



ALEXANDRE ARBEX DE CASTRO VILAS BOAS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE
TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES DE
CÁLCIO**

**LAVRAS - MG
2014**

ALEXANDRE ARBEX DE CASTRO VILAS BOAS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM
FUNÇÃO DE FONTES DE CÁLCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia / Fitotecnia da UFLA, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Luciane Vilela Resende

Coorientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

**LAVRAS – MG
2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Vilas Boas, Alexandre Arbex de Castro.

Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes de cálcio / Alexandre Arbex de Castro Vilas Boas. – Lavras : UFLA, 2014.

94 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Luciane Vilela Resende.

Bibliografia.

1. Solanum lycopersicum. 2. Podridão apical. 3. Pós-colheita. 4. Princípios nutritivos. 5. Tomateiro. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6428911

ALEXANDRE ARBEX DE CASTRO VILAS BOAS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM
FUNÇÃO DE FONTES DE CÁLCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia / Fitotecnia da UFLA, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 29 de outubro de 2014

Dra. Heloísa Helena Siqueira Elias UFLA

Dr. Ernani Clarete da Silva UFSJ

Dra. Luciane Vilela Resende

Orientadora

**LAVRAS – MG
2014**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos Departamentos de Agronomia e Ciências dos Alimentos.

Aos professores Luciane Vilela Resende e Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pela oportunidade e orientações.

A OMEX AGRIGLUIDS DO BRASIL pelo auxílio e fornecimento de produtos para o experimento.

À pós-doutoranda Heloísa Elias de Siqueira pelo conhecimento adquirido e ajuda durante as etapas dessa pesquisa.

À “Tina” pela ajuda e bom humor em todos os momentos no laboratório.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À Hortiagro pela ajuda na condução do experimento.

Aos técnicos Paulo Moretto e Vicente Licursi, assim como os funcionários “Ná” e Ronaldo pelo apoio e ajuda.

Aos meus pais e família pelo apoio durante todos os momentos.

Aos meus amigos pelo companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram com esta conquista.

*Aos meus pais,
familiares, amigos e Ozzy*

DEDICO

RESUMO

A podridão apical (PA) ou podridão estilar (PE), responsável por perdas severas na tomaticultura, é um distúrbio fisiológico causado pela deficiência de cálcio (Ca) em frutos de tomateiro. Este distúrbio é caracterizado pelo aparecimento de um ponto necrótico marrom que evolui para manchas necróticas e encharcadas na parte distal dos frutos sendo que seus sintomas começam a ser observados já nos frutos verdes, geralmente algumas semanas após a antese. O controle para esta desordem fisiológica é a correta aplicação de cálcio no solo, ou quando necessário a correção deste nutriente, aplicação via foliar, uma vez que o cálcio é um nutriente pouco móvel, sendo transportado unidirecionalmente no xilema, das raízes para a parte aérea e pouco redistribuído pelo floema. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os comportamentos de diferentes fontes e doses de cálcio na qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro. O experimento foi conduzido em vasos, em cultivo protegido durante o ciclo da cultura. Posteriormente, no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, foram realizadas as análises físico-químicas dos frutos, sendo avaliados três estádios de maturação, cinco tratamentos (carbonato de cálcio em sua dose recomendada, 0,0x, 0,5x, 1,0x e 1,5x a dose recomendada de produto a base de nitrato de cálcio) e em três repetições. Para cálcio total e cálcio ligado à parede celular ainda foram avaliados três partes do fruto (epiderme, mesoderme e endoderme). As características dos frutos foram avaliadas a partir de determinações físicas e físico-químicas. Os índices L*, a*, b*, c e H, que se referem à coloração, se mostraram uniformes entre os estádios de maturação dos frutos analisados, demonstrando heterogeneidade nas escolhas das amostras analisadas. Para as variáveis físicas (incidência de podridão apical e vida pós-colheita), o tratamento com 1,5x a dose recomendada de Calmax Ultra® apresentou as maiores médias. Para as variáveis sólidos solúveis totais (SS), pectina total e pectina solúvel, atividade de pectinametiesterase (PME), celulose, hemicelulose e compostos fenólicos, houve interação entre os tratamentos analisados e os estádios de maturação dos frutos de tomateiro. O cálcio total e o cálcio ligado à parede celular mostraram interações entre as partes dos frutos e estádios de maturação. Para pH, acidez titulável (AT), açúcares totais, firmeza, pectina da parede e atividade antioxidante, não houve interação entre os fatores analisados, havendo diferenças apenas entre os estádios de maturação estudados. A atividade de poligalacturonase (PG) não mostrou diferenças entre os tratamentos, estádios de maturação, tampouco para a interação entre estes fatores.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, podridão apical, atividades antioxidantes, firmeza, amadurecimento.

ABSTRACT

The blossom end rot (BER), responsible for severe losses in tomato production, is a physiological disorder caused by Calcium (Ca) deficiency in tomato fruits. This disorder is characterized by the appearance of a necrotic brown point that progresses to a soaked and necrotic spots in the distal part of the fruit and its symptoms begin to be observed already in the green fruit, usually a few weeks after anthesis. The control for this physiological disorder is the proper application of calcium in the soil, or when necessary to correct this nutrient via foliar application, since calcium is a bit mobile nutrient, being transported unidirectionally in the xylem from the roots to shoots, and it is low redistributed by phloem. Having said that, this study aims to evaluate the behaviors of different sources and levels of calcium in the production and postharvest quality of tomato fruits. The experiment was conducted in pots, in greenhouse, during the crop cycle. Later, in the Post Harvest Laboratory of Fruits and Vegetables from the Department of Food Science of Federal University of Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brazil, physicochemical analyzes were performed and it were evaluated three maturity stages, five treatments (calcium carbonate as per its recommended dose, 0.0x, 0.5x, 1.0x and 1.5x the recommended dose for a product based on calcium nitrate) and three replications. For total calcium and calcium bounded to the cell wall it was also evaluated three parts of the fruit (epidermis, mesoderm and endoderm). The fruit characteristics were evaluated from physical and physicochemical determinations. The L *, a *, b *, c and H indexes that refer to the coloration, have proved to be uniform among ripening stages of the fruits analyzed, demonstrating heterogeneity in choices of samples analyzed. For the physical variables (incidence of blossom end rot and postharvest life), the treatment with 1.5 times the recommended dose of Calmax Ultra® had the highest averages. For total soluble solids (TSS), total and soluble fiber pectin, activity pectinametiesterase (PME), cellulose, hemicelluloses and phenolic composts, there was an interaction between treatments analyzed and maturity stages of tomato fruits. The total calcium and calcium bounded to the cell wall have showed interactions between the parts of the fruits and ripening stages. Concerning pH, acidity, total sugars, firmness, pectin wall and antioxidant activities, there were no interaction between the analyzed factors, with differences only between the ripening stages studied. The polygalacturonase (PG) activity hasn't showed differences between treatments, stages of maturation nor for the interaction between these factors.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, blossom end rot, antioxidants activity, firmness, ripening.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Podridão apical (PA) em tomates do grupo Santa Cruz, cultivar Ibiza, 29
- Figura 2 Estádio de maturação dos tomates analisados. Da esquerda para direita: Breaker; Vermelho Claro; Vermelho Escuro..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultado da análise de solo realizada no laboratório de análises dos solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para o substrato utilizado nos vasos na condução de experimento com tomateiros.....	46
Tabela 2	Doses de Calmax Ultra® e Super Cal a serem utilizadas no experimento com base na recomendação dos produtos de acordo com o número de plantas/ha e sua relação com a área a ser utilizada no experimento	47
Tabela 3	Adubação de cobertura para a cultura do tomate utilizando recomendação para cultivo protegido (fertirrigação)	48
Tabela 4	Garantias do produto Calmax Ultra® utilizado como fonte de cálcio	50
Tabela 5	Garantias do produto Super Cal utilizado como fonte de cálcio ...	50
Tabela 6	Médias dos tratamentos analisados para vida pós-colheita nos estádios de amadurecimento vermelho claro e vermelho escuro (dias).....	57
Tabela 7	Médias dos tratamentos analisados para incidência de podridão apical (frutos. parcela ⁻¹).....	59
Tabela 8	Médias dos índices L*, a*, b*, c* e h° em relação aos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro.....	59
Tabela 9	Médias de pH nos diferentes estádios de maturação	60
Tabela 10	Médias de acidez titulável (%) nos diferentes estádios de maturação.....	61
Tabela 11	Médias dos tratamentos avaliados sólidos solúveis (°B) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro.....	62

Tabela 12	Médias de açúcares solúveis totais (%) nos diferentes estádios de maturação	63
Tabela 13	Médias de firmeza (N) nos diferentes estádios de maturação	63
Tabela 14	Médias dos tratamentos avaliados para pectina total (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro	65
Tabela 15	Médias dos tratamentos avaliados para pectina solúvel (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro	65
Tabela 16	Médias dos tratamentos avaliados para atividade de pectinametilesterase (PME) (μmol) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro	67
Tabela 17	Médias dos tratamentos avaliados para celulose (%) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro.....	69
Tabela 18	Médias dos tratamentos avaliados para hemicelulose (%) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro.....	70
Tabela 19	Médias de pectina da parede celular (mg/100g) nos diferentes estádios de maturação.....	70
Tabela 20	Médias da atividade de antioxidantes (%SRL) nos diferentes estádios de maturação.....	71
Tabela 21	Médias dos tratamentos avaliados para compostos fenólicos (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro	72
Tabela 22	Médias dos tratamentos avaliados para cálcio total (%) nos diferentes estádios de maturação e diferentes partes do fruto	73

Tabela 23	Médias dos tratamentos avaliados para cálcio ligado à parede celular (%) nos diferentes estádios de maturação e diferentes partes do fruto	74
-----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Tomateiro – aspectos gerais	18
2.1.1	Classificação	20
2.1.1.1	Grupo Santa Cruz	20
2.2	Cálcio	21
2.2.1	Funções do cálcio	21
2.2.2	Cálcio intracelular e extracelular	23
2.2.3	Formas e dinâmica do cálcio no solo	24
2.2.3.1	Absorção, transporte e redistribuição	24
2.2.3.2	Cálcio na solução do solo	26
2.2.4	Deficiência de cálcio em tomateiro	26
2.2.4.1	Podridão Apical (PA) ou Podridão Estilar (PE)	28
2.3	Atributos de qualidade de frutos	30
2.3.1	Aparência	31
2.3.2	Textura	33
2.4	Mecanismos de amadurecimento de tomate associados ao amaciamento	34
2.4.1	Compostos químicos da parede celular e suas principais enzimas	35
2.4.1.1	Celulose	36
2.4.1.2	Hemicelulose	37
2.4.1.3	Pectinas	38
2.4.1.4	Principais enzimas	41
2.4.2	Atividade antioxidante	43
3	MATERIAL E MÉTODOS	45

