

BÁRBARA NIVEA FEDATO

**QUALIDADE NUTRICIONAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE TOMATES
SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO**

Botucatu

2023

BÁRBARA NIVEA FEDATO

**QUALIDADE NUTRICIONAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE TOMATES
SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites.

Botucatu

2023

F292q

Fedato, Bárbara Nivea

Qualidade nutricional e compostos bioativos de tomates submetidos a diferentes métodos de processamento / Bárbara Nivea Fedato. -- Botucatu, 2023

80 p. : tabs., fotos

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

1. Solanum lycopersicum L.. 2. calor. 3. licopeno. 4. antioxidantes. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: QUALIDADE NUTRICIONAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE TOMATES
SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO

AUTORA: BÁRBARA NIVEA FEDATO

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Agrícola, pela
Comissão Examinadora:

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

Juliana Arruda Ramos
Prof.ª Dr.ª JULIANA ARRUDA RAMOS (Participação Presencial)
Nutrição / Faculdade Galileu - Botucatu

Flávia Queiroga Aranha
Prof.ª Dr.ª FLÁVIA QUEIROGA ARANHA (Participação Presencial)
Ciências Humanas e Ciências da Nutrição e Alimentação / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Botucatu, 01 de novembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me permitir chegar até aqui e por me conceder à força necessária nos momentos que precisei.

Aos meus queridos pais Ana e José, pelo apoio em toda a vida, zelo e amor.

A minha avó e minha tia Aba, pelas orações torcida e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, pela orientação, por todo conhecimento que adquiri, pela acolhida, amizade, paciência e incentivo.

A Márcia, técnica do laboratório, pelos ensinamentos, ajuda, amizade e companhia.

A todos os amigos que fiz na FCA, especialmente a Débora, pela acolhida, incentivo, amizade e trocas de conhecimento.

Aos meus amigos de Bauru, Riversul e Barra Bonita, pela presença, amizade e torcida.

A Faculdade de Ciência Agrômicas – UNESP, Câmpus de Botucatu e ao Departamento de Produção Vegetal, por possibilitar a realização deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pelo aprendizado e convivência.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

O tomate é tido como uma das hortaliças mais consumidas do mundo, é agregado na alimentação cotidiana da população por haver diversas alternativas de consumo como em molhos, saladas e lanches. Além disso, a produção e o consumo do tomate tiveram um crescimento significativo nos últimos anos, pelo aspecto funcional do tomate, que apresenta vitaminas, minerais e é uma grande fonte de licopeno para a dieta humana. O tomate é frequentemente consumido cru, porém, existem circunstâncias em que o emprego de cocção é necessário ou, preferido, visto que, o cozimento propicia aumento de aroma, palatabilidade e facilita a mastigação; no entanto, a cocção pode gerar uma possível alteração em sua composição nutricional. Sendo assim, objetivou-se verificar os nutrientes e compostos bioativos dos tomates submetidos a diferentes métodos de processamento. Os tomates do tipo italiano foram submetidos aos métodos de tratamento: vapor, panela de pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento. Posteriormente, foram realizadas as análises físico-químicas e bioquímicas do fruto (pH, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação, avaliação da cor instrumental, açúcar total, açúcar redutor, amido, fibras, umidade, cinzas, proteína, licopeno, beta caroteno, atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonóides). Para análise estatística, foi realizado o delineamento inteiramente casualizado, com sete processamentos (testemunha, vapor, panela de pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento) e três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparando com a testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de significância. Os tomates no estágio de amadurecimento salada tiveram mais alterações significativas nas análises físico-químicas e compostos bioativos, do que os tomates no estágio de amadurecimento vermelho. O tratamento branqueamento foi o que mais apresentou alterações significativas e o tratamento vapor foi o mais eficaz para a manutenção nas análises físico-químicas, compostos bioativos e minerais.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum L.*; calor; licopeno; antioxidantes.

ABSTRACT

Tomato is considered one of the most consumed vegetables in the world, it is added to the population's daily diet as there are several consumption alternatives such as sauces, salads and snacks. Furthermore, the production and consumption of tomatoes have seen significant growth in recent years, due to the functional aspect of the tomato, which contains vitamins, minerals and is a great source of lycopene for the human diet. Tomatoes are often consumed raw, however, there are circumstances in which cooking is necessary or preferred, as cooking increases aroma, palatability and facilitates chewing; however, cooking can generate a possible change in its nutritional composition. Therefore, the objective was to verify the nutrients and bioactive compounds in tomatoes subjected to different processing methods. Italian-type tomatoes were subjected to treatment methods: steam, pressure cooker, microwave, oven, UV-C and blanching. Subsequently, physical-chemical and biochemical analyzes of the fruit were carried out (pH, titratable acidity, soluble solids, maturation index, evaluation of instrumental color, total sugar, reducing sugar, starch, fiber, moisture, ash, protein, lycopene, beta carotene, antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoids) . For statistical analysis, a completely randomized design was carried out, with seven processes (control, steam, pressure cooker, microwave, oven, UV-C and bleaching) and three replications. The data obtained were subjected to analysis of variance, comparing with the control , using the Dunnett test, at 5% significance. Tomatoes at the salad ripening stage had more significant changes in physicochemical analyzes and bioactive compounds than tomatoes at the red ripening stage. The bleaching treatment was the one that showed the most significant changes and the steam treatment was the most effective for maintaining physical-chemical analyses, bioactive compounds and minerals.

Keywords: *Solanum lycopersicum L.*; heat; lycopene; antioxidants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do experimento desde a aquisição dos frutos até a separação para a análises.....	37
Figura 2 – Cores relacionadas à maturação do fruto: verde, salada, colorido, vermelho e molho.....	38
Figura 3 – Tomates na cocção em vapor.....	40
Figura 4 – Tomates após cozimento em pressão.....	40
Figura 5 – Tomates após cozimento em micro-ondas.....	41
Figura 6 – Tomates após cozimento em forno.....	40
Figura 7 – Disposição dos tomates para ser irradiado UV-C.....	42
Figura 8 – Tomates imersos na água gelada.....	43
Figura 9 – Tomates após branqueamento.....	44
Figura 10 – Diagrama de cromaticidade e parte do diagrama de cromaticidade a^* , b^* ..	46
Figura 11 – Variação do pH dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	51
Figura 12 – Variação da acidez titulável dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	52
Figura 13 – Variação dos sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	53
Figura 14 – Variação do índice de maturação (Ratio) dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	53
Figura 15 – Variação do $^{\circ}$ Hue dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	54
Figura 16 – Variação do Chroma (C^*) dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	55
Figura 17 – Variação do açúcar total dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	55
Figura 18 – Variação do açúcar redutor dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	56
Figura 19 – Variação do amido dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	57

Figura 20 – Variação das fibras dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	58
Figura 21 – Variação da umidade dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	59
Figura 22 – Variação das cinzas dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	59
Figura 23 – Variação das proteínas dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	60
Figura 24 – Variação do licopeno dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	61
Figura 25 – Variação de β caroteno dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	62
Figura 26 – Variação da atividade antioxidantes pelo método DPPH dos tomate (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	62
Figura 27 – Variação dos compostos fenólicos dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	63
Figura 28 – Variação dos flavonoides dos tomates (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características nutricionais em 100g de tomate <i>in natura</i>	23
Tabela 2 – Características nutricionais em 100g de tomate processada.....	25
Tabela 3 – Tempo e temperatura nos pré-testes.....	37
Tabela 4 – Valores de minerais dos tomates nos estágio de amadurecimento salada nos diferentes tratamentos.....	65
Tabela 5 – Valores de minerais dos tomates nos estágio de amadurecimento vermelho nos diferentes tratamentos.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Aspectos gerais do tomate.....	19
2.2	Compostos bioativos e pigmentos do tomate.....	20
2.3	Composição nutricional dos tomates e seus benefícios.....	22
2.4	Métodos de processamento e conservação.....	27
2.4.1	Cocção por vapor.....	29
2.4.2	Cocção por panela de pressão.....	30
2.4.3	Cocção por micro-ondas.....	31
2.4.4	Cocção em forno.....	33
2.4.5	Tratamento UV-C.....	33
2.4.6	Branqueamento.....	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1	Aquisição da matéria-prima.....	38
3.2	Determinação do tempo de processamento.....	38
3.3	Frutos submetidos a diferentes métodos de processamento.....	39
3.4	Descrição das análises físico-químicas e bioquímicas.....	44
3.4.1	Potencial hidrogeniônico (pH).....	44
3.4.2	Sólidos Solúveis (SS).....	44
3.4.3	Acidez Titulável (AT).....	44
3.4.4	Índice de maturação (Ratio SS/AT).....	45
3.4.5	Avaliação da cor instrumental.....	45
3.4.6	Determinação dos açúcares totais e redutores (AT e AR).....	46
3.4.7	Proteína bruta.....	47
3.4.8	Fibra bruta alimentar.....	47
3.4.9	Umidade.....	47
3.4.10	Cinzas.....	47
3.4.11	Amido.....	48
3.4.12	Licopeno e β aroteno.....	48
3.4.13	Preparo do extrato etanólico do tomate.....	48

3.4.14	Compostos fenólicos totais.....	49
3.4.15	Flavonoides.....	49
3.4.16	Atividade antioxidante pelo método DPPH.....	49
3.4.17	Minerais.....	50
3.4.18	Análise estatística.....	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1	Minerais.....	64
5	CONCLUSÕES.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

O tomate, *Solanum lycopersicum* L., faz parte da família Solanaceae e é proveniente da América do Sul, especificamente, da região das Cordilheiras dos Andes (FILHO et al., 2018). Sua cultura é apontada como cosmopolita, pela viabilidade de cultivo em diversas regiões, o tomate é configurado como o segundo produto olerícola no mundo e o primeiro em volume industrializado (CONAB, 2019).

A produção mundial de tomate é liderada pelos respectivos países: China, Índia, Estados Unidos, Turquia, Itália, Irã, Espanha e Brasil (FAOSTAT, 2018). O cultivo no Brasil, ocorre em regiões distintas, ao longo de todo o ano, oscilando no volume de produção, de acordo com a região produtora, suas características climáticas e precipitações pluviométricas. Os Estados que mais produzem tomate atualmente, são: Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, que correspondem a 72,12% da produção de tomate in natura e industrial no país (Dossa; Fuchs, 2017; Sousa Neto, 2019).

A cultura do tomate pertence ao grupo de vegetais, que é designado hortaliça e classificado como hortaliça-fruto, ou seja, suas partes comestíveis são os frutos. Atualmente, o tomate é tido como uma das hortaliças mais consumidas do mundo, sendo agregado na alimentação cotidiana da população por haver diversas alternativas de consumo na culinária, como em molhos, extrato, saladas, lanches e até mesmo, em sucos. Além disso, a produção e o consumo do tomate tiveram um crescimento significativo nos últimos anos, devido ao elevado teor de licopeno, um carotenóide de aspecto funcional, não sintetizado pelo organismo humano, devendo ser obtido por meio da alimentação, com isso, o consumo de alimentos fontes, como o tomate é importante para a saúde e nutrição do indivíduo (Castro; Brandão; Macedo, 2008; Nascimento et al., 2013; Tilahun et al., 2018).

O licopeno é um carotenoide, composto orgânico provitamínico A, eficaz na neutralização de radicais livres e espécies reativas de oxigênio, dessa forma o licopeno é o constituinte mais estudados no tomate, com atividades antioxidantes e anticâncer comprovadas e é o responsável pela sua cor vermelha (Salehi et al., 2019).

Além do licopeno, o tomate apresenta inúmeros benefícios nutricionais, por ser fonte de vitaminas C, compostos fenólicos, flavonóides, sais minerais (cálcio, potássio, fósforo e ferro) e carotenóides. (Machado et al., 2017; Menezes et al., 2017; Valdivia-nájar et al., 2018).

O tomate, assim como, outras hortaliças, é frequentemente consumido cru, porém, existem circunstâncias em que o emprego de cocção é necessário ou até mesmo, preferido; no caso do tomate o tratamento térmico, favorece a ruptura da matriz celular aumentando a biodisponibilidade do licopeno, podendo elevar sua atividade antioxidante, além disso, há um aumento aroma, palatabilidade e facilita a mastigação. Contudo, o cozimento pode gerar uma possível alteração em sua composição nutricional, tais mudanças, variam de acordo com o tempo, forma de preparo e tipo de cocção, que pode ser realizado de diversas maneiras, como: a vapor, calor seco e água de ebulição, também é possível variar o tempo e o equipamento, como por exemplo, o uso de forno ou fogão convencional e forno combinado (Boileau; Boileau; Erdman Junior, 2002; Ramos, 2015).

Averiguar as perdas ou ganhos nutricionais dos alimentos decorrentes do preparo é crucial para que seja entendido os benefícios que alguns alimentos possuem quando submetido a métodos de cocção e podem ser transmitidos para a população, ou, quando há um aumento das perdas, decorrente da falta de conhecimento da forma adequada do emprego da cocção e o processamento, este que pode modificar a atividade, o teor e a biodisponibilidade de nutrientes e antioxidantes, em virtude de serem degradados ou lixiviados para a água da cocção. (Del-vechio *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2008).

Diante de todos os benefícios que o tomate possui, de ser uma hortaliça com alto consumo em todo mundo, seja em sua forma natural ou processada, objetivou-se analisar o comportamento dos parâmetros físico-químicos, nutrientes e compostos bioativos dos tomates submetidos a diferentes métodos de processamento: vapor, pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do Tomate

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas e populares do mundo (Nasir *et al.*, 2015). Seu centro de origem é a região andina, perpassando o Equador, Bolívia, Colômbia, Peru e o norte do Chile, o centro de domesticação do tomate situa-se no México, especialmente nas regiões de Puebla e Vera Cruz. No Brasil, a cultura foi inserida no Brasil por imigrantes europeus, sobretudo pelos espanhóis, italianos e portugueses, no fim do século XIX, porém, a disseminação e o fomento no consumo iniciaram após a primeira guerra mundial, em torno do ano 1930 (Alvarenga, 2013).

O Brasil ocupa um papel de destaque na produção de tomates, no ano de 2017, ocupou o 9º lugar no ranking mundial. Em 2018, foram produzidas cerca de 4,5 milhões de toneladas, sendo as regiões que apresentaram maiores produções foram o Centro-Oeste e Sudeste, com destaque para Goiás e São Paulo (IBGE, 2019).

As características qualitativas do tomate são imprescindíveis, uma vez que influencia pontualmente na tomada de decisão do consumidor no momento da compra, para levar o produto para casa, o comprador prefere frutos firmes, sem manchas e ferimentos e cor uniforme (Peixoto *et al.*, 2017).

A procura por tomates com qualidade e livre de defensivos fitossanitários está em crescimento atualmente, os processos de escolha do comprador referente ao tomate está distribuído em quatro categorias: tamanho, qualidade, tipo de embalagem e variedade, no entanto, dados não oficializados mostram que existe uma parcela da população que procuram preços promocionais do produto e optam por não observam outros aspectos importantes no momento de escolha do fruto. (Alvarenga *et al.*, 2013; Carver, 2008).

No que diz respeito às indústrias de processamento de tomates, a qualidade da matéria-prima define a excelência do produto final, entretanto para os consumidores de tomate *in natura*, a qualidade está relacionada com aspectos que os compradores analisam conscientemente ou inconscientemente como adequados. Existem diversas características almejadas em tomate, em concordância com a finalidade pretendida, como: viscosidade, sabor, acidez, teor de sólidos solúveis totais (°Brix), facilidade de extração da pele dos frutos e espessura do pericarpo (Melo; Vilela, 2005). Anterior a compra, o consumidor verifica os atributos físicos do produto,

identificando de modo visual a presença de defeitos, a existência de deformidade no fruto, gera rejeição no ato da compra por parte do consumidor (Peixoto *et al.*, 2017).

Os parâmetros de rejeição tidos como defeitos graves nos frutos correspondem a podridão, queimado, fruto passado, dano decorrente de geada e podridão apical, esta refere-se em um dano fisiológico, que é determinado por necrose seca na região apical do fruto, caracteriza-se como defeito, quando a lesão é maior que 1 cm². A perda de firmeza ocorre quando os frutos se encontram com adiantado estágio de maturação ou senescência, por isso é designado como passado. A deformidade tida como queimado ocorre devido a ação dos raios solares que alcançam a epiderme, modificando a coloração dela para marrom. O prejuízo originado da geada acarreta perda de consistência e viabiliza a constituição de áreas necrosadas no fruto. Por fim, a podridão, pode ser causada por patógenos ou processo fisiológico, ocasionando decomposição, desintegração ou fermentação dos tecidos (Alvarenga, 2013; BRASIL, 2008).

Correspondem aos defeitos leves ao fruto: os danos, manchas, fruto ocado, deformado e imaturo. O dano diz respeito a uma lesão, que ocorre por injúria mecânica, ataque de pragas ou processo fisiológico. A mancha refere-se a uma mudança da coloração normal, a mancha é classificada como defeito quando a parte atingida ultrapassa 10% da superfície do fruto. Existem alguns frutos que manifestam mau desenvolvimento do conteúdo lobular, exibem vazios, por isso são conhecidos como frutos ocados. A modificação da forma característica do genótipo é designada fruto deformado, ao passo que, o fruto imaturo não atingiu o estágio de maturação ideal ou comercial, que se refere no começo do amarelecimento da região apical do fruto (BRASIL, 2008).

