

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Dissertação

Efeitos do estágio de maturação, da aplicação de 1-MCP e de condições de armazenamento na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. absoluto)

Mauricio Seifert

Pelotas, 2014

MAURICIO SEIFERT

Efeitos do estágio de maturação, da aplicação de 1-MCP e de condições de armazenamento na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. absoluto)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação: Prof. Dr. Leonardo Nora

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi

Dr^a. Juliana Dode

Pelotas, 2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S459e Seifert, Mauricio

Efeitos do estágio de maturação, da aplicação de 1-MCP e de condições de armazenamento, na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill. cv. absoluto) / Mauricio Seifert ; Leonardo Nora, orientador ; Cesar Valmor Rombaldi, Juliana Dode, coorientadores. — Pelotas, 2014.

76 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Fruto. 2. Qualidade sensorial. 3. Composição. 4. Vida de prateleira. I. Nora, Leonardo, orient. II. Rombaldi, Cesar Valmor, coorient. III. Dode, Juliana, coorient. IV. Título.

CDD : 635.642

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Leonardo Nora - UFPEL

Prof. Dr. Rui Carlos Zambiasi - UFPEL

Prof. Dr. Leandro da Conceição Oliveira – IFSUL

Prof. Dr. Marcelo Zaffalon Peter- IFSUL

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e a todos os professores, colegas e amigos, que de alguma forma contribuíram com a minha formação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força em todos os momentos;

Ao departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, por possibilitar a realização deste trabalho;

À CAPES pela bolsa concedida;

Ao prof. Leonardo Nora, pela valiosa orientação, pela amizade, pelos conhecimentos passados;

Aos colegas e amigos do departamento de Ciências e Tecnologia Agroindustrial, pelo apoio e acima de tudo amizade;

À Isabela Luchiari, Amanda Silva e Alisson Pagnussatt pela ajuda na realização das análises e pela amizade;

À Débora Oliveira, Juliana Dode e Simone Pacheco pela ajuda, amizade, ensinamentos, risadas, caronas, enfim por toda ajuda delas,

Aos meus pais Vanderlei e Rosane, pelo amor, força, compreensão e pela base sólida que só a família pode proporcionar;

Um agradecimento em especial para minha querida e amada Julia Fioravante pela força, apoio, amizade, carinho e compreensão, nestes últimos meses, muito obrigado amor;

À Universidade Federal de Pelotas, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de realização do curso de mestrado;

Aqui fica o meu sincero sentimento de agradecimento a todos aqueles que foram importantes na realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta.

Muito Obrigado!

Resumo

SEIFERT, M. **Efeitos do estágio de maturação, da aplicação de 1-MCP e de condições de armazenamento na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. absoluto).** 2014, 76f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Perdas decorrentes de pragas, doenças e intempéries climáticas são frequentes na produção de tomates. A antecipação da colheita minimiza as referidas perdas, mas parâmetros técnicos para a adequada realização da mesma nem sempre estão disponíveis. Buscando definir esses parâmetros, para tomate produzido em Pelotas-RS, frutos foram colhidos nos estádios verde ou pintado, com aplicação de 1-metil-ciclo-propeno (c/1-MCP) e sem (s/1-MCP) aplicação do mesmo imediatamente após a colheita, armazenados em temperatura ambiente (TA), a 25 °C e a 4 °C, até atingirem a maturação, e avaliados quanto a atributos sensoriais (cor, acidez, doçura, textura, farinosidade, e sabor característico) e físico-químicos (sólidos solúveis totais, acidez, pH, carotenóides, açúcares totais e redutores, textura, vitamina C, fenólicos, e atividades antioxidante). Observou-se que tomates colhidos no estágio verde, c/1-MCP, e armazenados a TA ou a 25 °C, tiveram vida de prateleira estendida em 10 d e 12 d, e características de consumo semelhantes às de tomates colhidos no estágio pintado, s/1-MCP, e armazenados a TA ou a 25 °C, respectivamente. De forma semelhante, tomates colhidos no estágio verde, c/1-MCP ou s/1-MCP, e armazenados a 4 °C, também tiveram sua vida de prateleira estendida, mas apenas em 3 d, e características de consumo semelhantes às de tomates colhidos no estágio pintado, c/1-MCP ou s/1-MCP, e armazenados a 4 °C. Conclui-se que a colheita antecipada, no estágio verde, c/1-MCP e armazenamento a TA (ou s/1-MCP e armazenamento a 4 °C), são práticas adequadas para antecipar a colheita, estender a vida de prateleira e preservar a qualidade de consumo do tomate nas condições do presente estudo.

Palavras-chaves- fruto, qualidade sensorial, composição, vida de prateleira.

Abstract

SEIFERT, M. **Effects of ripening stages at harvest, application of 1-MCP and storage conditions on postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Absolute)**. 2014. 76f Dissertation (Master Degree in Food Science and Technology) – Federal University of Pelotas, Pelotas.

Pests, diseases and climate adversities are common factors that compromise tomato production and quality. Harvest performed at the green stage of tomato can contribute to overcome the mentioned factors of losses, however, technical parameters for this procedure are not always available. Aiming to define those parameters for tomato produced in Pelotas-RS-Brazil, postharvest treatments consisting of applying 1-MCP (a-1-MCP), or not applying 1-MCP (na-1-MCP), on tomatoes harvested at the green and turning stages, following storage under three different conditions (room temperature - RT, 25 °C and 4 °C), until the fruit reached the fully ripened stage, were evaluated in terms of sensorial (color, acidity, sweetness, texture, mealiness, and taste) and physical-chemical (soluble solids, acidity, pH, carotenoids, total and reducing sugars, texture, vitamin C, phenolics, and antioxidant activity) attributes. Tomatoes harvest at the green stage, a/1-MCP, and stored at RT or 25 °C, had the shelf life extended in 10 d and 12 d, and consumption characteristics similar to tomatoes harvested at the turning stage, na-1-MCP, and stored at RT or 25 °C, respectively. Similarly, tomatoes harvested at the green stage, a/1-MCP or na/1-MCP, and stored at 4 °C, also had their shelf life extended, but for 3 d only, with consumption characteristics similar to tomatoes harvested at the turning stage, a/1-MCP or na/1-MCP, and stored at 4 °C. In the present study, the main conclusion is that harvest of tomatoes at the green stage, a/1-MCP, following storage at RT (or na/1-MCP and storage at 4 °C), besides shortening the exposure of the fruit to adverse conditions in the field, extended the shelf life and preserve the consumption quality of tomatoes.

Keywords - fruit, sensorial quality, composition, shelf life.

Lista de figuras

- Figura 1: Representação das possíveis geometrias do tomate: A) cultivar precoce com frutos achatados, canelados; B) cultivar tardia com frutos grandes; C) cultivar anglo holandesa; D) cultivar com frutos oblongos e E) vários cultivar de tomate cereja (NAIKA et al., 2006).17
- Figura 2: Estruturas químicas dos principais carotenoides incluídos na dieta humana (RAO; RAO, 2007).23
- Figura 3: Espectros de absorvância no visível do licopeno (---), γ -caroteno (- -), β -caroteno (---) e α -caroteno (...) em éter de petróleo (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).....25
- Figura 4: Aspecto dos frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto): (A) tomates colhidos no estágio verde e (B) tomates colhidos no estágio pintado, e aplicação de 1-MCP nos dissecadores.32
- Figura 5: Modelo de ficha para avaliação do perfil de textura através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.40
- Figura 6: Modelo de ficha para avaliação do perfil de cor através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.40
- Figura 7: modelo de ficha para avaliação do perfil de sabor através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.41
- Figura 8: Cromaticidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração complemente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 201344
- Figura 9: Cromaticidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS,45
- Figura 10: Ângulo de tonalidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração complemente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.46

Figura 11: Ângulo de tonalidade tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.....47

Figura 12: Luminosidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 201347

Figura 13: Luminosidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.....48

Figura 14: Espectro de absorvância de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). As amostras analisadas foram obtidas pela trituração de todo o fruto e subsequente extração com acetona e éter, conforme protocolo de Rodriguez-Amaya, 2010. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.....53

Figura 15: Espectro de absorvância de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). As amostras analisadas foram obtidas pela trituração de todo o fruto e subsequente extração com acetona e éter, conforme protocolo de Rodriguez-Amaya, 2010. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.....54

Figura 16: Aspecto do fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) submetido a diversos tratamentos pós-colheita: (A) e (B) tomates colhidos verdes, com e sem 1-MCP, respectivamente, após 4 d de armazenamento a temperatura ambiente; (C) e (D) tomates colhidos no estágio pintado, com e sem 1-MCP, respectivamente, após 4 d de armazenamento a temperatura ambiente; (E) e (F) tomates colhidos verdes, com e sem 1-MCP, respectivamente, ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha); (G) e (H) tomates colhidos no estágio pintado, com e sem 1-MCP, respectivamente, ao atingir a maturação.57

Figura 17: Avaliação sensorial em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em duas diferentes condições (temperatura ambiente - TA, e 4 °C) ao

atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha).
FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2013.65

Lista de tabelas

Tabela 1: Produção de tomate dos 20 maiores produtores mundiais.....	18
Tabela 2: Composição dos frutos maduros de tomate (<i>Lycopersicon esculentum Mill.</i>).	20
Tabela 3: Teores de vitaminas nos frutos maduros de tomate (<i>Lycopersicon esculentum Mill.</i>).	21
Tabela 4: Carotenoides presentes em tomate e respectivos comprimentos de onda Maximo em éter de petróleo, bem como a coloração e o coeficiente de extinção (A1%1 cm), (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010, ÖTLES; ÇAGINDI, 2008, EIJKELHO; DEKKER, 1997).	24
Tabela 5: O estudo constou de 12 tratamentos onde: tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos no estádio verde, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013	31
Tabela 6: Tempo de maturação de tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.	43
Tabela 7: Cromaticidade, ângulo de tonalidade e luminosidade em tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013	51
Tabela 8: Teor β -caroteno e licopeno, em tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos nos estádios verdes e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.	56
Tabela 9: Sólidos solúveis totais (SST), açúcares totais, glicose e frutose, em tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos nos estádios verdes e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.	58
Tabela 10: Potencial hidrogeniônico (pH), Acidez total titulavel (ATT), SST/Acidez (ratio), firmeza (Força necessária para penetrar 25 %), em tomates (<i>Lycopersicon esculentum Mill</i> , cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.	61

Tabela 11: Compostos fenólicos totais, teor de vitamina C e Capacidade antioxidante em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2013.63

Sumário

1. Introdução e Justificativa	14
1.1 Hipóteses	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.1 Objetivos específicos.....	16
2. Revisão Bibliográfica	16
2.1 Tomate.....	16
2.2 Características Físico-Químicas.....	19
2.2.1 Composição	19
2.3 Compostos bioativos no tomate.....	22
2.4 Características sensoriais	26
2.5 Uso de refrigeração na conservação	28
2.6 Regulador de maturação (1-MCP)	29
3 Material e Métodos.....	29
3.1 Obtenção das Amostras.....	30
3.2 Implementação dos tratamentos	30
3.3 Acompanhamento da maturação	32
3.4 Análises físico-químicas (qualidade).....	32
3.4.1 Tamanho dos frutos.....	32
3.4.2 Coloração	32
3.4.3 Carotenoides	33
3.4.4 Determinação de açúcares totais pelo método fenol-sulfúrico.....	34
3.4.5 Determinação de açúcares redutores pelo método DNS.....	35
3.4.6 Acidez total.....	36
3.4.7 pH.....	36

3.4.8 Sólidos solúveis totais	36
3.4.9 Textura.....	37
3.4.10 Compostos fenólicos	37
3.4.11 Vitamina c (ácido l- ascórbico)	37
3.4.12 Atividade antioxidante	38
3.5 Avaliação do perfil sensorial	38
3.6 Estatística	41
4. Resultados e discussão.....	41
4.1 Perdas de massa	42
4.2 Maturação dos frutos	42
4.3 Análise de cor.....	43
4.4 Conteúdo de carotenoides	52
4.5 Acúmulo de açúcares	57
4.6 Atributos de qualidade.....	59
4.7 Compostos fenólicos, vitamina C e atividade antioxidante	61
4.8 Avaliação do perfil sensorial	63
5. Conclusões	66
6. Referências bibliográficas	67
Anexos	75

1. Introdução e Justificativa

O tomateiro é uma planta cultivada anualmente, podendo se desenvolver de forma rasteira, semi-ereta ou ereta. O crescimento depende das variedades, podendo atingir 10 metros em um ano. Um ambiente com boa iluminação e drenagem é o mais adequado para o cultivo, não tolerando temperatura baixa (inferior a 10 °C), iluminação diurna inferior a 12 horas e excesso de nitrogênio (ALVARENGA, 2004).

Em anos recentes, a insatisfação do consumidor com a perda do aroma característico de alguns frutos como o tomate, por exemplo, têm sido observados (RENARD et al., 2010). Diante disso os atributos sensoriais dos frutos tem recebido atenção especial, principalmente no que se refere às propriedades de textura e aroma, que contribuem significativamente para tornarem os frutos valorizados pelos consumidores e também como ingredientes de preparações culinárias, doces e outros produtos (AURORE et al., 2012; TRAD et al., 2012; RENARD et al., 2012).

A uniformidade do fruto comercializado no município de Pelotas, RS não é constante, apresentando variações no *flavour* e indiretamente na economia local.

Existem frutos com ótimas características sensoriais que agrada ao paladar do consumidor, mas em seguida ele adquire um produto com características totalmente diferentes, o que os torna praticamente impróprios para o consumo no que se diz respeito ao sabor e aroma.

O amadurecimento do fruto é um processo complexo e geneticamente programado, que culmina em mudanças na cor, textura, sabor e aroma da polpa dos frutos. Para que isso ocorra existem enzimas específicas que são responsáveis por cada uma dessas mudanças que irão acontecer no fruto desde o início da formação, sendo que algumas quais se intensificam no amadurecimento (PEGORARO et al., 2010 e SEVERO et al., 2011).

No processo de maturação sucedem-se modificações na parede celular que culminam em alteração na textura e desenvolvimento de aroma e sabor, sendo esses decorrentes do aumento de compostos voláteis e do balanço

entre ácidos e açúcares (ALEXANDER; GRIERSON, 2002; GIOVANNONI, 2004; PRASANNA et al., 2007; CARA; GIOVANNONI, 2008; TIECHER, 2010). Devido à importância econômica de espécies vegetais de frutos esses processos têm sido estudados extensivamente, do ponto de vista, bioquímico e genético (TIJSKENS et al., 1994; GARG; HEEMA, 2011; BECKLES, 2012; FERREIRA et al., 2004).

Em climas tropicais e subtropicais, é difícil a conservação de tomates sem uso de refrigeração. Às vezes, a única solução é a comercialização rápida dos produtos in natura ou a industrialização do fruto. Porém, ao vender tomates frescos para consumo à mesa, o período de armazenamento deve ser bastante curto (NAIKA et al., 2006). A qualidade do fruto é determinada pelo estágio fisiológico no qual o fruto se encontra no momento da colheita, sendo a cor um grande indicador no processo de maturação, pois sugere alterações de sabor, textura e aroma (ZAMBON, 1984; SILVA; GIORDANO, 2000).

Entretanto, para explicar alterações nos atributos sensoriais do tomate, é preciso conhecer os parâmetros que influenciam as características físicas químicas do fruto. Acredita-se que diferentes estádios de maturação acrescido do uso de diferentes condições de armazenamento e uso de regulador de maturação influenciam na qualidade físico-química e sensorial do produto final. Na literatura não há informação detalhada sobre o assunto, por isso, faz-se necessário testar a influência da temperatura de armazenamento e dos estádios de maturação nos fatores que afetam as características sensoriais do produto.