3.1	Local de condução dos experimentos	45
3.2	Tratamentos avaliados	45
3.2.1	Características dos produtos a serem testados	49
3.3	Análises físicas e químicas	50
3.3.1	Vida pós-colheita	50
3.3.2	Incidência de podridão apical (PA)	50
3.3.3	Firmeza	51
3.3.4	Coloração	51
3.3.5	pH	51
3.3.6	Acidez titulável (AT)	52
3.3.7	Sólidos solúveis (SS)	52
3.3.8	Pectinas total e solúvel	52
3.3.9	Extração enzimática	52
3.3.10	Atividade de pectinametilesterase (PME)	53
3.3.11	Atividade de poligalacturonase (PG)	53
3.3.12	Determinação da atividade antioxidante	53
3.3.13	Determinação de compostos fenólicos	54
3.3.14	Extração da parede celular	54
3.3.15	Determinação de celulose	54
3.3.16	Determinação de hemicelulose	55
3.3.17	Determinação de pectina	55
3.3.18	Determinação de Ca ligado à parede celular	55
3.3.19	Determinação de Ca total	55
3.3.20	Açúcares totais	56
3.4	Estatística	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Vida pós-colheita	57
4.2	Incidência podridão apical	58

4.3	Coloração.....	59
4.4	pH	60
4.5	Acidez titulável	61
4.6	Sólidos solúveis totais	61
4.7	Açúcares solúveis totais.....	62
4.8	Firmeza.....	63
4.9	Pectina total e solúvel.....	64
4.10	Atividade enzimática: pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).....	66
4.11	Celulose.....	68
4.12	Hemicelulose.....	69
4.13	Pectina da parede celular	70
4.14	Atividade de antioxidantes.....	71
4.15	Compostos fenólicos	72
5	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76
	ANEXOS.....	87

1 INTRODUÇÃO

O tomate, entre as culturas olerícolas, é a que apresenta produção e consumo mais difundidos no mundo, sendo consumido *in natura* e empregado no preparo de uma ampla gama de produtos (ROCHA; SILVA, 2011). Corresponde a 14% do total de vegetais produzido no mundo, com um valor superior a 100 milhões de toneladas ao ano e um valor gerado de 1,6 bilhões de dólares (BAUCHET; CAUSSE, 2012). No Brasil é a segunda hortaliça mais importante, perdendo somente para a batata. Sendo que em 2012, de um total de aproximadamente 17,5 milhões toneladas de hortícolas, a cultura do tomateiro foi responsável por cerca de um quarto do total, com uma produção de mais de 4 milhões de toneladas de frutos colhidos (GUIMARÃES, 2013). Nos últimos anos, o tomate tem sido a hortaliça que mais sofreu seleções e transformações tecnológicas no mercado cada vez mais exigente quanto à qualidade de frutos. O plantio de híbridos cada vez mais produtivos, associado à intensificação na utilização de insumos, ao avanço em tecnologias e irrigação está contribuindo significativamente para o aumento da produtividade nacional da cultura (INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER, 2010) e melhorias na qualidade pós-colheita, permitindo a colocação de produtos longevos e com características sensoriais adequadas na mesa do consumidor.

Apesar da grande produção obtida, o tomateiro se caracteriza por ser uma cultura frágil e seu cultivo está sujeito a uma grande quantidade de doenças e pragas, exigindo intenso manejo desde o plantio até o momento da colheita sendo uma das culturas agrícolas que mais consome produtos fitossanitários (GUIMARÃES, 2013).

Além das inúmeras doenças e pragas que podem afetar a produção e qualidade de frutos de tomateiro, desordens fisiológicas também são comuns na

cultura, destacando-se a podridão apical (PA), que tem provocado perdas consideráveis de frutos, principalmente nas primeiras colheitas (CASTELLANE, 1988). A PA é uma desordem de origem fisiológica expressada na extremidade distal do fruto, no entanto, esta desordem não é necessariamente causada pela deficiência de cálcio, mas o resultado da expressão de algum gene em condições de estresse. Interações entre temperatura, disponibilidade de água, altas concentrações salinas ou de NH_4^+ , entre outros, controlam o aparecimento da podridão apical nos frutos (JUNIOR et al., 2011). Seus sintomas iniciam-se ainda quando os frutos encontram-se na fase verde com o aparecimento de uma área encharcada na região apical do fruto, tornando-se escura e deprimida à medida que o fruto cresce (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). Em termos anatômicos, a deficiência de cálcio na porção distal do tecido locular acarreta o rompimento dos tecidos (INCAPER, 2010) devido a um amadurecimento precoce dos frutos, gerando prejuízos ao produtor no que diz respeito à qualidade.

A qualidade do tomate engloba uma série de atributos que determinam o grau de aceitabilidade pelo consumidor, destacando-se entre estes a textura. Nos frutos em geral, a textura, em especial maciez ou firmeza da polpa, está intimamente associada ao cálcio, uma vez que esse nutriente forma ligações entre as pectinas ácidas da parede celular e lamela média. A perda progressiva da firmeza ou seu amaciamento ocorre como consequência do amadurecimento normal dos frutos (KANO et al., 2012).

Sendo assim, o desenvolvimento e conhecimento de novos produtos para incorporação de cálcio ao tomateiro visam melhor produtividade e melhor qualidade pós-colheita de frutos. Dessa forma, utilizando os fertilizantes foliares com elevados níveis de cálcio na sua composição, espera-se ter um maior controle em relação à deficiência deste nutriente e conseqüentemente um controle da podridão apical, além de melhorias na qualidade do fruto.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de fontes de cálcio na produtividade e na qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro, bem como avaliar a presença de cálcio nas diferentes partes do fruto e sua ação no combate à podridão apical.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tomateiro – aspectos gerais

O tomateiro é uma planta dicotiledônea do gênero *Solanum*, pertencente à família Solanaceae (SPOONER; ANDERSON; JANES, 1993), aceito pelos taxinomistas como *Solanum lycopersicum* desde que Peralta, Knapp e Spooner (2005) identificaram profundas semelhanças entre frutos de tomateiro e batata (*Solanum tuberosum*). Possui como centro de origem no oeste da América do Sul, litoral do pacífico, nos Andes, entre Equador até o norte do Chile e também as Ilhas Galápagos (PERALTA; SPOONER, 2000), podendo ter como hábitos de crescimento o determinado ou indeterminado.

A espécie desenvolve-se bem em clima tropical de altitude, ou subtropical, fresco e seco, com alta luminosidade. Não tolera temperaturas elevadas, e seu cultivo é problemático em clima tropical úmido. As plantas são tipicamente autógamas, com baixa porcentagem de polinização cruzada, que quando ocorre é resultado da ação de insetos polinizadores (MATOS, 2013).

O fruto do tomateiro é classificado como baga, com dois, três ou vários lóculos, podendo alcançar entre 5 e 500 gramas cada fruto (RIBEIRO, 2012). Após a fecundação, o fruto entra em crescimento, sendo necessário de sete a nove semanas para a maturação dos mesmos. A colheita é realizada quando os frutos começam a mudar de cor e sua maturação é finalizada na pós-colheita, uma vez que o tomate é considerado um fruto climatério, ocorre um aumento na produção de etileno e taxa respiratória no início da maturação, sendo que o etileno é o hormônio que estimula as alterações de amadurecimento (RIBEIRO, 2012).

A cultura do tomate desempenha um importante papel na economia nacional, sendo um dos principais produtos olerícolas. O Brasil destaca-se como

um dos dez maiores produtores, alcançando em 2012 um total de 4 milhões de toneladas com rendimento médio de 63 ton/ha, sendo 65% deste total destinados ao consumo *in natura* e o restante (35%) ao processamento industrial (IBGE, 2013) sendo uma das principais fontes de antioxidantes na dieta humana.

A produção mundial de tomate duplicou nos últimos 20 anos. Um dos principais fatores para a expansão da cultura foi o crescimento do consumo, uma vez que hoje em dia é o segundo fruto consumido no mundo. Esse aumento de consumo está diretamente ligado à consolidação das cadeias de *fast-food*, que utilizam essa hortaliça de forma processada ou fresca e a demanda por alimentos industrializados ou semi-prontos – no caso dos tomates, principalmente na forma de molhos pré-preparados ou prontos para o consumo, como os *catchups*. A demanda por esse alimento tem sido reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento das vendas do produto fresco (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007). É considerada uma cultura de alto risco, por apresentar custo de produção elevado e suscetibilidade a diversas pragas (ANDRADE, 2013).

Os frutos de tomateiro são considerados úteis, dentre outras características, por apresentarem elevados teores de potássio (280 mg/100 g), de vitaminas A (750 UI/100 g) e C (22 mg/100 g) e do pigmento licopeno (10 mg/100 g) considerado antioxidante. Possuem ainda beta-caroteno, vitamina E, compostos fenólicos, *lignans* (precursores de fito-hormônios) e folatos (inibidores do acúmulo de homocisteína no sangue). A ingestão regular de tomate pode ajudar na prevenção do câncer de estômago, no pulmão e nas vias respiratórias (BACCI, 2006).

As características de qualidade dos frutos são fundamentais para a comercialização. A cor é o atributo de qualidade mais atrativo que, por sua vez, está relacionada à aparência, teor de açúcares, acidez, pH, textura, sabor e suculência, uma vez que quanto maior o teor de licopeno no fruto, mais

avermelhado este se apresenta. O estágio de maturação do tomate tem influência na vida pós-colheita, no amadurecimento e auxilia a escolha do consumidor, juntamente com o tamanho, forma e defeitos externos do fruto. No supermercado, somente aqueles produtos que correspondem às expectativas do consumidor são comercializados (FERREIRA et al., 2010).

2.1.1 Classificação

Os tomates podem ser identificados, primeiramente, pelo formato, o qual pode estar relacionado à sua finalidade de uso (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007). A escolha da cultivar é um fator muito importante para a obtenção do sucesso na produção comercial, pois é sabido que a produção de uma lavoura depende da cultivar que se utiliza e dos tratamentos culturais que se aplicam (SILVA; VALE, 2007). O agrupamento de cultivares e híbridos de tomate destinado ao consumo “in natura” é polêmico e regionalizado (INCAPER, 2010).

Além das exigências climáticas de cada cultivar e sua maior ou menor resistência/tolerância às doenças, o produtor deve ainda levar em consideração a exigência do mercado em relação formato, coloração e qualidade dos frutos, sendo esta última fundamental quando se trata de competitividade econômica (SILVA; VALE, 2007).

2.1.1.1 Grupo Santa Cruz

É o grupo de tomates mais conhecido e que apresentam plantas vigorosas, de crescimento indeterminado e frutos oblongos, bi ou trilobulares, com peso variando de 80 a 200 gramas (INCAPER, 2010).

Este grupo apresenta maior durabilidade pós-colheita sem que possuam quaisquer dos genes que retardam o processo de maturação e alto potencial

produtivo, e seus frutos possuem características organolépticas superiores, além de serem uniformes e exibirem coloração vermelha mais intensa, fazendo com que essa diversificação seja positiva e favoreça os consumidores que passaram a ter uma gama cada vez mais diversificada de tomates à sua disposição nos pontos de venda (SHIRAHIGE et al., 2010).