2.2 Compostos bioativos no tomate

O metabolismo primário de um vegetal é composto por vias semelhantes entre todas as espécies e sua função é a síntese, degradação e conversão de produtos essenciais para o desenvolvimento e manutenção do vegetal, como: ATP (adenosina trifosfato), carboidratos, ácidos graxos, proteínas e ácidos nucleicos. Já o metabolismo secundário, abrange vias distintas e tem funções relativas à mecanismo de defesa, contra agressões externas, atrativos de repelentes a insetos e influenciam

na cor, estabilidade oxidativa e sabor do vegetal. É do metabolismo secundário que se originam os compostos bioativos e pigmentos nos vegetais (Simões, 2010).

O metabolismo secundário deriva de produtos das vias do metabolismo primário que dão origem à acetil coenzima A, ácido chiquímico, ácido mevalônico e 1-desoxixilulose 5-fosfato. Deste produtos, originam às vias do metabolismo secundário, denominadas de acetato, chiquimato, mevalonato e desoxixilulose fosfato e ao combinarem entre si, dão origem a diversos compostos. As classes principais de metabólicos secundários são os compostos fenólicos, flavonoides, ligninas, cumarinas, alcaloides, terpenos, taninos e esteróis (Dewick, 2002).

O tomate possui alto teor compostos fenólicos e são grandes fontes de antioxidantes na alimentação humana, a atividade antioxidante está associada a capacidade de estabilizar as espécies reativas produzidas no organismo pelo estresse oxidativo celular, os compostos são eficazes na redução, a partir de seus grupos fenólicos, dos radicais formados, estabilizando e inibindo as reações destes com os componentes celulares. Além disso, atuam no processo inflamatório através de enzimas e da inibição da produção de citocinas pró-inflamatórias e de óxido nítrico, portanto o consumo regular de alimentos fontes de compostos fenólicos, é estudado e associado à redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer (Tripoli *et al.*, 2007; Barreca *et al.*, 2017).

Os compostos fenólicos nos tomates, presentes em maior concentração, estão presentes na forma conjugada e são denominados: quercetina, kaenferol, naringenina e rutina. Além deles, entre os compostos fenólicos principais e mais abundantes encontrados em alimentos, pertencem à classe dos flavonoides, por serem da classe dos fenóis, também possuem atividade antioxidante, que é agente do efeito protetor alcançado pelos flavonoides no organismo e dessa forma, colaboram na prevenção de diversas doenças crônicas, como câncer. Portanto, é necessário ressaltar, a importância de uma dieta equilibrada, com rica presença dessas substâncias encontradas nas frutas, verduras e legumes, dentre eles, o tomate (Martinez-valverde, 2002; Pereira, 2014).

Uma grande classe do metabolismo secundário são os terpenos, consistem em moléculas de hidrocarbonetos, insolúveis em água e podem ser armazenadas em estruturas especializadas ou não. Constituem-se por unidade de isopreno e podem ser classificados em diferentes subgrupos com base no número dessas unidades, um grupo com grande quantidade de terpenos, são os chamados carotenóides, pigmentos

de suma importância para fotossíntese nas plantas e para a dieta humana, os principais são: caroteno, xantofila, licopeno, betacaroteno, retinol, entre outros (Sousa; Sousa, 2017).

Os carotenoides são os pigmentos naturais que acarretaram as cores laranja, amarelo e vermelho nos alimentos, especialmente nas frutas e vegetais. Na saúde humana, tem um papel importante contra as doenças degenerativas, como câncer e cardiovasculares, por serem antioxidantes e atuarem contra os radicais livres (Valduga *et al.*, 2009).

2.3 Composição nutricional dos tomates e seus benefícios

A composição do tomate passa por modificações durante a maturação, de maneira que, também pode haver mudanças nutricionais devido a forma de cultivo e região, com isso, é necessário que haja uma análise dos parâmetros físicos e químicos, para que seja possível verificar os níveis de cada componente (Machado, 2002).

A relevância econômica do tomate está associada com suas características nutricionais, é um fruto possui poucas gorduras e calorias, é basicamente composto por água, carboidratos, especialmente o açúcar (glicose e frutose), com destaque para sua abundância em compostos antioxidantes naturais, o fruto possui, vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B5 (niacina) e C, ainda possui, fibras, proteínas e minerais (Alvarenga, Coelho, 2013; Monteiro, 2008).

A composição do tomate se destaca pela presença de teores elevados de antioxidantes, chamados de compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides, especialmente, o licopeno, estes que impulsionam a ênfase do consumo de tomate com os benefícios para a saúde humana (Vinha *et al.*, 2014).

O tomate é um fruto rico em água chegando em 95% de umidade, sobrando em torno de 5% de matéria seca, distribuído em carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas, minerais e fibra alimentar, como pode ser observado na tabela abaixo. (Philippi, 2018).

Tabela 1 – Características nutricionais em 100g de tomate *in natura*

Componente	
Umidade (%)	95,1
Energia (kcal)	15
Proteína (g)	1,1
Lipídeos (g)	0,2
Carboidratos (g)	3,1
Fibra alimentar (g)	1,2
Cinzas (g)	0,5
Cálcio (mg)	7
Magnésio (mg)	11
Manganês (mg)	0,07
Fósforo (mg)	20
Ferro (mg)	0,2
Sódio (mg)	1
Potássio (mg)	222
Cobre (mg)	0,04
Zinco (mg)	0,1
Vitamina B1 (mg)	0,12
Vitamina B6 (mg)	0,02
Vitamina C (mg)	21,2
Licopeno (mg)	7,74

Fonte: Nguyen, Schawartz, 1999; TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimento, 2011.

Os produtos derivados de tomate não possuem Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade específico, porém a Resolução RDC nº 272, de 22 de

setembro de 2005 (BRASIL, 2005) prescreve sobre o Regulamento Técnico para produtos vegetais, de frutas e cogumelos comestíveis, segundo este regulamento, no extrato de tomate, deve haver, no mínimo 6% de sólidos solúveis, presentes nos carboidratos, originado da polpa do fruto do tomateiro, possibilitando ou não, a adição de sal ou açúcar (Caputo *et al.*, 2015).

O extrato de tomate, de modo geral, apresenta uma diminuição no teor de umidade, em torno de 79,7g, devido à redução da atividade de água causada pela desidratação do processamento de cozimento e há um aumento no teor de carboidrato (15g), devido a concentração de sólidos solúveis. Na tabela abaixo, é possível observar a composição do extrato de tomate (TACO, 2018).

Tabela 2 – Características nutricionais em 100g de tomate processado

Componente	
Umidade (%)	79,7
Energia (kcal)	61
Proteína (g)	2,4
Lipídeos (g)	0,2
Carboidratos (g)	15,0
Fibra alimentar (g)	2,8
Cinzas (g)	2,8
Cálcio (mg)	29
Magnésio (mg)	29
Manganês (mg)	0,18
Fósforo (mg)	47
Ferro (mg)	2,1
Sódio (mg)	498
Potássio (mg)	680
Cobre (mg)	0,20
Zinco (mg)	0,4
Vitamina B3 (mg)	0,12
Vitamina B6 (mg)	0,11
Vitamina C (mg)	21,2
Licopeno(mg)	11,21

Fonte: Nguyen, Schawartz, 1999; TACO. Tabela Brasileira de Composição de

Alimento, 2011.

O destaque na composição nutricional do extrato de tomate, está no teor aumentado de licopeno em relação ao tomate *in natura*, comprovando as evidências trazidas por estudos, onde é relatado que produtos derivados do tomate, contêm licopeno em maior quantidade (Gartner *et al.*, 1998; Lemos Júnior *et al.*, 2011).

O tomate é um alimento funcional de destaque, é cultivado em todo o mundo e é versátil, podendo ser consumido em saladas, molhos, sucos, geleia, polpas e tomate seco, além disso, o tomate possui uma atribuição significativa na pigmentação de alimentos, por conter uma diversidade de carotenoides como licopeno, β -caroteno e a luteína, que são conhecidos pela coloração vermelha e alaranjada (Filgueira, 2008).

Entre os carotenoides existentes no tomate, o licopeno é encontrado em maior quantidade e possui um grande número de insaturações presentes em sua estrutura química, com isso, tem como função a proteção das células contra danos oxidativos, por combater espécies reativas de oxigênio, nitrogênio ou enxofre. Dessa forma, este composto quando presente na dieta alimentar, gera benefícios à saúde. Estudos mostram redução de chance de doenças cardiovasculares, redução de doenças crônicas tipo aterosclerose e câncer de próstata (Marques, 2015).

O licopeno é estudado de maneira recorrente para elucidar os mecanismos de ação contra o estresse oxidativo e na redução de risco de doenças crônicas. Neste sentido, no que se refere a doenças relacionadas ao coração, uma meta análise realizada por Cheng *et al.* (2017), incluiu 22 estudos, onde foi observado que a suplementação de tomate cru reduziu as concentrações séricas de LDL-colesterol (*Low density lipoprotein*), que em grandes quantidades permite o acúmulo de gordura saturada nas paredes das artérias. Também foi estudado o efeito da suplementação de licopeno e foi constatado uma diminuição da pressão arterial sistólica (-5,66 mmHg). No que diz respeito, particularmente a aterosclerose, a suplementação do tomate ou licopeno obteve resultados significativos na prevenção da aterosclerose nos seguintes mecanismos: redução da ligação entre as partículas oxidadas com macrófagos e monócitos, impossibilitando a agregação plaquetária e geração das placas de ateroma; diminuição da secreção de citocinas inflamatórias; proteção do LDL-colesterol do dano oxidativo e melhora da vasodilatação das células endoteliais (Böhm, 2012; Costa-rodrigues, Pinto, Monteiro, 2018).

O licopeno mostrou os primeiros indícios na prevenção do câncer de próstata no ano de 1995, onde foi publicado um estudo que incluiu mais de 45 mil voluntários, durante 7 anos e relevou que a suplementação de licopeno diminuía

consideravelmente o risco do câncer de próstata, a partir disso, houve um grande avanço de estudos relacionando licopeno e outros canceres, como de mama e pulmão (GIOVANNUCCI et al, 1995; SAINI, et al.; 2020). Estudos evidenciaram que a suplementação de licopeno aparenta desempenhar eficácia contra o câncer por meio de ações como: inibição da proliferação e estímulo da morte programada das células tumorais, diminuição do dano oxidativo em células do DNA, que resulta na descontinuação do ciclo celular da doença (CHEN, et al., 2015).

Um estudo realizado por Lindshield *et al.* (2007), associou o consumo de licopeno com a diminuição do risco de desenvolvimento do câncer de próstata, evidenciando que o caroteno foi responsável pela mudança na expressão de enzimas do metabolismo andrógeno em próstatas normais e tumores de próstata. Além disso, por conta da diminuição do dano oxidativo em células do DNA, autores alegaram que o mecanismo de ação do licopeno na prevenção de canceres, não somente o de próstata, está associado com prevenção de mutações das células e diminuição da proliferação de células tumorais (Lindshield, *et al.*, 2007; Perveen et al, 2015).

É possível realizar a suplementação do licopeno com o nutriente isolado, entretanto, a ingestão do tomate *in natura* ou em preparações culinárias, diminuem o risco de intoxicação com doses elevadas de licopeno. Sendo assim, o consumo integral do alimento, garante uma maior qualidade de nutrientes na rotina alimentar e possibilita a ingestão de outros nutrientes presentes no alimento, que atuando em conjunto, podem proporcionar mais benefícios à saúde do indivíduo (Ribeiro, 2021).

O tomate é fonte de vitaminas, especialmente C, estas que estão relacionadas com a saúde, influenciam no bem-estar e na capacidade cognitiva de uma pessoa. A vitamina C (ácido ascórbico), tida como potente antioxidante hidrossolúvel, característica que a torna eficiente no combate aos radicais, eliminado oxigênio reativo, prevenindo doenças, inflamações e envelhecimento precoce (Rekha *et al.*, 2012). O ácido ascórbico não é sintetizado pelo organismo humano, com isso, é necessário ingerir através dos alimentos (Carr & Maggini, 2017).

2.4 Métodos de processamento e conservação

A cocção de alimentos é a utilização de uma fonte de produção de calor, disseminada ao alimento. A aplicação de calor altera o alimento, pela mudança que ocasiona em sua estrutura (Ornellas, 2007).

A cocção proporciona trocas químicas, físico-químicas e estruturais nos componentes dos alimentos. Conforme o tempo de cocção e a temperatura que for empregue, acontecerá a destruição dos microrganismos e enzimas, transformações nas propriedades sensoriais e nutricionais do produto cozido. O emprego da cocção causa desagregação das estruturas vegetais, o que ocasiona em melhoria da digestibilidade e palatabilidade. As mudanças físicas e químicas decorrentes dos diversos métodos de cocção, podem alterar o valor nutricional do alimento e sofrem influência da maneira como foi transferido o calor, a intensidade da temperatura, extensão do processo e o meio de cocção aplicado (Alves *et al.*, 2011).

Referente ao preparo das hortaliças, é possível utilizar métodos de calor úmido e seco. A cocção através do calor úmido, pode suceder-se por meio de água quente, em ebulição ou vapor, cujo vegetal é hidratado durante o abrandamento das fibras. No calor seco, o método de cozimento refere-se à aplicação de calor, de modo direto ou indireto, gerando uma desidratação do alimento e concentração dos sólidos totais. O que diferem as técnicas referidas, são o contato direto da hortaliça com a água de cocção, temperatura utilizada e o tempo fundamental para o cozimento, sendo indicado conforme as características botânicas do vegetal e sua composição química (Ornellas, 2007).

O congelamento é outro método de conservação muito utilizado, onde utiliza-se de baixas temperaturas (-18°C), que são menores que na refrigeração. O congelamento pode ser dividido em rápido e lento, no congelamento rápido, existe formação de cristais de gelo pequenos, que reduzem os danos ao alimentos, um tipo de congelamento rápido é através dos congeladores criogênicos, que permitem as temperaturas mais baixas ao produtos, podendo atingir -45°C , em 1 minuto; já no congelamento lento, há formação de grandes cristais de gelo. Com o processo de congelamento, há redução da temperatura acima dos limites fisiológicos, gerando queda na intensidade dos processos vitais com declínio do metabolismo normal do fruto, sem modificar sua fisiologia (Chitarra e Chitarra, 2005; Oliveira, 2017)

No congelamento, existe inibição do crescimento de microrganismos e retardo em grande parte do processo metabólico, quanto menor for a temperatura do congelamento, mais lenta a atividade enzimática, até o momento que ocorrerá paralisação total. Com a diminuição da atividades das enzimas, existe uma interrupção da biossíntese dos metabólitos secundários, que são influenciados por fatores ambientais, entre eles, a temperatura, esses fatores ambientais, podem

influenciar na quantidade e qualidade dos produtos secundários nos frutos (Gava, 2008; Gobbo-neto; Lopes, 2007).

2.4.1 Cocção por vapor

O método de transmissão de calor que permite o cozimento do alimento através do vapor, é denominado método de convecção, onde ocorre um deslocamento de moléculas aquecidas, que por ficarem menos densas, sobem até a superfície do líquido, sendo substituídas pelas mais frias e densas, que se movem para o fundo do recipiente (Araújo, *et al.*; 2014).

Dessa forma, a cocção a vapor é caracterizada por cozinhar os alimentos através do vapor que o envolve. Ao utilizar este método, espera-se algumas vantagens, como um realce no aspecto do alimento, especialmente no que diz respeito a cor de hortaliças e diminuição de perdas dos nutrientes hidrossolúveis, por não existir o contato direto do alimento com a água, mantendo o valor nutritivo (Moreira, 2016).

Para realizar a cocção a vapor, utiliza-se um recipiente que contenha uma abertura no fundo, onde o alimento é despejado, este recipiente é colocado sobre outro que contenha um líquido em ebulição, o alimento será cozido através do vapor do líquido em ebulição (Philippi, 2014).

Os vegetais são frequentemente consumidos de forma crua, entretanto, o emprego da cocção é muito utilizado, por necessidade ou preferência. Ao utilizar o cozimento, pode haver perdas ou ganhos nutricionais, dessa forma, é recorrente o estudo do vegetal após ser submetido aos diversos tipos de cozimentos, entre eles, o vapor (Campos *et al.*, 2008).

Um estudo realizado por Ahmed e Ali (2013), mostrou que brócolis e couve-flor no vapor, apresentaram menores perdas de nos teores proteínas e minerais em relação aos outros métodos de cocção. Outro estudo evidenciou que o cozimento em vapor induziu menores perdas de antioxidantes e sólidos solúveis presentes na couve-flor (Volden *et al.*, 2009).

Velho (2016), ao submeter amostras de batata-doce em diferentes métodos de cocção, observou que no vapor houve perda significativa na acidez titulável e o teor de umidade reduziu em 2,06%, em comparação com a amostra *in natura*.

2.4.2 Cocção por panela de pressão

A cocção sob pressão é realizada por meio de panelas especiais, vedadas através de uma tampa, que viabiliza a formação da pressão no interior do recipiente, quando maior for a pressão atingida, com mais rapidez o alimento será cozido (Philippi, 2014).

Este método aumenta o ponto de ebulição da água e acelera o cozimento do alimento, devido ao vapor, que sobe da água fervente, ficando aprisionado dentro do utensílio, elevando a pressão sobre o líquido e aumentando sua temperatura em cerca de 120°, dessa forma, pode-se dizer, que o cozimento em panela de pressão, é um misto de cocção por fervura e vapor (Mcgee, 2014; This, 2010).