1.1 Hipóteses

- Armazenamento de tomates imaturos em diferentes condições de (tempo, temperatura, umidade, etc) causa distúrbios fisiológicos e alteração do sabor.
- Tomates tratados com 1-Metilciclopropano (1-MCP) para reduzir maturação sofrem desordens fisiológicas e conseqüentemente alteração do sabor.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Inter-relacionar atributos sensoriais e físico-químicos com as diferentes condições de armazenamento e uso de regulação de maturação (1-MCP) em frutos de tomates colhidos em dois estádios de desenvolvimento (frutos verdes e pintados).

1.2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a interferência do ponto de colheita, da temperatura de armazenamento e da utilização de reguladores, na qualidade do tomate maduro;
- Relacionar o sabor com cor e textura do tomate;
- Inter-relacionar o sabor com os aspectos químicos do tomate (SST, acidez total, açúcares totais e redutores, pH, vitamina C, carotenoides, fenóis, atividade antioxidante).
- Avaliação do perfil sensorial (sabor característico, cor, doçura, acidez, textura, farinosidade).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Tomate

O cultivo e o consumo de tomate remonta a 500 anos a.C., onde os Aztecas e outras civilizações já faziam o uso desse fruto em sua alimentação (ATTOKARAN, 2011). A origem do tomate é atribuída às regiões costeiras dos Andes, nomeadamente, Colômbia Equador, Peru e norte do Chile. Contudo, a sua introdução na Europa não está claramente definida. Segundo alguns autores, teria sido o espanhol Hernán Cortez, em 1521, por ocasião da conquista da cidade azteca Tecochtitlán (atualmente, Cidade do México), que transportara para a Europa o primeiro tomate pequeno e amarelo. No entanto, outros autores acreditam ter sido Cristóvão Colombo o primeiro a levar o tomate para a Europa em 1493 (ATTOKARAN, 2011). Em relação a designação botânica do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), ele é

pertencente à família das *Solanaceae*, espécie *Solanum lycopersicum*. A planta é perene (vive mais de dois anos), possui um caule fraco e lenhoso, com um crescimento de 2 até 4 m de altura, um ciclo produtivo relativamente curto e de alto rendimento, o que o torna economicamente produtivo (ATTOKARAN, 2011). Existe diversas cultivares de tomateiro com diferentes características agroclimáticas e com frutos de cores e geometrias diferenciadas, conforme demonstrado na figura 1.

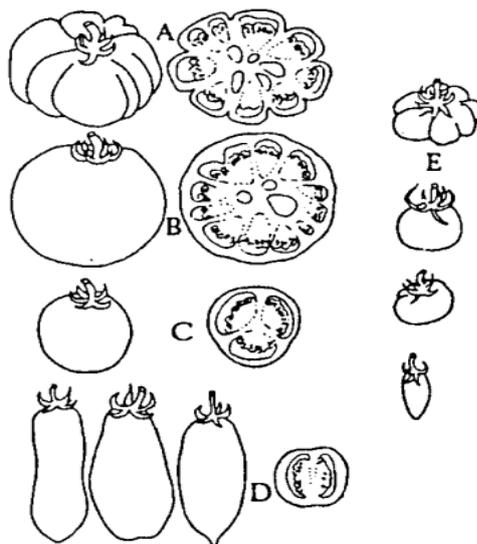


Figura 1: Representação das possíveis geometrias do tomate: A) cultivar precoce com frutos achatados, canelados; B) cultivar tardia com frutos grandes; C) cultivar anglo holandesa; D) cultivar com frutos oblongos e E) vários cultivares de tomate cereja (NAIKA et al., 2006).

A primeira colheita do fruto pode ser realizada 45 d após a florescência, ou até 120 depois da sementeira (NAIKA et al., 2006). A temperatura ótima de crescimento para a maioria dos cultivares encontra-se entre os 15-25 °C, tendo como limite mínimo de sobrevivência os 10 °C e máximo 38 °C, porém quando excedidos esses limites, danificam os tecidos da planta. Além disso, a planta necessita de luminosidade solar adequada e danifica-se facilmente com a geada. O solo deve ser arejado e com boa capacidade de retenção de água e pH entre 5,5 - 6,8.

As necessidades hídricas vão de 20 a 70 mm de água por semana, sendo mais importante a rega em períodos de florescência, fortificação e/ou em períodos secos (NAIKA et al., 2006). No que diz respeito ao seu armazenamento, o tomate mantém-se relativamente estável durante 4 a 7 d, à

temperatura entre 13 e 15 °C e umidade relativa 90 % a 95 %. Em atmosfera modificada o tomate resiste até 3 meses com CO₂ entre 2,5-9 %, O₂ entre 2,5-5,5 % e a uma temperatura entre 12 a 13°C (SWETMAN et al., 2002).

Estima-se que a produção de tomates se encontra em expansão. No panorama mundial, o Brasil se encontra na 8ª posição de produção (FAO, 2011). Na tabela 1 estão apresentados os 20 países com as maiores produções do total mundial.

Tabela 1: Produção de tomate dos 20 maiores produtores mundiais.

Categoria	Pais	Produção (Int \$ 1000)	Produção (MT)
1	China, continente	17905375	48450000
2	Índia	6218283	16826000
3	EUA	4629184	12526070
4	Turquia	3456464	11003433
5	Egito	2995413	8105263
6	Irã	2522014	6824298
7	Itália	2198985	5950215
8	Brasil	1632235	4416652
9	Espanha	1372605	3864120
10	Uzbequistão	955322	2585000
11	México	900179	2435788
12	Federação Russa	813258	2200590
13	Ucrânia	780371	2111600
14	Nigéria	556071	1504670
15	Tunísia	474520	1284000
16	Portugal	460241	1245364
17	Marrocos	450093	1217905
18	Grécia	432352	1169900
19	República Árabe da Síria	426840	1154985
20	Iraque	391566	1059537

Fonte: FAO, 2011

2.2 Características Físico-Químicas

2.2.1 Composição

O fruto do tomateiro apresenta baixo valor energético, tornando-o recomendável àqueles indivíduos que desejam se submeter a dietas hipocalóricas (BORGUINI, 2002). Na Tabela 2 e 3 estão apresentados os valores nutricionais do tomate.

Tabela 2: Composição dos frutos maduros de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*).

Constituintes	Quantidade em 100 g (% na matéria seca)
Açúcares (sólidos solúveis)	
Glicose	22
Frutose	25
Sacarose	1
Sólidos insolúveis em álcool	
Proteínas	8
Substâncias pécicas	7
Hemicelulose	4
Celulose	6
Ácidos orgânicos	
Ácido cítrico	9
Ácido málico	4
Minerais	
Principalmente K, Ca, Mg e P	8
Outros	
Lipídios	2
Aminoácidos dicarboxílicos	2
Pigmentos	0,4
Ácido ascórbico	0,5
Voláteis	0,1
Outros aminoácidos, vitaminas e	1,0
Polifenóis	

Fonte: Davies & Hobson (1981).

Tabela 3: Teores de vitaminas nos frutos maduros de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*).

Constituintes	Quantidade em 100 g de fruto fresco
Vitamina A (b-caroteno)	900 – 1271 i.u.*
Vitamina B1 (tiamina)	50 – 60 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	20 – 50 mg
Vitamina B3 (ácido pantotênico)	50 – 750 mg
Vitamina do complexo B6	80 – 110 mg
Ácido nicotínico (niacina)	500 – 700 mg
Ácido fólico	6,4 – 20 mg
Biotina	1,2 – 4,0 mg
Vitamina C	15000 – 23000 mg
Vitamina E (a-tocoferol)	40 – 1200 mg

* 1 i.u. (unidade internacional) = 0,6 mg de β -caroteno Fonte: Davies & Hobson (1981)

O sabor dos tomates resulta de uma interação complexa entre açúcares, ácidos orgânicos, minerais e componentes do aroma. A fração volátil do tomate está constituída por mais de 400 substâncias, dentre as quais, se encontram hidrocarbonetos, éteres, aminas e uma ampla gama de moléculas heterocíclicas. Desses componentes, menos de 30 são considerados de importância para o odor e estão incluído etileno, hexanal, cis-3-hexanal, trans-2-hexanal, acetaldeído, 6-metil- 5-hepteno, geranilacetona, b-ionona, trans-2-heptenona, trans-2-heptenal, acetona, etanol, 2+3-metilbutanol, cis-3-hexanol, 2-isobutiltiazol e 1-nitro-2-feniletano (BALDWIN et al., 1998).

Os ácidos concentram-se fundamentalmente na cavidade locular e estão em, relativamente, baixa concentração no mesocarpo externo. A acidez máxima durante a maturação do fruto coincide com a aparição da cor rosada, decrescendo progressivamente o verde, dependendo da variedade (BALDWIN, et al., 1998).

Os açúcares constituem a maioria dos sólidos solúveis nas variedades comerciais de tomate com valores de 1,5 % a 4,0 % do peso seco, o que equivale a 65 % dos sólidos solúveis totais. Os açúcares livres mais abundantes no fruto são a glicose e a frutose, em proporções similares. O teor de açúcares aumenta significativamente quando o fruto alcança uma cor

amarelo-rosada e aumenta paulatinamente durante a maturação (LAPUERTA, 1995).

2.3 Compostos bioativos no tomate

Os carotenoides são pigmentos que podem ser sintetizados por plantas e por microrganismos. O seu papel nas plantas consiste na contribuição para as funções fotossintéticas e para a proteção contra danos provocados pela radiação solar e estresses diversos. Eles conferem aos frutos e vegetais a coloração amarela, cor de laranja ou vermelha (RAO; RAO, 2007) que em termos ecológicos possuem um papel importante na polinização e propagação da semente (DONG et al., 2007).

Alguns carotenoides produzidos pelo fruto, quando convertidos em vitamina A no organismo humano, desempenham um papel importante especialmente na prevenção à formação de catarata e na redução do risco de doenças coronárias (LEVY; SHARONI, 2004; SILVA; MERCADANTE, 2002). Essas propriedades dos carotenoides se dão pela capacidade de sequestrar o oxigênio singlete, o peróxido de hidrogênio, dentre outros radicais livres produzidos pelo metabolismo humano, evitando assim a formação dessas doenças (YOUNG et al., 2001).

O licopeno e o β -caroteno são considerados os carotenoides de maior ocorrência, sendo o primeiro responsável pela coloração vermelha do tomate e o segundo, precursor da vitamina A. Segundo a base de dados da USDA (United States Department of Agriculture), o conteúdo de licopeno no tomate é de 0,88 a 4,2 mg por 100 g de tomate fresco e o β -caroteno de 0,1 a 0,7 mg por 100 g de tomate fresco (GEORGÉ et al., 2011). No entanto, como é de fácil compreensão, estes valores variam conforme a cultivar de tomate, o seu estado de maturação e as condições climáticas e de solo (DUMAS et al., 2003; GEORGÉ et al., 2011).

A coloração conferida pelos carotenoides torna alguns frutos e vegetais mais atraentes, pela sua coloração avermelhada, o que constitui um dos

principais atributos de qualidade e aparência e determinam a aceitabilidade do produto (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2011).

Estruturalmente os carotenoides pertencem à família dos tetraterpenos, ou seja, são constituídos por quarenta átomos de carbono, formados pela condensação de oito unidades de isoprenos na rota dos isoprenoides da planta. A sua longa cadeia de ligações duplas conjugadas possui simetria bilateral em torno da ligação dupla central. Este conjunto de ligações duplas conjugadas é responsável pela absorção da luz na região do espectro visível (KRZYZANOWSKA et al., 2010). As suas diferentes colorações e as propriedades antioxidantes resultam essencialmente de dois tipos de modificações da estrutura base: ciclização de grupos terminais e/ou introdução de átomos de oxigênio (RAO; RAO, 2007). Assim os carotenoides podem pertencer a duas classes distintas: carotenos, quando são insaturados e apenas contêm átomos de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos); e xantofilas (oxicarotenoides), quando para além de átomos de carbono e hidrogênio, possuem, pelo menos, um átomo de oxigênio localizado no anel lateral (SHI; LE MAGUER, 2000; KRZYZANOWSKA et al., 2010). Na figura 2 encontram-se representados quatro exemplos de carotenoides pertencentes às duas classes.

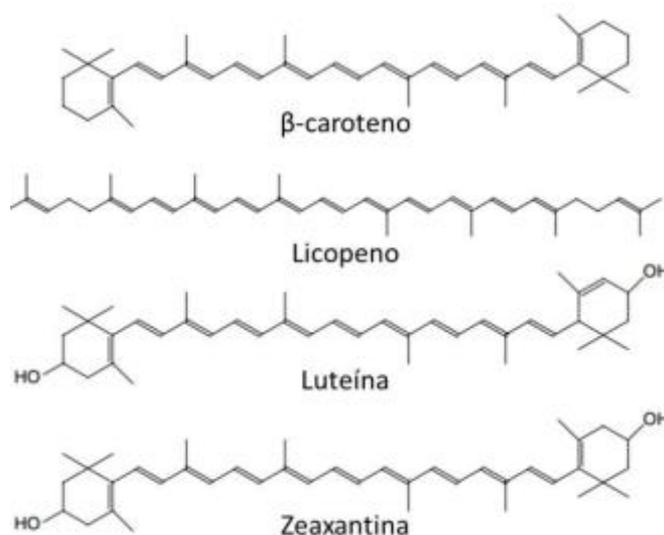


Figura 2: Estruturas químicas dos principais carotenoides incluídos na dieta humana (RAO; RAO, 2007).

A maioria destes compostos exibe uma absorção na região do espectro do visível, entre 400 e 500 nm, e o fato de obedecerem à lei de Beer-Lambert (absorbância linear à concentração) permite determinar a sua concentração numa amostra por método espectrofotométrico (WROLSTAD et al., 2001).

Na tabela 4 estão apresentados os comprimentos de onda de absorbância máxima para cada composto e sua respectiva coloração para os principais compostos encontrados em tomates.

Tabela 4: Carotenoides presentes em tomate e respectivos comprimentos de onda Máximo em éter de petróleo, bem como a coloração e o coeficiente de extinção ($A^{1\%}_{1\text{ cm}}$), (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010, ÖTLES; ÇAGINDI, 2008, EIJKELHO; DEKKER, 1997).

Composto	Comprimento de onda (nm)	Coefficiente de extinção ($A^{1\%}_{1\text{ cm}}$),	Coloração do pigmento
β -caroteno	425, 450* , 477	2592	Laranja
β -zeacaroteno	454, 428 , 406	2520	Laranja
δ -Caroteno	378, 400 , 425	3290	Vermelho-laranja
Fitoflueno	331, 348 , 367	1350	Incolor
γ -Caroteno	437, 462 , 494	3100	Vermelho-laranja
Licopeno	444, 470 , 502	3450	Vermelho
Violoxantina	416, 440 , 465	2550	Amarelo
Neurosporeno	414, 439 , 467	2918	Laranja
Zeaxantina	424, 449 , 476	2348	Amarelo-laranja
ζ -Caroteno	431, 456 , 489	2555	Amarelo claro
Luteína	421, 445 , 474	2600	Vermelho-laranja

*comprimento de onda referente ao Coeficiente de extinção ($A^{1\%}_{1\text{ cm}}$)

Esta absorbância e respectiva coloração devem-se à longa cadeia de ligações duplas conjugadas que por absorção em um determinado comprimento de onda, compreendido entre 350 e 550 nm produz um espectro característico para cada carotenoide. Apesar das características entre os espectros individuais de cada carotenoide serem semelhantes, as pequenas diferenças são importantes para a sua identificação. Na figura 3 encontram-se representados alguns espectros de carotenoides.

