, A. F.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 22, p. 534–537, 2004. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362004000300006>

LÓPEZ-GRESA, M. P.; MALTESE, F.; BELLÉS, J. M.; CONEJERO, V.; KIM, H. K.; CHOI, Y. H.; VERPOORTE, R. Metabolic response of tomato leaves upon different plant-pathogen interactions. **Phytochemical Analysis**, v. 21(1), p. 89–94. 2010. <https://doi.org/10.1002/pca.1179>

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. da. (2007). Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23(2), p. 7–15. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-23798-0>

LUIZ, K. M. B. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill) armazenados em refrigeradores domésticos**. 2005.

107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MARFIL, P. H. M.; SANTOS, E. M.; TELIS, V. R. N. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT - Food Science and Technology*, v. 41(9), p. 1642–1647. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.003>

MEKONNEN, Z. T. The Influence of Retailing Packaging on Tomato Quality. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, v. 07(03), p. 1–7. 2017. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000604>

MENDONÇA, R., LOPES, M.; FREITAS, P.; CAMPOS, S.; MENEZES, M.; LOPES, A. Monotony in the consumption of fruits and vegetables and food environment characteristics. *Revista De Saúde Pública*, v. 53, p. 63. 2019. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2019053000705>

MIGUEL, A. C. A., DIAS, J. R. P. S., SPOTO, M. H. F. e RIZZO-BENATO, R. T. Qualidade de tomate “Débora” minimamente processado armazenado em dois tipos de embalagens. *Horticultura Brasileira*, Brasília. v. 25(4), p. 582–585. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000400017>

MIRDEHGHAN, S. H.; VALERO, D. Bioactive compounds in tomato fruit and its antioxidant activity as affected by incorporation of Aloe, eugenol, and thymol in fruit package during storage. *International Journal of Food Properties*, v. 20, p. 1–9. 2016. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1223128>

MONTEIRO, S. S., MONTEIRO, S. S., DA SILVA, E. A. e MARTINS, L. P. Maturação fisiológica de tomate cereja. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 8(3), p. 05-09, 2018.

MORAES, F.; COTA, A. M.; CAMPOS, F. M. e PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. *Ciências e saúde coletiva*, v.15(1) p.51-62. 2010.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. *Revista de Nutricao*, v. 19(2), p. 265–273. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000200013>

MOUSAVI K. A.; HASHEMI, S. M. B.; LIMBO, S. Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions. *Food and Bioproducts Processing*, v. 111, p. 1–19. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.001>

NADAI, F. B.; MENEZES, J. B. DE C.; CATÃO, H. C. R. M.; ADVÍNCULA, T.; COSTA, C. A. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@ambiente on-line*. v. 9(3), p. 261. 2015. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2348>

NAVARRO-GONZÁLEZ, I.; GARCÍA-ALONSO, J.; PERIAGO, M. J. Bioactive compounds of tomato: Cancer chemopreventive effects and influence on the



transcriptome in hepatocytes. **Journal of Functional Foods**, v. 42, p. 271–280. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.003>

NEVES L. C.; ALENCAR SM; CARPES S. T. Determination of antioxidante activity, total phenolic compounds and total flavonoids of samples of apicultural pollen from *Apis melífera*. **Brazilian Journal of Food Technology**. 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0102-0536201400040048600014&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0102-0536201400040048600014&lng=en)

OLIVEIRA, C. M.; CONEGLIAN, R. C. C.; CARMO, M. G. F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 33(4), p. 471–479. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400011>

ORDAZ-ORTIZ, J. J.; MARCUS, S. E.; KNOX, J. P. Cell wall microstructure analysis implicates hemicellulose polysaccharides in cell adhesion in tomato fruit pericarp parenchyma. **Molecular Plant**, v. 2(5), p. 910–921 2009.

PERIAGO, M. J.; MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; CHESSON, A.; PROVAN, G. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82(3), p. 323–330. 2002. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1035>

RAO, A. V.; WASEEM, Z.; AGARWAL, S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. **Food Research International**, v. 31(10), p. 737–741. 1998. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00053-8)

RENNA, M.; DURANTE, M.; GONNELLA, M.; BUTTARO, D.; D'IMPERIO, M.; MITA, G.; SERIO, F. Quality and Nutritional Evaluation of Regina Tomato, a Traditional Long-Storage Landrace of Puglia (Southern Italy). **Agriculture**, v. 8(6), p. 83. 2018. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060083>

RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; SALES, R. N.; AMARAL, R. D. A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29(2), p. 305–316. 2011. <https://doi.org/10.5380/cep.v29i2.25510>

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute, 2001. 64 p.