Devido ao rápido cozimento, é esperado que na cocção por pressão haja uma diminuição nas perdas por dissolução dos nutrientes na água, porém, por se tratar de alta pressão e temperatura, é possível haver uma alteração das estruturas das fibras, causando uma maior degradação (Araújo *et al.*, 2014; Todelo, 2008). Estudo realizado por Daiuto (2012), evidenciou esta hipótese na polpa da abóbora submetida à pressão, onde houve uma diminuição de 46,98% das fibras, comparados com o vegetal *in natura*. Entretanto, estudo realizado por Ramos (2015), não foram observadas alterações em beterrabas com cascas e fatiadas, submetidas a pressão, na concentração de fibras alimentar, em comparação com a crua.

A diferença entre as perdas nutricionais de um vegetal para o outro, pode ser explicada pela diferença de composição e ainda, por diversos fatores que ocorrem desde a colheita, já que reações químicas e físicas começam acontecer e influenciar a qualidade da hortaliça, assim como, os processamentos que são submetidos antes do consumo, podem potencializar as perdas nutricionais, já que o efeito do calor gera mais trocas físico-químicas e na estrutura do alimento (Tscheuschner, 2001).

Em estudo com batata-doce, foi verificado que a cocção por pressão gerou uma perda na acidez titulável e na luminosidade após o processamento, em comparação com a batata-doce *in natura*. Porém, a pressão gerou um aumento no teor de umidade e na atividade antioxidante, mostrando benefícios na utilização deste tratamento (Velho, 2016).

Na couve-flor o tratamento da panela de pressão se destacou ao manter os maiores teores de ferro em relação aos demais tratamentos, quando comparado a amostra crua. A flor de couve-flor quando submetida ao tratamento a vapor, imersão e a panela de pressão, mantiveram os maiores teores de fósforo em relação ao

tratamento com o uso do micro-ondas. Na flor da couve-flor, a panela de pressão foi efetiva na manutenção do cálcio, em relação a amostra crua. Em relação ao magnésio, com o uso da panela de pressão, foi mantido teores altos, em relação a outros tratamentos e quando comparado ao vegetal cru (Daiuto *et al.*, 2015).

2.4.3 Cocção por micro-ondas

A utilização do forno micro-ondas é um processo recente, que ganhou popularidade devido ao seu poder de aquecer rapidamente os alimentos e conservar as qualidades microbiológicas e sanitárias do produto (Cho, Lee, Rhee; 2010; Germano, Germano, 2011).

O aquecimento do alimento no micro-ondas ocorre através da radiação, que transfere energia por meio de ondas curtas de alta frequência, denominadas ondas eletromagnéticas, que são constituídas por unidades emissoras chamadas magnétrons, dessa forma, não há contato direto do alimento com a fonte de calor (Instituto Americano de Culinária, 2011; Philippi, 2014).

Na cocção por micro-ondas, o alimento é aquecido de dentro para fora e das bordas para o centro, diferentemente do aquecimento em forno convencional, onde o calor é produzido na primeira superfície de contato e posteriormente, se propaga para o interior dos alimentos, sendo assim, é possível notar que o modo de aquecimento convencional e por micro-ondas, ocorrem de modo distintos (El-abassy, Donfack, Materny, 2010; Teichmann, 2009).

O rápido cozimento do alimento no forno micro-ondas é explicado pela radiação atingir todo o alimento, com isso, as partículas de água são aquecidas de uma só vez, resultando em um cozimento uniforme. Entretanto, o tempo em que o alimento levará para ser cozido, depende da quantidade de alimento que será preparado e a capacidade que o micro-ondas suporta (Mejido, 2012; Salazar-gonzales *et al.*, 2012).

Mesmo possuindo diversos benefícios, o micro-ondas tende a ressecar o alimentos, mudando seu aspecto visual, dessa forma, o ideal é que adicione um pouco de água na cocção, ou utilize recipientes fechados, para que vapor fique retido (Mcgee, 2014).

Vieira (2016) investigou compostos bioativos em tomate após processamento térmico, este experimento foi realizado com tomate casca e sementes e outra parte com tomates sem casca e sementes, os tomates foram triturados, formando um purê e foram submetidos aos tratamentos. No micro-ondas, apresentou a maior perda de

umidade. Em relação aos sólidos solúveis, o cozimento em micro-ondas mostrou-se mais eficiente para o purê de tomate, com casca e semente e sem casca e semente, apresentando valores mais elevados. O pH aumentou significativamente no purê de tomates sem casca e sementes, quando submetidos ao micro-ondas, em relação ao outro tratamento, fervura. Ao submeter ao micro-ondas, também foi observado aumento da acidez titulável no purê de tomates com casca e sementes e sem casca e sementes. Foi observado maior valor de licopeno e β -caroteno no purê de tomate com casca e sementes cozido em micro-ondas. No purê sem casca e sementes, foi verificado aumento na atividade antioxidante.

Estudo realizado por Colpo (2015), buscou avaliar a capacidade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos de frutas vermelhas submetidos a processamentos por calor (micro-ondas, *sous vide*, fervura e desidratação). Após análise das frutas: amora, cereja e jaboticaba, verificou que o tratamento micro-ondas foi o que mais aumentou a atividade antioxidante e compostos fenólicos, em comparação com as frutas *in natura*. O morango apresentou aumento na atividade antioxidante e o mirtilo aumentou os compostos fenólicos, ambos quando comparado a fruta *in natura*.

Velho (2016), avaliou a retenção de nutrientes, aspectos sensoriais e microbiológicos da batata-doce submetida a diferentes métodos de cocção, no método de cocção micro-ondas, foi observado uma diminuição da umidade e do ângulo $^{\circ}$ Hue, que sugere a tonalidade da cor, quando comparada ao vegetal cru. O micro-ondas foi o método que apresentou maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo ensaio ABTS e maior valor de atividade antioxidante total.

Pigoli (2012), avaliou as alterações nutricionais em hortaliças decorrentes de diferentes métodos de cozimento. Na folha do brócolis o micro-ondas manteve teor de proteínas, fibras, açúcares redutores, ferro, potássio, em relação ao vegetal cru. Na flor da couve-flor, o micro-ondas manteve os maiores teores de proteína, cálcio; na folha da couve-flor observou maior manutenção do micro-ondas nos teores de zinco; no talo da couve-flor, o micro-ondas foi eficiente para manter teor de fibra, fósforo, potássio e zinco.

Estudo realizado por Daiuto *et al.* (2015), buscou observar a estabilidade de minerais em hortaliças submetidas a diferente métodos de cozimento. O tratamento

com micro-ondas na polpa de abóbora manteve maior quantidade de potássio, cálcio, magnésio.

4.4 Cocção em forno

No forno convencional, o calor é transmitido por convecção, ocorrendo um aquecimento na parte inferior do forno, este calor é deslocado para a porção superior, substituindo a porção mais fria, dessa forma, cria-se uma corrente de convecção, onde a temperatura no centro do forno, fica uniforme e há um aquecimento próximo as paredes do forno, gerando melhorias na cocção. O assamento dos alimentos é decorrente do aquecimento do ar no espaço confinado do forno (Araújo, 2013; Gisslen, 2012).

Neste método de cocção, ocorre a atuação do cor seco, ou seja, é conduzido sem umidade, pode-se usar ou não gordura. A temperatura utilizada varia entre 120° C a 250°C, fazendo com que haja uma desidratação na superfície do alimento e conseqüente escurecimento, além disso, a transferência de calor para o alimento é lenta, dessa forma, a cocção no forno é menos eficiente, necessitando de um tempo maior para cozinhar o alimentos (Domene, 2014; Mcgee, 2014).

Estudo com batata-doce submetidas em diferentes métodos de cocção realizado por Velho (2016), ocorreu uma diminuição no teor de umidade, porém manteve elevado os teores de carotenoides, polifenóis e antioxidantes, em comparação com a batata-doce crua.

Ramos (2015) ao submeter beterrabas em diferentes métodos de cocção, observou que beterrabas fatiadas cozidas no forno tiveram maiores teores de compostos fenólicos e manutenção dos níveis de flavonoides. Em relação aos minerais, o fósforo e o ferro foram preservados nas beterrabas inteiras com casca no forno, entretanto, no potássio foi observado que a beterraba inteiras com casca diminuíram seus níveis no forno, o mesmo ocorreu com o magnésio nas beterrabas inteiras sem casca no forno. Na tonalidade da cor (ângulo °Hue), observou diferença significativa na cocção no forno entre as beterrabas inteiras com casca e a saturação da cor (chroma), as beterrabas no forno foram as que tiveram menores valores para chroma, mostrando que estavam mais escuras.

2.4.5 Tratamento UV-C

A irradiação com luz ultravioleta-C (UV-C) é uma tecnologia não térmica em desenvolvimento que demonstra benefícios, como a inativação de diversos

microrganismos patogênicos e deteriorantes, com perda mínima da qualidade nutricional do alimento. Além disso, não deixa resíduos, não apresenta restrições legais relacionadas ao seu uso, demanda de baixo investimento e pequeno espaço para implantação, sendo possível combinar a aplicação de UV-C com outras técnicas de conservação, dessa forma, a UV-C é tido como um tratamento em potencial de pós-colheita para a sanitização superficial e conservação de frutas e legumes inteiros (Civello *et al.*, 2006; Maharaj, 2015; Yaun *et al.*, 2004).

A UV-C é tradicionalmente usada para a desinfecção de água, ar e superfícies, entretanto na indústria alimentícia a UV-C é limitada, seu uso é em grande parte na pasteurização de sucos, essa limitação é explicada pela baixa penetração na superfícies dos tecidos (Artés *et al.*, 2007).

A destruição do microrganismos para aumento da vida útil, é atualmente o objetivo principal no tratamento UV-C em vegetais minimamente processados, os impactos podem ser observados logo após o tratamento, através da absorção da radiação pelos microrganismos da superfícies em doses que são nocivas para o DNA, resultando em mudanças nos ácidos nucleicos e membranas (Civello *et al.*, 2006).

Ao utilizar UV-C, ocorre um estímulo no metabolismo secundário, na área responsável pela defesa dos vegetais, induzindo a produção de compostos antimicrobianos, como as fitoalexinas e aumento da capacidade do tecido irradiado de sintetizar fotoquímicos com propriedades antioxidantes, com isso, é crescente o interesse dos pesquisadores em aplicar a radiação UV-C como um método para oferecer vegetais mais ricos nutricionalmente, porém, é necessário cautela no uso da UV-C pela inconsistência da quantidade de dose que deve ser utilizada, para que não gere danos irreversíveis aos tecidos do vegetal (Cisneros-zevallos, 2003; Ribeiro *et al.*, 2012).

Campos (2008), estudou sobre ultravioleta (UV-C) e conservação da qualidade de tomates, as análises ocorreram nos dias 0,7,14,21, onde as doses de UV-C foram aumentadas no decorrer dos dias de experimento, dessa forma, foi verificado que no primeiro dia de análise, o tomate obteve maior média de pH. Na acidez titulável do dia inicial, não foi observado efeito no tomate, em relação ao fruto *in natura*. Nos carotenóides totais, foi constatado que com o aumento das doses de irradiação UV-C também ocorreu o aumento dos valores médios de carotenóides totais, evidenciando seu efeito positivo. Para atividade antioxidante, verificou-se perda desta capacidade

nos tomates com o aumento da dose aplicada, onde a testemunha evidenciou as maiores médias diferindo dos demais, por este motivo a irradiação UV-C provavelmente não causou efeito positivo na manutenção da capacidade antioxidante, o mesmo foi observado com o licopeno, ocorreu uma diminuição do início ao final do armazenamento, onde o dia inicial proporcionou as maiores médias, sendo verificado que a irradiação UV-C não promoveu efeito positivo na manutenção do licopeno no decorrer dos dias de análise.

Os autores Filho, Borges (2020), realizaram uma revisão acerca dos efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas, foi verificado que os estudos mostram que a carga microbiana natural do alface e da maçã, é passível de ser reduzida logo após tratamentos, gerando uma elevação satisfação da vida de prateleira dos produtos. No alface, foi observado uma diminuição significativa de microrganismos patogênicos, dependendo dos parâmetros utilizados e para a maçã, o controle do tempo de exposição à radiação UV-C foi importante para controlar o escurecimento superficial e a perda de massa.

Estudos evidenciaram o que o tratamento UV-C gerou um aumento dos teores de compostos fenólicos totais, em banana minimamente processadas, morango e manga, cujo aumento do teor de compostos foi linear entre intensidade do tratamento vs concentração, fato foi justificado pelo mecanismo de defesa das plantas em resposta a exposição ao tratamento com luz UV produzindo aumento na concentração de compostos fenólicos (Erkan *et al.*, 2008; Souza, 2014; Stangherlin, 2020).

Tremocoldi (2011), analisou atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e cor em abacate 'Hass' submetidos a radiação ultravioleta (UV-C) e foi concluiu que a UV-C não manteve a capacidade antioxidante dos frutos e no primeiro dia de análise foi constatado que os frutos apresentaram menos luminosidade (L), quando comparados aos outros dias de armazenamento, entretanto a UV-C, ocasionou um aumento na quantidade de compostos fenólicos durante o armazenamento.

2.4.6 Branqueamento

O branqueamento é uma técnica aplicada em frutas e vegetais, que precede as etapas de estocagem e armazenamento. Essa técnica consiste na aplicação de calor por meio de água fervente, numa temperatura entre 85 a 100°C, por poucos minutos (de 2 a 10), realizando logo em seguida imersão em água fria, resultando em um

choque térmico. Seu objetivo é inativar enzimas responsáveis por reações de deterioração e interromper atividade de enzimas que geram escurecimento em vegetais, os que são conservados por congelamento, devem ser branqueados antes para melhor a sua aparência e textura (Dantas; Silva, 2018; Domene, 2011).

Durante o processo de branqueamento, devido ao uso do calor, há uma redução na quantidade de microrganismos no alimento e nos gases, fato que ocasiona uma estabilidade durante a estocagem e pelo uso de calor, pode ocorrer perdas de vitaminas, no entanto, essas perdas estão relacionadas a fatores como: pH, umidade e a natureza do alimentos, dessa forma, pode haver uma variação de alimento para alimento (Damodaran; Parkin, 2019).

Branqueamentos e pasteurização são usualmente empregados em tomates na produção de molhos e extratos, para que esses tratamentos térmicos propiciem inativação microbiológica e enzimática, visando o aumento da vida útil e garantindo a segurança do consumidor. Entretanto, esses tratamento térmicos utilizados no processamento industrial de tomates, podem afetar o valor nutricional do produto final, devido ao calor, foi observado uma ativação da reação de Maillard e oxidação de ácidos graxos poliinsaturados, resultando em uma mudança no perfil de compostos voláteis e no teor de antioxidantes naturais (Kaur, Kapoor, 2001).

Estudo realizado por Soares e José (2013) com mangas 'Rosa' e 'Espada', concluíram que, em mangas Espadas branqueadas por imersão em água quente, os teores de carotenoides diminuem bruscamente até 20 dias de congelamento.

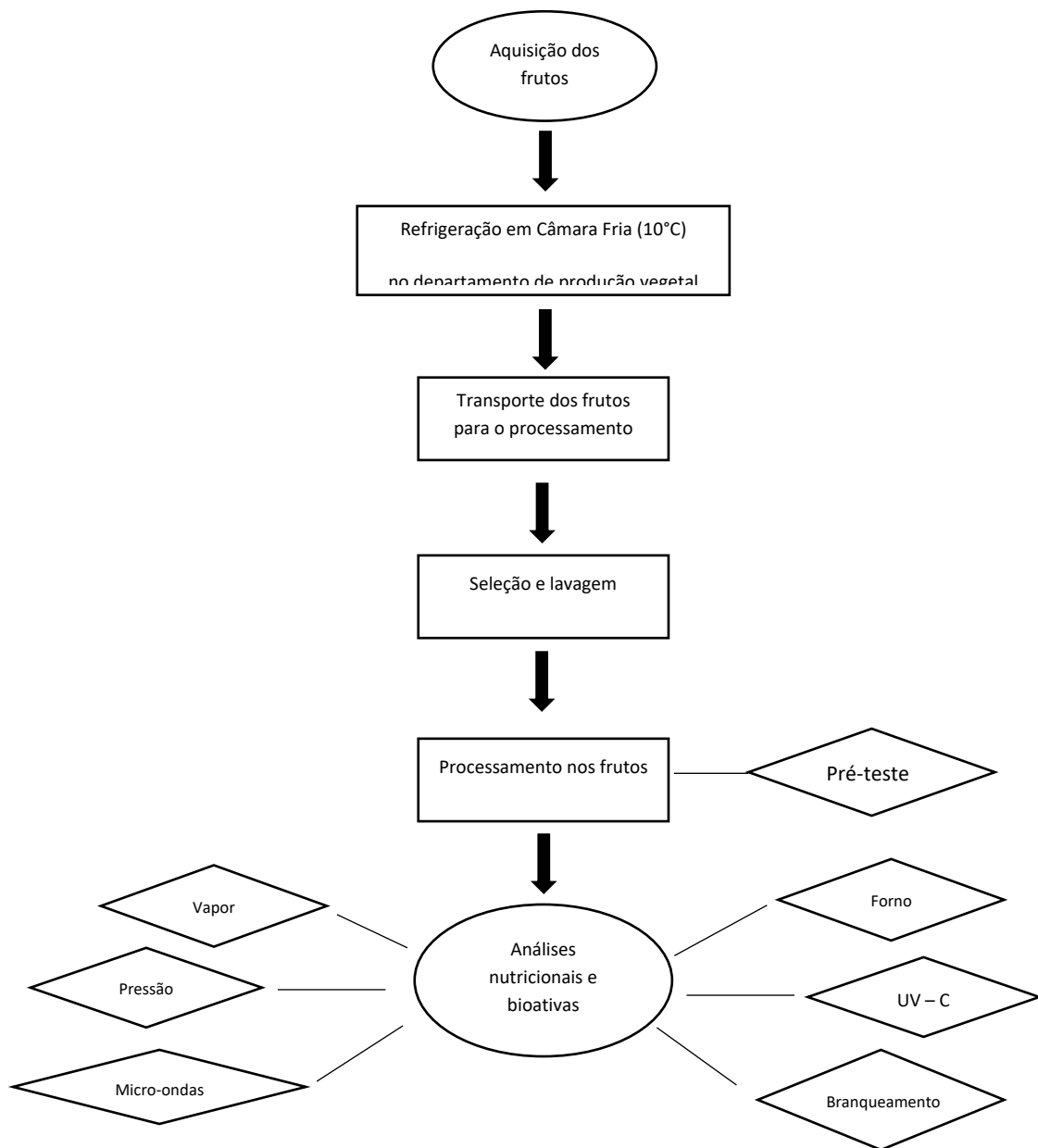
Nascimento *et al.* (2019), avaliou o efeito do branqueamento sobre as características físico-químicas em acerolas, foi observado uma redução média no pH e na acidez total titulável das acerolas branqueadas, em comparação com a fruta *in natura*.