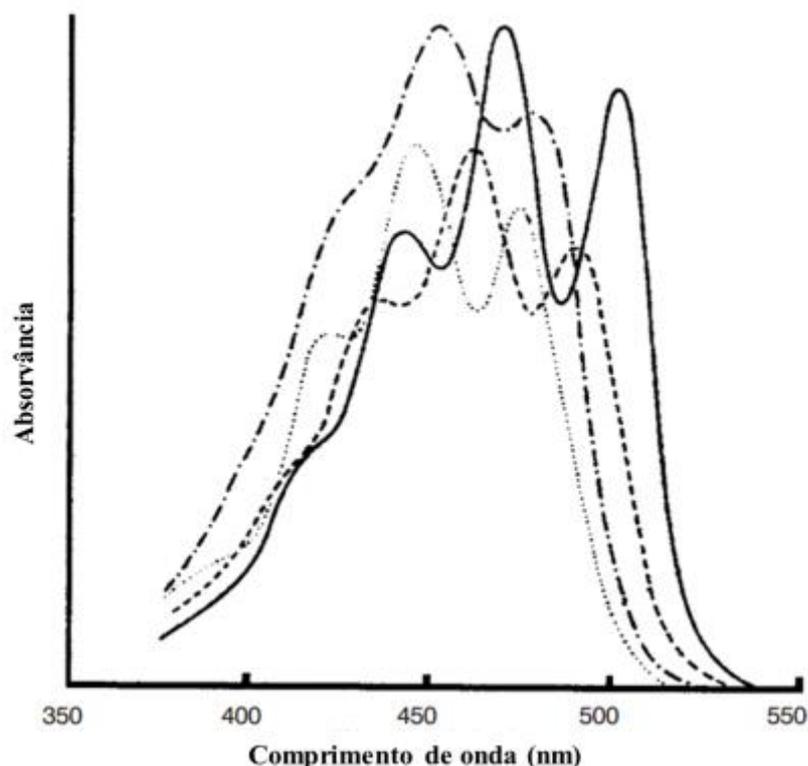


Figura 3: Espectros de absorvância no visível do licopeno (---), y-caroteno (- -), β -caroteno (-.-) e α -caroteno (...) em éter de petróleo (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

A presença de componentes bioativos em frutas e hortaliças como a vitamina C, vitamina E e fito-químicos com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos, vitamina C, β -caroteno e vários outros carotenoides, estão associadas a efeitos benéficos para a saúde (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996; WANG; CAO; PRIOR, 1996; VELIOGLU et al., 1998; VISON et al., 1998; MELO et al., 2006).

A vitamina C é conhecida como ácido ascórbico na forma reduzida e ácido dehidroascórbico na forma oxidada. O teor de ácido ascórbico nos frutos é índice de maturação e sua determinação se faz importante no controle da qualidade. O teor é influenciado pelas condições ambientais da produção e do armazenamento em especial pela intensidade luminosa (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002; GARDENER et al., 2000).

A eficácia da ação antioxidante dos componentes bioativos depende da estrutura química e da sua concentração no alimento. Depende também dos

fatores genéticos, das condições ambientais, do sistema de produção, além do grau de maturação e variedade (KAHKONEN et al., 1999; KAUR; KAPOOR, 2001; KOLEVA, et al., 2002; MELO et al., 2006).

2.4 Características sensoriais

A análise sensorial é uma ciência multidisciplinar que utiliza julgadores humanos que usam os sentidos da visão, olfato, audição, gustação e tato para medir as características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos alimentícios e de outros materiais. Não existe nenhum outro instrumento que possa reproduzir ou representar a resposta humana, sendo que a avaliação sensorial resulta em um fator importante a ser avaliado (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002).

As técnicas empregadas na análise sensorial têm como finalidade medir, analisar e interpretar as reações provenientes dos estímulos físicos e/ou químicos recebidos pelos sentidos da visão, olfato, tato, sabor e audição humanos (ABNT, 1993). Sua importância se dá pela possibilidade de determinar a qualidade e a aceitabilidade do produto, seja devido a alguma alteração em sua formulação ou à intenção de fornecer um novo produto para lançar no mercado.

A qualidade dos produtos hortifrutícolas ofertados ao consumidor constitui um fator de importância crescente para todos os agentes relacionados com seu cultivo, manipulação e comercialização. A melhora da qualidade, em função do melhoramento da produção, é mais importante que o aumento na quantidade comercializada (ROSA, 1999).

Os atributos externos que determinam a compra do tomate pelo consumidor são cor e firmeza, percebidas pela visão e tato, respectivamente. Em seguida, é analisado o equilíbrio entre açúcares, ácidos e aroma do fruto (BALLESTEROS, 1995).

A acidez tem influência direta sobre o sabor, pois mede a quantidade de ácidos orgânicos e indica a adstringência do fruto (CARVALHO, 2003). Após a colheita e durante o armazenamento dos frutos, a concentração de ácidos orgânicos tende a declinar, devido à larga utilização desses compostos como substrato respiratório (KAYS, 1991). Este evento está associado à oxidação

dos ácidos orgânicos para a produção de energia no ciclo de Krebs (COSTA, 2008).

Juntamente com a acidez, o teor de açúcares totais é uma medida mais direta do *flavor* que é a relação entre sólido solúvel total / acidez total. O teor de açúcares normalmente constitui 65 % a 85 % do teor de sólidos solúveis totais no tomate. Como a determinação dos sólidos solúveis é mais rápida e mais prática, usa-se preferencialmente a sua relação com a acidez. O amadurecimento, em geral, conduz a um aumento na doçura devido ao aumento no teor de açúcares simples, decréscimo da acidez e da adstringência, redução no teor de ácidos e fenólicos e aumento nas características do "flavor", principalmente pela emissão de compostos voláteis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quando se deseja quantificar o grau de doçura do produto, o teor de açúcares individuais (glicose, frutose e sacarose) é uma medida fundamental, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável. A glicose e a frutose são os principais açúcares do tomate, sendo também os compostos responsáveis pelo sabor doce do mesmo (COULTATE, 2002).

Outro aspecto sensorial importante é a textura do fruto definido como um conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Chitarra e Chitarra (1990) mencionam ainda que a firmeza é fortemente correlacionada com o conteúdo de substâncias pécticas presentes nas frutas e hortaliças. As substâncias pécticas são os principais componentes dos tecidos e são responsáveis pelas mudanças de textura das frutas e hortaliças. À medida que os frutos amadurecem, ocorre degradação das substâncias pécticas, pela ação de enzimas específicas o que pode ser facilmente observado pelo amolecimento da polpa dos referidos alimentos.

2.5 Uso de refrigeração na conservação

O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado ao manejo adequado, ao adequado ponto de colheita e aos tratamentos realizados na pré-colheita. Esses tratamentos que antecedem a podem melhorar a qualidade do produto e conseqüentemente reduzir o uso de métodos de conservação na pós-colheita do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O armazenamento refrigerado, que consiste na redução da temperatura e no controle da umidade relativa do ambiente, é um dos principais métodos utilizados para conservação de frutas e hortaliças, pois, ele diminui o metabolismo celular, retardando sua deterioração.

A temperatura ótima de armazenamento do tomate depende do estágio de maturação, sendo que frutos verdes devem ser armazenados em temperaturas em torno de 13 °C, frutos parcialmente maduros em torno de 10 °C e frutos maduros podem ser armazenados em temperaturas de 8 °C (LUENGO; CALBO, 2001). Cantwell e Kasmire (2002) citam que tomates verdes devem ser armazenados em temperaturas iguais ou maiores a 12 °C e tomates parcialmente maduros podem ser armazenados em temperaturas iguais ou superiores a 10 °C. Jackman et al., (1988) afirmam que o tomate é altamente suscetível ao dano causado por baixas temperaturas, não suportando temperaturas menores que 12 °C. O dano pelo frio é caracterizado pelo desenvolvimento de manchas escuras na epiderme, prejudicando sua comercialização, sendo também um fator muito importante na avaliação da qualidade do tomate distúrbio fisiológico ocorre quando os frutos são armazenados abaixo da temperatura recomendada e que a severidade do sintoma depende da temperatura e do tempo de exposição (LUENGO; CALBO, 2001; CANTWELL; KASMIRE, 2002).

2.6 Regulador de maturação (1-MCP)

Dentre técnicas de pós-colheita utilizadas para retardar a senescência de frutos, destacam-se o controle da síntese e ação do etileno. O mecanismo de ação do etileno envolve a sua ligação a uma proteína (receptor) e a alteração do padrão de expressão de genes que codificam para enzimas catalisadoras de processos fisiológicos da maturação de frutos (KRAMMES et al., 2003).

O gás 1-metilciclopropeno (1-MCP) interfere na capacidade dos tecidos vegetais responderem ao etileno, representando uma nova e potente ferramenta para o manejo pós-colheita de frutos. Acredita-se que 1-MCP seja um antagonista, que ao ligar-se ao sítio de recepção do etileno inibindo a sua ação, produzindo uma redução severa no amadurecimento e aumentando a vida pós-colheita de frutos (FAN et al., 1999; GOLDING et al., 1998; JIANG et al., 1999, FAUBION, 2000 SISLER et al., 1996; ARGENTA et al., 2000).

O tratamento com 1-MCP pode representar uma ferramenta eficiente na preservação da qualidade pós-colheita de tomates, especialmente dos tipos tradicionais. Estudos indicam que a eficácia do tratamento 1-MCP no controle da maturação de tomates varia com a concentração e estágio de maturação dos frutos (MORETTI et al., 2002; WILLS; KU, 2002; HOEBERICHTS et al., 2002). Tomates em estádios mais avançados de maturação requerem maiores doses de 1-MCP (WILLS; KU, 2002), e possivelmente maior tempo de exposição ao produto para melhor eficiência no retardo da maturação. A adequação da dosagem a um período mínimo de tratamento provavelmente é desejável para evitar aumento do período de manuseio pós-colheita e gastos com infraestrutura (WILLS; KU, 2002).

3 Material e Métodos

Procedimentos analíticos aplicados nos frutos de tomates antes e depois do período de armazenamento, quando os frutos atingiram a maturação de consumo.

3.1 Obtenção das Amostras

Os tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto.) foram obtidos de um produtor rural da colônia de Pelotas- RS. Os tomates, adquiridos de uma lavoura de aproximadamente 1 ha., foram plantados em agosto e colhidos em dezembro de 2012. A temperatura média e umidade relativa do ar do período foi de 24 °C e 80,9 % respectivamente (EMBRAPA, 2013). A colheita foi realizada considerando-se o estágio de maturação pretendido (tomates verdes (toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro) e pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha).

3.2 Implementação dos tratamentos

Após a colheita, os frutos foram selecionados (buscando uniformidade de cor e tamanho) e limpos. Realizou-se as determinações como diâmetro, peso e cor dos frutos para posterior acondicionamento dos mesmos em bandejas de poliestireno de dimensões 40 x 20 cm.

Os frutos foram divididos nos tratamentos descritos na tabela 5 onde: I) armazenado a temperatura de aproximadamente 4 °C com umidade relativa variando de 70 % a 95 %; II) armazenado a condição de aproximadamente 25 °C (controlado em sala climatizada); III) armazenado em condição ambiente com temperatura variando de 20 °C a 27 °C e umidade relativa com variação de 75 % a 90 %. Parte de cada lote foi tratada com Metilciclopropeno (1-MCP). As análises foram realizadas imediatamente após a colheita e quando atingiram o estágio vermelho de maturação (quando mais de 90 % da superfície do fruto é vermelha). Os frutos obtidos de cada tratamento foram congelados e mantidos em nitrogênio líquido a -80 °C até o momento das análises.

Os frutos que receberam tratamento com 1-MCP da marca Ethylbloc cuja quantidade foi calculada na concentração de 300ppb, baseada na massa dos tomates. O 1-MCP foi pesado e homogeneizado com água conforme

informações do fabricante. Posteriormente os tomates foram colocados em dessecadores fechados, nos quais se mantiveram por aproximadamente 24 h. Decorrido esse período, os tomates foram dispostos nas bandejas de poliestileno e acondicionados nos locais de armazenamento conforme o delineamento experimental que constou de 12 tratamentos (Tab. 5).

Tabela 5: O estudo constou de 12 tratamentos onde: tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2013

Tratamentos	Tomate	Regulador de maturação	Condição de armazenamento
1	Verde	com 1-MCP	TA
2		sem 1-MCP	
3		com 1-MCP	25 °C
4		sem 1-MCP	
5		com 1-MCP	4 °C
6		sem 1-MCP	
7	Pintado	com 1-MCP	TA
8		sem 1-MCP	
9		com 1-MCP	25 °C
10		sem 1-MCP	
11		com 1-MCP	4 °C
12		sem 1-MCP	

*tomates analisados logo após colheita.

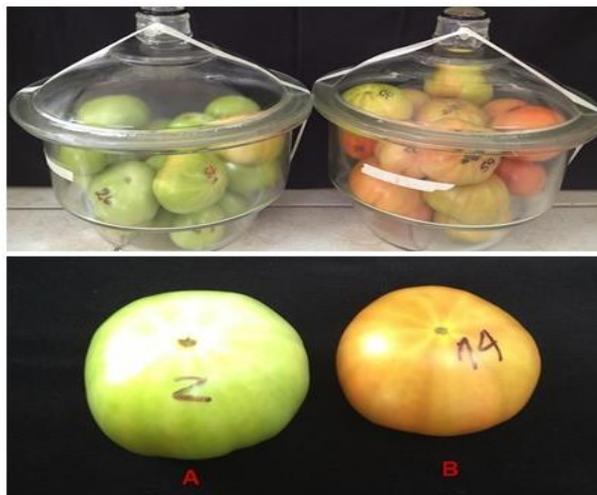


Figura 4: Aspecto dos frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto): (A) tomates colhidos no estágio verde e (B) tomates colhidos no estágio pintado, e aplicação de 1-MCP nos dissecadores.

3.3 Acompanhamento da maturação

O acompanhamento da maturação foi realizado através da avaliação da cor a cada 4 d de armazenamento, até os frutos atingirem a maturação adequada para o consumo. Assim através da cor foi possível observar as mudanças fundamentais para a avaliação de maturação dos frutos.

No momento em que os frutos atingiram a maturação ideal para o consumo se deu início às avaliações físico-químicas e sensoriais dos frutos.

3.4 Análises físico-químicas (qualidade)

3.4.1 Tamanho dos frutos

A avaliação da massa dos frutos foi realizada através da pesagem em balança analítica.

3.4.2 Coloração

A cor das amostras foi determinada através de método objetivo com um sistema de leitura de três parâmetros, o CIE $L^*a^*b^*$, proposto pela Comissão

Internationale de l'Eclairage (CIE), que permite medir a intensidade de absorção na região visível para obtenção dos parâmetros L^* , a^* e b^* . Essa análise foi realizada com auxílio do colorímetro da marca Minolta®, modelo CR-300, onde L^* expressa a luminosidade ($L^*=0$ preto e $L^*=100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ =vermelho e $-a^*$ =verde; $+b^*$ =amarelo e $-b^*$ =azul). Também foi calculada a matiz (ângulo de tonalidade) através da fórmula arco tangente b^*/a^* . O resultado desta equação expresso em radianos foi então convertido em graus. O ângulo de tonalidade inicia-se no eixo $+a^*$ e é dado em graus; 0 seria $+a^*$ (vermelho), 90 seria $+b^*$ (amarelo), 180 seria $-a^*$ (verde) e 270 seria $-b^*$ (azul).

3.4.3 Carotenoides

Aproximadamente 2,0 g da amostra (macerada em moinho de bola – da marca Marconi® MA 350) foram homogeneizadas com aproximadamente 20,0 mL de acetona gelada com auxílio do vortex durante 5 min. Após a filtragem em funil de buchner, forrado com um papel filtro quantitativo, o resíduo foi lavado com acetona até que o mesmo ficasse incolor.