2.2 Cálcio

O cálcio é um nutriente pouco móvel na planta. É o terceiro elemento mais exigido, embora a sua deficiência não seja muito comum, mesmo em solos ácidos ou solos arenosos. Todavia, para algumas espécies como tomate, batata e pimentão, pode haver necessidades de adubações específicas em Ca, por serem muito exigentes nesse nutriente.

O cálcio merece um destaque especial, pois desempenha papel fundamental no crescimento radicular, sendo o único nutriente em que o suprimento externo é fundamental para o crescimento da mesma, devido ao seu papel na divisão e alongamento celular.

O cálcio disponível para as plantas é aquele que se apresenta adsorvido nos colóides (trocável) e presente na solução do solo na forma catiônica Ca^{2+} com dinâmica muito simples, sendo que os teores de cálcio na solução do solo são muito baixos, tornando-se necessário a sua aplicação, tanto no solo (mais eficiente) quanto em forma foliar (caso de espécies mais exigentes).

2.2.1 Funções do cálcio

Uma alta proporção de cálcio na planta se encontra nas paredes celulares (apoplasto). Este fato é devido ao cálcio integrar a lamela média das paredes celulares, formando ligações entre os grupos carboxílicos ($R - COO^-$) dos ácidos

poligalacturônicos, com a formação dos pectatos de cálcio. Em plantas dicotiledôneas, como o caso do tomateiro, as quais representam maior capacidade de troca de cátions (CTC) na parede celular, sob condições de menor suprimento de cálcio, mais de 50% do cálcio total está ligado aos pectatos (FAQUIN, 2005)

O cálcio é requerido para alongamento e divisão celular e isto se reflete drasticamente no crescimento radicular; na ausência do suprimento exógeno de cálcio, o crescimento radicular cessa em poucas horas (FAQUIN, 2005).

O cálcio também está intimamente ligado à qualidade de frutos de tomateiro, uma vez que está presente na lamela média e paredes celulares. Através de suas ligações, o cálcio desempenha função estrutural e confere maior firmeza aos frutos, parâmetro essencial para a vida pós-colheita, uma vez que um fruto mais firme pode ter sua vida de prateleira estendida, sem afetar nas características desejáveis pelo consumidor.

Aplicações de cálcio têm sido usadas com sucesso em muitos frutos para reduzir a perda de firmeza e diminuir o processo de amadurecimento (SOUTY et al., 1995). O cálcio altera processos intra e intercelulares retardando o amadurecimento, como, por exemplo, redução nas taxas de mudança de cor, redução de amolecimento do fruto, produção de CO₂ e etileno, aumento de açúcares e redução de acidez total (CONWAY, 1987).

Em frutos de tomate, a regulação de Ca²⁺ tem sido associada diretamente ao amolecimento de frutos, fosforilação de proteínas mediadoras do calmodulin durante o amadurecimento dos frutos e injúrias devido ao frio (JOYCE et al., 1988).

2.2.2 Cálcio intracelular e extracelular

A concentração de cálcio dentro da célula é substancialmente mais baixa que a encontrada na região extracelular e o seu papel parece ser bem mais complexo. Há evidências de que ele atua como parte do sistema de transferência de informações, em que os sinais extracelulares são traduzidos em modificações no metabolismo vegetal. O cálcio intracelular é armazenado nos vacúolos das células vegetais maduras. A sua liberação é responsável pela elevação do cálcio citosólico livre. As flutuações nos níveis de cálcio citoplasmático parecem mediar vários processos fisiológicos nas células, tais como: fototropismo e geotropismo; ação de hormônios; e resposta a defesa de injúrias. O cálcio é, portanto, considerado um regulador intracelular essencial nas células vegetais, envolvido tanto no desenvolvimento quanto na regulação metabólica. A função como mensageiro secundário no citoplasma e na forma livre (cerca de 0,1 mM), pela ação de um sistema de transporte ativo localizado na membrana plasmática, retículo endoplasmático e tonoplasto. Portanto, a habilidade das células vegetais em manter baixas concentrações de cálcio citoplasmático (homeostase) é um requerimento chave para a função desse cátion como mensageiro na regulação dos eventos metabólicos e requer um bombeamento ativo dele para o apoplasto ou para as organelas. Uma concentração elevada de cálcio no citoplasma seria incompatível com o funcionamento normal da célula, por interferir nas funções do magnésio (Mg^{2+}) e por diminuir a atividade dos íons fosfato, com efeito inibitório sobre as enzimas da glicólise e do metabolismo intermediário (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O cálcio intercelular é necessário para a função normal das membranas e para a proteção da célula contra as condições adversas do desequilíbrio nutricional, de pH e presença de íons tóxicos. Sem a proteção do cálcio, a membrana falha na discriminação entre íons, a bomba de prótons perde sua

função e, dessa forma, a senescência dos tecidos é acelerada. O cálcio nos vegetais é, em grande parte, encontrado nas paredes celulares formando pontes entre os resíduos de ácido galacturônico pertencentes a cadeias adjacentes de pectinas. O complexo formado atua como um cimento intercelular, proporcionando firmeza aos tecidos vegetais. O rompimento das membranas celulares e a senescência dos tecidos são reduzidos ou retardados por níveis adequados ou elevados de cálcio nos tecidos. A aplicação exógena de cálcio resulta em frutos com menor taxa respiratória e menor produção de etileno e, conseqüentemente, maior período de conservação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.2.3 Formas e dinâmica do cálcio no solo

2.2.3.1 Absorção, transporte e redistribuição

A absorção do cálcio no solo se dá na forma de Ca^{2+} , sendo que altos teores de Potássio (K), Magnésio (Mg) e Amônio (NH_4^+) diminuem sua absorção. Como este nutriente é pouco móvel no floema, é necessário que se faça o suprimento constante, sendo mais eficiente quando aplicado via solo. O cálcio favorece a ampliação do sistema radicular, com a conseqüente melhoria da absorção de água e nutrientes (SOUZA et al., 2007). Ressalta-se que apesar de ser mais eficiente quando aplicado via solo, o cálcio é um elemento pouco móvel na planta, sendo que em casos de baixa disponibilidade ou deficiência do mesmo, a aplicação foliar se torna a mais indicada e viável, uma vez que o nutriente será aplicado diretamente nos pontos que demonstram deficiências e pontos de crescimento.

Os frutos absorvem boa parte do Ca^{2+} fornecido via pulverização, mas essa absorção diminui com a idade do fruto, a contar da antese (abertura das

flores) (INCAPER, 2010). Segundo Alvarenga (2004), a maior absorção do Ca^{2+} ocorre entre 9 e 15 dias após a antese.

A disponibilidade do cálcio, com enfoque para o processo de absorção, é influenciada negativamente por outros cátions normalmente presentes na solução do solo, tais como Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ e Al^{3+} em solos ácidos, e Na^+ em solos salinos. A absorção do Ca^{2+} sofre inibição competitiva com NH_4^+ , o qual é rapidamente absorvido pelas plantas. Neste caso, o Ca^{2+} sofre inibição com o NH_4^+ propriamente dito e com íons H^+ liberados com a absorção desta forma nitrogenada. Portanto, sob condições de reduzidas taxas de nitrificação, o uso de fertilizantes amoniacais pode induzir a deficiência de Ca, notadamente para espécies mais exigentes neste nutriente (NETO et al., 2001).

Seu transporte ocorre unidirecionalmente pelo xilema via corrente transpiratória das raízes para a parte aérea. As reações de troca no xilema são muito importantes para o movimento ascendente do cálcio na planta: o Ca^{2+} é deslocado dos sítios de troca por outros cátions (FAQUIN, 2005).

A baixa solubilidade dos compostos a base de cálcio da planta e a baixa concentração no floema explicam, em parte, a pequena redistribuição do elemento em condições de carência, o que provoca o aparecimento dos sintomas em órgãos e partes mais novas: gemas e pontas de raízes (CRUZ, 2007). Os sintomas que aparecem em frutos de tomate (podridão apical) são devido a estes tecidos serem supridos por cálcio pela corrente transpiratória, que transporta o nutriente diretamente da solução do solo (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997).

2.2.3.2 Cálcio na solução do solo

O cálcio presente na solução do solo está estruturalmente ligado às partículas do presente no mesmo, sendo pouco associado às cargas negativas (CTC) e são solúveis nesta solução (TONETTO et al., 2013).

Com exceção de solos intemperizados e ácidos, apresenta-se na solução do solo em concentrações relativamente altas. A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ é de cerca de dez (10) vezes, embora a absorção do magnésio (Mg^{2+}) seja bem maior (FAQUIN, 2005).

É evidente que, sob menor disponibilidade de cálcio no solo, com o cultivo de espécies muito exigentes (tomate, pimentão, batatas, etc.) a disponibilidade pode depender da difusão. Nesta situação, principalmente em períodos de grande exigência, pode haver necessidade de adubação suplementar com cálcio. Não se deve esquecer que o cálcio é pouco móvel no floema da planta, portanto, um contínuo suprimento é essencial. Desordens fisiológicas em tomates são evitadas com a manutenção da relação cálcio/total de cátions na solução entre 0,16 e 0,20 (NETO et al., 2001).

2.2.4 Deficiência de cálcio em tomateiro

Desordens a partir da deficiência de cálcio têm sido alvo de pesquisas há mais de 100 anos (FREITAS; MITCHAM, 2012).

Muitas dessas desordens, como “bitter pit” em maçã e podridão apical em tomates são causadas por deficiência de cálcio, e estes sintomas podem ser reduzidos com a aplicação foliar deste nutriente (MADANI et al., 2014).

Como o cálcio é pouco móvel no floema da planta, este exige um suprimento constante do elemento, sendo que sua absorção é feita mais eficientemente pelo solo (FAQUIN, 2005). Se a concentração de cálcio no

xilema for baixa ou a taxa de transpiração do fruto for muito pequena, como ocorre em condições de baixa umidade do solo, ocorre uma competição pelo Ca entre as folhas (que transpiram mais) e os frutos, e, assim, um inadequado nível de nutriente atinge os frutos, resultando em sintomas de deficiência (FAQUIN, 2005). Uma vez incorporado ao tecido celular, o cálcio é pouco móvel, daí a necessidade de suprimento constante para atender ao crescimento do fruto. O cálcio é importante na ativação enzimática, na regulação do movimento de água nas células e é essencial para a divisão celular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Neste sentido, sob condições mais úmidas e com baixa taxa de transpiração dos frutos, ou baixo teor de água no solo, salinidade e/ou elevada concentração de cátions competidores com o cálcio na absorção, são comuns os sintomas de deficiências em cálcio, aparecendo as conhecidas desordens fisiológicas, por exemplo, em maçã, pimentão, cenoura, aipo, melancia e tomate (NETO et al., 2001).

Salienta-se que a captação de cálcio pelas plantas está correlacionada com a radiação solar e a umidade relativa. A taxa de captação de cálcio decresce linearmente com o aumento da salinidade no solo. Alta umidade relativa reduz a taxa de captação do Ca pelas folhas e aumenta a taxa de captação pelos frutos (ADANS; HO, 1993).