Oliveira (2017), verificou a influência do branqueamento nas propriedades físico-químicas de cenouras armazenadas em temperatura de congelamento (-4°C), foi observado uma queda no pH e sólidos solúveis, bem como escurecimento e amarelecimento no decorrer do tempo de armazenamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de realização do experimento, desde a aquisição dos frutos até as análises nutricionais e bioativos, está demonstrado no fluxograma na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do experimento desde a aquisição dos frutos até separação para as análises



3.1 Aquisição da matéria-prima

Os tomates (*Solanum lycopersicum*) utilizados no experimento do tipo italiano foram adquiridos no Mercado Municipal de Botucatu – SP, no período da manhã, após a sua chegada da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP).

O tomate adquirido foi o Italiano pela sua ampla comercialização e por ser usado tradicionalmente em molhos, mas também em saladas. O critério de compra dos tomates para a experimentação foi ausência de injúrias e defeitos e a verificação das cores relacionadas à maturação do fruto, onde foi escolhido frutos classificados como salada e vermelho, segundo a Hortiqualidade Cartilhas de Classificação (Figura 2).

Figura 2 – Cores relacionadas à maturação do fruto: verde, salada, colorido, vermelho e molho



Fonte: Hortiqualidade Cartilhas de Classificação, 1991.

No total foram adquiridos 7 kg de tomate classificado como salada e 7 kg classificado como vermelho.

3.2 Determinação do tempo de processamento

Posterior à etapa de aquisição, os tomates foram transportados para o Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu/SP, onde foram armazenados em câmara fria a 12°C.

Parte dos tomates (2 kg) foram separados para a realização dos pré-testes, que foi realizado no Laboratório de Nutrição e Dietética do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu/SP. A execução dos pré-testes foi para definir o tempo em que os frutos ficaram expostos

aos métodos de processamento, visando que o tomate mantivesse sua forma, ficando “al dente” (COPETTI, OLIVEIR, KIRINUS, 2010).

Tabela 3 – Tempo e temperatura nos pré-testes

Tratamentos	Tempo	Temperatura
Vapor	5 minutos	Aproximadamente 100°C
Pressão	8 minutos	Aproximadamente 120°C
Micro-ondas	3 minutos	Aproximadamente 100°C
Forno	7 minutos	160°C
UV-C	30 minutos	Ambiente
Branqueamento	4 minutos	Aproximadamente 100°C

3.3 Frutos submetidos a diferentes métodos de processamento

Com o tempo estabelecido, tantos os tomates em estágio de maturação salada, quanto os tomates em estágio de maturação vermelho, foram submetidos os tratamentos, sendo eles: cocção em vapor, cocção em pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento.

Para cada tipo de tratamento, em torno de quatro tomates foram higienizados, cortados em quatro partes, que resultaram em torno de 500 gramas dos frutos no estágio de amadurecimento salada e 500g grama no estágio de amadurecimento vermelho.

Os primeiro tomates pesados foram separados como o grupo testemunha, que foram aqueles que não foram submetidos a nenhum tipo de tratamento e seriam usados posteriormente como grupo controle para comparar resultados após as análises, esses tomates foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados.

O primeiro tratamento foi cocção a vapor, onde foram utilizadas duas panelas a vapor de aço inox com capacidade de um litro, os tomates foram colocados no recipiente com furos sobre o outro que contém a água. Para cada panela foram usados 1 litro de água, após a fervura da água, foi contabilizado 5 minutos, conforme demonstrado abaixo na figura 3.

Figura 3 – Tomates na cocção em vapor



Para o tratamento com pressão, foram usadas duas panelas de pressão comercial com capacidade 4,5 litros e foram colocadas as 500 gramas de tomates de cada grau de maturação, sem adição de água e mantidas por oito minutos na pressão, após a abertura da panela, observou-se a concentração de água, conforme figura 4.

Figura 4 – Tomates após cozimento em pressão



No tratamento em micro-ondas, foi utilizado o modelo comercial da marca Panasonic, 500 gramas do tomate em estágio de maturação salada e 500 gramas de

tomate em estágio de maturação vermelho foram colocados em pratos e levados ao no micro-ondas em potência máxima por 3 minutos, como mostra a figura 5.

Figura 5 – Tomates após cozimento em micro-ondas



Na cocção em forno, foi utilizado o forno combinado na função calor seco à 160°C, os tomates foram dispostos em uma grande forma, os tomate do lado esquerdo são os no estágio de maturação salada e os tomate do lado direito são os no estágio de maturação vermelho (figura 6), a fim de que houvesse um cozimento uniforme.

Figura 6 – Tomates após cozimento em forno

A irradiação UV-C foi realizada através de um refrigerador e congelador rápido de temperatura da marca *Irinox*, que possui a função de irradiar os alimentos através de UV-C. Os tomates foram dispostos em um prato e levados para o equipamento, o tempo total foi de 30 minutos, onde a cada 10 minutos, havia uma pausa e recomeço em 30 segundos, os tomates em estágio de maturação salada foram os primeiros submetidos a irradiação UV-C e foi finalizado com os tomates em estágio de maturação vermelho.

Figura 7 – Disposição dos tomates para ser irradiado UV-C

Finalizado a exposição dos tomates aos tratamentos, os tomates foram separados em estágio de maturação salada e vermelho, foram alocados em pratos e dispostos em mesa, para que os tomates esfriassem.

Posteriormente, os tomates foram transferidos a um saco plástico identificados e colocados em duas caixas térmicas com gelo, a fim de ser realizado o transporte dos tomates até o Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu/SP.

Diferente dos outros tratamentos, o branqueamento foi o último tratamento realizado e ocorreu no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu/SP. Para a execução foram utilizadas duas panelas, ambas com capacidade de 5 litros de água, após levantar fervera, 500g tomates salada e vermelho foram mergulhados na água por dois minutos em cada panela e em seguida mergulhados em água com gelo, para que ocorresse um choque térmico, após o choque térmicos, os tomates foram colocados em um recipiente com furos, para que a água escorresse. Por fim, o tomates foram acondicionamentos em sacos plásticos, devidamente identificados e levados ao freezer.

Figura 8 – Tomates imersos na água gelada



Foto: Bárbara Fedato - 2022

Figura 9 – Tomates após branqueamento

3.4 Descrição das análises físico-químicas e bioquímicas

Em todos os processamentos foram realizadas as análises descritas nos itens 3.3.1 a 3.3.18, que ocorreram no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu/SP.

3.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A leitura de pH foi realizada utilizando o potenciômetro digital DMPH – 2, conforme metodologia descrita por Brasil (2008).

3.4.2 Sólidos Solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis foram determinados por leitura refratométrica direta e expressa em grau °Brix, conforme metodologia de Association of Official Analytical Chemistry International (AOAC, 2005), utilizando refratômetro digital de mesa (Digital Refractometer DR 202), com ajuste automático de temperatura.

3.4.3 Acidez Titulável (AT)

Foi determinada por titulometria com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N, tendo como indicador do ponto de viragem da fenolftaleína e

utilizando 3g da polpa do tomate homogeneizado, diluída em 100mL de água deionizada.

Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico na polpa fresca, conforme metodologia recomendada por Brasil (2008).

3.4.4 Índice de maturação (*Ratio SS/AT*)

Para avaliar o equilíbrio doce-ácido da polpa dos frutos, foi calculada a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), os resultados foram expressos em número puro, com quatro casas decimais. $Ratio = \text{Sólidos solúveis (}^\circ\text{Brix)} / \text{Acidez titulável (\% \text{ ácido cítrico} / 100 \text{ g}^{-1} \text{ de polpa)}$.

3.4.5 Avaliação da cor instrumental

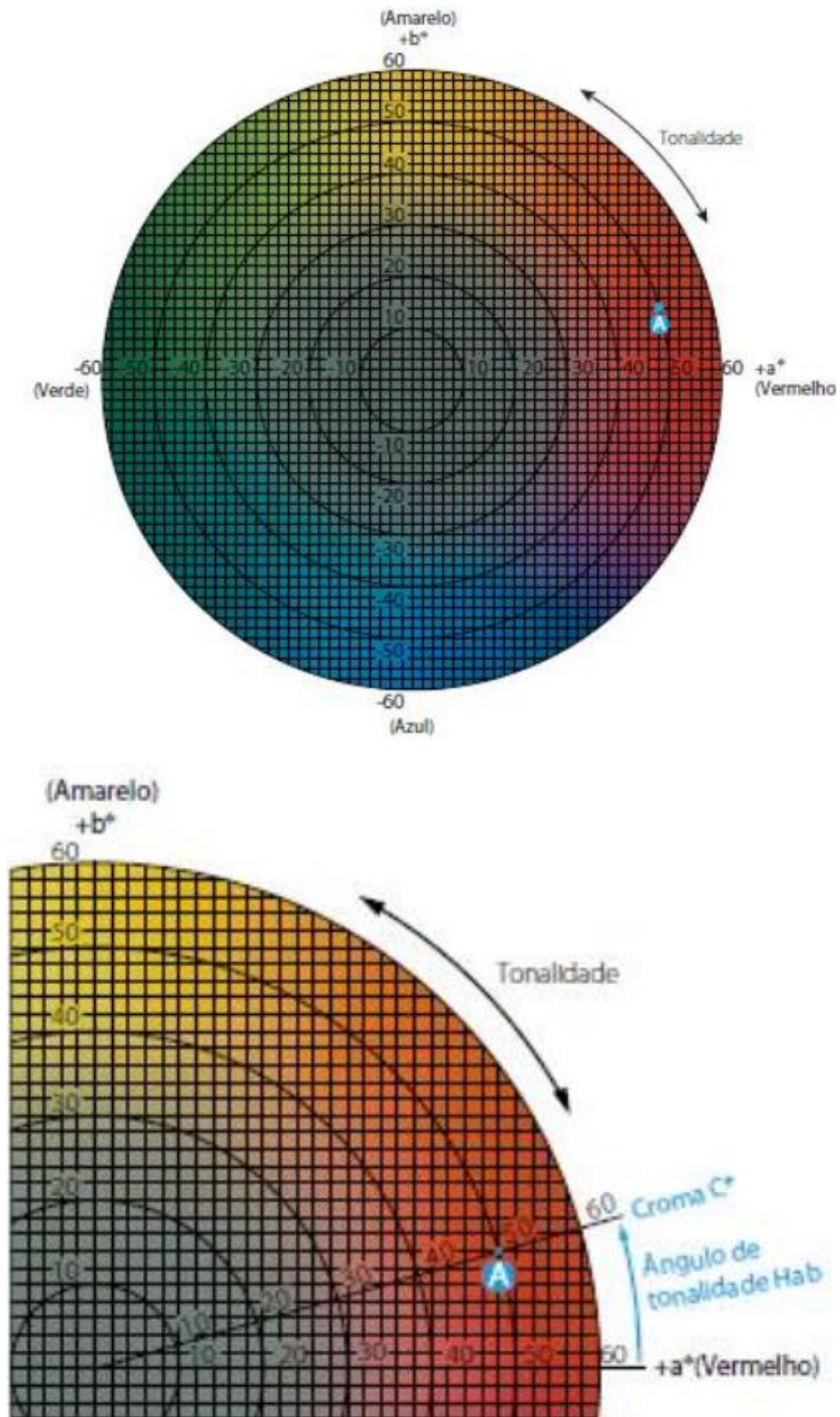
A avaliação da cor da casca e da polpa dos tomates foram realizadas em dois pontos em cada fruto, foi utilizado colorímetro da marca Konica Minolta (Chroma meter, CR 400/410) com determinação dos valores (L^* , a^* e b^*). Onde L^* , expresso em porcentagem, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a^* indica a variação de cor do verde (-) até o vermelho (+) e o b^* indica a variação de cor do azul (-) até o amarelo (+) (Konica Minolta, 1998).

O ângulo $^\circ\text{Hue}$ é o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo) e 270° (azul). O $^\circ\text{Hue}$ possui variação de: 0 a 12° para a coloração vermelha, 13 a 41° para a coloração alaranjada, 42 a 69° para a coloração amarelo, 70 a 166° para verde, 167 a 251° para azul, 252 a 305° para violeta e 306 a 359° para vermelho, perfazendo 360° . C^* é representado pelo Chroma que define a intensidade da cor, que varia de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa) (Figura X). Os valores numéricos de a^* e b^* foram convertidos em ângulo $^\circ\text{Hue}$ e no Chroma, conforme equações:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*).$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Figura 10 – Diagrama de cromaticidade e parte do diagrama de cromaticidade a^* , b^*



3.4.6 Determinação dos açúcares totais e redutores (AT e AR)

Para a determinação dos teores de açúcares, a metodologia utilizada foi a descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Celm E-225 D, sendo a leitura realizada a 535 nanômetros. Os resultados expressos em porcentagem (%).

3.4.7 Proteína bruta

Procedimento realizado por digestão ácida em tubo digestor (Kjeldahl) seguiu a metodologia descrita por Horwitz (1995), onde foi pesado cerca de 1 grama de amostra. Os valores expressos em porcentagem.

3.4.8 Fibra bruta alimentar

Foi utilizado para análise, um grama de matéria seca e a extração foi feita de maneira contínua em aparelho Soxhlet, usando éter como solvente, após esta etapa o material foi aquecido em estufa para eliminação do solvente. O resíduo foi transferido para um frasco de digestor de 750 ml, adicionado 200 ml de H₂SO₄ a 1,25% (p/v), ebulição por 30 minutos, depois de filtrado lavado com água quente por duas vezes, a amostra foi devolvida novamente no tubo digestor com 200 ml NaOH 1,25% (p/v), esperada ebulição branda por meia hora, a amostra foi filtrada em papel filtro qualitativo com 500mL de água destilada fervente. O papel filtro com amostra foi levado à estufa de ar forçado a 65 °C por 8 horas. Após resfriado no dessecador por 2 horas, o material foi pesado. Os resultados foram expressos em porcentagem de fibra bruta (AOAC, 1997), de acordo com a fórmula: $FB (\%) = 100 \times N/P$, onde FB = fibra bruta; N = n° de g de fibra; e P = n° de g da amostra.

3.4.9 Umidade

O teor de umidade foi determinado com amostras pesando em torno de 2 gramas, segundo a técnica gravimétrica, com o emprego do calor em estufa à temperatura de 105°C, com verificações esporádicas até a obtenção de peso constante (Brasil, 2008).

3.4.10 Cinzas

Para obtenção da porcentagem de cinzas, em torno de 2 gramas de amostra da polpa foram pesadas e levadas a mufla a 100 °C, programado até 550 °C por 2

horas. Depois de resfriado, em dessecador, foi pesado e o resultado expresso em porcentagem, conforme metodologia de Brasil (2008).

3.4.11 Amido

Foi pesado em torno de 3 gramas da amostra em erlenmayer e adicionado 6 mL de HCl 0,1 N e água destilada, a amostra foi tampada com papel alumínio e autoclavada por 15 minutos em 1ATM. Posteriormente, foi realizado a neutralização da amostra com carbonato de sódio até o meio ficar com pH 7 e completou até atingir o volume de 100mL em balão volumétrico com água deionizada.

Foi realizado a filtragem e adicionado 1mL da solução Somogy e a amostra foi levado em fervura por 10 minutos, em seguida a amostra foi colocada em banho maria para o resfriamento dos tubos e adicionado 1 mL da solução Nelson. Foi adicionado 6 mL de água destilada, homogeneizado e por fim, foi efetuado a leitura no espectrofotômetro a 535 nm.

3.4.12 Licopeno e β caroteno

Foi pesado em torno de 1 grama de amostra para realização da análise de licopeno e 1 grama de amostra para análise de β -caroteno, em seguida foi adicionado 4 mL de acetona p.a. em cada amostra. Posteriormente, foi adicionado 6mL de hexano p.a., agitou-se o frasco e foi colocado o sobrenadante das amostras para a leitura no espectrofotômetro Celm E-225 D.