O filtrado foi transferido para o funil de separação, adicionando-se éter de petróleo (15,0 mL) e água destilada (sem agitar), promovendo a separação de fases. Descartou-se a fase inferior e continuou-se lavando com água destilada (aproximadamente 4 ou 5 lavagens) até a remoção total da acetona. Transferiu-se o pigmento (extrato) para um balão volumétrico (25,0 mL) com o auxílio de um funil contendo algodão, no qual são colocadas algumas gramas de sulfato de sódio anidro. Completou-se o balão com éter de petróleo e realizou-se a leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de onda citados na tabela 4. Calculou-se a quantidade de carotenoides presente na amostra através da fórmula:

$$\text{Carotenoides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Abs} \times V \times 10^6}{(A^{1\%}_{1\text{cm}}) \times 100 \times P}$$

Onde:

Abs: absorvância encontrada no comprimento de onda desejado (ex: β -caroteno – 450 nm, licopeno-470 nm e assim por diante);

V: volume total do balão utilizado;

10^6 : 1000000;

($A^{1\%}_{1cm}$): coeficiente de extinção para o comprimento de onda utilizado;

P: peso da amostra.

3.4.4 Determinação de açúcares totais pelo método fenol-sulfúrico

Este método baseia-se na degradação dos açúcares por ácido forte e/ou temperaturas altas, que levam à produção de derivados de furano, que por sua vez condensam, produzindo substâncias de cor castanha e preta (BeMILLER, 2010). Quanto maior a intensidade da cor, maior a concentração de açúcares. Este método foi baseado em (DUBOIS et al., 1956) determinada por espectrofotometria, medindo-se a absorvância a 490 nm, após modificações.

Preparou-se soluções padrão de D-glicose e D-frutose 1:1, transferiu-se uma alíquota de 100 μ l de cada diluição da solução glicose e frutose para tubos de ensaio e adicionou-se 1,0 mL da solução de fenol e 2,5 mL da solução de ácido sulfúrico concentrado. Homogeneizou-se no vortex (Phoenix, AP-56), fechou-se com papel de alumínio, levando por 10 min. ao banho termostatizado a temperatura de 100°C (nova ética®). Seguidamente, deixou-se arrefecer em banho de água fria e após estabilização da temperatura, efetuou-se a leitura no espectrofotômetro (Jenway® – single cell holder) a 490 nm. Para a obtenção da curva de calibração, construiu-se o gráfico da concentração de açúcares em função da sua absorvância.

Aproximadamente 1,0 g de fruto foram homogeneizados (vortex) com 45 mL de água destilada. Após levou-se o suco à centrifuga (7.500 rpm, 10 min) para recolher o sobrenadante.

Transferiu-se uma alíquota de 100 µl do suco diluído para tubos de ensaio e adicionou-se 1,0 mL da solução de fenol e 2,5 mL da solução de ácido sulfúrico concentrado. Homogeneizou-se no vortex, fechou-se com papel de alumínio e levou-se 10 min. ao banho termostatizado a 100 °C. Seguidamente, os tubos foram resfriados em banho de água fria e após estabilização da temperatura, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 490 nm. A partir da curva de calibração foi determinada a concentração de açúcares redutores das amostras do fruto.

3.4.5 Determinação de açúcares redutores pelo método DNS

Este método baseia-se na oxidação do grupo aldeído ($H - C = O$) dos açúcares redutores e simultânea redução do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) em ácido 3-amino, 5-nitrosalicílico. A monoamina produzida possui uma cor avermelhada de absorvância máxima a 540 nm, que permite a quantificação dos açúcares redutores por espectrofotometria (BeMILLER, 2010). Este método foi baseado em Miller (1959) sendo introduzidas algumas modificações.

Para a preparação do reagente DNS, procedeu-se do seguinte modo: foram adicionadas 2,5 g de DNS a 50,0 mL de NaOH 2 M, e 125,0 mL de água destilada. A mistura foi dissolvida em chapa de aquecimento (sem ferver), adicionou-se 75,0 g de $KNaC_4H_4O_6$ até dissolver, resfriou-se, completou-se o volume para 250,0 mL. Este reagente é instável na presença de luz e CO_2 , sendo assim foi conservado em local escuro e com o frasco devidamente fechado.

Uma alíquota de 200 µl de cada diluição da solução de glicose e frutose foi transferida para tubos de ensaio e adicionou-se 200 µl da solução de DNS. Homogeneizou-se no vortex (Phoenix, Ap-56), fechou-se com papel de alumínio e levou-se ao banho termostatizado a 100 °C durante 5 min (nova ética® 500/1D). Seguidamente, adicionou-se 1,6 mL de água destilada e homogeneizou-se no vortex, e após estabilização da temperatura, efetuou-se a leitura no espectrofotômetro (Jenway® – single cell holder) a 540 nm. Para

obter a curva de calibração, construiu-se o gráfico da concentração de açúcares em função da absorbância.

Aproximadamente 1,0 g de fruto foi homogeneizado (vortex) com 45,0 mL de água destilada. Após levou-se o suco à centrífuga (7.500 rpm, 10 min) e recolheu o sobrenadante. Verificou-se qual o fator de diluição que melhor se adaptava à curva de calibração (em princípio deverá estar entre 1:50 e 1:150).

Em simultâneo com os padrões de açúcar, foi transferido uma alíquota de 200 µl do suco de tomate para tubos de ensaio e adicionados a 200 µl da solução de DNS, homogeneizado no vortex, levado ao banho termostatizado a 100 °C durante 5 min. Seguidamente adicionou-se 1,6 mL de água destilada, homogeneizou-se no vortex, e após estabilização da temperatura, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro (Jenway® – single cell holder) a 540 nm. A partir da curva de calibração, foi determinada a concentração de açúcares redutores das amostras, os resultados foram expressos em mg. g⁻¹ de fruto fresco.

3.4.6 Acidez total

Aproximadamente 2,0 g de fruto, homogeneizado em 48,0 mL de água destilada, foi titulado com NaOH 0,1 M até atingir pH 7,0. Em tomates, os ácidos orgânicos que predominam no fruto são os ácidos cítricos e málico. Desta forma, a acidez titulável foi expressa em mg/100 g⁻¹ de fruto fresco.

3.4.7 pH

O pH foi determinado pelo método eletrométrico, com o auxílio de um potenciômetro da marca Hanna® modelo HI 2221.

3.4.8 Sólidos solúveis totais

Foi obtido através de refratômetro digital de mão da marca ATAGO®, modelo PR-32α, que consiste em medir o índice de refração da amostra, e o resultado foi expresso em °Brix.

3.4.9 Textura

A firmeza dos frutos foi determinada pelo texturômetro (Texture Analyzer, TA.XT plus, Stable Micro Systems Texture Technologies®), com sonda de 2 mm (diâmetro). Cada fruto foi penetrado em 25 %, com velocidade de 1 mm s⁻¹ e mensurada na região equatorial de cada fruto. Os resultados foram expressos em Newton (N).

3.4.10 Compostos fenólicos

Aproximadamente 1,0 g de fruto homogeneizado foram transferidos para um balão volumétrico de 100,0 mL, adicionado 60,0 ml de água ultrapura e 5,0 mL de Reagente de *Folin-Ciocalteu*. Após 8 min adicionou-se 20,0 mL de Na₂CO₃ 20 % e elevou-se o volume para 100,0 mL com água ultrapura.

Após repouso (2 h ao abrigo da luz) a amostra foi filtrada e submetida à leitura espectrofotométrica (725 nm). A prova em branco consistiu em 1,0 mL de água ultrapura em substituição a 1,0 g de fruta. Os resultados foram expressos em equivalência de mg GAE. g⁻¹ de fruto fresco, através de uma curva de calibração. Para esse método, utilizou-se a metodologia descrita por Singleton; Rossi (1965).

3.4.11 Vitamina c (ácido l-ascórbico)

Aproximadamente 2,0 g de amostra foi homogeneizada com 10,0 mL de solução ácido metafosfórico (4,5%) em água ultra pura e deixada em repouso por cerca de 1 h em frasco protegido da luz. Transferiu-se este volume para um balão de 25,0 mL e completou-se o volume com água ultrapura. Filtrou-se a amostra em papel filtro ou algodão, cuidando para a retirada de toda a amostra,

deixando somente o resíduo da filtragem. O sobrenadante da filtragem foi centrifugado em tubos eppendorf nas condições de 7000 rpm por 10 min. O sobrenadante da centrifugação está pronto para ser analisado em cromatógrafo de alta performance (HPLC), metodologia descrita por Vinci (1995) com algumas alterações.

O conteúdo de vitamina C dos frutos foi determinada através da quantificação da área dos picos gerados pelo cromatógrafo em comparação com a curva padrão de ácido ascórbico e os resultados expressos em $\text{mg} \cdot 100^{-1}$ de fruto fresco.

3.4.12 Atividade antioxidante

Determinada através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Brand- Williams et al. (1995). Este método é baseado na captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm.

A extração foi realizada utilizando 5,0 g de fruta adicionadas de 20,0 mL de metanol, 100 μL de amostra com uma alíquota de 3,9 mL de solução de DPPH em tubo de 15,0 mL, com fundo cônico (Falcon). Os extratos foram armazenados no escuro, por 24 h, quando se realizou a leitura a 515 nm em espectrofotômetro. Resultados expressos em $\text{mg} \cdot \text{TEAC} \cdot \text{g}^{-1}$ de fruto fresco.

3.5 Avaliação do perfil sensorial

Para avaliação do perfil sensorial, foram utilizados tomates maduros após passarem pelo período de armazenamento nas temperaturas de refrigeração propostas e a temperatura ambiente.

Para avaliar as características do produto, foram utilizadas escalas, que determinam a intensidade de cada atributo de interesse do produto. Foram selecionados 15 julgadores para o treinamento, de ambos os sexos, com faixa

etária entre 18 e 50 anos, fazendo parte do grupo, discentes, docentes e funcionários da Universidade Federal de Pelotas. O critério de inclusão foi o consumo habitual de tomate de duas a três vezes na semana. O treinamento constou da instrução de mensuração de características responsáveis pela aceitação dos frutos tais como perfil de sabor (sabor característico, acidez e doçura), perfil de textura (farinosidade e firmeza) e perfil de cor (coloração).

Durante o treinamento cada julgador recebeu amostras de tomate adquiridas no comércio local, conforme as características anteriormente descritas, fornecendo-lhes os limites aceitáveis e inaceitáveis para cada característica a ser avaliada (exemplo tomates com baixa acidez e tomates com alta acidez, tomates com coloração desuniforme e tomates com coloração uniforme). Após o treinamento dos julgadores, foram administradas as amostras dos tomates do experimento para serem avaliados perante aos parâmetros do treinamento.

A avaliação sensorial foi realizada através do perfil de textura (firmeza e farinosidade), perfil de cor e perfil de sabor (sabor característico, acidez e doçura) como mostrados nas figuras abaixo.

PERFIL DE TEXTURA	
Nome:	_____
Data:	_____
Instruções: coloque o pedaço de tomate entre os dentes molares, corte e registre a força empregada para o esmagamento da amostra, em seguida, identifique a farinosidade (perda de suculência). Marque, com um traço vertical, na escala abaixo, a sua impressão.	
Amostra	_____
Firmeza	
Macio	_____ Firme
Farinosidade	
Nenhuma	_____ Elevada
Obs.:	_____

Figura 5: Modelo de ficha para avaliação do perfil de textura através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.

PERFIL DE COR	
Nome:	_____
Data:	_____
Instruções: você está recebendo amostras de tomate. Avalie cuidadosamente a cor das amostras e registre com um traço vertical na escala abaixo.	
Amostra	_____
Verde	_____ Característico

Figura 6: Modelo de ficha para avaliação do perfil de cor através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.

PERFIL DE SABOR	
Nome:	_____
Data:	_____
Instruções: você está recebendo amostras de tomate. Avalie cuidadosamente as amostras quanto ao sabor característico de tomate, acidez e doçura. Registre com um traço vertical na escala abaixo.	
Amostra	_____
Sabor característico de tomate	
Desagradável-----	Agradável
Acidez	
Baixa-----	Alta
Doçura	
Baixa-----	Alta

Figura 7: modelo de ficha para avaliação do perfil de sabor através de escala não numerada para avaliação dos atributos específicos.

3.6 Estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado em fatorial 3x2x2, (três temperaturas – ambiente, 25 °C e 4 °C; dois estádios de desenvolvimento - verde e pintado; com e sem 1-MCP).

Após a compilação dos dados físico-químicos, procedeu-se ao teste de comparação das médias através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. Resultados e discussão

Os efeitos da aplicação ou não de 1-MCP (c/MCP e s/MCP) em tomates colhidos nos estádios verde (EV) e pintado (EP), e no subsequente armazenamento dos mesmos em três diferentes condições (temperatura

ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), sobre as características físico-químicas e sensoriais são descritas a seguir:

4.1 Perdas de massa

Os tratamentos não resultaram em diferenças significativas quanto à perda massa (3,93 % em média).

Guillen et al. (2007) avaliando perda de massa durante o armazenamento de tomate observou que frutos tratados c/MCP perderam menos massa do que aqueles não tratados c/MCP (3,76 % \pm 0,26 %, após 7 d a 10 °C + 4 d a 20 °C).

As perdas de massa acima referidas são decorrentes do elevado teor de água e intensa atividade fisiológica do tomate, classificados como frutos de elevada perecibilidade (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

4.2 Maturação dos frutos

Os períodos para alcançar a maturação ideal para o consumo (90% da superfície com coloração vermelha) foram distintos dentre os tratamentos.

Os tomates tratados c/MCP tiveram seu período de armazenamento prolongado: tomates verdes a TA (7 d) e a 25 °C (9 d), tomates pintados a TA (3 d) e a 25 °C (5 d). Os tomates armazenados a 4 °C tiveram o maior período de armazenamento, o qual não foi afetado pela aplicação de 1-MCP (Tabela 6).

Tabela 6: Tempo de maturação de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Estádio de maturação na colheita do tomate	1-MCP	Condição de armazenamento	Tempo de maturação (em dias)
Verde ¹	com	TA	18
		25 °C	19
		4 °C	24
	sem	TA	11
		25 °C	10
		4 °C	24
Pintado ²	com	TA	11
		25 °C	13
		4 °C	21
	sem	TA	8
		25 °C	7
		4 °C	21

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

4.3 Análise de cor

A avaliação da cromaticidade dos frutos verdes demonstra valores bem distintos não seguindo uma tendência entre os tratamentos, demonstrando que os tomates c/MCP mantidos a TA obtiveram os maiores valores. Os tomates mantidos a 4 °C se mantêm na mesma faixa até o dia 16, quando apresentam uma elevação dos valores, demonstrando a aceleração na maturação (Fig. 8).

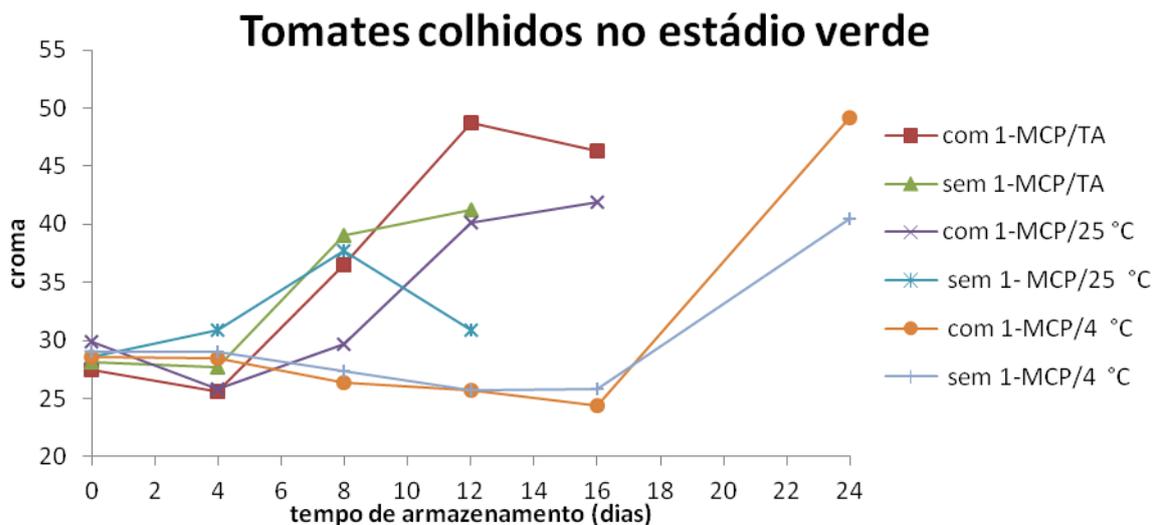


Figura 8: Cromaticidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013

Analisando a cromaticidade dos tomates colhidos no estágio pintado, observa-se que em todos os tratamentos resultou em aumentos até o quarto dia, exceto em dois tratamentos, com aumentos até o oitavo dia. As amostras relacionadas aos tratamentos que foram mantidas na condição ambiente obtiveram os maiores valores, mostrando que a temperatura elevada intensifica a maturação (Fig. 9).