SABIR, F. K.; AGAR, I. T. Effects of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packing on postharvest life and quality in tomatoes. **Journal of Food Quality**, v. 34(2), p. 111–118. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00372.x>

SALADIÉ, M.; MATAS, A. J.; ISAACSON, T.; JENKS, M. A.; GOODWIN, S. M.; NIKLAS, K. J.; ROSE, J. K. C. A reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. **Plant Physiology**, v. 144(2), p. 1012–1028. 2007. <https://doi.org/10.1104/pp.107.097477>

SANDRI, D.; RINALDI, M. M.; ISHIZAWA, T. A.; CUNHA, A. H. N.; PACCO, H. C.; FERREIRA, R. B. ‘Sweet grape’ tomato post harvest packaging. **Engenharia Agrícola**,

v. 35(6), p. 1093–1104. 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1093-1104/2015>

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17(2), p. 227–236. 2004. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000200009>

SINGH, V.; SINGH, S. P. Effect of Different Storage Conditions on Ascorbic Acid Content in Tomato and Cabbage. **International Journal of Food and Fermentation Technology**, v. 5(1), p. 65–68. 2015.

SIRISOMBOON, P.; TANAKA, M.; KOJIMA, T. Evaluation of tomato textural mechanical properties. **Journal of Food Engineering**, v. 111(4), p. 618–624. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.007>

SOARES, T. DA C.; VILARINHO, M. DE F. S. B.; SOARES, T. DA C.; ROCHA, L. DE A.; SANTANA, L. C. B.; SILVA, L. A. A. DA; FARIAS, R. K. DA C.; SILVA, N. C. DA; SOUSA, M. M. DE C.; SILVA, K. H. R.; CÂMARA, G. B.; LIMA, V. M. DE; BARROS, I. S.; ROCHA, G. DA C.; OLIVEIRA, V. A. DE. Efeitos da suplementação das vitaminas C e E na prática de atividade física: uma revisão sistemática. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 11(7), p. e354, 2019.

SPAGNOL, W. A.; SILVEIRA JUNIOR, V.; PEREIRA, E.; GUIMARÃES FILHO, N. Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21(0). 2018. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07016>

STEVENS, R.; PAGE, D.; GOUBLE, B.; GARCHERY, C.; ZAMIR, D.; CAUSSE, M. Tomato fruit ascorbic acid content is linked with monodehydroascorbate reductase activity and tolerance to chilling stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 31(8), p. 1086–1096. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01824.x>

SUALEH, A. Effect of Storage Conditions and Packing Materials on Shelf life of Tomato. **Food Science and Quality Management**, v. 56, p. 60–67. 2016. <http://academicjournals.org/journal/AJFS/article-abstract/EB9DE0B55549>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. In Artmed. 2017. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32304-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32304-1_19)

TAKAHASHI, N.; MAKI, H.; NISHINA, H.; TAKAYAMA, K. Evaluation of tomato fruit color change with different maturity stages and storage temperatures using image analysis. **IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)**, v. 1, p. 147–149. 2013. <https://doi.org/10.3182/20130327-3-JP-3017.00034>

THAI, C. N.; SHEWFELT, R. L.; GAMER, J. C. Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models. **Transactions of the ASAE**, v. 33, p. 607-0614, 1990.

TIGIST, M.; WORKNEH, T. S.; WOLDETSADIK, K. Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50(3), p. 477–486. 2013. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0378-0>

TOLESA, G. N.; WORKNEH, T. S. Influence of storage environment, maturity stage and pre-storage disinfection treatments on tomato fruit quality during winter in KwaZulu-Natal, South Africa. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54(10), p. 3230–3242. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2766-6>

USDA - **FoodData Central**. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/321360/nutrients> Acessado em 19 janeiro de 2020

VANNDY, M.; BUNTONG, B.; ACEDO JR., A.; WEINBERGER, K. Modified atmosphere packaging to improve shelf life of tomato fruit in cambodia. **Acta Horticulturae**, (804), 453–458. 2008. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.804.65>

VERHEUL, M. J.; SLIMESTAD, R.; TJØSTHEIM, I. H. From Producer to Consumer: Greenhouse Tomato Quality as Affected by Variety, Maturity Stage at Harvest, Transport Conditions, and Supermarket Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63(20), p. 5026–5034. 2015. <https://doi.org/10.1021/jf505450j>

VISKELIS, P. Quality and physiological parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits of Lithuanian selection. **Biologija** v. 54(2), p. 108-111, 2009 <https://doi.org/10.2478/v10054-008-0022-8>

VUNNAM, R.; HUSSAIN, A.; NAIR, G.; BANDLA, R.; GARIEPY, Y.; DONNELLY, D. J.; RAGHAVAN, G. S. V. Physico-chemical changes in tomato with modified atmosphere storage and UV treatment. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51(9), p. 2106–2112. 2014. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0690-3>

WANG, Y.; MIAO, X.; SUN, J.; CAI, L. **Oxidative Stress in Diabetes: Molecular Basis for Diet Supplementation**. In *Molecular Nutrition and Diabetes: A Volume in the Molecular Nutrition Series* (pp. 65–72). 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801585-8.00006-3>

WILLS, R. B. H; GOLDING, J. **Advances in postharvest fruit and vegetable technology**. CRC press, 2016. <http://libgen.io/book/index.php?md5=6529245DC07FE4C5F39ED3F5388FB28C>

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Wallingford: CABI, 1998. 262 p.

ZUSHI, K.; MATSUZOE, N. Effect of soil water deficit on vitamin C, sugar, organic acid, amino acid and carotene contents of large-fruited tomatoes. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 67(6), p. 927–933. 1998. <https://doi.org/10.2503/jjshs.67.927>