Para realização da análise de licopeno, utiliza-se o espectrofotômetro no comprimento de onda em 505 nm e para β -caroteno em 453 nm, conforme metodologia por Nagata & Yamashita (1992) e o resultado é expresso em microgramas $100g^{-1}$ de amostra.

3.4.13 Preparo do extrato etanólico do tomate

As amostras de tomates previamente congeladas no nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a $-18^{\circ}C$, foram maceradas em nitrogênio líquido com o auxílio de grau e pistilo, foram armazenadas em eppendorf.

Foi utilizada a mistura de solvente etanol e água (80:20 v/v) para extração. Foi pesado em torno de 1g de amostra de tomate em tubo Falcon e adicionados 10 mL da mistura etanol: água (80:20 v/v). Os tubos contendo amostra e o solvente foram submetidos à trituração com Turrax por 30 segundos em temperatura ambiente e

colocados em banho ultrassônico (ultra cleaner unique 1400A) por 20 minutos. Em seguida, os extratos foram centrifugados (Zentrifugen MIKRO 220R) a 1200 rpm durante 20 minutos. Posteriormente, foi retirado o sobrenadante e armazenado em frascos escuros à temperatura de -18°C , até a execução das análises de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante pelo método DPPH.

3.4.14 Compostos fenólicos totais

O conteúdo total de compostos fenólicos do extrato etanólico do tomate foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Singleton; Orthofer; Lamuela, 1999). Para a realização da análise, uma alíquota de 0,5 ml do extrato acetônico foi transferida para um tubo e adicionado 2,5 mL do reagente Folin/Ciocalteu, diluído em água 1:10. A mistura permaneceu em repouso por cinco minutos. Em seguida foram adicionados dois mililitros de carbonato de sódio 4% e os tubos deixados em repouso por 2 horas, protegido da luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BEL SP 1105) a 740 nm. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração de ácido gálico com concentrações variando de 5 a 100 $\mu\text{g/mL}$. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 gramas⁻¹ (mg GA 100 g⁻¹) de casca e polpa fresca.

3.4.15 Flavonoides

Essa determinação foi realizada pelo espectrofotométrico adaptado de Santos e Blatt (1998) e Awad, Jager e Westing (2000). Foram pesados 0,2 gramas de amostra macerada em nitrogênio líquido e adicionado 4mL de metanol acidificado (Metanol 70% + ácido acético 10%). Posteriormente foram levados em banho ultrassônico por 30 minutos, adicionou 1mL de solução de cloreto de alumínio 5% (peso/volume) em metanol. Em seguida ficou no escuro por 30 minutos e depois centrifugados por 20 minutos a 6000 rpm. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro a 425nm. Os resultados foram expressos em mg de rutina 100g⁻¹ de amostra e em mg de quercetina 100g⁻¹ de amostra.

3.4.16 Atividade antioxidante pelo método DPPH

O método DPPH (Brand-williams *et al.*, 1995) é baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, no princípio de que o DPPH sendo um radical estável de coloração violeta escura, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração violeta clara (tonalidade amarela). Na forma de radical, o DPPH possui absorção característica a 517 nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante. A mistura de reação foi constituída pela adição de 0,5 ml do extrato da amostra, 3,0 ml de acetona 80% e 0,3 ml do radical DPPH diluído em acetona 80%, e incubada por 45 minutos, em temperatura ambiente e protegido da luz. Foi realizada uma curva de calibração para a obtenção da equação da reta, com concentrações de DPPH (0 a 60 µM) no eixo X e as respectivas absorbâncias no eixo Y. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de DPPH reduzido.

3.4.17 Minerais

Foram quantificados os teores dos seguintes minerais: nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta, Vitti, Oliveira, 1989).

3.4.18 Análise estatística

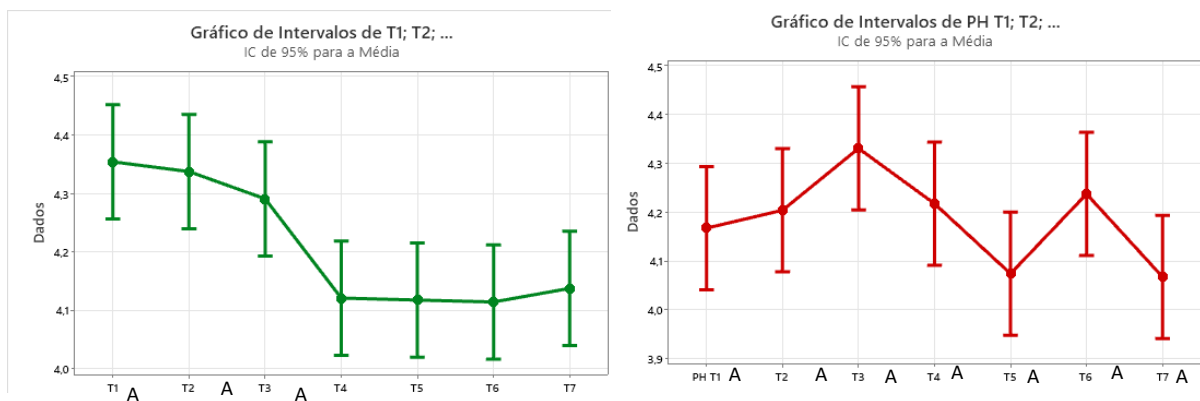
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete processamentos (testemunha, vapor, panela de pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento) e três repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparando com a testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de significância, o programa estatístico utilizado foi o Minitab (Dunnett, 1955).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 11, observa-se que o pH nos tomates saladas diferiram da testemunha quando submetidos ao micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento. Enquanto no tomate vermelho não foram observadas variações significativas nos diferentes tratamentos.

Figura 11 – Variação do pH dos tomates nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



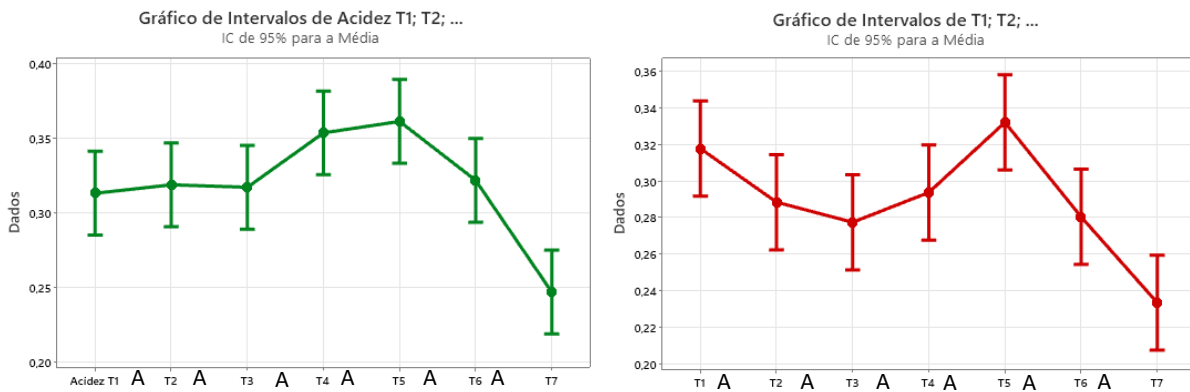
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Nos tomates no estágio de amadurecimento salada, observou queda significativa no pH quando submetidos ao micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento. Diferente do ocorrido com Campos (2008) e Vieira (2016), em que houve aumento do pH em tomate e no purê de tomate submetidos ao UV-C e micro-ondas, respectivamente. Quanto ao branqueamento, também foi verificado queda no pH da acerola e cenoura (Oliveira, 2017; Nascimento *et al.*, 2019). Tais variações no nível de pH dos frutos, podem ocorrer pela diferença de composição físico-química, fatores de cultivos, estádios de amadurecimento e processamento.

Na figura 12, os dados da acidez titulável (AT) apresentam diferenças significativas para os tomates nos dois estádios de maturação analisados, somente quando submetidos ao branqueamento.

Figura 12 – Variação da Acidez titulável do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



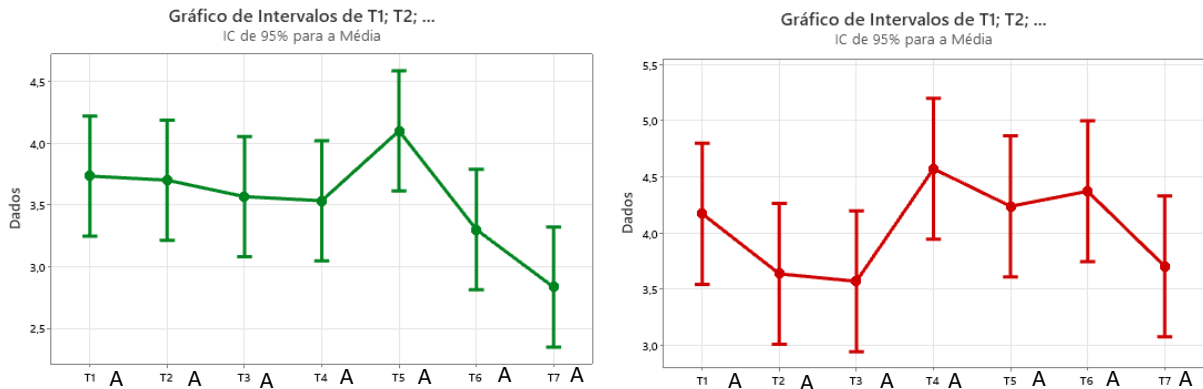
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Resultado semelhante foi observado por Pereira (2017), que observou diminuição na acidez titulável em tomates submetidos ao branqueamento, quando comparado com o fruto *in natura*. Com acerolas, foi observado que durante o branqueamento, à medida que o tempo de exposição da fruta ao aquecimento aumentava, a acidez titulável diminuía. Esses resultados podem ser explicados pela lixiviação dos ácidos orgânicos durante o branqueamento (Maia *et al.*, 2007).

Não foi observada diferença significativa nos teores de sólidos solúveis, conforme figura 13, dos tomates submetidos aos processamentos em relação com a testemunha. Porém, nos dois estádios de maturação, é possível observar um aumento do teor de sólidos solúveis dos tomates quando submetidos ao micro-ondas.

Figura 13 – Variação dos sólidos solúveis (°Brix) do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos

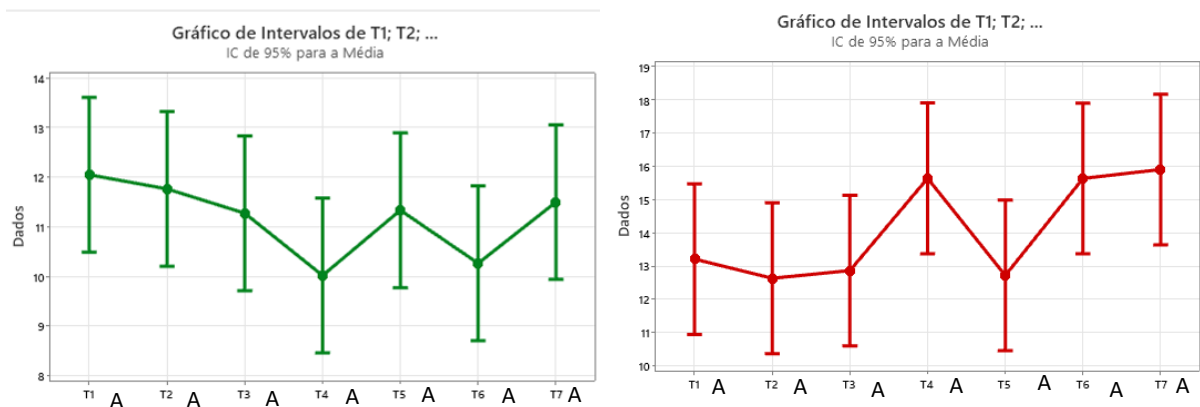


T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Resultado semelhante foi observado por Vieira (2016), ao submeter tomate no micro-ondas para obtenção de purê de tomates, onde houve aumento nos teores de sólidos solúveis.

Na figura 14, é possível observar que não houve diferença estatística quanto ao índice de maturação (Ratio) nos tomates quando submetidos aos diferentes métodos de processamentos.

Figura 14 – Variação do Índice de maturação (Ratio) do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos

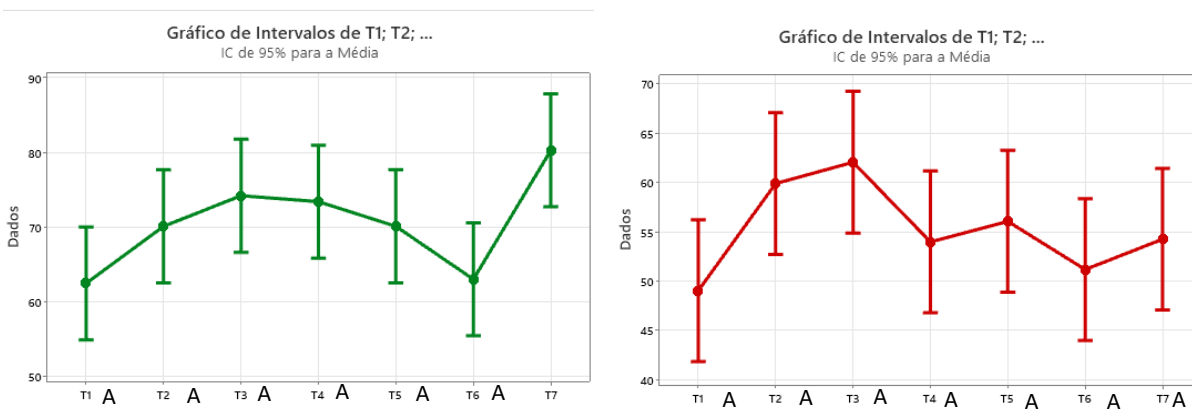


T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

De acordo com Carvalho *et al.* (2022), a alta relação de sólidos solúveis em tomate constata também maior amadurecimento dos frutos, visto que, esta relação se dá pela redução da acidez e aumento dos sólidos solúveis, fato observado através dos gráficos, onde verificou-se que nos tomates em estágio de amadurecimento vermelho, existe uma faixa maior de valores (10 a 19), enquanto nos tomates salada o gráfico vai de 8 a 14.

Não ocorreu alterações significativa quanto ao °Hue nos tomates em estágio de amadurecimento vermelho em relação a testemunha (figura 15).

Figura 15 – Variação do °Hue do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



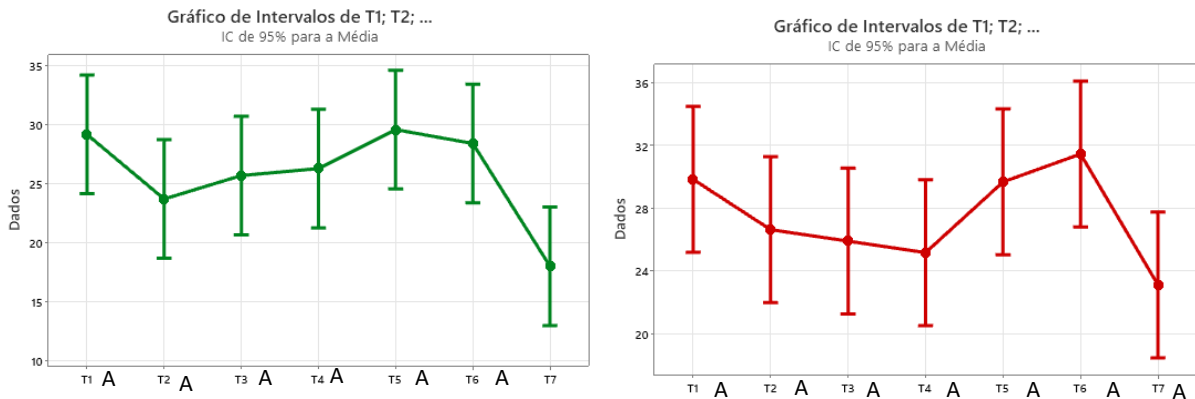
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

No entanto, foi observado aumento significativo no valor de °Hue do tomate branqueado no estágio de maturação salada, verificou-se que o valor obtido foi de 80°Hue, valor que, no diagrama tridimensional de cores, corresponde a faixa entre 70 a 166°, e é a cor verde, fato esperado pelo estágio de amadurecimento salada, visto que o tomate possui cor esverdeada.

O Chroma é representado pelo C*, define a intensidade da cor, observou-se, através da figura 16, que o tomate salada, perdeu a intensidade da cor somente no tratamento branqueamento, fato que pode estar relacionado pelas perdas de pigmentos através da lixiviação, enquanto nos frutos em estágio de amadurecimento vermelho, não foi observada alteração significativa em relação a testemunha.