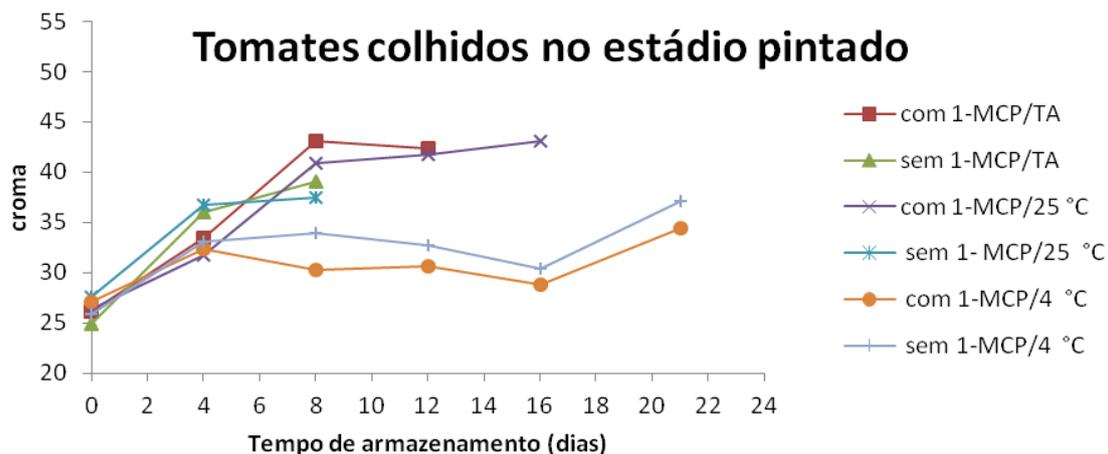


Figura 9: Cromaticidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS,

Pelo ângulo de tonalidade (HUE) observa-se que os frutos verdes, nos diferentes tratamentos, tiveram características distintas, visto que os tratamentos s/MCP tiveram uma queda nos valores de ângulo de tonalidade (ficando mais vermelhos), ou seja, não apresentaram retardo significativo de amadurecimento. Os frutos c/MCP, e também os mantidos a 4 °C, apresentaram maiores valores de ângulo de tonalidade (coloração mais verde), mostrando que houve um retardo no amadurecimento. Isto corrobora que aplicação de 1-MCP e temperaturas baixas retardam a maturação dos frutos (Fig. 10).

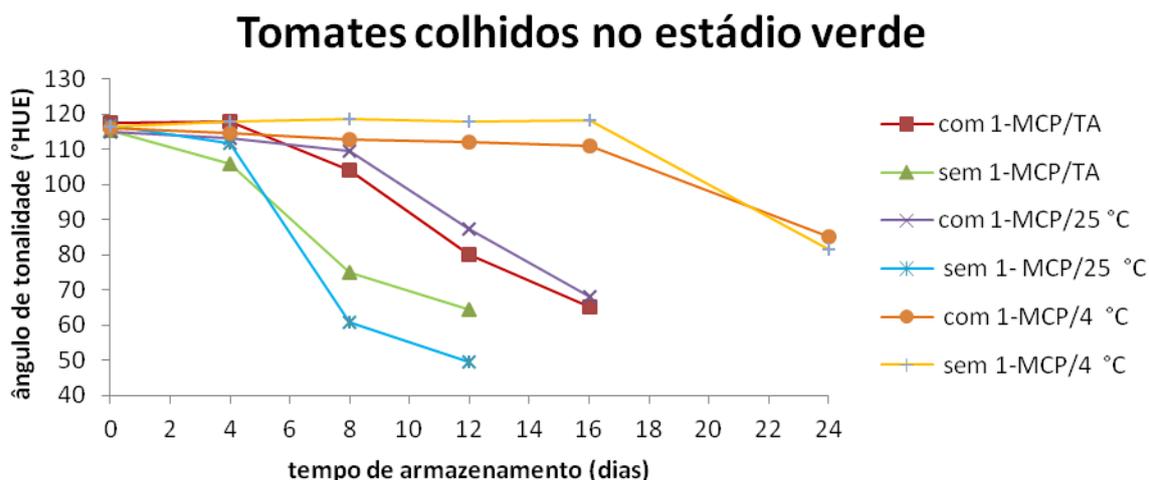


Figura 10: Ângulo de tonalidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Quanto ao ângulo de tonalidade, os tomates colhidos no estágio pintado apresentaram reduções em todas as amostras. Os frutos c/MCP e/ou a 4 °C obtiveram valores superiores, novamente demonstrando o efeito da condição e do regulador no retardo da maturação (Fig. 12).

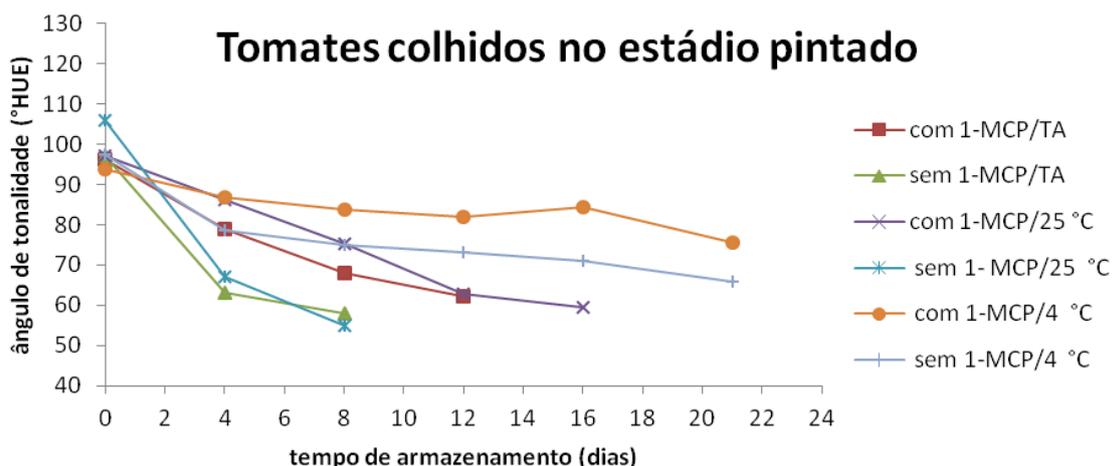


Figura 11: Ângulo de tonalidade tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Em relação à luminosidade, onde se considera os valores extremos entre 0 e 100, para preto e branco, respectivamente, os frutos mantidos a 4 °C, c/MCP ou s/MCP, se mantiveram estáveis. Frutos mantidos a TA ou a 25 °C, c/MCP, também se mantiveram estáveis, mas somente até o oitavo dia. Nestas mesmas temperaturas, mas s/MCP, os tomates apresentam redução no valor da luminosidade (Fig. 12).

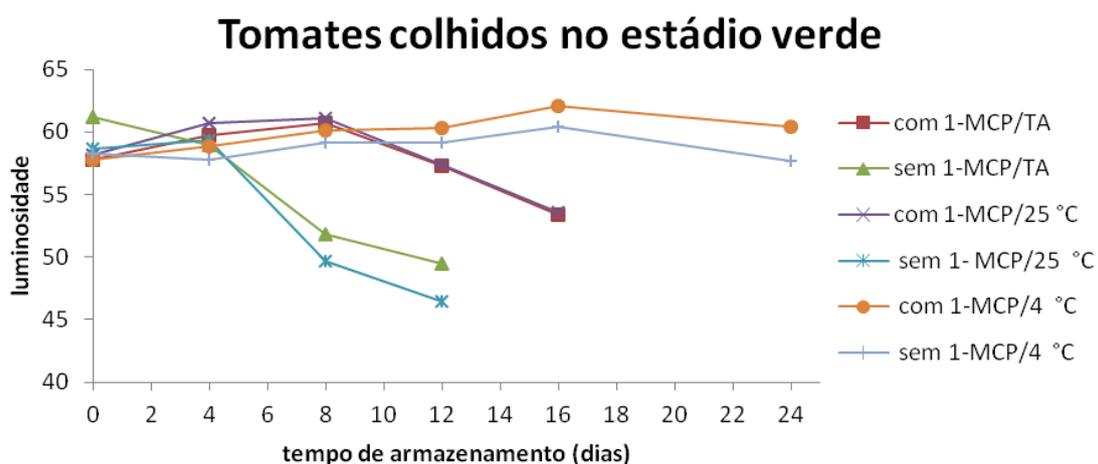


Figura 12: Luminosidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde (toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura

ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013

Os frutos relacionados aos tratamentos do estágio pintado apresentaram queda na luminosidade sob todos os tratamentos, sendo mais acentuada nos últimos dias de armazenamento nos frutos de alguns tratamentos (temperatura ambiente c/MCP e s/MCP, 25 °C s/MCP). Diferente de frutos colhidos verdes, os colhidos no estágio pintado apresentam influência do 1-MCP quando mantidos a 4 °C, sendo que o uso de 1-MCP contribui para amenizar reduções nos valores de luminosidade (Fig. 14).

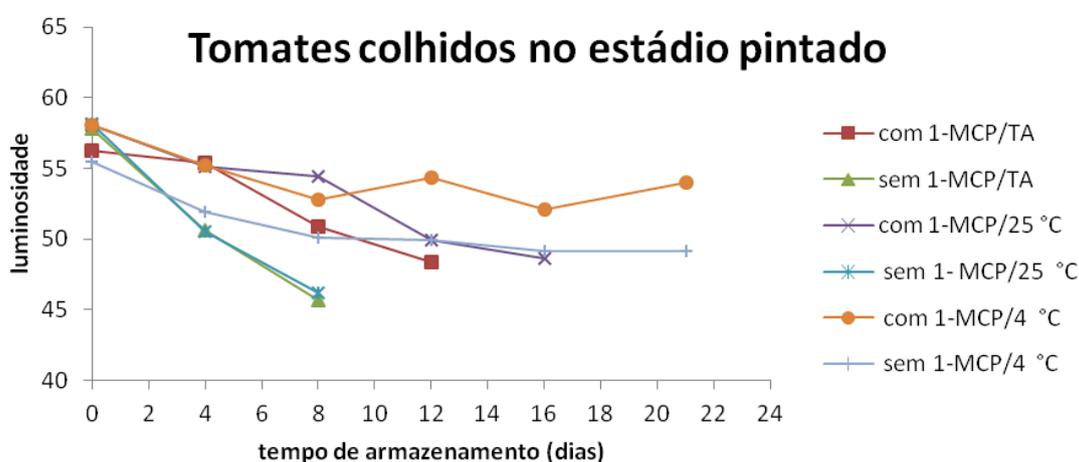


Figura 13: Luminosidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado (10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha), tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) até atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013

A atividade respiratória ao longo do amadurecimento do tomate é acelerada pela ação do etileno, sendo fundamental para o desenvolvimento das características sensoriais desejáveis no fruto, ou seja, para a cor, aroma, sabor e textura agradável para consumo. Entretanto, quando a respiração é excessiva, as características sensoriais desejáveis são rapidamente perdidas. A colheita antecipada do tomate aumenta o tempo disponível para comercialização e consumo do mesmo (MOURA et al., 2005).

Em geral, a amostra submetida ao tratamento c/MCP em estágio mais avançado de maturação, tende a preservar a qualidade dos frutos, enquanto a

sua aplicação em frutos verdes pode causar deformidade do amadurecimento tanto externamente (HURR et al., 2005; MOSTOFI et al., 2003) quanto internamente (MIR et al., 2004).

Como esperado, nas amostras submetidas aos tratamentos c/MCP ocorreu retardamento na mudança da coloração e os frutos mantiveram por mais tempo a coloração verde (alto valor do °Hue), o que confirma a ação do 1-MCP no retardo do amadurecimento de frutos. A mudança de coloração durante a maturação de frutos climatéricos é devida à transição de cloroplastos em cromoplastos, e trata-se de um evento dependente do etileno, devido à ação de antagonismo do 1-MCP frente ao etileno (KAHLAU; BOCK, 2008; BARSAN et al., 2010).

A cromaticidade representa a saturação das cores cujos valores variam de 0 a 60. Quanto mais elevado o valor, mais saturada a cor está. Observaram-se respostas variadas nas amostras durante o armazenamento. Valores mais elevados foram encontrados para os tomates verdes que foram mantidos na TA c/MCP (47,0) e os frutos armazenados a 4 °C c/MCP (49,2). Nos frutos colhidos no estágio pintado, os maiores valores encontrados para TA e 25 °C 42,4 e 43,0, respectivamente, ambos com regulador.

O ângulo de tonalidade inicia-se no eixo +a* e é dado em graus: 0 seria vermelho, 90 seria amarelo e 180 seria verde. Assim o ângulo de tonalidade encontrado para os frutos no momento da colheita foi elevado, devido à imaturidade dos frutos. Com o passar do armazenamento os frutos foram passando da coloração verde para vermelho. Os menores valores encontrados foram para os frutos verdes mantidos à temperatura de 25 °C c/MCP e s/MCP, 57,0 e 49,6, respectivamente. Os frutos verdes mantidos a 4 °C demonstram coloração mais amarela, com os valores do ângulo de tonalidade de 85,0 e 82,4 para c/MCP e s/MCP, respectivamente.

Em relação aos frutos colhidos no estágio pintado, os maiores valores encontrados foram para a temperatura 25 °C s/MCP com valor de 54,9 e para a TA s/MCP com valor de 57,9.

A maturação foi afetada de forma significativa pelo uso de 1-MCP nos frutos verdes mantidos a temperatura 25 °C com valores de 57,07 e 49,61, respectivamente, c/MCP e s/MCP. Nos frutos colhidos no estágio pintado, o efeito significativo na maturação causado pelo uso do regulador foi nos frutos mantidos a 4 °C com valores para com uso do regulador (75,6) e sem o uso do regulador (65,9).

Em relação à luminosidade, na qual se considera a escala 0 – preto e 100 – branco, os tomates analisados no momento da maturação completa obtiveram valores distintos. Todas as amostras apresentaram uma tendência de diminuição nos valores em relação aos frutos analisados no momento da colheita. Os menores valores foram encontrados para os frutos c/MCP, demonstrando que a utilização do regulador tem efeito benéfico sobre a maturação (Tab. 7).