Os mecanismos envolvidos na captação de Ca^{2+} pelas plantas e a translocação para os frutos representam os primeiros fatores que podem afetar a concentração total de Ca^{2+} . Nos frutos, o movimento do Ca^{2+} ocorre no sentido do pedúnculo para a parte distal dos frutos e é afetado por diferentes mecanismos, que definem a concentração de Ca^{2+} na parte distal do fruto e a suscetibilidade dos mesmos às desordens fisiológicas em função da deficiência de cálcio. Assim, o tecido distal dos frutos é mais suscetível a desordens por deficiência de cálcio do que o tecido na região do pedúnculo, fazendo com que

os sintomas de deficiência se iniciem na parte distal, podendo se espalhar para todo o fruto em casos mais graves (FREITAS; MITCHAM, 2012).

Plantas com deficiência em cálcio apresentam deformações nas folhas novas, morte de gemas apicais e extremidades das raízes. Algumas espécies mostram os primeiros sintomas nos frutos e, depois, nas folhas, como é o caso do tomateiro (SOUZA et al, 2007).

A prática de aplicação de produtos contendo cálcio, diretamente nos frutos de tomateiro nas fases críticas de crescimento é bastante comum, reduzindo ou evitando problemas de deficiência do elemento (FAQUIN, 2005).

2.2.4.1 Podridão Apical (PA) ou Podridão Estilar (PE)

A podridão apical é uma desordem fisiológica que ocorre em tomates, também relacionada com a deficiência de cálcio, agravada pelo estresse hídrico. Corresponde ao colapso de células próximas ao terminal estilar, resultando no escurecimento do tecido logo abaixo da epiderme (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esta deficiência é caracterizada pelo aparecimento de tecido necrótico na parte distal do fruto (Figura 1) e geralmente começa a se desenvolver nas primeiras semanas após a antese (KINET; PEET, 1997).

A PA do tomate foi identificada como uma desordem fisiológica há 100 anos aproximadamente, e há 60 é chamada de desordem relacionada à deficiência de cálcio (MORALES, 2012). Em função da baixa disponibilidade do cálcio e/ou de água no sistema radicular, a complexidade dos fatores genéticos, anatômicos e ambientais determina se um fruto irá ou não desenvolver a PA (KINET; PEET, 1997).



Figura 1 Podridão apical (PA) em tomates do grupo Santa Cruz, cultivar Ibiza,

Os sintomas têm início nos frutos verdes com formação de áreas brancas ou marrons no tecido locular. Eles progridem na placenta, no caso da PA interna, ou no pericarpo na cicatriz floral, no caso da PA externa. Externamente no fruto surge um pequeno ponto encharcado na cicatriz floral ou próximo dela (INCAPER, 2010). Externamente, aparece como uma área de forma irregular marrom ou preta. Pode desenvolver-se durante a pré-maturação ou na maturação e as células afetadas entram em colapso e morrem (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quando há uma redução na absorção de água ou transpiração, há uma queda na absorção de Ca de forma proporcional. Essa perda de água por transpiração é aumentada pela diminuição da umidade relativa do ar (UR), especialmente quando há altas temperaturas e irradiância, o que provoca maior competição entre folhas e frutos, fazendo com que o nutriente não chegue de forma adequada ao fruto, devido à menor superfície transpirante dos mesmos em comparação com as folhas.

Embora essa deficiência possa ser causada pela falta de água ou um suprimento inadequado de Ca na zona radicular, a PA ocorre frequentemente quando a umidade e os níveis de Ca estão adequados, sendo que nessas

circunstâncias, as causas mais prováveis são uma pobre captação de Ca pelas raízes e/ou uma distribuição inadequada de Ca para o fruto no período de alta demanda de Ca (ADANS; HO, 1993).

A prevenção pode ser feita pela aplicação de compostos contendo cálcio durante o período de crescimento e realizando a irrigação regular das plantas (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo que a água deve ir para os frutos em oposição às folhas, prevenindo a transpiração excessiva e deve-se escolher cultivares menos suscetíveis a PA e tentar proporcionar taxa de crescimento do fruto de forma constante e relativamente lenta, evitando-se o desbaste acentuado de frutos no cacho (INCAPER, 2010).

2.3 Atributos de qualidade de frutos

A qualidade de frutos, hortaliças e frutíferas se resume em importantes atributos, dentre os quais se destacam a aparência, o “flavor”, a textura, o valor nutritivo e a segurança (VILAS BOAS, 1998). O processo de amadurecimento em tomates envolve uma complexa e coordenada série de mudanças na pigmentação, “flavor” e textura das atividades fisiológicas e bioquímicas dos frutos (LURIE et al., 1996).

O termo qualidade é um termo bastante abrangente e subjetivo, podendo assumir várias definições. Não é um atributo único e/ou bem definido, mas um conjunto de características. Do ponto de vista da ciência dos alimentos, a qualidade é composta pelas características que diferenciam unidades individuais de um produto, sendo significante a determinação do grau de aceitabilidade pelo comprador (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004).

Referindo-se à qualidade ótima dos vegetais, pode-se dizer que esta é atingida num determinado grau de amadurecimento ou desenvolvimento em que

a combinação de atributos físicos e componentes químicos apresenta o máximo de aceitação pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As características de qualidade de produtos hortícolas podem ser expressas pela aparência, que envolve, por exemplo, integridade, frescor, sabor e textura, características combinadas com outras propriedades físicas, químicas ou estéticas, visando relacionar a composição química com atributos sensoriais e nutricionais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esses atributos devem satisfazer a exigência do consumidor, onde a coordenada e harmônica reunião desses atributos caracteriza a qualidade dos alimentos. O comprometimento de qualquer um desses atributos afeta diretamente a qualidade e, conseqüentemente, o valor comercial dos alimentos (VILAS BOAS, 2006).

2.3.1 Aparência

A aparência é o fator de qualidade mais importante, que determina o valor de comercialização do produto (VILAS BOAS, 1998). A aparência é, normalmente, o primeiro atributo de qualidade avaliado pelo consumidor e leva em consideração, tamanho, formato, coloração, brilho, presença ou ausência de defeitos.

Clorofilas e carotenóides são os responsáveis pela coloração. Nos estádios iniciais as clorofilas fornecem a cor verde e com o amadurecimento, estas são degradadas e os carotenóides sintetizados. Nos tomates, os principais carotenóides são o licopeno (79 – 88%), pigmento majoritário e responsável pela cor vermelha, e o β -caroteno que representa cerca de 7% do teor total de carotenóides, responsável pela cor amarela. O teor de licopeno aumenta com a maturação dos tomates quando os cloroplastos se transformam em cromoplastos e há o aumento de sua síntese, resultando no aparecimento da cor vermelha

(RIBEIRO, 2012). O licopeno tem sua síntese e decomposição acentuadas entre as fases de maturação e senescência do fruto.

A mudança da coloração do tomate é considerada como índice de colheita. Desde que o fruto tenha completado seu desenvolvimento fisiológico, poderá ser colhido, mesmo que se apresente com a coloração verde-clara. O ponto de colheita determina maior ou menor resistência do fruto ao manuseio, sua capacidade de completar a maturação, sua aparência e qualidade (RIBEIRO, 2012)

A coloração dos frutos maduros do tomateiro pode variar do vermelho intenso ao vermelho-alaranjado ao amarelo, dependendo da razão licopeno/ β -caroteno. O tomate vermelho maduro em geral contém maior quantidade de licopeno do que de β -caroteno, o que resulta na cor vermelha predominante. A razão licopeno/ β -caroteno também está associada à presença da enzima *betaciclastase*, a qual participa da transformação do β -caroteno em licopeno e pode ser afetada pela presença de mutantes de coloração e de amadurecimento (ANDRADE, 2013).

A preferência por um dado tamanho de tomates varia entre consumidores, e depende de certa forma, do uso pretendido destes frutos, sendo que a faixa de tamanho de frutos varia entre cultivares (VILAS BOAS, 1998). Quando os frutos são colhidos verdes, os menores provavelmente são imaturos, logo, o amadurecimento e taxa de produção de etileno são altamente correlacionados com o tamanho do fruto, contudo, se os frutos são colhidos no estágio “breaker”, nenhum efeito do tamanho é notado sobre a taxa de amadurecimento no estágio maduro de mesa (GRIERSON; KADER, 1986).

2.3.2 Textura

Após a aparência visual, o mais importante fator na qualidade de tomates é a firmeza, uma variável da textura, que está intimamente ligada ao estágio de maturação. O amadurecimento dos frutos é um processo hábil que os habilita para o consumo, sendo que em frutos de tomateiro, como na maioria dos frutos, o amadurecimento é marcado por modificações texturais, associados ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução de sua firmeza (VILAS BOAS, 1998).

A textura indica a tolerância do fruto ao transporte e manuseio durante a colheita e comercialização. A firmeza afeta a suscetibilidade dos tomates a danos físicos, e, conseqüentemente, sua aptidão para comercialização (REZENDE et al., 2004). Mudanças na textura, em especial o amaciamento, juntamente com alterações no sabor e coloração, constituem-se nas principais alterações no processo de maturação de frutos do tomateiro (RIBEIRO, 2012). A perda progressiva de textura durante a maturação do tomate tem sido atribuída à redução na espessura das paredes celulares e à força coesiva que as mantém unidas, pela despolimerização de pectinas, celulose, hemicelulose e amido (REZENDE et al., 2004). A perda da firmeza é um processo que acompanha o amadurecimento dos frutos e é resultado de mudanças estruturais que ocorrem na parede celular. A parede celular é formada por 90 a 95% de carboidratos, entre eles a celulose, hemicelulose e a pectina, e de 5 a 10% de proteínas (GRIERSON; KADER, 1986).

As alterações da estrutura da pectina no amadurecimento do tomate decorrem da ação das enzimas pectolíticas poligalacturonase e da pectinametilesterase, a qual determina a extensão com que a pectina estará disponível à degradação pela poligalacturonase. A produção da enzima de solubilização da parede celular poligalacturonase durante o amadurecimento

desempenha um importante papel nas mudanças texturais (GRIERSON; KADER, 1986), e, além disso, sua ação na quebra de pectinas da parede celular é influenciada pelo pH e pelas condições iônicas do meio no local de atuação da enzima (RIBEIRO, 2012).

A qualidade textural de tomates é influenciada pela dureza da casca, firmeza da polpa e estrutura interna do fruto (taxa de material pericárpico/locular) que varia grandemente entre cultivares (VILAS BOAS, 1998).

A disponibilidade inadequada de cálcio para frutos de tomateiro implica em uma menor dureza da casca, o que gera uma insatisfação do consumidor, já que este busca fruto com maior firmeza para o consumo. A menor dureza nos frutos de tomateiro também pode prejudicar nos processos pós-colheita, uma vez que estes ficam mais propícios a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manipulação.

2.4 Mecanismos de amadurecimento de tomate associados ao amaciamento

O mecanismo pelo qual os frutos se amaciam não é completamente entendido. Tem sido sugerido que decréscimos na firmeza durante o amadurecimento de frutos são devido a alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede celular, cujos principais componentes são as substâncias pécticas, sendo estas, as principais responsáveis pelas mudanças de textura. A maioria dos consumidores prefere os frutos firmes que não perdem muito suco quando cortados e que não têm casca dura. A firmeza afeta a suscetibilidade dos tomates a danos físicos, e, conseqüentemente, sua aptidão para comercialização (VILAS BOAS, 1998).