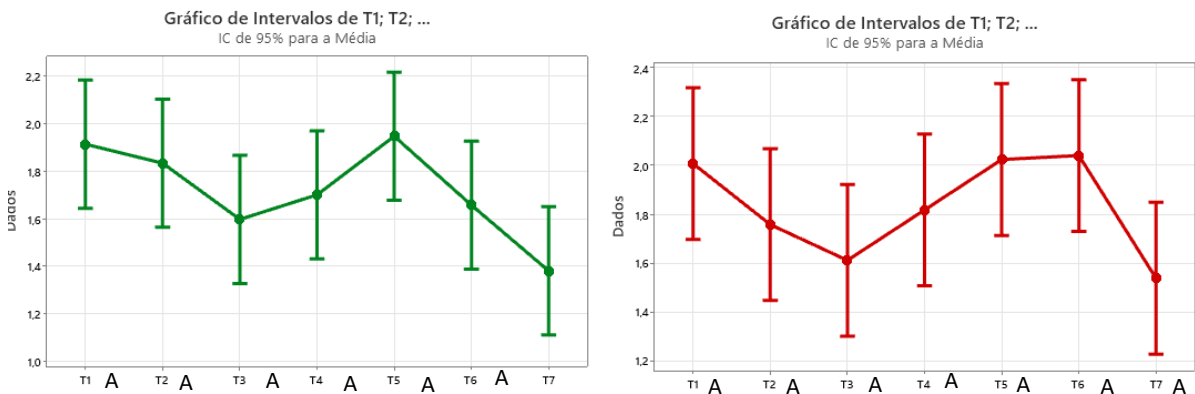
Figura 16 – Variação do Chroma (C*) do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

O açúcar total está presente de forma natural em alguns alimentos. Ao analisar a figura 17, verificou-se que o açúcar total nos tomates salada e vermelho quando submetidos aos diferentes métodos de processamento, somente no tomate branqueado em estágio de maturação salada houve redução no teor de açúcar total significativa, em relação a testemunha. Provavelmente, pela lixiviação de vitaminas e açúcar, que pode ocorrer no branqueamento com a água (Celestino, 2010).

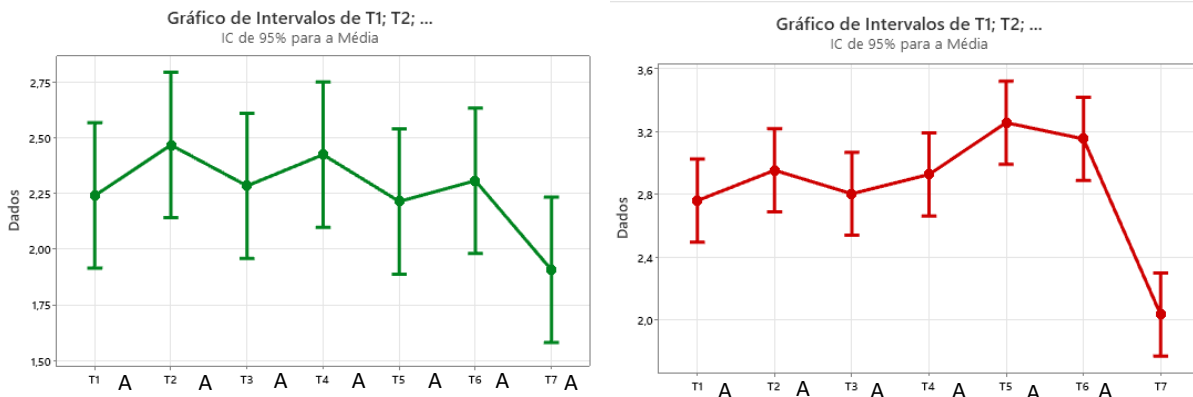
Figura 17 – Variação do açúcar total do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Observou-se pela figura 18, quanto aos níveis de açúcar redutor, que somente no branqueamento dos frutos vermelhos, houve redução significativa, provavelmente pela lixiviação no teor de açúcar redutor com a água (Celestino, 2010).

Figura 18 – Variação do açúcar redutor do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



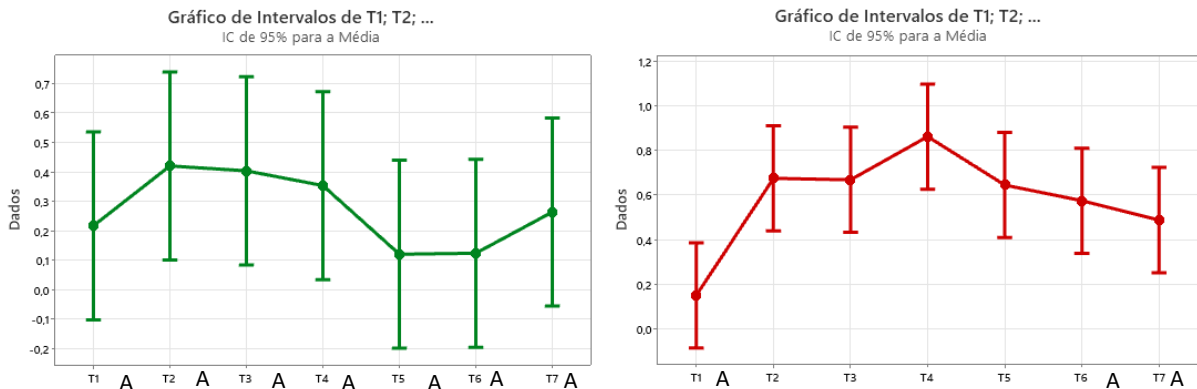
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

O açúcar redutor diferencia-se do açúcar total, por conter em sua estrutura grupos aldeídos e cetônicos livres que são capazes de se oxidar na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas, são os monossacarídeos: glicose, frutose e galactose (Demiate *et al.*, 2002).

De acordo com a figura 19, quanto ao teor de amido, verificou-se que os tomates no estágio de maturação salada, não houve diferença significativa no teor de amido entre os tratamentos. Entretanto, nos tomates em estágio de maturação vermelho, foi observada um aumento no teor de amido nos seguintes métodos de cocção: vapor, panela de pressão, micro-ondas e forno.

Figura 19 – Variação do amido do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



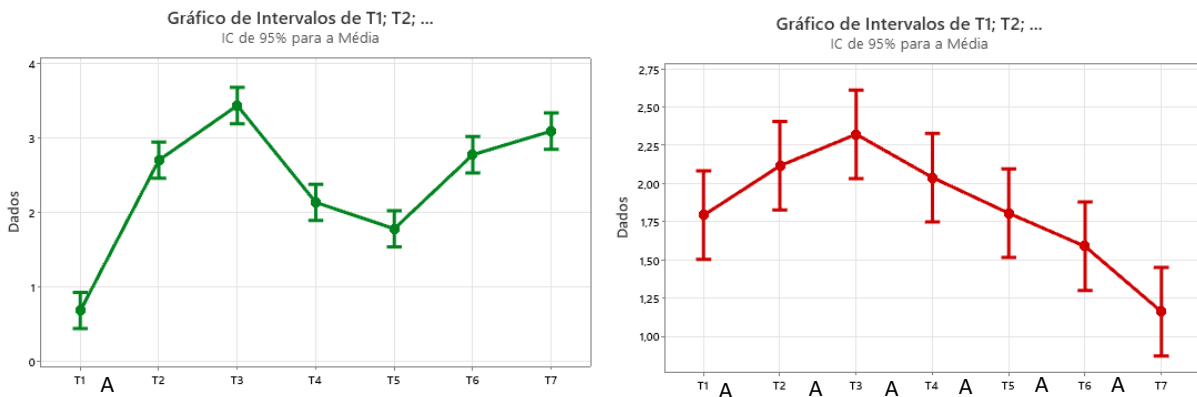
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Possivelmente, pela capacidade do amido em inchar quando aquecido, gerando perda da organização estrutural do amido, que resulta na gelatinização, esta sucede da fusão dos cristais e desdobramento das duplas-hélices com o rompimento das ligações de hidrogênio. O fim da gelatinização acontece quando todo o conjunto de mudanças acontece, desde a ruptura da estrutura granular, inchamento, hidratação até a solubilização das moléculas de amido, ocasionando, a formação de uma pasta de amido viscosa (Damodaran; Parkin, 2019; Tharanathan, 2002).

De acordo com a figura 20, na fibra alimentar dos tomates em estágio de amadurecimento salada, verificou-se aumento significativo nos frutos em todos os métodos de processamentos que os tomates foram submetidos, em comparação com a testemunha.

Figura 20 – Variação das fibras do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



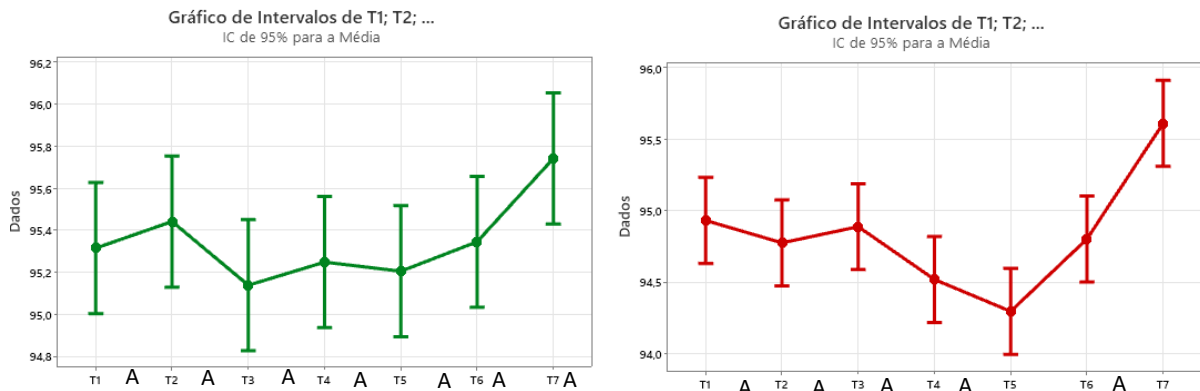
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Entretanto, nos tomates em estágio de amadurecimento vermelho, observou-se redução significativa no teor de fibra dos tomates branqueados, possivelmente pela solubilização da fibra (Cheftel, 1986).

De acordo com a figura 21, no teor de umidade, não foi observada diferença significativa nos tomates em estágio salada. Entretanto, nos tomates em estágio de amadurecimento vermelho, ocorreu redução significativa no teor umidade quando submetido ao forno e aumento quando submetido ao branqueamento. A redução de umidade no forno, é explicado pela ausência de água no cozimento, o chamado calor seco, nele existe uma desidratação do alimento (Phillipi, 2014). A umidade nos tomates branqueados foi maior, possivelmente devido a imersão em água.

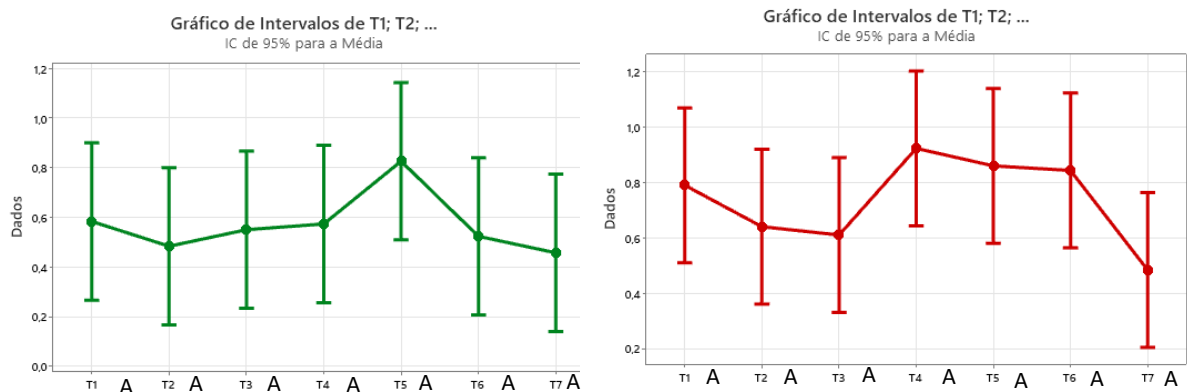
Figura 21 – Variação da umidade do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Nos dois estádios de amadurecimento: salada e vermelho, não ocorreu diferença significativa quanto ao teor de cinzas, de acordo com a figura 22.

Figura 22 – Variação das cinzas do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



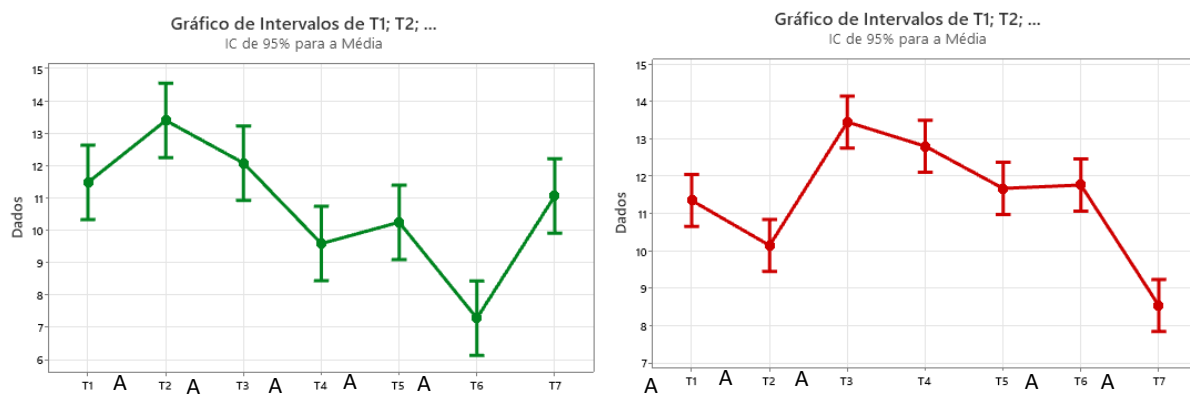
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

No entanto, ao observar o gráfico referente ao frutos em estágio de maturação salada, nota-se aumento no teor de cinzas, no fruto submetido ao forno, em comparação com o fruto *in natura*, fato explicado pelo forno ser um método de cozimento de calor seco, que ocorre sem a presença de água, leva uma desidratação no fruto e conseqüentemente há um aumento na concentração de matéria seca (Moreira, 2016).

Na figura dos frutos em estágio de maturação vermelho, verificou-se diminuição no teor de cinzas, no tomate branqueado, provavelmente devido a perda de nutrientes e minerais na água, pelo processo de lixiviação, gerando um menor teor de cinzas final.

De acordo com a figura 23, o teor de proteína no tomate em estágio de amadurecimento salada, reduziu significativamente nos tomates submetidos ao tratamento UV-C, em comparação com os da testemunha.

Figura 23 – Variação das proteínas do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

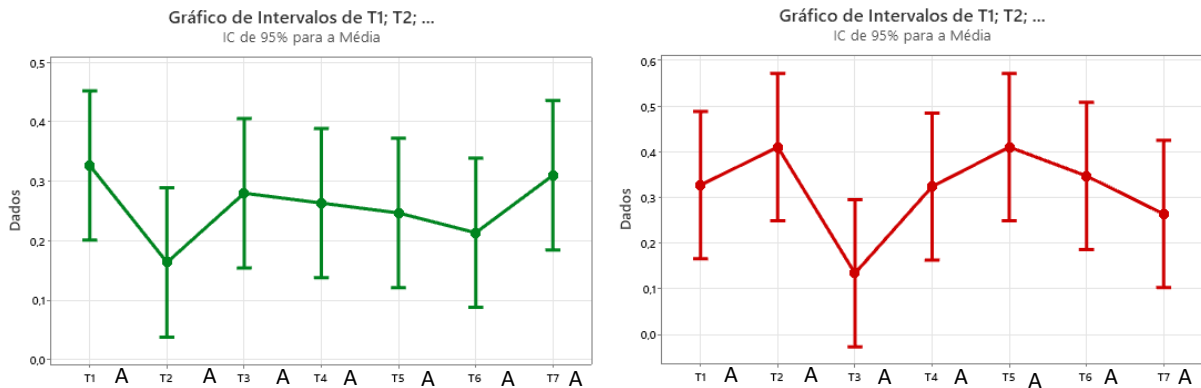
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

A redução ocorreu, possivelmente, pela radiação emitida pela lâmpada UV-C atua no processo de desinfecção, ocorrido quando a radiação atinge o material genético (DNA), gerando desnaturação de proteína, processo que consiste na quebra de suas estruturas secundárias terciárias e quaternárias, acarretando na redução do seu coeficiente de solubilização (Cutler; Zimmerman, 2011; FIB, 2012).

Nos tomates em estágio de amadurecimento vermelho, foi possível observar queda quando submetidos ao branqueamento, possivelmente pela lixiviação do nutriente em água (Celestino, 2010).

Não ocorreu diferença significativa no teor de licopeno em relação ao testemunha, nos tomates em ambos os estádios de amadurecimento (figura 24).

Figura 24 – Variação do licopeno do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



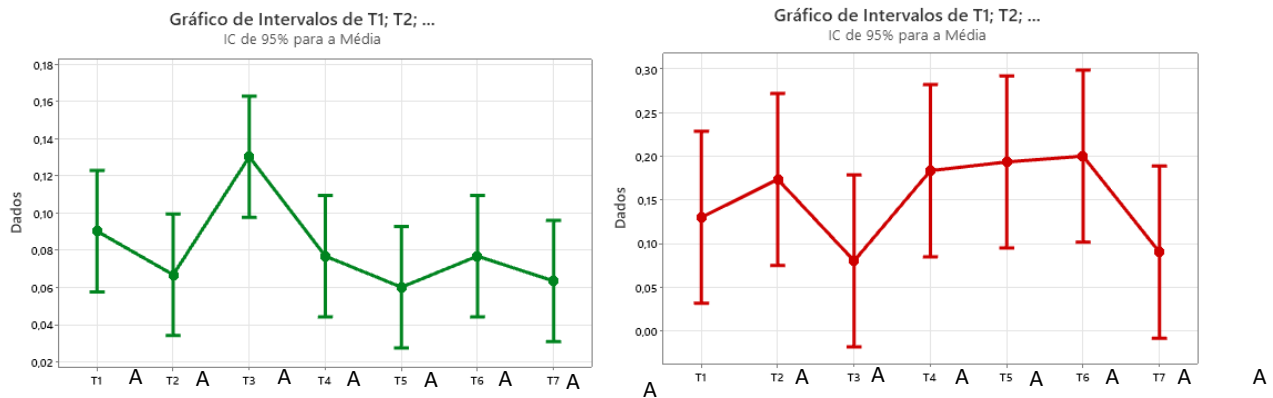
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.
As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

A literatura, relata que o licopeno é mais disponível quando exposto ao calor, visto que, o processamento físico ou térmico, rompe a parede celular, deixando a absorção do licopeno disponível pelos tecidos corporais (Wilcox, 2003). Entretanto, o aumento da biodisponibilidade do licopeno, gerado pelo calor, não significa necessariamente aumento no teor total do licopeno (Stahl *et al.*, 1993).