Tabela 7: Cromaticidade, ângulo de tonalidade e luminosidade em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013

Estádio de maturação na colheita	1-MCP	Condição de armazenamento	Cromaticidade		Ângulo de tonalidade (°HUE)		Luminosidade	
Verde ¹	na colheita		28,53		116,12		78,31	
	com	TA	47,03	ab	65,13	bc	50,88	bcd
		25 °C	41,14	abc	57,07	cd	47,55	cd
		4 °C	49,16	a	84,99	a	61,05	a
	sem	TA	41,23	abc	64,45	bc	49,51	cd
		25 °C	30,89	d	49,61	cd	46,49	e
4 °C		40,53	abc	82,40	a	57,70	ab	
Pintado ²	na colheita		26,34		97,49		57,79	
	com	TA	42,39	abc	62,32	c	48,33	cd
		25 °C	43,07	abc	59,44	cd	48,67	cd
		4 °C	34,45	d	75,64	ab	54,02	abc
	sem	TA	39,06	cd	57,95	cd	45,71	e
		25 °C	37,47	d	54,87	cd	46,19	e
4 °C		37,16	d	65,91	bc	49,12	bcd	

Médias de tratamentos seguidas por letra distinta diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

Zhang et al., (2009) estudando o ângulo de tonalidade em frutos de tomate 'Sebring' tratados com MCP, encontrou valores próximos a 106,8°. O ângulo diminuiu acentuadamente até o dia 16, atingindo valores de 41,1°, valores estes próximos aos valores encontrados no estudo. A fruta tratada c/MCP mostrou uma velocidade significativamente reduzida de diminuição do ângulo de tonalidade atingindo valores próximos a 87,9° no sexto dia de armazenamento (ZHANG et al., 2009), demonstrando uma semelhança com os valores encontrados no estudo no qual os frutos tratados c/MCP apresentaram valores superiores aos encontrados nos frutos não tratados com o regulador.

A mudança de cor que se observa durante a maturação de muitos frutos é uma transformação óbvia e, muito frequentemente, um dos critérios mais importantes utilizados pelo consumidor para julgar a maturidade do fruto. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de cores que variam do amarelo ao vermelho (AWAD, 1993).

4.4 Conteúdo de carotenoides

Foi efetuada extração de carotenos das amostras de cada tratamento, a partir dos quais se obtiveram os espectros de absorvância no visível. A partir dos espectros de todas as amostras, foi possível observar que os perfis das amostras de tomates colhidos no estágio verde se comportaram de forma distinta, no que se diz respeito à composição dos carotenoides. As maiores absorvâncias foram para o licopeno e β -caroteno nos tomates s/MCP e que foram mantidos a 25 °C durante 10 d. Já no restante dos tratamentos as absorvâncias se mantiveram dentro da mesma faixa, sendo que os tomates verdes analisados quando colhidos obtiveram os menores valores devido ao estágio de desenvolvimento dos frutos.

Os espectros mostraram que o armazenamento utilizando o regulador afeta a biossíntese dos carotenos, principalmente quando se compara os espectros do tratamento c/MCP e s/MCP armazenados a 25 °C (Fig.14).

Os tomates colhidos no estágio pintado apresentaram espectro semelhante para todas as amostras, sendo que as maiores absorvâncias foram para licopeno e β -caroteno. Os tomates mantidos a TA s/MPC obtiveram maiores absorvâncias e os frutos mantidos a 4 °C c/MCP apresentaram as menores absorvâncias ficando, até mesmo, abaixo dos frutos avaliados na colheita (Fig. 15).

Desta forma, pela interpretação do espectro tem-se: fitoflueno (330, 351, 368 nm) e β -caroteno (378, 400, 425 nm). Estima-se que exista licopeno (500, 470, 444 nm) e β -caroteno (425, 447, 470 nm) e/ou zeaxantina cujos picos de absorção são muito próximos aos do β -caroteno.

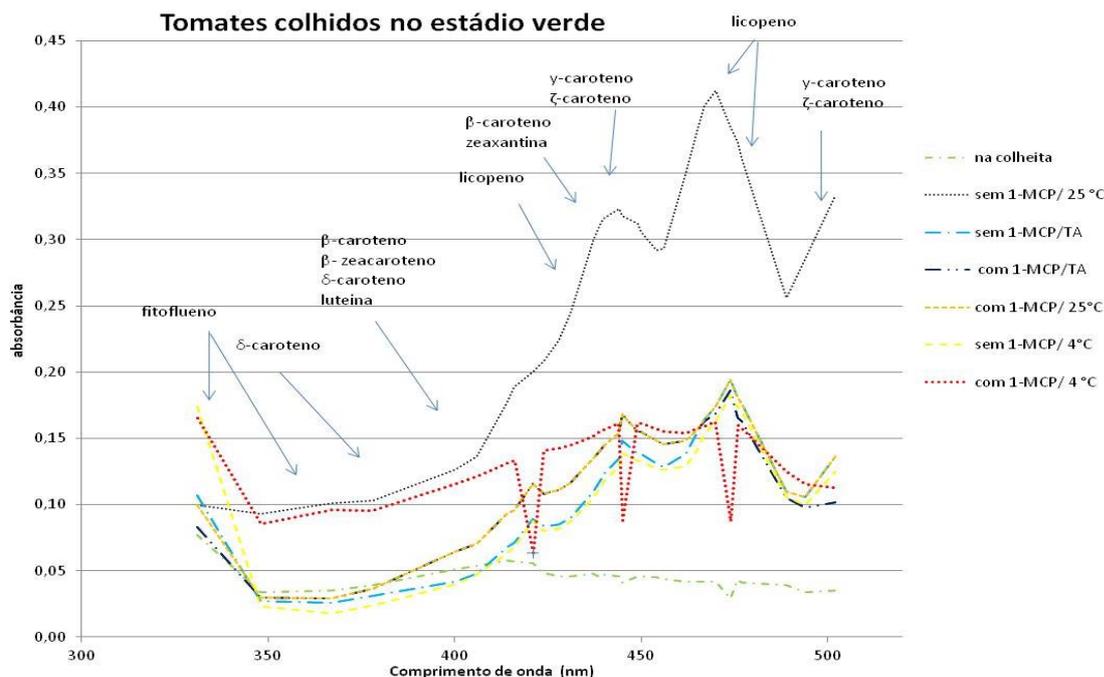


Figura 14: Espectro de absorvância de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio verde, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). As amostras analisadas foram obtidas pela trituração de todo o fruto e subsequente extração com acetona e éter, conforme protocolo de Rodriguez-Amaya, 2010. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2013

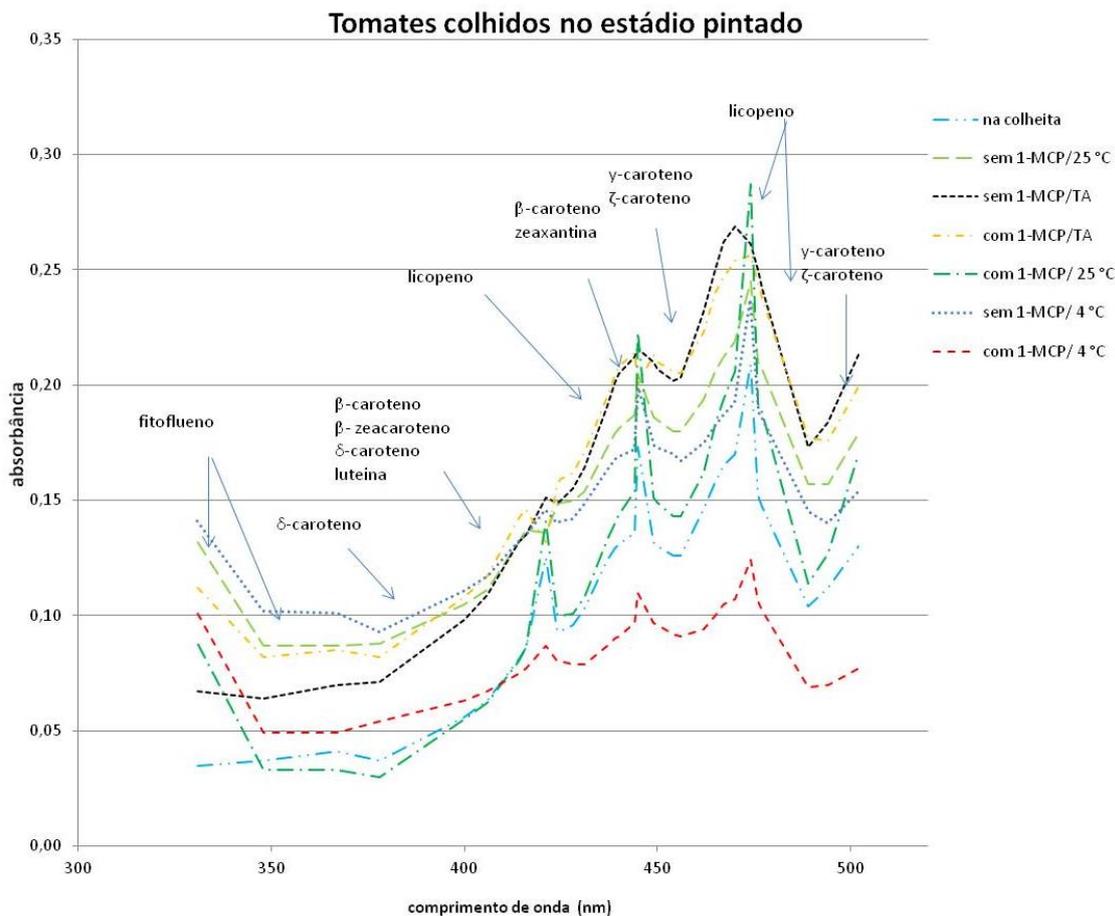


Figura 15: Espectro de absorvância de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos no estágio pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C), ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). As amostras analisadas foram obtidas pela trituração de todo o fruto e subsequente extração com acetona e éter, conforme protocolo de Rodriguez-Amaya, 2010. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Algumas amostras apresentaram maiores absorbâncias para β -caroteno, zeaxantina e luteína, principalmente, para os tomates c/MCP. Isso pode explicar a coloração mais alaranjada encontrada nos frutos submetidos a esses tratamentos, pois o β -caroteno, a zeaxantina e a luteína são pigmentos de coloração alaranjada, amarelo-alaranjada e amarelada, respectivamente (TANAKA et al., 2008).

O estudo da evolução do teor de β -caroteno demonstra que os teores aumentam com o aumento da temperatura, uma vez que os maiores valores foram encontrados para os tomates verdes mantidos a 25 °C s/MCP (25,64 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff), e os menores valores encontrados foram naqueles mantidos a 4 °C c/MCP e s/MCP, 13,56 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff e 13,68 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff, respectivamente. Os tomates colhidos no estágio pintado obtiveram os maiores valores para os frutos mantidos nas temperaturas elevadas s/MCP, 18,29 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff e 17,96 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff para TA e 25 °C, respectivamente (tab. 8).

O uso de 1-MCP influiu em diferença significativa nos frutos verdes e pintados na temperatura de armazenamento (25 °C) para os tomates verdes c/MCP (14,18 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff) e para os tomates s/MCP (25,64 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff). Já os tomates do estágio pintado obtiveram os valores de 13,79 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff e 17,96 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff, respectivamente, para com e s/MCP. Esses valores mostram que o regulador tem efeito sobre os teores de β -caroteno.

Os tomates verdes apresentaram uma grande elevação dos teores de licopeno, partindo de valores próximos a 3,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff na colheita, atingindo valores de 26,25 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff para os frutos mantidos a temperatura 25 °C s/MCP. O uso de 1-MCP teve efeito significativo nessa temperatura que apresentou um valor de 13,69 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff no tomate submetido ao tratamento s/MCP. Os tomates colhidos no estágio pintado apresentaram maior conteúdo na amostra submetida a TA s/MCP (17,73 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff), mostrando que o 1-MCP causou um efeito superior no amadurecimento do fruto, quando comparado ao valor encontrado para os frutos mantidos a 4 °C c/MCP (10,18 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ff) (Tab.8).

Portanto o uso de 1-MCP, além de ampliar a conservabilidade por retardar o pico de etileno, diminuiu o acúmulo de licopeno, corroborando com os resultados observados em tomates cereja por Opiyo; Ying (2005).

Tabela 8: Teor β -caroteno e licopeno, em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verdes e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Estádio de maturação na colheita	1-MCP	Condição de armazenamento	β -caroteno ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ff*)		Licopeno ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ff)	
		na colheita	4,43		2,97	
Verde ¹	com	TA	14,91	bc	12,21	ab
		25 °C	14,88	bc	13,69	ab
		4 °C	13,56	c	10,45	b
	sem	TA	12,42	c	10,84	b
		25 °C	25,64	a	26,25	a
		4 °C	13,68	c	12,93	ab
		na colheita	11,07		11,26	
Pintado ²	com	TA	17,13	b	15,54	ab
		25 °C	13,79	c	14,11	ab
		4 °C	11,49	c	10,18	b
	sem	TA	18,29	b	17,73	ab
		25 °C	17,96	b	16,48	ab
		4 °C	16,50	b	14,20	ab

Médias de tratamentos seguidas por letra distinta diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração completamente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

* ff – Fruto fresco.

O aumento dos níveis de licopeno é normal durante o amadurecimento do fruto como se pode observar durante o armazenamento. De acordo com Vilas Boas et al., (1999), a síntese de licopeno ocorre intensamente quando os frutos adquirem coloração avermelhada.



Figura 16: Aspecto do fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) submetido a diversos tratamentos pós-colheita: (A) e (B) tomates colhidos verdes, com e sem 1-MCP, respectivamente, após 4 d de armazenamento a temperatura ambiente; (C) e (D) tomates colhidos no estágio pintado, com e sem 1-MCP, respectivamente, após 4 d de armazenamento a temperatura ambiente; (E) e (F) tomates colhidos verdes, com e sem 1-MCP, respectivamente, ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha); (G) e (H) tomates colhidos no estágio pintado, com e sem 1-MCP, respectivamente, ao atingir a maturação.

4.5 Acúmulo de açúcares

Nos tomates colhidos verdes, o maior ($377,8 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$) conteúdo de açúcares totais ocorreu no tratamento c/MCP/TA (Tab. 9), sendo que neste tratamento os conteúdos de glicose e de frutose foram de $40,7 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$ e $38,4 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$, respectivamente. Tomates colhidos no estágio pintado e submetidos ao mesmo tratamento, c/MCP/TA, apresentaram conteúdos de açúcares totais de $265,8 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$ e conteúdos de glicose e de frutose de $30,8 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$ e $29,4 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ff}$, respectivamente. O conteúdo de SST variou de $3,7 \text{ °Brix}$ a $5,4 \text{ °Brix}$, não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Muito embora colhidos verdes e tratados com MCP o acúmulo de açúcares totais, de glicose e de frutose foi superior em comparação ao tratamento correspondente aplicado em tomates colhidos no estágio pintado.

Tabela 9: Sólidos solúveis totais (SST), açúcares totais, glicose e frutose, em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verdes e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2013.

Estádio de maturação na colheita	1-MCP	Condição de armazenamento	SST (°Brix)		Açúcares totais (mg.g ⁻¹ ff*)		Glicose (mg.g ⁻¹ ff)		Frutose (mg.g ⁻¹ ff)	
Verde ¹		na colheita	4,7		352,1		53,7		48,4	
		TA	5,4	a	377,8	a	40,7	ab	38,4	a
	com	25 °C	4,6	a	202,2	de	32,3	bc	29,1	ab
		4 °C	3,7	a	272,1	bcd	30,1	bc	27,2	ab
		TA	4,8	a	266,7	bcd	49,2	a	31,2	ab
	sem	25 °C	5,4	a	238,6	cde	36,4	abc	27,5	ab
		4 °C	4,0	a	135,3	e	27,1	bc	24,5	b
Pintado ²		na colheita	4,4		294,2		46,1		41,6	
		TA	4,8	a	265,8	bcd	30,8	bc	29,4	ab
	com	25 °C	5,0	a	228,2	cde	23,8	c	21,5	b
		4 °C	4,6	a	153,0	de	28,7	bc	25,9	b
		TA	4,9	a	305,0	bc	32,7	bc	29,5	ab
	sem	25 °C	4,6	a	335,1	ab	31,9	bc	28,8	ab
		4 °C	4,6	a	205,8	de	33,3	bc	30,0	ab

Médias de tratamentos seguidas por letra distinta diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração complemente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

* ff – Fruto fresco.