Em tomates, como na maioria dos frutos, o amadurecimento é marcado por modificações texturais associadas ao metabolismo de carboidratos da parede

celular, que culminam com a redução da sua firmeza (VILAS BOAS et al., 2000).

O primeiro sinal detectável do amadurecimento é um incremento na produção de etileno, que ocorre um ou dois dias antes de qualquer sinal visível de mudança de cor. A ascensão respiratória mostrada pelo tomate parece ser uma resposta à incrementada síntese de etileno. Com relação à coloração do fruto observa-se uma degradação da clorofila e um acúmulo de β -caroteno e licopeno nos plastídeos à medida que eles são convertidos em cromoplastos. As modificações texturais são determinadas por uma redução nos teores de galactana, arabinana, e poliuronídeos da parede celular; solubilização de complexos da pectina com cálcio, particularmente a solubilização e parcial despolimerização de poliuronídeos, processos estes mediados por um aumento na atividade de enzima poligalacturonase (VILAS BOAS et al., 2000).

2.4.1 Compostos químicos da parede celular e suas principais enzimas

O amaciamento é uma das mais importantes modificações normalmente observadas durante o amadurecimento de frutos. Acredita-se que essas mudanças texturais resultem, primariamente, de mudanças na estrutura da parede celular (PC) (VILAS BOAS, 1998).

O conhecimento da estrutura da parede celular é importante para a tecnologia pós-colheita e para a definição de procedimentos na transformação industrial de produtos vegetais. A definição de uma estratégia para promover um amadurecimento uniforme para o consumo in natura depende do conhecimento das reações bioquímicas que ocorrem nesses componentes das células (GONÇALVES et al., 2006).

As células da parede celular de todas as plantas examinadas até então possuem glicoproteínas ricas em hidroxiprolinas, indicando que essas glicoproteínas são de fundamental importância (MILLER et al., 1974).

A PC constitui-se numa amálgama entre celulose, hemicelulose, substâncias pécnicas, proteínas, lignina, água, substâncias incrustantes como cutina e suberina e certos compostos inorgânicos que variam entre espécies vegetais, tipos de células e mesmo entre células vizinhas (VILAS BOAS, 1998).

As aparentes mudanças no peso molecular de polímeros da PC que acompanham o amadurecimento de frutos implicam na ação de enzimas capazes de degradar componentes específicos da parede. Estudos têm se prendido, relativamente, a poucas enzimas que se acumulam em altos níveis em frutos, tais como: pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e celulasas (VILAS BOAS, 1998).

A seguir, uma descrição dos principais constituintes da parede celular e suas principais enzimas serão apresentadas.

2.4.1.1 Celulose

A celulose é o carboidrato mais abundante na natureza, estando presente em quantidades de 20-40% da matéria seca de todas as plantas superiores. É insolúvel em água e constituído por cadeias lineares que contém três a cinco mil resíduos de D-glicose unidos por ligações β -(1 \rightarrow 4), que constitui o arcabouço esquelético que dá suporte às outras molécula da parede celular primária. Pode ser encontrada nas formas amorfa e cristalina sendo esta última livre de lignina e hemicelulose. Devido a sua linearidade e a sua natureza estereoregular, as moléculas de celulose se associam entre si formando grandes fibras de policristalinos chamadas de microfibrilas, que são unidas através de pontes de hidrogênio intra e intermoleculares (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

Embora se possa antecipar que mudanças celulares estejam associadas com amaciamento do fruto durante o amadurecimento, parece que esta suposição não é verdadeira. Observações ultra-estruturais têm documentado a aparente dissolução da rede fibrilar da PC no amadurecimento de abacate, pera e maçã, e esta dissolução poderia ser reproduzida pelo tratamento de tecidos de frutos com células fúngicas “*in vitro*”. Sugeriu-se esta dissolução como resultado da atividade celulolítica, mas análises químicas de níveis de glucana celulósica indicando que níveis de celulose permaneceram constantes ou mesmo incrementaram levemente durante o amadurecimento de pera e tomate, não suportam essa visão. É possível que as mudanças ultra-estruturais observadas tenham resultado da atividade celulolítica que não solubilizou completamente a celulose da PC. Alternativamente, as mudanças ultra-estruturais podem ser resultado da degradação de um componente da matriz não celulósica que culminou na perda da organização microfibrilar (VILAS BOAS, 1998).

2.4.1.2 Hemicelulose

Hemiceluloses são polissacarídeos compostos por açúcares neutros, cujo maior constituinte em plantas dicotiledôneas é a xiloglucana (BRUMMEL et al., 1999). Hemicelulose, que também se refere à glicanos de ligações cruzadas, são conhecidas pela capacidade de realizar ligações de hidrogênio a superfícies microfibrilares e proporcionam uma estrutura molecular de suporte de cargas para as paredes celulares primárias e secundárias (ORDAZ-ORTIZ; MARCUS; KNOX, 2009). Todos os modelos de PC colocam a celulose associada a uma camada de hemicelulose fortemente ligada por pontes de hidrogênio à suas superfícies microfibrilares (KEEGSTRA et al., 1973).

Modificações da estrutura hemicelulósicas associadas ao amadurecimento têm sido documentadas em diferentes frutos, incluindo o

tomate. O amaciamento dos frutos durante seu amadurecimento implica em modificações de polissacarídeos de parede celular. Modificações nos açúcares neutros, ácidos urônicos e teor de proteínas na parede celular de tomates durante seu amadurecimento foram caracterizados (VILAS BOAS, 1998).

A perda líquida de açúcares de parede implica em que os polímeros de origem sejam metabolizados de forma que não permaneçam como componentes da parede isolada. Torna-se difícil interpretar se mudanças observadas no teor de açúcares neutros representam o “turnover” de hemicelulose ou a degradação de poliuronídeos ricos em açúcares neutros. Xilose e glicose são os açúcares neutros mais abundantes nas paredes celulares de tomates (VILAS BOAS, 1998).

2.4.1.3 Pectinas

Os compostos pécticos são encontrados, em sua grande maioria, na matriz e na lamela média da parede celular dos vegetais. Constituem, junto com as hemiceluloses, os polissacarídeos da matriz da parede celulósica (WASCHECK et al., 2008).

Pectinas são ácidos pectínicos solúveis em água, com os grupos carboxilas do ácido galacturônico variavelmente esterificados com metanol. A molécula de pectina pode não estar apenas esterificada por metanol, mas em algumas formas, sendo que determinados grupos hidroxílicos da cadeia de ácido galacturônico podem estar acetilados e amidados, parâmetro este que define o grau de acetilação e amidação da pectina, respectivamente, que também influencia nas suas propriedades funcionais. As substâncias pécticas ocorrem sem exceção na parede celular primária e na lamela média das células vegetais. A seiva da planta usualmente contém apenas traços das substâncias pécticas dissolvidas. Há relatos também da presença de pectinas no citosol da célula

vegetal. As pectinas encontram-se naturalmente em associação com a celulose e hemicelulose, que auxiliam na adesão entre as células, sendo considerada a pectina, o principal agente cimentante da parede celular, contribuindo desta forma para firmeza, resistência mecânica e coesividade do tecido (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

As substâncias pécticas consistem e uma cadeia principal de α -1,4 galacturonana com resíduos ramnosil 2- e 2,4- ligados. 50 a 60% dos grupos carboxílicos são metoxilados, sendo que o cálcio pode formar pontes inter e intramoleculares. Uma proporção dos resíduos ramnose se liga às cadeias laterais de açúcares, tais como a galactose, ou arabinose. As pectinas têm sido tratadas geralmente como polímeros compreendidos de um segmento de espécies de diferentes tamanhos moleculares (VILAS BOAS, 1998).

Inúmeros trabalhos têm se dedicado a elucidar os mecanismos responsáveis pelas mudanças na firmeza que ocorrem durante a pós-colheita. Até o momento acredita-se que estas alterações são conseqüências das modificações dos polissacarídeos da parede celular, principalmente na pectina e na hemicelulose. A pectina, durante o amadurecimento, sofre solubilização, despolimerização e desmetoxilação, e assim como a celulose e a hemicelulose é susceptível a hidrólise química e/ou enzimática com subseqüente produção de oligossacarídeos de diferentes tamanhos e composição (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

As substâncias pécticas constituem-se na classe de polissacarídeos da parede celular que sofre a mais marcante modificação durante o amadurecimento de tomates. A solubilização e despolimerização das substâncias pécticas, normalmente, acompanham o amaciamento de tomates durante seu amadurecimento. Com o amadurecimento, os poliuronídeos da parede celular de tomates aumentam a sua solubilidade em água, em resposta a sua

despolimerização, o que culmina no amaciamento dos frutos (VILAS BOAS, 1998).

A suscetibilidade de pectinas à extração por quelantes indica que ligações cruzadas covalentes a polímeros insolúveis foram clivadas e que o polímero péctico permanece ligado somente por pontes iônicas, presumivelmente ligações cruzadas com o Ca^{2+} , a polímeros galacturônicos adjacentes. Durante o amadurecimento de muitos frutos, notadamente tomate, maçã e pera, existe um aumento drástico em pectinas solúveis em água e quelantes. Essa observação sugere que polímeros pécticos sejam clivados a partir de ligações cruzadas covalente na PC (VILAS BOAS, 1998).

O cálcio é um mineral importante na manutenção de estabilidade da parede celular em função de sua associação com substâncias pécticas. Ele se liga covalentemente às pectinas dando origem ao pectato de cálcio, que restringe a ação da poligalacturonase (PG) e pectinametilsterase (PME), e conseqüentemente o amaciamento dos frutos (VILAS BOAS, 1998). Os vegetais verdes são mais ricos em pectina total, sendo que a grande concentração de PG, responsáveis pelo amadurecimento dos frutos, degrada a pectina facilmente nos frutos maduros, transformando-as em pectina solúvel (WASCHECK et al., 2008).

Com o processo de maturação ocorre um aumento da pectina solúvel, ácidos pécticos e pectato de cálcio, o qual é normalmente acompanhado da diminuição da protopectina, indicando que as pectinas solubilizadas são originadas de polímeros mais firmemente integrados a parede celular e possivelmente também a hemicelulose. O aumento na solubilização e despolimerização é geralmente correlacionado com a diminuição da firmeza do tecido e conseqüentemente considerado parte importante do processo de maturação (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

2.4.1.4 Principais enzimas

Durante o amadurecimento e operações manuais, tomates estão sujeitos a diferentes injúrias mecânicas, como cortes, punções, além de impactos, compressões e vibrações. Danos físicos têm sido associados a uma maturação prejudicada que conduz ao desenvolvimento de desordens fisiológicas (MORETTI; SARGENT; HUBBER, 1998).