Os resultados possivelmente ocorreram, pela curta exposição dos tomates ao calor e ao armazenamento, logo após os processamento, em nitrogênio líquido, ocasionado um interrupção na biossíntese de metabólitos secundários, entre eles, o licopeno (Gava, 2008; Gobbo-neto; Lopes, 2007).

Não foi observada diferenças significativas quanto ao teor de β Caroteno nos frutos salada e vermelho, quando submetidos aos diferentes métodos de processamentos (figura 25).

Figura 25 – Variação de β Caroteno do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



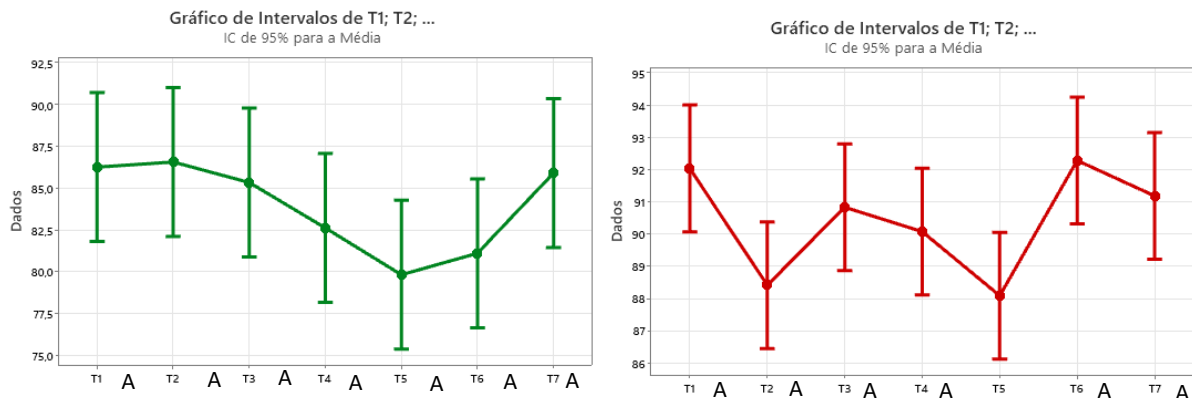
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Porém, ao observar as figuras, verificou-se que nos frutos em estágio de amadurecimento salada apresentaram menores teores de β Caroteno, enquanto nos frutos vermelhos os valores foram superiores. Provavelmente, pela síntese de carotenóides que ocorre durante o amadurecimento dos frutos (Biale & Young, 1981).

Na figura 26, foi verificada diferenças significativas, somente nos tomates submetidos ao forno em estágio de amadurecimento vermelho. Provavelmente, o calor de 160° Celsius utilizado no forno, causou uma perda na atividade antioxidante.

Figura 26 – Variação da atividade antioxidante pelo método DPPH do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



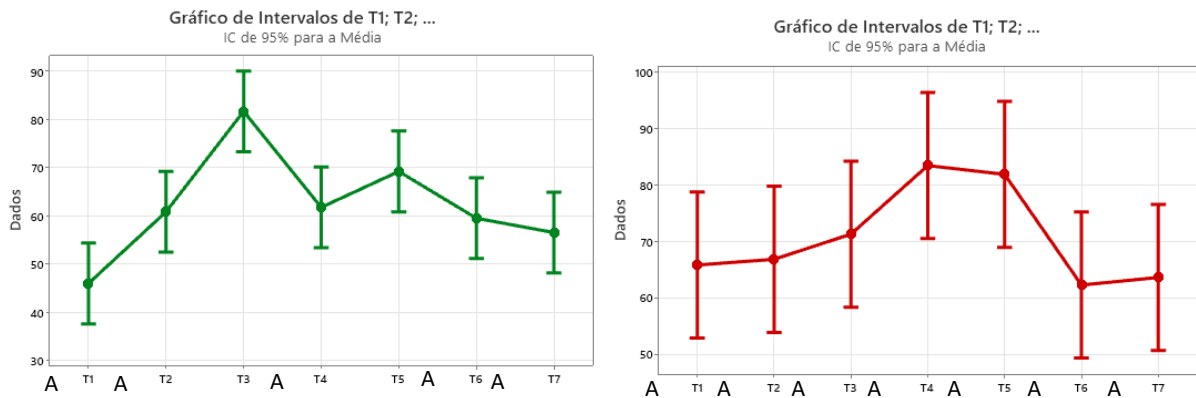
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

A atividade antioxidante pelo método DPPH, refere-se ao sequestro do radical livre DPPH, através dele, é possível determinar a capacidade antioxidante em fenólicos individuais e alimentos.

De acordo com a figura 27, nos frutos em estágio de amadurecimento salada, foi observado um aumento significativo na concentração de compostos fenólicos, na cocção na panela de pressão e no forno.

Figura 27 – Variação dos compostos fenólicos do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



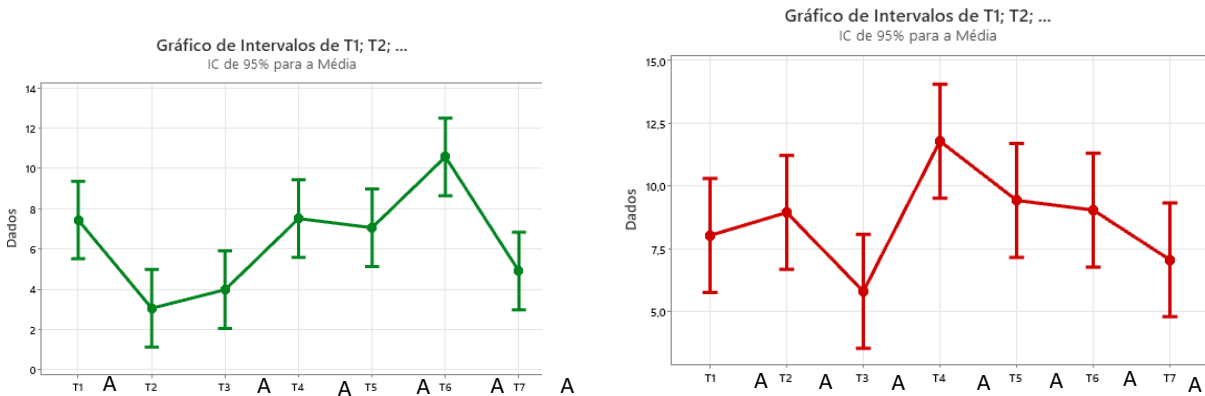
T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Resultado positivo, uma vez que, aumento o teor de compostos fenólicos, aumenta-se a capacidade antioxidante da preparação, gerando uma estabilização das espécies reativas de oxigênio (Aboul-enein; Berczynski; Kruk, 2013). O mesmo, foi verificado por Ramos (2015), onde beterrabas fatias cozidas no forno tiveram maiores teores de compostos fenólicos, entre os tratamentos submetidos: cocção à vapor, pressão, forno e por imersão, quando comparado ao fruto *in natura*.

De acordo com a figura 28, houve variação nos níveis de flavonoides somente na cocção a vapor do estágio de amadurecimento salada.

Figura 28 – Variação dos flavonoides do tomate nos estádios de amadurecimento (salada e vermelho) nos diferentes tratamentos



T1 = testemunha; T2 = vapor; T3 = pressão; T4 = micro-ondas; T5 = forno; T6 = UV-C; T7 = branqueamento.

As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Observou-se queda significativa em relação à testemunha, nos tomates submetidos a cocção vapor, no estágio de amadurecimento salada. Resultado semelhante encontrado por Silva (2012), onde foi verificado maior perda de flavonoides na cocção a vapor.

4.1 Minerais

Na figura 4, encontra-se os valores dos minerais no tomate in natura, nos diferentes métodos de processamentos, no estágio de amadurecimento salada.

Tabela 4 – Valores de minerais dos tomates nos estádios de amadurecimento salada nos diferentes tratamentos

Tratamento	N	P	K g.kg ⁻¹	Ca de tomate	Mg de tomate	S	B	Cu mg.kg ⁻¹	Fe de tomate	Mn de tomate	Zn
T1	18,00 A	4,30 A	38,00 A	4,00 A	2,20 A	1,40 A	16,00 A	7,00 A	58,00 A	34,00 A	21,00 A
T2	23,00	4,20 A	40,00 A	4,00 A	2,00 A	1,40 A	18,00	7,00 A	63,00 A	16,00	20,00 A
T3	20,00 A	3,20	32,00	2,00	1,40	1,50 A	15,00 A	6,00	35,00	18,00	19,00 A
T4	19,00 A	3,70	39,00 A	2,00	1,60	1,40 A	16,00 A	7,00 A	37,00	15,00	19,00 A
T5	19,00 A	3,70	39,00 A	3,00	1,60	1,50 A	14,00	7,00 A	41,00	13,00	19,00 A
T6	19,00 A	3,90 A	38,00 A	3,00	1,60	1,50 A	12,00	7,00 A	40,00	19,00	19,00 A
T7	19,00 A	3,50	34,00 A	2,00	1,60	1,50 A	14,00	7,00 A	39,00	15,00	20,00 A

T1: testemunha; T2: vapor; T3: pressão; T4: micro-ondas; T5: forno; T6: UV-C; T7: branqueamento
 As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle ($p = 0,05$).

Com o nitrogênio, verificou-se aumento significativo em seus teores, apenas nos frutos do tratamento vapor. Já o fósforo (P), sofreu mais alterações em relação ao tomate *in natura*, observou-se diminuição em seus teores nos tratamentos: pressão, micro-ondas, forno e branqueamento. Daiuto et al. (2015), verificou que o cozimento na pressão manteve o teor de potássio em brócolis e couve-flor, resultados que diferem do que foi encontrado no presente trabalho.

O mineral potássio reduziu significativamente somente na pressão, entretanto Pigoli (2012) observou que na abóbora os tratamentos micro-ondas e vapor, mantiveram os maiores teores de potássio, resultado semelhante apresentado neste trabalho, já que nos tratamentos micro-ondas (T4) e vapor (T2), não foram observadas diferenças significativas e os valores foram semelhantes ao do tomate *in natura* (testemunha T1).

Com relação ao cálcio, verificou-se redução significativa nos teores dos frutos submetidos a pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento. A cocção no vapor foi o único tratamento que não teve diferença significativa, resultado semelhante encontrado por Alves et al. (2011), onde o vapor foi o método que melhor preservou cálcio em brócolis.

O magnésio diminuiu significativamente seus níveis nos tomates dos tratamentos: pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento, somente no vapor não foi verificada mudança significativa. Daiuto et al. (2015), observou que a panela de pressão reduziu o teor de magnésio em brócolis, o mesmo ocorreu com os tomates em pressão em estágio de amadurecimento salada.

O mineral enxofre não sofreu alterações significativas, em relação ao tomate *in natura*. Os níveis de boro nos tomates sofreram variações entre os tratamentos, no vapor ocorreu aumento, já nos tratamentos: forno, UV-C e branqueamento, observou-se diminuição no teor de boro. O cobre sofreu discreta queda nos tomates submetidos ao tratamento pressão.

O ferro aumentou seu teor nos tomates submetidos ao vapor e diminuiu consideravelmente em todos os outros (pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento). Diferente do que foi verificado por Pigoli (2012), onde o tratamento micro-ondas foi eficiente para manter os teores de ferro no brócolis.

Os teores de manganês nos tomates diminuíram significativamente em todos os tratamentos, quando comparados a testemunha. Já o zinco, não sofreu alterações significativas.

Na figura 5, encontra-se os valores dos minerais no tomate in natura, nos diferentes métodos de processamentos, no estágio de amadurecimento vermelho. As médias que não estão com a letra A, são significativamente diferentes da média da testemunha (T1).

Tabela 5 – Valores de minerais dos tomates nos estádios de amadurecimento vermelho nos diferentes tratamentos

Tratamento	N	P	K g.kg ⁻¹	Ca De	Mg tomate	S	B	Cu mg.kg ⁻¹	Fe de	Mn tomate	Zn
T1	19,00 A	3,30 A	33,00 A	2,00 A	1,50 A	1,40 A	10,00 A	6,00 A	41,00 A	18,00 A	16,00 A
T2	18,00 A	2,90	35,00 A	2,00 A	1,70	1,40 A	9,00 A	6,00 A	43,00 A	17,00 A	17,00 A
T3	19,00 A	2,70	31,00 A	3,00	1,50 A	1,50 A	13,00	5,00	32,00	17,00 A	14,00
T4	18,00 A	3,00 A	33,00 A	2,00 A	1,50 A	1,40 A	12,00	6,00 A	39,00 A	16,00	18,00
T5	17,00 A	2,70	31,00 A	2,00 A	1,40 A	1,50 A	12,00	6,00 A	40,00 A	16,00	18,00
T6	20,00 A	2,70	32,00 A	2,00 A	1,40 A	1,50 A	11,00 A	7,00	40,00 A	16,00	18,00
T7	18,00 A	2,50	31,00 A	2,00 A	1,40 A	1,50 A	12,00	5,00	39,00 A	17,00 A	16,00 A

T1: testemunha; T2: vapor; T3: pressão; T4: micro-ondas; T5: forno; T6: UV-C; T7: branqueamento
 As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle (p = 0,05).

Os teores de nitrogênio nos tomates não sofreram alterações significativas, quando comparados ao tomate *in natura*. Quanto ao fósforo (P), observou diminuição em seus teores tomates submetidos ao: vapor, pressão, forno, UV-C e branqueamento. Scheibler *et al.* (2010), verificou que o teor de fósforo decai conforme aumento o tempo de fervura, indicando que o fósforo pode ser lixiviado pela água do cozimento, explicando a queda no tratamento branqueamento, onde o fruto entrou em contato com a água.

Os tomates nos diferentes tratamentos, não sofreram alterações significativas nos níveis de potássio, em relação a testemunha. O teor de cálcio aumentou, quando exposto a pressão.

O magnésio aumentou seu teores somente no tomate submetido a panela de pressão, semelhante ao ocorrido com a couve-flor, onde o tratamento pressão foi eficiente na manutenção dos níveis de magnésio mais altos (Daiuto *et al.*, 2015).

O mineral enxofre não sofreu alterações significativas nos tomates, em relação ao tomate *in natura*. O boro sofreu diminuição significativa nos tomates submetidos ao vapor e nos demais tratamentos (pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento) aumentou seus níveis. Os níveis de cobre diminuíram significativamente quando expostos a pressão e ao branqueamento e aumentou quando exposto a UV-C.

Foi possível observar variação considerável nos teores de ferro, já que, o tomate submetido ao vapor aumentou o teor de ferro, enquanto, os tomates submetidos aos demais tratamentos (pressão, micro-ondas, forno, UV-C e branqueamento) diminuíram o nível de ferro de forma significativa. Diferente do que foi verificado por Daiuto *et al.* (2015), onde o ferro obteve seu maior teor na couve-flor submetidas à panela de pressão.

Os teores de manganês nos tomates diminuíram significativamente em todos os tratamentos, quando comparados a testemunha. Já o zinco, não sofreu alterações significativas, contrário de Pigoli (2012), que verificou que o tratamento micro-ondas foi efetivo para a conservação do zinco em brócolis.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que os experimentos foram realizados, os resultados permitiram concluir que:

- Os tomates em estágio de amadurecimento salada apresentaram comportamento diferente em relação aos tomates em estágio de amadurecimento vermelho, os tomates salada tiveram mais alterações significativas nos teores de compostos bioativos e nutrientes.
- O tratamento branqueamento foi o que mais apresentou diminuição significativa nas análises físico-químicas, de compostos bioativos e nutrientes analisados: pH, acidez titulável, índice de maturação, *Chroma, acidez total titulável, açúcar total, açúcar redutor, fibras, proteína, β caroteno, atividade antioxidante pelo método DPPH e compostos fenólicos.
- O tratamento mais eficaz para a manutenção das análises físico-químicos e compostos bioativos analisados foi o vapor: pH, acidez titulável, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), índice de maturação (ratio), $^{\circ}$ Hue, *Chroma, açúcar total, açúcar redutor, umidade, cinzas, proteína, licopeno, β caroteno, atividade antioxidante pelo método DPPH, compostos fenólicos e flavonoides.
- O vapor foi o tratamento que mais manteve os minerais nos tomates no estágio de amadurecimento salada (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e zinco) e vermelho (nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco).