Segundo BeMiller (2010), dois dos fatores ambientais com maior influência no acúmulo de açúcares no tomate são a radiação solar e a temperatura. Quando aplicadas durante a divisão celular do fruto, temperaturas elevadas de 26 a 30 °C levam a um aumento dos sólidos solúveis totais e ao amadurecimento. Isto se deve, respectivamente, a alterações na atividade enzimática da biossíntese de hidratos de carbono e ao aumento da transpiração. Assim, um aumento da temperatura normalmente promove a evapotranspiração do fruto e induz um aumento nos níveis de açúcar. Por este motivo, alterações sazonais com diferentes radiações causam um efeito profundo nos açúcares do fruto. Deste modo, os decréscimos no teor de açúcares ao longo da maturação do fruto estão possivelmente relacionados com a situação climática atípica.

Depois de colheita, o fruto permanece vivo (JOAS; LÉCHAUDEL, 2008), ocorrendo à explosão climatérica de etileno, que faz com que o fruto mantenha a maturação e também promove a senescência. Após a colheita, os frutos ainda acumulam açúcares devido ao metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas (KAYS; PAULL, 2004). Eventualmente, este açúcar pode ser usado para manter as taxas respiratórias, levando à senescência dos frutos, e, por isso, explica-se os valores menores depois do armazenamento tanto para os frutos colhidos verdes como para os pintados.

4.6 Atributos de qualidade

Durante o armazenamento, o pH variou de 3,9 até 5,3 nos tratamentos aplicados (Tab. 10). O pH do fruto de tomate utilizado na indústria deve estar na faixa compreendida entre 4,0 e 4,5 para inibir o crescimento de bactérias. Entretanto, para o tomate de mesa, ainda não existe padrão de pH ideal (FERREIRA, 2006).

Nos frutos de tomates colhidos verdes, o maior valor foi encontrado na temperatura ambiente (TA) c/MCP (0,56 g.100g⁻¹de ácido cítrico ff). Já em relação aos frutos colhidos no estágio pintado, no mesmo tratamento, o valor encontrado foi de 0,54 g.100g⁻¹de ácido cítrico ff (Tab.10). Em alguns tratamentos houve uma diminuição, podendo ser explicado pelo consumo dos ácidos orgânicos (principalmente ácido cítrico) nos processos metabólicos, de maturação e de senescência dos frutos em decorrência do uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os valores encontrados para a relação entre açúcares e ácidos foram mais elevados para os frutos mantidos a TA c/MCP. Os frutos que não receberam o regulador tiveram os menores valores para os frutos verdes mantidos a TA e os frutos pintados à temperatura de 25 °C e os frutos verdes mantidos a 4 °C c/MCP (Tab. 10).

Uma série de estudos sugere que a aplicação de 1-MCP não pode alterar significativamente SST da fruta tratada. No entanto, em algumas cultivares ele pode impedir a redução típica da acidez total (AT) que ocorre no amadurecimento, de modo que a relação SST/AT seja afetada, causando uma diminuição dos parâmetros

de qualidade (CLIFF et al., 2009; ERGUN et al., 2006; MIR et al., 2004; GUILLEN et al., 2007; OPIYO; YING, 2005; WILL; KU, 2002).

A relação entre SST/AT propicia uma boa avaliação do sabor dos frutos, sendo mais representativo que a medida isolada de açúcares e de acidez, expressando o equilíbrio entre os sólidos solúveis totais e acidez total titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005)

A firmeza dos frutos após o armazenamento foi semelhante para todos os tratamentos. Os resultados encontrados foram menores que os encontrados nos tomates analisados no momento da colheita. Os menores resultados foram encontrados nos frutos submetidos a TA e 25 °C tanto para os tomates colhidos no estádio verde como no estádio pintado. Os maiores valores encontrados nos frutos submetidos à temperatura de resfriamento, o uso de 1-MCP causou efeito sobre a firmeza dos frutos na temperatura de armazenamento, 1,75 e 2,68 N, respectivamente para c/MCP e s/MCP (Tab.10).

A maturação causou um ligeiro abrandamento nos tomates quando armazenados em todos os tratamentos. Durante o amadurecimento, diversas enzimas iniciam a atuar na parede celular do fruto, o que ocasiona o seu amadurecimento. Todos os valores encontrados no presente estudo estão próximos aos valores encontrados por Batu (2004) que, avaliando a firmeza de tomates após 60 d de armazenamento a 20 °C, encontrou valores de 1,31 N ou mais, e segundo o autor esse valor tem uma grande aceitação pelos consumidores.

Lana et al., (2005), avaliando firmeza em tomates durante armazenamento, identificou que a temperatura e o estádio de maturação interferem diretamente na firmeza. O amolecimento do fruto se deve ao fato de que enzimas têm baixa atividade em temperaturas reduzidas, e no caso do estádio de maturação, quanto mais avançado maior é a atividade catalítica das enzimas devido à alta taxa de respiração dos frutos que desencadeia uma cascata de reações e ocasionam o amolecimento do fruto e mudanças de coloração (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Tabela 10: Potencial hidrogeniônico (pH), Acidez total titulavel (ATT), SST/Acidez (ratio), firmeza (Força necessária para penetrar 25 %), em tomates (*Lycopersicon esculentum Mill*, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2013.

Estádio de maturação na colheita	1-MCP	Condição de armazenamento	pH	ATT (g.100g ⁻¹ de ácido cítrico ff*)		SST/Acidez (ratio)		Firmeza (N)		
Verde ¹	na colheita		4,2		0,54		10,7		3,04	
	com	TA	4,4	abc	0,56	a	12,7	A	1,53	b
		25 °C	4,4	abc	0,46	ab	11,1	ab	1,44	b
		4 °C	3,9	c	0,48	ab	7,6	b	1,75	ab
	sem	TA	4,3	bc	0,43	ab	8,9	ab	1,69	b
		25 °C	4,5	abc	0,42	ab	11,0	ab	1,43	b
	4 °C	4,7	abc	0,49	ab	9,2	ab	2,68	a	
Pintado ²	na colheita		4,3		0,45		7,9		2,07	
	com	TA	4,3	bc	0,54	ab	12,4	a	1,22	b
		25 °C	4,3	bc	0,50	ab	11,7	ab	1,38	b
		4 °C	5,3	a	0,45	ab	11,2	ab	1,84	ab
	sem	TA	4,2	bc	0,39	b	10,6	ab	1,39	b
		25 °C	4,2	bc	0,44	ab	9,5	ab	1,48	b
	4 °C	5,0	ab	0,41	ab	11,2	ab	1,44	b	

Médias de tratamentos seguidas por letra distinta diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração complementemente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

* ff – Fruto fresco.

4.7 Compostos fenólicos, vitamina C e atividade antioxidante

Em relação à quantificação dos compostos fenólicos totais, os tomates verdes apresentaram valores muitos semelhantes entre os tratamentos, não apresentando diferença significativa (Tab.11).

O teor de vitamina C nos frutos colhidos no estágio verde variou de 0,6 mg.100g⁻¹ ff no momento da colheita chegando a 2,0 mg.100g⁻¹ ff nos frutos armazenados a TA c/MCP. Para os tomates colhidos no estágio pintados, os valores variaram de 0,9 mg.100g⁻¹ ff a 6,0 mg.100g⁻¹ ff, sendo o valor mais elevado encontrado nos frutos armazenados em TA c/MCP.

O teor de vitamina C foi afetado pelo uso de 1-MCP, o qual causou diferença significativa entre os valores encontrados para os frutos armazenados a TA, sendo os valores encontrados $6,0 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ ff}$ e $2,2 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ ff}$, respectivamente, para frutos c/MCP e s/MCP (Tab. 11).

A vitamina C é mais sensível à destruição quando o produto for submetido a condições adversas de manuseamento e armazenagem. Perdas são reforçadas por armazenamento prolongado, temperaturas mais elevadas, baixa umidade relativa, danos físicos e danos pelo frio (LEE; KADER, 2000). Isso explica os valores menores encontrados nos frutos quando armazenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$.

A avaliação da atividade antioxidante nos frutos de tomates colhidos no estágio verde e armazenados a temperatura ambiente sem o uso de 1-MCP e armazenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ c/MCP obtiveram os maiores valores $6,3 \text{ mg} \cdot \text{TEAC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ff}$ e $5,8 \text{ mg} \cdot \text{TEAC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ff}$, respectivamente. Nos frutos colhidos no estágio pintado, os maiores resultados foram encontrados para os frutos mantidos a TA s/MCP e c/MCP, $5,7 \text{ mg} \cdot \text{TEAC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ff}$ e $4,1 \text{ mg} \cdot \text{TEAC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ff}$, respectivamente.

A atividade antioxidante foi afetada pelo uso do regulador nos frutos verdes na TA e $25 \text{ }^\circ\text{C}$, os quais apresentaram diferença significativa para o uso do regulador (Tab.11).

A avaliação da atividade antioxidante não apresentou correlação com os valores encontrados para os compostos avaliados no estudo que apresentam atividade antioxidante (carotenoides, fenóis e vitamina C).

Tabela 11: Compostos fenólicos totais, teor de vitamina C e Capacidade antioxidante em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em três diferentes condições (temperatura ambiente - TA, 25 °C e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2013.

Estádio de maturação na colheita	1-MCP	Condição de armazenamento	Compostos fenólicos totais (mg.GAE.g ⁻¹ de ff*)		Vitamina C (mg.100g ⁻¹ ff)		Capacidade antioxidante (mg.TEAC g ⁻¹ de ff)	
Verde ¹		na colheita	1,53		0,6		4,50	
	com	TA	1,60	a	2,0	b	1,09	d
		25 °C	1,64	a	1,6	b	1,81	cd
	sem	4 °C	1,80	a	1,5	b	5,78	ab
		TA	1,63	a	1,3	b	6,32	a
	4 °C	25 °C	1,59	a	1,6	b	4,50	abc
4 °C		1,79	a	1,0	b	1,62	cd	
Pintado ²		na colheita	1,64		0,84		3,70	
	com	TA	1,62	a	6,0	a	4,13	abcd
		25 °C	1,76	a	1,6	b	1,48	cd
	sem	4 °C	1,77	a	0,9	b	1,94	cd
		TA	1,67	a	2,2	b	5,66	ab
	4 °C	25 °C	1,60	a	1,5	b	2,84	bcd
4 °C		1,70	a	1,5	b	3,14	abcd	

Médias de tratamentos seguidas por letra distinta diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

¹ Tomates verdes: toda a superfície apresenta coloração complemente verde, podendo variar do verde claro ao verde escuro.

² Tomates pintados: 10 % a 30 % da superfície apresenta coloração amarelada, rosada ou vermelha.

* ff – Fruto fresco.

4.8 Avaliação do perfil sensorial

Para iniciar a avaliação das amostras de tomates armazenados na TA e a 4 °C, foram selecionados 15 julgadores (consumidores de tomate), os quais passaram por um treinamento sobre as características sensoriais a serem avaliadas nos frutos. No treinamento, cada julgador recebeu algumas amostras de tomates (adquiridos no mercado local) para identificação dos limites dos atributos (sabor característico, acidez, doçura, cor, firmeza e farinosidade) através de um escala não estruturada. Após a realização do treinamento, os julgadores receberam as amostras dos frutos verdes e pintados nas condições de armazenamento ambiente e

refrigerados c/MCP e s/MCP. Os resultados de cada julgador foram avaliados através da média geral para todos os atributos.

Através da avaliação do perfil sensorial realizado pelos julgadores, pode-se observar que os pintados s/MCP mantidos a 4 °C e verdes c/MCP mantidos em TA, obtiveram os mesmos valores referentes ao sabor característico de tomates, mostrando que esses tratamentos não causaram o surgimento de nenhum sabor desagradável. Os tomates pintados c/MCP a 4 °C foi o tratamento que causou maior efeito sobre o sabor dos frutos, obtendo o menor valor para esse parâmetro pela avaliação dos julgadores.

Em relação à acidez, os frutos pintados c/MCP mantidos a 4 °C obtiveram o melhor resultado. Referente à doçura dos frutos, o melhor valor encontrado foi para os frutos verdes com 1-MCP a 4 °C, seguidos dos frutos verdes a TA s/MCP. Referente à cor dos frutos, os julgadores identificaram como sendo a melhor a cor dos frutos pintados c/MCP e s/MCP. Os frutos verdes e os frutos mantidos a 4 °C obtiveram a menor aceitação por parte dos julgadores.

A firmeza dos frutos foi afetada pelo armazenamento nos frutos verdes e pintados c/MCP e s/MCP a 4 °C, respectivamente. Os verdes c/MCP mantidos em TA também apresentaram baixa aceitação pelos julgadores. Em relação à farinosidade dos frutos verdes s/MCP, indiferente da temperatura, obtiveram os maiores valores (anexo 1).

A preferência dos julgadores pelos frutos pintados remete à uniformidade da coloração comprovada pelas avaliações físico-químicas. Isso se deve ao fato dos consumidores fazerem uma associação à coloração mais vermelha (maior concentração de licopeno) em vez da preferência por frutos mais amarelados encontrada nos frutos verdes que contém compostos com coloração mais amarelada (β -caroteno, zeaxantina e luteína) também encontrado em frutos tratados c/MCP. A seguir pode-se perceber a variação entre os tratamentos, sendo que numa avaliação global todos os tratamentos obtiveram boa aceitação nos parâmetros avaliados (Fig. 17).

Perfil sensorial dos tomates colhidos nos estádios verde e pintado

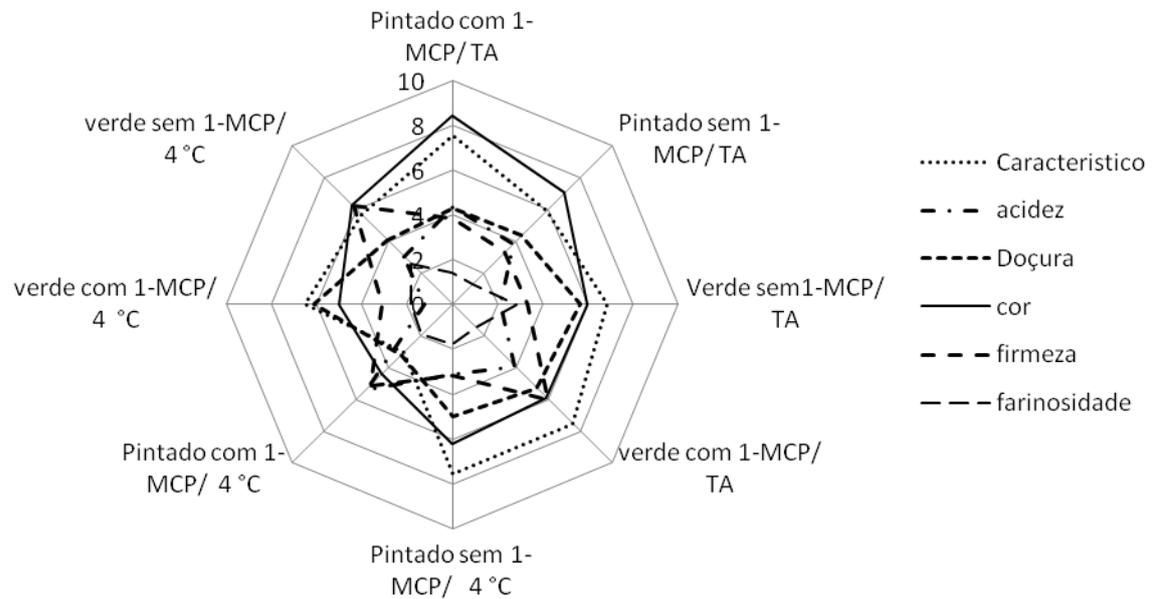


Figura 17: Avaliação sensorial em tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv absoluto) colhidos nos estádios verde e pintado, tratados ou não com 1-MCP, e armazenados em duas diferentes condições (temperatura ambiente - TA, e 4 °C) ao atingir a maturação (90 % da superfície do fruto com coloração vermelha). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Os resultados de firmeza identificados pelos julgadores estão de acordo com os valores encontrados por Jiang et al., (1999) e Fan et al., (1999) que observaram que a aplicação de 1-MCP retardou o amolecimento em frutos de banana e maçã, respectivamente.

5. Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que tomates colhidos no estágio verde, com aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita, e armazenados a temperatura ambiente ou a 25 °C, tiveram sua vida de prateleira estendida em 10 dias e 12 dias, sem comprometimento de características de consumo quando comparados a tomates colhidos no estágio pintado, sem aplicação de 1-MCP, e armazenados a temperatura ambiente ou a 25 °C, respectivamente. De forma semelhante, tomates colhidos no estágio verde, com ou sem aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita, e armazenados a 4 °C, também tiveram sua vida de prateleira estendida, mas apenas em 3 dias, sem comprometimento de características de consumo quando comparados a tomates colhidos no estágio pintado, com ou sem aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita, e armazenados a 4 °C. Conclui-se que a colheita antecipada, no estágio verde, com aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita e armazenamento a temperatura ambiente (ou sem aplicação de 1-MCP e armazenamento a 4 °C), são práticas adequadas para antecipar a colheita, estender a vida de prateleira e preservar características de consumo do tomate.

Os tomates colhidos no estágio verde tiveram sua maturação ideal com características semelhantes as dos frutos colhidos no estágio pintado; ambos frutos apresentaram boas características físico-químicas.

Em relação à avaliação sensorial, os julgadores não encontraram grandes alterações a ponto que os tratamentos utilizados no estudo causassem danos à qualidade sensorial do produto.

Normalmente a colheita dos frutos é realizada em estádios mais avançados (tomates vermelhos) daqueles realizados no estudo (verde e pintado). Entretanto, a colheita antecipada constitui uma alternativa operacional frente às adversidades climáticas ou de comercialização em locais distantes, sem causar recusa dos frutos pelos consumidores.

6. Referências bibliográficas

- ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 2039-2055, 2002.
- ARAZURI, S., JAREN, C., ARANA, J.I., PEREZ DE CIRIZA, J.J.,. Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Engineering* 80, 190–198. 2007
- ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X. Controle do amadurecimento de frutas – manipulação da ação do etileno com 1-metilciclopropeno para preservação póscolheita de maçãs e pêras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA Fortaleza. Palestras. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/SBF, p. 236-243., 2000
- ATTOKARAN, M.. Tomato. In Attokaran, M. (Ed.), *Natural Food Flavors and Colorants*. Danvers, MA: Wiley-Blackwell Publishing Ltd. e Institute of Food Technologists Press. cap. 97, pp. 387-389. 2011
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutas**. Ed. Nobel. SP, 1993.
- BALDWIN, E.A.; SCOTT, J.W.; EINSTEIN, M.A.; MALUNDO, T.M.M.; CARR, B.T.; TANDON, K.S.. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.123, n.5, p. 906-915, 1998.
- BALLESTEROS, F.R.. Postcosecha del tomate para consumo em fresco. In NUEZ, F.. *El cultivo del tomate*. Barcelona: Mundi-Prensa, p. 589-623, 1995.
- BARSAN, C.; SANCHEZ-BEL, P.; ROMBALDI, C.; EGEA, I.; ROSSIGNOL, M.; KUNTZ, M.; ZOUINE, M.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Characteristics of the tomato chromoplast revealed by proteomic analysis. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, p. 2413-2431, 2010
- BATU, A.. Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**. 61, 471–475. 2004

BECKLES, D. M. Factors affecting postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest biology and technology**. V.63, p. 129-140, 2012.

BEMILLER, J. N. (). Carbohydrate Analysis. In Nielsen, S. S. (Ed.), Food Analysis 4 ed., vol. 2 cap. 10, pp. 152-154. 2010.

BORGUINI, R.G.. Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) Orgânico: O Conteúdo Nutricional e a Opinião do Consumidor. Piracicaba, 110p.**Dissertação** de Mestrado. 2002.

CARA, B.; GIOVANNONI, J. J. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. **Plant Science**, v. 175, p. 106-113, 2008.

CARVALHO, J.O.M.; LUZ, J.M.Q; JULIATTI, F.C.; MELO, L.C. et al. Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. **Horticultura Brasileira** (Brasília, DF), v. 21, n. 3, p. 525-533, 2003.

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

CLIFF, M., LOK, S., LU, C.W., TOIVONEN, P.M.A. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes **Postharvest Biol. Technol.** 53, 11–15,2009.

COSTA, S. M. Conservação frigorífica de pêssegos ‘Tropic Beauty’ irradiados com e sem a utilização de permanganato de potássio. **Dissertação** –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. 71 p. 2008.

COULTATE, T. P. (2002). Food - The Chemistry of Its Components (4 ed.): RSC Paperbacks.

DONG, H.; DENG, Y.; MU, J.; LU, Q.; WANG, Y.; XU, Y.; CHU, C.; CHONG, K.; LU, C. e ZUO, J.. The Arabidopsis Spontaneous Cell Death1 gene, encoding a zeta-carotene desaturase essential for carotenoid biosynthesis, is involved in chloroplast

development, photoprotection and retrograde signalling. *Cell Research*, 17(5), 458-470. (2007).

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS; P. A; SMITH, F.. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Nature**. Division of Biochemistry, University of Minnesota, St. Paul, Minn. V. 28 1956.

DUMAS, Y., DADOMO, M., DI LUCCA, G. E GROLIER, P.. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 83(5), 369-382. 2003.

ERGUN, M., SARGENT, S.A., HUBER, D.J.. Postharvest quality of grape tomatoest reated with 1-methylcyclopropene at advanced ripeness stages. **Hortscience** 41, 183–187, 2006.

FAN, X.; BLANKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 1-6, 1999

FARIA, E.V.; YOTSUYANAGI, K.. Técnicas de análise sensorial. ITAL/LAFISE Núcleo de Análises Físicas, Sensoriais e Estatística. 1a edição, 116p., Campinas, 2002.

FAUBION, D. 1-1-MCP – A new ethylene inhibiting agent for fruit storage. *Fruit Grower*, April,. 1 p. 2000

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E., CARVAJAL-LÉRIDA, I., JARÉN-GALÁN, M., GARRIDO-FERNÁNDEZ, J., PÉREZGÁLVEZ, A. E HORNERO-MÉNDEZ, D.. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. **Food Research International**.13, 2011.

FERREIRA, M. M. M. et al. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2 , 2006

FERREIRAS; M. R.; FREITAS, F. R. J. S.; LAZZARI, E. N. Identity and quality standards of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh consumption. **Ciência Rural**. v. 34, n. 1, jan-fev, 2004.

GARG, N.; CHEMA, D. S. Assessment of fruit quality attributes of tomato hybrids involving ripening mutants under high temperature conditions. **Scientia horticulturae**. v. 131, p. 29-38, 2011.

GEORGÉ, S., TOURNIAIRE, F., GAUTIER, H., GOUPY, P., ROCK, E. E CARIS-VEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. **Food Chemistry**, 124(4), 1603-1611. 2011.

GIOVANNONI, J. J. Genetic Regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v. 16, p. 170-180, 2004.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; McGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology And Technology**, v. 14, n. 1, p. 87-98, 1998.

GUILLEN, F., CASTILLO, S., ZAPATA, P.J., MARTINEZ-ROMERO, D., SERRANO, M., VALERO, D., .Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. **Postharvest Biol. Technol.** 43, 23–27, 2007

HÄKKINEN, S. H.; KÄRENLAMPI, S. O.; HEINONEN, M.; MYKKANEN, M.; TORRONEN, A. R. HPLC Method for screening of flavonoids and phenolic acids in berries. **Journal Science Food Agricultural**, v.77, p. 543-551, 1998.

HOEBERICHTS, F.A.; VAN DER PLAS, L.H.W.; WOLTERING, E.J. Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening - related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, n. 2, p. 125-133, 2002.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MaCNISH, A.J. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. **Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 77-82, 1999.

JOAS, J., LÉCHAUDEL, M.,. A comprehensive integrated approach for more effective control of tropical fruit quality. **Stewart Postharvest Rev.** 4, 1–14, 2008

KAHLAU, S.; BOCK, R. Plastid transcriptomics and translatomics of tomato fruit development and chloroplast-to-chromoplast differentiation: chromoplast gene

expression largely serves the production of a single protein. **The Plant Cell**, v. 20, p. 856-874, 2008

KAYS, S.J., PAULL, R.E., Metabolic Processes in Harvested Products. **Exon Press**, Athens, GA, 2004.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A. J. **Fisiologia e manejo pós colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: Editora Universitária UFPel, p.163, 1997

KRAMMES, J.G.; MEGGUER, C.A.; ARGENTA, L.C.; AMARANTE, C.V.T.; GROSSI, D. Uso do 1-metilciclopropeno para retardar a maturação de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 611-614, outubro/dezembro 2003.

KRZYZANOWSKA, J.; CZUBACKA, A. E OLESZEK, W.. Dietary Phytochemicals and Human Health. *Bio-Farms for Nutraceuticals* ., USA: Landes Bioscience and Springer Science+Business Media, LLC. cap. 7, pp. 77-80 New York.2010.

LAPUERTA, J.C.. Anatomia y fisiologia de la planta. In: NUEZ, F. El cultivo do tomate. Barcelona. Mundi-Prensa, p.43-91, 1995.

LEVY, J.; SHARONI, Y.. As funções do licopeno do tomate e seu papel na saúde humana. **HerbalGram**, v.62 p.49-56, 2004

Miller, G. L.. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.1959.

MIR, N., CANOLES, M., BEAUDRY, R., MEHLA, C.P.,. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129, 112–120, 2004.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1-1-MCP delays tomato fruit ripening. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 659-663, 2002.

Mostofi, Y.; Toivonen P. M.A.; Lessani, H.; Babalarb, M.; , C.. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* v.27, p 285-292. 2003.

MOURA, M.L., FINGER, F.L., MIZOBUTSI, G.P., GALVÃO, H.L., Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate 'Santa Clara' e do mutante 'Firme' Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p.81-85, jan.-mar. 2005.

NAIKA, S., DE JEUDE, J. V. L., DE GOFFAU, M., HILMI, M. E VAN DAM, B. A cultura do tomate - Produção, processamento e comercialização. Wageningen, Netherlands: Fundação Agromisa e CTA, Wageningen. vol. 17, pp. 10-16 2006.

NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; VAN DAM, B. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. 1 ed. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 104p. 2006.

NELSON, D. L. e COX, M. M.. **Carbohydrates and Glycobiology In Principles of Biochemistry** (cap. 7, pp. 239-247): Lehninger 2011.

OPIYO A. M.; YING, T. J. The effects of 1-methylcyclopropene treatment on the shelf life and quality of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) fruit. **Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 665-673, 2005.

PEGORARO, C.; ZANUZO, M.; CLASEN, F.; BRACKMANN, A.; GIRARDI, C.; LUCCHETTA, L.; NORA, L.; SILVA, J.; ROMBALDI, C. Physiological and molecular changes associated with prevention of woolliness in peach from pre-harvest application of gibberellic acid. **Postharvest Biology and Technology**, v.57, n.1, p. 19-26, 2010.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit Ripening Phenomena – An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, p. 1-19, 2007.

RAO, A. V. E RAO, L. G.. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3), 207-216. 2007

RENARD; M.; FAUROBERT; C. M. M., Protective proteins are differentially expressed in tomato genotypes differing for their tolerance to low-temperature storage. **Planta** 232, 483–500,2010.

ROCA, M. G. G. Valorização do tomate comercial: Extração de licopeno por CO₂ supercrítico a partir de repiso de tomate. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia

Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 80f., 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 1999. 64p.

ROSA, M.C.. Processamento Mínimo de Tomates (*Lycopersicum esculentem* Mill) – Aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais.

SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v.126, p.995-1000, 2011.

SHI, J. E LE MAGUER, M.. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Critical Reviews in Biotechnology**, 20(4), 293-334. 2000.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SILVIA, S. R., MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenoides de maracujá – amarelo (*passiflora edulis flavicarpa*) *in natura*. **Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v.22, p.254-258, 2002

SINGLETON V.L.;ROSSI, J.A.JR. Colorimetryof total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-158, 1965.

SISLER, E.C.; DUPILLE, E.; SEREK, M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylcyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Regulation*, v. 18, p. 79-86, 1996.

SWETMAN, A. A., NICOLAIDES, L., WAREING, P. W., NEW, J. H., WOOD, J. F. E HAMMOND, L.. : Food Processing and Preservation. In Golob, P., Farrell, G. e Orchard, J. E. (Eds.), *Crop Post-Harvest: Science and Technology, Principles and Practice* Gosport, UK: Blackwell Science Ltd 1ª ed., vol. 1. (, p. 577). 2002

- TANAKA, Y.; SASAKI, N.; OHMIYA A. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. **The Plant Journal**, v. 54, p. 733-749, 2008.
- TIECHER, A. Efeito da radiação uv-c na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*solanum lycopersicum* mill.). **Dissertação**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 71f. 2010.
- TIJSKENS, L. M. M.; EVELO, R. G. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. **Postharvest biology and technology**. v. 4, p. 85-98, 1994.
- VINCI, G.; BOTRÈ, F.; MELE, G.; RUGGIERI, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v.53, p.211-214, 1995.
- WILLS, R.B.H.; KU, V.V.V. Use of 1-1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, n. 1, p. 85-90, 2002.
- YOUNG, A. J.; LOWE, G. M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Arch. Biochem. Biophys.**, v. 385, n. 1, p. 20-27, 2001
- ZAMBIAZI, R.; **Apostila de química bromatológica I**: Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 97p., 2004.
- ZAMBIAZI, R.C. The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability. **Tese** (Doutorado em Foods and Nutritional)- Sciences Interdepartamental Program. University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada. 304f. 1997.
- ZAMBON, F.R.A. Comparação dos processos de maturação de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), Rada, Mutantes Nor e Rin e seus Híbridos F. 1. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 45f. 1984.
- ZHANG, Z.; HUBER,D. J.; HURR,B. M.; RAO, J.. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. **Postharvest Biology and Technology**. v. 54 p.1–8, 2009.

Anexos

Anexo 1 :Perfil sensorial em tomates colhidos em dois estádios de desenvolvimento (verdes e pintados), armazenados em diferentes temperaturas (ambiente e refrigerado) usando regulador de maturação, avaliados quando atingiram a maturação de consumo. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2013.

Tratamento	Característico	DP	Acidez	DP	Doçura	DP	Cor	DP	Firmeza	DP	Farinosidade	DP
Pintado C/MCP Ambiente	7,5 ^{1/}	1,5	4,3	1,6	4,3	2,0	8,4	1,0	3,8	2,5	1,4	1,8
Pintado S/MCP Ambiente	5,9	2,0	3,8	2,6	4,3	2,1	7,0	1,3	3,3	2,9	1,3	2,1
Verde S/MCP Ambiente	6,8	2,1	2,1	1,9	5,7	2,3	6,0	1,4	3,3	2,4	2,8	2,0
Verde C/MCP Ambiente	7,5	1,5	3,9	2,2	5,3	1,9	5,9	1,9	6,0	2,3	1,4	2,3
Pintado S/MCP refrigerado	7,5	1,5	3,1	1,7	5,0	1,6	6,2	1,4	3,2	2,7	1,8	1,4
Pintado C/MCP refrigerado	3,0	2,2	5,3	2,6	3,2	2,1	4,4	1,5	5,1	2,8	1,9	2,2
Verde C/MCP refrigerado	6,5	2,5	1,2	1,1	6,1	2,0	5,0	1,8	3,1	2,3	1,8	1,7

^{1/} media dos valores dados para cada atributo pelos 12 julgadores

DP: Desvio padrão.