Diferentes complexos enzimáticos atuam nas paredes celulares dos tecidos vegetais, tanto na fase de desenvolvimento quanto de amadurecimento, causando modificações nas suas propriedades texturais. No amadurecimento de frutos, por exemplo, o amaciamento dos tecidos é decorrente da ação de enzimas despolimerizantes, desmetoxilantes e hidrolíticas, como enzimas pécticas, em conjunto com celulases, hemicelulases, β -galactosidases, entre outras. Entre elas, destacam-se as enzimas pécticas ou pectinolíticas, as quais catalisam a degradação de macromoléculas das pectinas constituídas por unidade de ácido galacturônico (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A solubilização de substâncias pécticas de tomate tem sido associada à hidrólise mediada pela enzima poligalacturonase (PG) e a extensão da liberação de poliuronídeos por PG parece ser dependente do estágio do desenvolvimento do fruto (VILAS BOAS et al., 2000). As pectinas são secretadas à parede celular numa forma metilesterificada, onde são desesterificadas pela pectinametilesterase (PME) e tornam-se disponíveis para ligações cruzadas intermoleculares mediadas pelo cálcio (Ca^{2+}). A PG é mais ativa na degradação de pectinas desmetiladas que metiladas. Portanto, PME, uma enzima que catalisa a desmetilação do grupo carboxílico C_6 de resíduos galacturonosil, pode desempenhar um importante papel na determinação da extensão à qual a pectina é acessível à degradação por PG, estando envolvida no processo de amaciamento (VILAS BOAS, 1998).

A PME tem papel importante no amaciamento dos frutos pelo aumento “*in vivo*” da suscetibilidade das pectinas à PG durante o amadurecimento (RESENDE et al., 2004) e esta tem sido constantemente relacionada com degradação das substâncias pécticas da lamela média da célula, componente da parede celular que atua como agente cimentante fazendo a ligação entre as células e pode também controlar os movimentos de materiais solúveis. A PG é outra enzima relacionada ao processo de degradação das substâncias pécticas, e tem sido sugerido que em frutos em maturação, a PME prepara a parede celular para a hidrólise a ser ocasionado pela PG (APONTE; GUADARRAMA, 2003).

Entre as enzimas degradantes das paredes celulares, a atividade da PG é a mais utilizada na avaliação da perda de firmeza dos tecidos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A maior suscetibilidade das paredes celulares de tomates à ação da PG durante o amadurecimento é devida à ação de PME (KOCH; NEVINS, 1989). É possível que PME e PG ocupem diferentes sítios na parede celular e lamela média, logo, adicionando um posterior ponto de controle sobre suas atividades (VILAS BOAS, 1998).

A PG é considerada elemento chave na despolimerização da maioria dos frutos. Ela atua clivando as ligações endo- e exo- α -(1 \rightarrow 4) dos ácidos galacturônicos, e sua atividade aumenta significativamente durante o amadurecimento levando a diminuição de tamanho e massa molecular das pectinas e ácido pécticos. Em tomates, observa-se uma acentuada atividade da PG especificamente a endo-PG que tem capacidade de solubilizar a maior parte das pectinas, e assim, passou-se a considerar que esta seria a principal enzima responsável pelo amolecimento (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

A PME, na maioria dos frutos, pode ser dividida em duas porções (PME I e PME II) as quais têm sido consideradas isoenzimas. Ambas atuam em pH ótimo 8,0 a 35°C e são ativadas por cátions, sendo os mais efetivos os cátions divalentes como Ca^{2+} . metilesterificação pode impedir a degradação das pectinas

mediada por PG na parede celular de alguns frutos, e que uma parcial desesterificação por PME é necessária para que a PG possa realizar uma contínua despolimerização. Portanto o grau de metilesterificação das pectinas pode ser um fator de regulação do processo de maturação (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

2.4.2 Atividade antioxidante

Nos últimos anos, uma atenção crescente tem sido dedicada ao papel da dieta na saúde humana. Vários estudos epidemiológicos indicaram que a alta ingestão de produtos vegetais está associada com uma redução no risco de uma variedade de doenças crônicas como aterosclerose e câncer. Estes efeitos têm sido particularmente atribuídos aos compostos que possuem atividade antioxidante (SILVA et al., 2010).

Antioxidantes são agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. Uma ampla definição de antioxidante é qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada ao substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995). O importante papel do tomate na prevenção de doenças cardiovasculares e câncer são atribuídos a presença dessas substâncias antioxidantes (ABREU; BARCELOS, 2012).

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos. As propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de seqüestrar os radicais livres (DECKER, 1997). Os compostos fenólicos, constituintes de um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, são produtos secundários do metabolismo vegetal que apresentam em sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas, o que possibilita atuarem como agentes redutores,

exercendo proteção ao organismo contra o estresse oxidativo. Além de diversos fenólicos, vitaminas C, E e o β -caroteno são excelentes antioxidantes, capazes de seqüestrar os radicais livres com eficiência (RIBEIRO, 2012).

A eficácia da ação antioxidante dos componentes bioativos depende da sua estrutura química e da concentração destes fitoquímicos nos alimentos. O teor destes fitoquímicos em vegetais é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, além de grau de maturação e variedade da planta, entre outros (MELO et al., 2006).

O importante papel do tomate na prevenção de doenças cardiovasculares e câncer são atribuídos a presença dessas substâncias antioxidantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução dos experimentos

O experimento foi conduzido em cultivo protegido na empresa Hortiagro Sementes e as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de pós-colheita de frutas e hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais.

3.2 Tratamentos avaliados

A cultivar selecionada foi a Ibiza, do grupo Santa Cruz, adquiridas junto à empresa Hortiagro. A semeadura do tomateiro ocorreu no final do mês de janeiro de 2014 em bandejas de 200 células, e as mudas foram posteriormente transplantadas para vasos de 5 litros assim que atingiram o tamanho ideal, 40 dias após a semeadura, e os frutos foram avaliados nos estádios fisiológicos “Breaker”, “Vermelho Claro” e “Vermelho Escuro”.

O substrato utilizado na fase de preparação das mudas foi o “HS Hortaliças”, composto por casca de pinus bioestabilizada, turfa vegetal, vermiculita expandida, fibra de coco, corretivos de acidez e adubo super fosfato simples em pó, com adição de NPK e micronutrientes. O substrato utilizado nos vasos foi composto por terra de subsuperfície (180 litros) e areia (90 litros), obedecendo a proporção 2:1, 25 kg de substrato “Provaso”, 4 kg de adubo 4-14-8 (N-P-K) e 25 kg de calcário, se aproximando ao máximo do usado normalmente nos campos de produção de tomateiros. Amostras do substrato foram submetidas à análise de solo para posterior correção (Tabela 1).

Tabela 1 Resultado da análise de solo realizada no laboratório de análises dos solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para o substrato utilizado nos vasos na condução de experimento com tomateiros

Protocolo	Identificação Amostra			Ph (KCl)		pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
							mg/dm ³				Cmol/dm ³		
1223	SB	t	T	V	m	M.O.	616,00	502,9	-	10,7	3,7	0	2,32
							P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	15,98	15,98	18,3	87,3	0	1,75	21,55	9,3	33,9	44,6	2,4	1,3	140,37

Foram avaliadas três doses de Calmax Ultra® (0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose recomendada comercialmente – 3,0l/ha) e uma fonte alternativa de cálcio (carbonato de cálcio 25%). A aplicação da quantidade de produtos aplicados foi calculada de acordo com o indicado para cada um dos mesmos (Tabela 2) e aplicada com pulverizador manual. As doses aplicadas foram diluídas em um volume fixo de 1,2 litros, calculado com base em um volume de 1.000 litros de água por hectare, diluição esta recomendada pelos fabricantes dos produtos. Dessa forma, cada bloco recebeu 0,4 litros de calda e cada planta recebeu 0,05 litros de calda.

Tabela 2 Doses de Calmax Ultra® e Super Cal a serem utilizadas no experimento com base na recomendação dos produtos de acordo com o número de plantas/ha e sua relação com a área a ser utilizada no experimento

Produto	Nº Plantas/ha	Dose/ha	Nº Plantas/área experimental	Dose Produtos/área experimental
Testemunha	20.000	0,0ml/ha	24	0,0
Calmax Ultra® 0,5	20.000	1.500ml/ha	24	2,4
Calmax Ultra® 1,0	20.000	3.000ml/ha	24	4,8
Calmax Ultra® 1,5	20.000	4.500ml/ha	24	7,2
Cal Super	20.000	2.000ml/ha	24	2,0

Os produtos foram aplicados após a antese e a aplicação se repetiu duas vezes durante o período de avaliação do experimento.

A adubação de cobertura foi fornecida por fertirrigação durante o ciclo da cultura de acordo com recomendação para cultivo em ambiente protegido (Tabela 3), sem a aplicação de produtos a base de cálcio, sendo este fornecido exclusivamente em forma de aplicação foliar dos produtos a serem testados.

Tabela 3 Adubação de cobertura para a cultura do tomate utilizando recomendação para cultivo protegido (fertirrigação)

MISTURAS	ÉPOCA DE APLICAÇÃO	ADUBOS	% DE CADA	G/M ² /SEMANA
Primeira	1 ^a a 4 ^a semanas	MAP	70%	4,50g/m ²
		KNO ₃	30%	
Segunda	5 ^a a 8 ^a semanas	MAP	50%	4,00g/m ²
		KNO ₃	40%	
		Uréia	10%	
		MAP	20%	
Terceira	9 ^a a 12 ^a semanas	KNO ₃	70%	4,00g/m ²
		Uréia	10%	
		MAP	20%	
Quarta	13 ^a a 16 ^a semanas	KNO ₃	85%	3,30g/m ²
		Uréia	15%	

O experimento foi composto por cinco doses (testemunha; fonte alternativa de cálcio; 0,5, 1,0 e 1,5 vezes a dose comercial recomendada de Calmax Gold®) com três repetições por tratamento e parcelas de oito plantas, totalizando 120 plantas. As plantas foram dispostas em espaçamento de 0,5 m dentro das linhas por 1,0 m entre linhas e tutoradas com bambu e amarrido com fitilhos conforme o crescimento das plantas.

A escolha dos frutos avaliados nos estádios “Breaker”, Vermelho Claro e Vermelho Maduro (Figura 2), foi determinada por meio de análises com colorímetro e de acordo com a coordenada a*, que avalia quanto mais verde ou vermelho está o fruto na escala CIELAB:

- a) Breaker: a* = 9,00 (± 2,00)
- b) Vermelho Claro: a* = 20,00 (±2,00)
- c) Vermelho Escuro: a* = 28,00 (±2,00)



Figura 2 Estádio de maturação dos tomates analisados. Da esquerda para direita: Breaker; Vermelho Claro; Vermelho Escuro

Os frutos colhidos no estágio Breaker foram provenientes do primeiro e segundo cacho da planta. Esses frutos colhidos foram analisados neste primeiro estágio de maturação e os demais, armazenados em sala à temperatura constante de 22°C (+/- 1,0°C) até atingirem os demais estádios de maturação. Foram utilizados quatro (4) frutos de cada tratamento para cada estágio de maturação, totalizando 12 frutos por tratamento e um mínimo de 300 g para futuras análises físico-químicas.