REFERÊNCIAS

- ABOUL-ENEIN, H. Y.; BERCZYNSKI, P.; KRUK, I. Phenolic compounds: the role of redox regulation in neurodegenerative disease and cancer. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, Beijing, v. 13, n. 3, p. 385-398, 2013.
- AHMED, F. A.; ALI, R.F.M. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. **Biomed Res.** Int. 2013.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e descrição da planta. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2.ed. rev. e ampl. **Lavras: Editora Lavras**, 2013.
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: **Editora Universitária de Lavras**, cap.2, p. 23-29. 2013.
- ALVES, N. E. G.; PAULA, L. R.; CUNHA, A. C.; AMARAL, C. A. A.; FREITAS, M. T. Efeito dos diferentes métodos de cocção sobre os teores de nutrientes em brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 507-513, 2011.
- ANTUNES, M. C.; CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MOGOR, A. F.; RESENDE, J. T. V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura brasileira**, v. 32, n. 2, 2014.
- ARAÚJO, W. M. C.; MONTEBELO, N. P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos alimentos**. 3ª. ed. – Brasília: Editora Senac – DF, 2014.
- ASSOCIATION OF OFICIAL ANALITYCAL CHEMISTRY INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the Association of Oficial Analitical Chemistry International**. 13th ed. Washington, DC, 1992.
- AWAD, A. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. **Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation**. **Scientia Horticulturae, Mission**, v. 83, p. 249- 263, 2000.
- BARRECA, D.; et al. **Flavanones: citrus phytochemical with health-promoting properties**. **BioFactors**. 2017; 43(4): 495-506.
- BIALE J.B.; YOUNG R. Respiration and ripening in fruits - Retrospect and prospect, in: Friend J., Rhodes M.J.C. (Eds.), Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables, **Academic Press**, N.Y., U.S.A., pp. 2-39, 1981.
- BÖHM, V. **Lycopene and heart health**. **Mol Nutr Food Res**, 2012.
- BOILEAU, T.W.; BOILEAU, A.M.; ERDMAN JUNIOR, J.W. Bioavailability of all-trans and cis-isomers of lycopene. **Experimental Biology and Medicine**, Cambridge, v. 227, n.10, p. 914-919, 2002.

- BRASIL. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.
- BRASIL. **Ministério da Saúde**. RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005.
- CAMPOS, A. J. **Radiação gama, Ultravioleta (UV-C) e Atmosfera Controlada na Conservação da Qualidade de Tomate ‘Débora Plus’ e ‘Pitenza’**. Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2008.
- CAMPOS, M. F.; MAIA, G. E. G.; PASQUI, S. C.; LIMA, A. S. Determinação dos teores de vitamina C em hortaliças minimamente processadas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 329-335, jul/ set. 2008.
- CARR, A.C.; MAGGINI, S.; Vitamina C e função imunológica; **Nutrientes MDPI**, 9 (11): 1211; 2017.
- CARVALHO, S. A.; NETO, A. F.; COSTA, M. S.; COSTA, J. D. S.; FILHO, A. P.; ARAGÃO, C. A. Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. **Society and Development**, v. 11, n.9, 2022.
- CASTRO, I.M.; BRANDÃO, E.S.; MACEDO, J.R. **Aspectos funcionais e nutricionais do Tomate**. Embrapa, 2008.
- CELESTINO, S.M.C. Princípios de Secagem de Alimentos – Planaltina. DF: **Embrapa Cerrados**, 2010.
- CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 3, p. 263-283, 1986.
- CHEN, P.; ZHANG, W.; WANG, X.; ZHAO, K.; NEGI, D. S.; ZHUO, L.; QI, M.; WANG, X.; ZHANG, X. Lycopene and Risk of Prostate Cancer. **Medicine (Baltimore)** 2015.
- CHENG, H.M., KOUTSIDIS, G.; LODGE, J. K.; ASHOR, A.; SIERVO, M.; LARA, J. **Tomato and lycopene supplementation and cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis**. *Atherosclerosis*, 2017.
- CHITARRA; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. Post-harvest of fruits and vegetables: Physiology and handling. **Lavras: UFLA**, 2005.
- CHO, S. Y.; LEE, J. W.; RHEE, C. The cooking qualities of microwave oven cooked instant noodles. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 1042-1049, 2010.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, 68(5), 1560-1565, 2003.
- CIVELLO, P. M., Vicente, A. R., & Martínez, G. A. **UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables**. In R. Troncoso-Rojas, 2006.

COLPO, P.L. **Avaliação da Capacidade Antioxidante e Conteúdo de Compostos Fenólicos de Frutas Vermelhas Submetidas a Processamentos por Calor (micro-ondas, sous vide, fervura e desidratação)**. Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, São Leopoldo, RS, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. **Compêndio de Estudos Conab**, v. 21, 2019 – Brasília.

COPETTI, C.; OLIVEIRA, V. R.; KIRINUS, P. Avaliação da redução de potássio em hortaliças submetidas a diferentes métodos de cocção para possível utilização na dietoterapia renal. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 5, p. 831-838, set./out. 2010.

COSTA-RODRIGUES, J., PINHO, O., MONTEIRO, P.R.R. Can lycopene be considered an effective protection against cardiovascular disease? **Food Chem**, 2018.

CUTLER, T. D.; ZIMMERMAN, J. J. Ultraviolet irradiation and the mechanisms underlying its inactivation of infectious agents. **Animal Health Research Reviews**, v12, p.15–23, 2011.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R.L.; PIGOLI, D. R.; CARVALHO, L. R. Estabilidade de Minerais em Hortaliças Submetidas a Diferentes Métodos de Cozimento. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 02, p. 102-108, abr./jun. 2015.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: 2019.

DANTAS, T. B.; SILVA, S.M. R. Identificação da enzima peroxidase e de microrganismos patogênicos em açaí (*Euterpe oleracea* M) após o processo de branqueamento. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 2683-2698, jul./dez. 2018.

DEMIATE, I. M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de Açúcares Redutores e Totais em Alimentos. Comparação entre Método Colorimétrico e Titulométrico. *Publicatio UEPG – Exact and Soil Sciences, Agrarian Sciences and Engineering*, v. 8, n. 1, p. 65-78, 2002.

DEWICK, P.M. Medicinal natural products: a biosynthetic approach. 2nd ed. **West Sussex: John Wiley & Sons**, Ltd; 514 p., 2002.

DEL-VECHIO, G.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeito do Tratamento Térmico em Sementes de Abóboras (*Cucurbita* spp.) Sobre os Níveis de Fatores Antinutricionais e/ou Tóxicos. **Ciência Agrotecnologia**., Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr., 2005.

DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundiais, brasileiro e paranaense. **Boletim Técnico 03 Tomate**, Curitiba, ago. 2017.

DUNNETT, C. W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. **Journal of the American Statistical Association**, v.50, n.272, p.1096-1121, 1955.

EL-ABASSY, R. M.; DONFACK, P.; MATERNY, A. Assessment of conventional and microwave heating induced degradation of carotenoids in olive oil by VIS Raman spectroscopy and classical methods. **Food Research International**, v. 43, p. 694-700, 2010.

ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C.Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidante enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology** p. 163–171. 2008.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: **FAO**, 2018.

FILHO, J.U.T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. [online]. Maringá: EDUEM, 2018, 535 p, 2018.

FIB, Food Ingredientes Brasil. **Revista n. 22**, 2012.

GARTNER C.; STAHL, W.; SIES, H. **Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes**. Am J Clin Nutr, 1998.

GAVA, Altanir J.; SILVA, Carlos A. B.; FRIAS, Jenifer R. G. **Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Novaes, 2008.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos**. 4. ed., rev. e atual. Barueri, SP: Manole, 2011.

GISSLEN, W. Culinária profissional. **6 ed. São Paulo; Manole 2012. 1055 p.**

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, n. 30, v.2, p. 374-386, 2007.

HORTIQUALIDADE: Cartilhas de Classificação **Tomate**, 199?.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008.

INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA. **Chef Profissional**. São Paulo: Senac, 2011.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. **Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health**. Int J Food Sci Technol. 2001, 36: 703-725.

LEMOS JÚNIOR, H. P; BRUNELLI, M. J.; LEMOS, A. L. A. **Licopeno**. Diagn Tratamento. São Paulo, v. 16, n.2, p.71-74, out.-dez, 2011.

LIMA, J.R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju. **Ciênc. Agrotec.**, v.32, n.1, p. 191-195, 2008.

LINDSHIELD, B.L., ADAMS-CANENE, K.; JUNIOR, J. W. E. **Lycopeneoids: are lycopene metabolites bioactive?** Arch Biochem Biophys, 2007.

MACHADO, A. Q.; ALVARENGA, M.A.R.; FLORENTINO, C.E.T. **Ocorrência de frutos não comerciais de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2002.

MACHADO, R. F. C.; BONALDO, S. M.; WOBETO, C. Controle alternativo de podridões pós-colheita em tomate. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.1, p.99-118, 2017.

MAHARAJ, R. Effects of abiotic stress (UV-C) induced activation of phytochemicals on the postharvest quality of horticultural crops. **Phytochemicals: Isolation, characterization and role in human health** (Chap. 9, pp. 221-244), 2015.

MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.154-157, jan.-mar. 2005.

MOREIRA, L. N. Técnica Dietética. 240p. Rio de Janeiro: **SESES**, 2016.

NGUYEN, M., SCHWARTZ, S. J. "Lycopene: Chemical and Biological Properties", Food Technology, vol. 53, n. 2, 1999.

VELHO, L.C.F.L **Avaliação da Retenção de Nutriente, Aspectos Sensoriais e Microbiológicos de Batata-doce Submetidas a Diferentes Métodos de Cocção**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2016.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 27(1): 130-134, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.

MARQUES, C. S. S. **O licopeno como composto bioativo do tomate**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) - Escola Superior Agrária de Viseu do Instituto Politécnico de Viseu, Portugal, 2015.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G.; CHESSON, A. Phenolic compounds, lycopene and antioxidante activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). **Journal Science Food Agriculture**, London, v.82, n.3, p. 323-330, 2002.

MCGEE, H. **Comida e Cozinha: Ciência e Cultura da Culinária**. 2. ed. São Paulo, SP: WMF Martins Fontes, 2014. 922 p.

MEJIDO, M. J. **Métodos de cocção**. Rio de Janeiro: Editora Multifoco, 2012. 58 p.
MENEZES, K. R. P.; et al. Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, p.14-28, 2017.

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

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate "tipo italiano". **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p. 25-31, jan./mar. 2008.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925- 928, 1992.

NASCIMENTO, A.R.; JUNIOR, M. S. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira** 31: 628-635, 2013.

NASCIMENTO, L.E.S.; ARAGÃO, F. V. N.; MIRANDA, M. N. N.; MELO, S. N. Efeito do branqueamento sobre as características físico-químicas e microbiológicas em acerolas (*Malpighia puniceifolia* DC). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Volume 2. Editora Poisson, 2019.

NASIR, M. U.; HUSSAIN, S.; JABBAR, S. Tomato processing, lycopene and health benefits: A review. **Science Letters**, Sargodha, v.3, n.1, p.1-5, 2015.

NELSON, N. A. **A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose**. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

OLIVEIRA, C. S. Influência do branqueamento nas propriedades físico-químicas de vegetais armazenados em temperatura de congelamento. 2017. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos, **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2017.

ORNELLAS, L. H. Técnica dietética – seleção e preparo de alimentos. 8.ed. **São Paulo: Atheneu**, 2007. 276p.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. L. M.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural-Urcamp**, Bagé – RS, vol. 19, n.1, 2017.

PEREIRA, M.A.F. **Secagem Solar de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill): Processo Cinético de Secagem e Efeito de Pré-tratamento em Suas Características Físico-Químicas**. Universidade Federal de Campina Grandes, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017

PEREIRA, R.C; PEREIRA, M.C.A. Compostos fenólicos na saúde humana: do alimento ao organismo. **Lavras: Ed. UFLA**, 2014.

PERVEEN, R.; SULERIA, H. A. R.; ANJUM, F. M.; BUTT, M.S. PASHA, I.; AHMAD, S. Tomato (*Solanum lycopersicum*) Carotenoids and Lycopenes Chemistry; Metabolism, Absorption, Nutrition, and Allied Health Claims. **Rev Food Sci Nutr**, 2015.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. 3ª ed. – Revisada e ampliada, Barueri-SP: Editora Manole, 2014, 424 p.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de Composição de Alimentos**. 6ª ed. – Revisada e atualizada, Barueri-SP: Editora Manole, 2018.

RAMOS, A.J. Aceitabilidade e qualidade nutricional de beterrabas in natura e pré-processadas submetidas a diferentes a métodos de cocção. **Revista Energia na Agricultura**, 2015.

REKHA, C.; POORNIMA, G.; MASANA, M.; ABHIPSA, V. Ascorbic Acid, Total Phenol Content and Antioxidant Activity of Fresh Juices of Four Ripe and Unripe Citrus Fruits. **Chemical Science Transactions**, v. 1, p. 303-310; 2012.

RIBEIRO, C., CANADA, J., ALVARENGA, B. Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, , 24(6), 586-597, 2012.

RIBEIRO, M.C.C.B. **Efeito da Suplementação de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) em Marcadores de Estresse Oxidativo e Função Cardiovascular de Paciente com Doença Renal Crônica Tratados por Hemodiálise**. Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina de Botucatu, 2021.

ROSA, G. LIMA, C. S. M.; SANTOS, J. R. Ácido Salicílico na pós-colheita de morangos cultivar San Andreas. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 21, n. 1, 2020.

SAINI, R.K.; RENGASAMY, K. R. R.; MAHOMOODALLY, F. M.; YOUNG-SOO, K. **Protective effects of lycopene in cancer, cardiovascular, and neurodegenerative diseases: An update on epidemiological and mechanistic perspectives.** *Pharmacol Res*, 2020.

SALAZAR-GONZALEZ, C.; MARTIN-GONZALES, M. F. S.; LOPES-MALO, A.; SOSA-MORALES, M. E. Recent studies related to microwave processing of fluid foods. **Food Bioprocess and Technology**, v. 5, p. 31–46. 2012.

SALEHI, B.; SHARIFI-RAD, R.; SHAROPOV, F.; NAMIESNIK, J.; ROOINTAN, A.; KAMLE, M.; KUMAR, P.; MARTINS, N.; SHARIFI-RAD, J. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition*, v. 62, p. 201–208, 2019.

SANTOS, M. D.; BLATT, C. T. T. Teor de flavonoides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers. de mata e de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 135-140, 1998.

STAHL, W.; SUNDQUIST, A. R.; HANUSCH, M. SCHWARZ, W.; SIES, H. Separation of beta-carotene and lycopene geometrical isomers in biological samples, **Clinical Chemistry**, 1993.

SILVA, M. F. G. **Atributos de qualidade de abobora (*Cucurbita moschata* cv. Leite) obtida por diferentes métodos de cocção.** 81p. Dissertação (Mestrado)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
SIMÕES, C.M.O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 3a ed. Florianópolis: UFSC; 883 p. 2010.

SOARES, L.P.; JOSÉ, A.R.S. Compostos Bioativos em Polpas de Mangas ‘Rosa’ e ‘Espada’ Submetidas ao Branqueamento e Congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal -SP, 2013.

SOMOGY, M. Determination of blooded sugar. **Journal Biologic Chemical**, Baltimore, n. 160, p. 69-73, 1945.

SOUSA NETO, R. **O mercado de tomate em Goiás: estudo sobre o comportamento da cadeia e a evolução da atividade produtiva no setor *in natura*.** Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

SOUZA, J. F. **Utilização de luz ultravioleta contínua (uv-c) e luz pulsada para conservação de mangas cv. tommy atkins minimamente processadas.** Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal). Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2014.

SOUSA, R.F.; SOUSA, J.A. Metabólitos secundários associados a estresse hídricos e suas funções nos tecidos vegetais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.11, 2017.

STANGHERLIN, G. **Aplicação de Radiação UV em Banana Minimamente Processada**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020.

THARANATHAN, R. N. Food-derived carbohydrates - Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 65–84, 2002.

TILAHUN, S.; SEO, M. H.; PARK, D. S.; JEONG, C. S. Effect of cultivar and growing medium on the fruit quality attributes and antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 59, p. 215-223, 2018.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TREMOCOLDI, M.A. **Atividade Antioxidante, Compostos Fenólicos Totais e Cor em Abacate ‘Hass’ Submetido a Diferentes Tratamentos Físicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

TRIPOLI, E.; GUARDIA, M.; GIAMMANCO, S.; MAJO, D. Citrus flavonoids: molecular structure, biological activity and nutritional properties: a review. **Food Chem.** 2007; 104: 466-479.

TSCHEUSCHNER, H.D. **Fundamentos de Tecnologia de los Alimentos**, Zaragoza: Acribia, 2001.

VALDIVIA-NÁJAR, C.G. MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R.. Impact of pulsed light treatments and storage time on the texture quality of fresh-cut tomatoes. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 45, p. 29-35, 2018.

VALDUGA, E.; et al. Carotenoids production: microorganisms as source of natural dyes. **Química Nova**, 32 (9), 2009.

VIEIRA, M.C.S. **Investigação dos Compostos Bioativos em Tomates após Processamento Térmico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrônômicas, Botucatu, 2016.

VINHA, A. F.; BARREIRA, S. V.P.; COSTA, A. S. G.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Organic versus conventional tomatoes: influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. **Food Chemical Toxicology**, 67, pp. 139-144, 2014.

VOLDEN, J.; BERGE, G.I.A.; HANSEN, M.; WICKLUND, T.; BENGTSSON, G.B. Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis). **LWT - Food Sci. Technol.** 42, 63–73, 2009.

WILCOX JK; CATIGNANI, G. L.; LAZARUS, S. Tomatoes and cardiovascular health. **Crit Rev Food Sci Nutr**, 2003.

YAUN, B. R., SUMNER, S. S., EIFERT, J. D., MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, 90(1), 1-8, 2004.