3.2.1 Características dos produtos a serem testados

Os produtos testados e estudados tiveram como princípio ativo o nitrato de cálcio, o Calmax Ultra® (Tabela 4) e carbonato de cálcio, o Cal Super (Tabela 4), com valores e garantias fornecidos pelas empresas fabricantes.

Tabela 4 Garantias do produto Calmax Ultra® utilizado como fonte de cálcio

GARANTIA	% (Peso/Peso)	% - g/l (peso/volume)
Nitrogênio (N)	9,80 %	14,60% - 146g/l
Cálcio (Ca)	10,40%	15,49% - 154,9g/l
Magnésio (Mg)	1,20%	1,78% - 17,8g/l
Boro (B)	0,05%	0,07% - 0,7g/l
Molibdênio (Mo)	0,01%	0,014% - 0,14g/l
Cobre (Cu)	0,05%	0,07% - 0,7g/l
Manganês (Mn)	0,10%	0,14% - 1,4g/l
Ferro (Fe)	0,05%	0,07% - 0,7g/l

Obs.: Densidade: 1,49g/ml

Tabela 5 Garantias do produto Super Cal utilizado como fonte de cálcio

GARANTIA	% (Peso/Peso)	% - g/l (peso/volume)
Cálcio (Ca)	25,00%	41,00% - 410g/l

Obs.: Contém ativo ensoativo aniônico, espessante toxitrópico
 Corretivo de acidez: Carbonato de cálcio 62%.
 Densidade: 1,65g/cm³

3.3 Análises físicas e químicas

3.3.1 Vida pós-colheita

Determinada, em dias, em função do tempo gasto pelos frutos para atingirem os respectivos estádios de maturação (vermelho claro e vermelho escuro), a partir do estágio “breaker”.

3.3.2 Incidência de podridão apical (PA)

Foi contado o número de frutos com incidência de podridão apical e comparados com o total de frutos de cada parcela. O resultado foi fornecido em % de incidência de podridão apical.

3.3.3 Firmeza

Foi determinada com auxílio de penetrômetro McCormick com pontas de 8,0 mm de diâmetro. As medidas foram realizadas após remoção criteriosa da casca na região equatorial do fruto. Foram feitas duas leituras por frutos, evitando-se as paredes radiais, por visualização das linhas que saem da região apical. Os resultados foram expressos em N.

3.3.4 Coloração

Determinada em quatro pontos distintos da casca do fruto, utilizando-se o colorímetro Minolta CR.400, com a determinação no CIE $L^*a^*b^*$. A coordenada L^* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a^* pode assumir valores 80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente. A variável b^* , com intensidade de azul ao amarelo, pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo), sendo estas variáveis utilizadas para cálculos que permitem a obtenção das coordenadas cilíndricas que são ângulos de cor ou tonalidade (h°) que identificam a cor em um ângulo de 360° e croma (C) que representa a pureza de cor (McGUIRE, 1992).

3.3.5 pH

O pH foi determinado utilizando um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica da Association of Official Agricultural Chemists (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC, 2002).

3.3.6 Acidez titulável (AT)

Medida por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína de acordo com Instituto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

3.3.7 Sólidos solúveis (SS)

Medidos por refratometria, utilizando o refratômetro digital ATAGO PR-1000, com compensação de temperatura automática a 25°C e os resultados expressos em %, conforme AOAC (2002).

3.3.8 Pectinas total e solúvel

Extraídas de acordo com as técnicas de McCride e McColomb (1952) e seus teores determinados espectrofotometricamente a 530 nm, segundo Bitter e Muir (1973). Os resultados foram expressos em mg de pectina por 100 g de polpa.

3.3.9 Extração enzimática

Realizada segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978), com modificações (VILAS BOAS, 1995). Tecido pericárpico foi triturado em politron com água destilada resfriada (temperatura menor que 4°C). O homogenato foi filtrado em tecido fino (organza) e o resíduo ressuspendido em NaCl 1M resfriado. O pH foi ajustado para 6,0 com NaOH 1N e o novo homogenato foi incubado a 4°C por 1 h. Nova filtragem, em gaze, foi realizada

sendo o filtrado centrifugado a 5000 rpm, por 30 min, a 4°C. O sobrenadante resultante foi, então, filtrado com auxílio de papel filtro, e o novo filtrado utilizado para determinação da atividade enzimática.

3.3.10 Atividade de pectinametilesterase (PME)

Determinada segundo técnica de Boucher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O dosamento foi realizado com modificações de Vilas Boas (1995). 5 mL do extrato enzimático foram adicionados sobre 30 mL de pectina cítrica 1% em NaCl 0,2 M. O pH da solução foi mantido em 7,0 por 10 min com NaOH 0,01N. Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μmol de NaOH. $\text{min}^{-1}.\text{g}^{-1}$ massa fresca, sob as condições de ensaio.

3.3.11 Atividade de poligalacturonase (PG)

Realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O dosamento foi realizado segundo Markovic, Heinrichová e Lenkey (1975). A atividade enzimática está expressa em ηmol de ácido galacturônico por grama de polpa por minuto.

3.3.12 Determinação da atividade antioxidante

Baseada na extinção de absorção do radical 2,2-difenil-1-1-picril-hidrazil (DPPH 60 μM) segundo Rufino et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo através da fórmula: %SLR= [(Abs. Controle – Abs. Amostra) / Abs. Controle] x 100, onde foi calculada a quantidade em gramas de

DPPH/grama do fruto, de acordo com a equação da reta, obtida da curva padrão com concentrações de DPPH que variam de 0 a 60 μmol .

3.3.13 Determinação de compostos fenólicos

Para a quantificação estimada de compostos com capacidade redutora, dentre os quais os compostos fenólicos, presentes nas frações da polpa, foi empregado o método espectrofotométrico (750 nm), utilizando o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002) onde tem como princípio a redução de fosfotungstato-fosfomolibidato em solução alcalina pelos compostos benzênicos polihidroxilados formando o azul de molibdênio que será mais intensa quanto maior o número de hidroxilas presentes.

3.3.14 Extração da parede celular

A parede celular foi extraída do material, pesando 50 g e triturada em homogeneizador de tecidos (tipo politron) com 200 ml de álcool 92,8%. Em seguida filtra-se em organza lavando-se com álcool 92,8% duas vezes, logo após, com álcool etílico absoluto e finalmente com acetona P.A.

3.3.15 Determinação de celulose

Foram tomados 50 mg (0,05 g) do material extraído da parede celular, colocados em 5 ml de H_2SO_4 72% e deixados em repouso por duas horas. Terminado o tempo foi completado para 50 ml com água destilada, filtrado e foi determinado pelo método da antrona (BITTER; MUIR, 1973), e os resultados expressos em porcentagem de celulose na parede celular.

3.3.16 Determinação de hemicelulose

Foram pesados 50 mg (0,05 g) do material extraído da parede celular, colocados em 10 ml de ácido trifluoracético T.F.A. 2N e levados em banho maria a 120° por duas horas. Em seguida foi completado o volume para 50 ml com água destilada e filtrado. Foi tomado 1 ml para doseamento e determinação realizada pelo método da antrona (DISCHE, 1962).

3.3.17 Determinação de pectina

Foram tomados 50 mg (0,05 g) do material extraído da parede celular e colocados em 5 ml de H₂SO₄ 72%, deixados em repouso por duas horas. Terminado o tempo foi completado para 50 ml com água destilada, filtrado e determinado pelo método do carbazol (BITTER; MUIR, 1973).

3.3.18 Determinação de Ca ligado à parede celular

Foram tomados 500 mg (0,05g) do material extraído da parede celular para cada parte do fruto a ser analisado (epiderme, mesoderme e endoderme). Foram adicionados 6 mL de ácido nitroperclórico (2:1), digeridos em bloco de gesso a temperatura de 240°C, e completados para 15 g com água destilada. A determinação foi realizada por absorção atômica, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.3.19 Determinação de Ca total

As partes do fruto a serem analisadas (epiderme, mesoderme e endoderme) foram secas em estufa a 65°C. Foram tomados 500 mg (0,05 g) do

material seco, adicionados 6 mL de ácido nitroperclórico (2:1), digeridos em bloco de gesso a temperatura de 240°C, e completados para 15 g com água destilada. A determinação foi realizada por absorção atômica, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.3.20 Açúcares totais

Açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). A leitura será realizada em espectrofotômetro Beckman 640B, com sistema computadorizado. Os resultados serão expressos em porcentagem (g/100g de polpa).

3.4 Estatística

As análises de variância dos caracteres avaliados foram realizadas no programa SISVAR (FERREIRA, 2008) e o delineamento usado foi o de blocos casualizados (DBC) simples para as variáveis: vida pós-colheita, produção e incidência de podridão apical. O delineamento utilizando o DBC em fatorial 3 (estádios de maturação) x 5 (doses utilizadas) foi utilizado para as variáveis: massa, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal; firmeza; coloração, pH, acidez titulável (AT); sólidos solúveis (SS); pectinas total e solúvel; atividade de polimetilesterase (PME); atividade de poligalacturonase (PG); atividade antioxidante; compostos fenólicos; celulose; hemicelulose; pectina e açúcares totais. Para as variáveis cálcio total e cálcio ligado à parede celular, o delineamento experimental foi o de DBC em fatorial 3 (estádios de maturação) x 3 (partes do fruto) x 5 (doses utilizadas). Todos os delineamentos foram realizados ao nível de 5% de significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (1953).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Vida pós-colheita

Com relação à vida pós-colheita, não houve diferença significativa entre os tratamentos para atingirem o estágio vermelho claro, sendo a média geral dos tratamentos de 6,78 dias. Já para o atingirem o estágio vermelho escuro, houve diferença significativamente entre os tratamentos (Tabela 6), sendo que o tratamento 1,5 x a dose recomendada apresentou média superior aos demais tratamentos (10,67 dias), com uma diferença de dois dias com relação à testemunha que apresentou a menor média (8,67 dias).

Tabela 6 Médias dos tratamentos analisados para vida pós-colheita nos estádios de amadurecimento vermelho claro e vermelho escuro (dias)

Tratamentos	Amadurecimento	Amadurecimento
	Vermelho Claro (dias)	Vermelho Escuro (dias)
Testemunha	6,17 ^a	8,67 b
0,5 x dose recomendada	6,58 ^a	9,75ab
1,0 x dose recomendada	7,00a	9,50ab
1,5 x dose recomendada	7,25 ^a	10,67a
Tratamento Alternativo	6,92 ^a	10,00ab

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A extensão na vida pós-colheita pode ser usada com uma importante aliada na minimização de perdas pós-colheita de tomates, que podem chegar a 50% em países em desenvolvimento (KAYS, 1991), dando maior flexibilidade para produtores, intermediários, varejistas e consumidores durante o transporte, armazenamento, comercialização e consumo dos frutos.

A atividade respiratória continua ocorrendo mesmo os produtos sendo retirados da planta-mãe. A suplementação com cálcio tem minimizado os efeitos da respiração e intensificado o prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças, pois este nutriente é capaz de reduzir a respiração, retardar o amadurecimento, evitar a incidência de patógenos, aumentar a firmeza, reduzir as perdas de água e, conseqüentemente prolongar a vida de armazenamentos de alguns vegetais (SCALON; VIEIRA; ZÁRATE, 2002).

Deve-se ressaltar que o potencial pós-colheita de frutas e hortaliças está intimamente ligada com fatores pré-colheita como a escolha do híbrido ideal, condições edafoclimáticas, interações bióticas e práticas culturais; colheita adequada; e manipulação adequada durante a pós-colheita (VILAS BOAS, 1998).

Dessa forma pode-se supor que dois dias a mais na vida de prateleira dos frutos tratados com 1,5 x a dose recomendada é um atributo desejável para produtores, varejistas e consumidores.

4.2 Incidência podridão apical

Para a variável incidência de podridão apical, houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Com aplicação de Calmax Ultra® 1,5 x a dose recomendada não apresentou frutos com incidência de podridão apical, diferenciando-se dos demais. A testemunha apresentou o maior número de frutos com PA (Tabela 7).

Tabela 7 Médias dos tratamentos analisados para incidência de podridão apical (frutos. parcela⁻¹)

Tratamentos	Médias
1,5 x dose recomendada	0,00 d
1,0 x dose recomendada	4,48 c
0,5 x dose recomendada	5,50 c
Tratamento Alternativo	8,13 b
Testemunha	10,36 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A PA está entre os principais problemas da cultura do tomateiro reduzindo significativamente a produção. O uso de uma adubação eficiente e correta usando produtos que superam a necessidade de cálcio nos frutos é necessário para evitar estas perdas.

4.3 Coloração

Para a variável coloração, baseada nos parâmetro L**, a*, b*, c* e h°, houve diferença significativa somente entre os estádios de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (Tabela 8), o que demonstra heterogeneidade entre os frutos colhidos para as análises, levando em consideração o índice a*, que avalia o quanto mais verde ou vermelho o fruto se encontra.

Tabela 8 Médias dos índices L*, a*, b*, c* e h° em relação aos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Parâmetros de Coloração				
	L*	a*	b*	c	h
Vermelho Escuro	41,90 c	28,27 a	18,61 b	33,85 a	33,42 c
Vermelho Claro	47,78 b	20,80 b	23,97 a	31,76 b	49,04 b
Breaker	61,84 a	-7,29 c	24,67 a	24,79 c	253,54 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A diferença na coloração entre os estádios estudados ocorreu devido aos diferentes tempos de maturação em que os frutos foram analisados: “breaker”, vermelho claro e vermelho escuro.

Embora o cálcio esteja envolvido com maiores firmezas de frutos e maior durabilidade pós-colheita, este não possui papel direto na síntese do licopeno durante os estádios de amadurecimento do fruto.

4.4 pH

A variável pH foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (Tabela 9). Os frutos no estágio de maturação vermelho escuro apresentaram maiores médias de pH em comparação aos demais que não diferiram entre si.

Tabela 9 Médias de pH nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	pH
Vermelho Escuro	4,56 a
Vermelho Claro	4,38 b
Breaker	4,35 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

O pH influencia o sabor dos produtos e os valores encontrados encaixam na faixa de 4 a 4,7 apresentada por Davies e Hobson (1981), Ferreira et al. (2004; 2010) e Vilas Boas et al. (2014). O aumento na acidez em função do grau de maturação pode ser explicado devido ao consumo de ácidos orgânicos predominantes na composição do tomate, que causa aumento de pH e decréscimo na acidez.

4.5 Acidez titulável

A variável acidez titulável foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (Tabela 10). Os frutos no estágio de maturação “breaker” e vermelho claro não diferiram entre si e apresentaram maiores médias de acidez titulável em comparação ao estágio vermelho escuro, que apresentou menor média.

Tabela 10 Médias de acidez titulável (%) nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	Acidez Titulável
Breaker	0,39 a
Vermelho Claro	0,36 a
Vermelho Escuro	0,28 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Tomates para consumo fresco devem apresentar acidez titulável total (ATT) superior a 0,32%. A ATT dos frutos analisados no presente experimento apresentou-se superior à recomendação mínima de qualidade sugerida por Kader et al. (1977) e observada por Ferreira (2008) nos estádios de maturação “breaker” e vermelho claro, mas inferior no estágio de maturação vermelho escuro, com valores próximos aos observados por Ferreira et al. (2010).

4.6 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis (SS) variaram significativamente, em função da interação doses dentro dos estádios de maturação (Tabela 11). No estágio “breaker” apenas o tratamento 0,5 x a dose recomendada diferiu da testemunha. Este tratamento apresentou maior teor de sólidos solúveis, não variando nos frutos vermelho claro em função dos tratamentos. O teor de SS dos frutos vermelho escuro não diferiu entre testemunha e demais tratamentos. Entretanto,

maior teor de SS foi observado nos frutos oriundos de plantas que receberam 1,0 x a dose recomendada, em comparação àqueles que receberam 0,5 e 1,5 x dose, bem como o tratamento alternativo.

Tabela 11 Médias dos tratamentos avaliados sólidos solúveis (°B) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	3,67 b	4,67 a	4,67 ab
0,5 x dose recomendada	5,00 a	4,33 a	4,33 b
1,0 x dose recomendada	4,33 ab	5,00 a	5,67 a
1,5 x dose recomendada	4,00 ab	5,00 a	4,00 b
Tratamento Alternativo	4,00 ab	4,67 a	4,00 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Sólidos solúveis totais estão relacionados principalmente ao sabor do fruto (Ferreira, 2006). Segundo Hobson e Grierson (1993), tomates comerciais maduros apresentam média 4,5°B de sólidos solúveis, o que corrobora com os números encontrados no experimento. Vilas Boas et al. (2014) observaram médias semelhantes ao presente estudo.

4.7 Açúcares solúveis totais

A variável açúcares solúveis totais (AST) foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (tabela 12). Os frutos do estágio vermelho escuro apresentaram maiores médias de AST em comparação aos demais que não diferiram entre si.

Tabela 12 Médias de açúcares solúveis totais (%) nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	Açúcares Solúveis Totais
Vermelho Escuro	2,99 ^a
Vermelho Claro	2,44 ^b
Breaker	2,21 ^b

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Segundo Davies e Hobson (1981) e Vilas Boas (1998), o teor de AST em tomates pode variar entre 1,5 e 4,5%. Os valores encontrados no presente trabalho se enquadram dentro desta amplitude.

4.8 Firmeza

A firmeza foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (tabela 13). Em função dos estádios de maturação, os frutos de estágio vermelho escuro apresentaram as menores médias com relação à firmeza, seguido do estágio vermelho claro, e, por último, frutos do estágio “breaker”, que apresentaram as maiores médias.

Tabela 13 Médias de firmeza (N) nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	Textura (N)
Vermelho Escuro	6,59 ^c
Vermelho Claro	12,37 ^b
Breaker	41,96 ^a

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Verificou-se uma queda considerável na textura dos frutos à medida que os mesmos avançavam em sua maturação, comportamento comum em frutos de tomates, como o observado por Filgueiras (1996), no qual, a firmeza dos frutos

variou de 39,32 a 51,97 N, caindo para 11,58 a 15,60 N, nos estádios “breaker” e vermelho, respectivamente.

A firmeza, o mais importante fator na qualidade de tomates após a aparência, está intimamente relacionado com os estádios de maturação (VILAS BOAS, 1998). A perda de firmeza é um processo que acompanha o amadurecimento de muitos frutos, e é resultado de mudanças estruturais que ocorrem na parede celular. A parede celular é formada por 90 a 95% de carboidratos, entre eles a celulose, a hemicelulose e a pectina, e com 5 a 10% de proteínas. As alterações da estrutura da pectina no amadurecimento do tomate decorrem da ação das enzimas pectolíticas poligalacturonase e da pectinametilesterase, a qual determina a extensão com que a pectina estará disponível à degradação pela poligalacturonase, e, além disso, a ação da poligalacturonase na quebra das pectinas da parede celular é influenciada pelo pH e pelas condições iônicas do meio no local de atuação da enzima (MOURA et al., 2005).

4.9 Pectina total e solúvel

A característica teor de pectina total variou significativamente, em função da interação entre os fatores doses dentro de estádios de maturação (tabela 14). Os tratamentos 1,0 x dose recomendada, 0,5 x dose recomendada e 1,5 x dose recomendada não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias, enquanto o tratamento alternativo e a testemunha apresentaram as menores médias entre os tratamentos e não diferiram significativamente entre si. No estágio vermelho claro, os tratamentos 1,0 x dose recomendada apresentou a maior média, porém não diferiu da testemunha, 0,5 x dose recomendada e 1,5 x dose recomendada, mas diferindo-se do tratamento alternativo. A atividade de

teor de pectina total não variou nos frutos vermelho escuro em função dos tratamentos.

Tabela 14 Médias dos tratamentos avaliados para pectina total (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	208,8331 b	268,0030 a	327,2615 a
0,5 x dose recomendada	356,8875 a	243,5804 ab	292,0696 a
1,0 x dose recomendada	364,4163 a	277,6964 a	309,7309 a
1,5 x dose recomendada	316,6830 a	234,5043 ab	323,8801 a
Tratamento Alternativo	220,8281 b	198,8071 b	313,7531 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A variável teor de pectina solúvel também variou significativamente em função da interação entre os fatores doses dentro de estádios de maturação (tabela 15). Os tratamentos 1,5 x dose recomendada, 1,0 x dose recomendada e alternativa não deferiram entre si no estágio vermelho claro e apresentaram as maiores médias, enquanto a testemunha e o tratamento 0,5 x dose recomendada apresentaram as menores médias e não mostraram diferenças significativas entre si. No estágio vermelho escuro, a testemunha apresentou a maior média entre os tratamentos avaliados, diferindo-se dos demais. O teor de pectina solúvel não variou nos frutos "breaker" em função dos tratamentos.

Tabela 15 Médias dos tratamentos avaliados para pectina solúvel (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	40,5919 a	114,0143 bc	192,3619 a
0,5 x dose recomendada	42,7805 a	106,4060 c	152,2500 b
1,0 x dose recomendada	50,8231 a	165,3742 a	110,9866 c
1,5 x dose recomendada	54,5494 a	173,0059 a	78,6886 c
Tratamento Alternativo	51,3624 a	145,1865 ab	157,6860 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

As substâncias pécticas aumentaram durante o processo de amadurecimento, desde o “breaker” até o vermelho escuro, o que nos demonstra que a maior solubilização de substâncias pécticas está associada com a redução da textura observada durante o processo de amadurecimento dos frutos.

A comprovada influência do cálcio em reduzir a solubilização de substâncias pécticas leva a inferir uma menor perda de firmeza em frutos com cálcio, haja vista que as pectinas contribuem em grande parte para a manutenção deste atributo de qualidade.

Os polissacarídeos pécticos são os principais constituintes da lamela média, assim como o cálcio, e sua degradação é um dos eventos mais notáveis durante o amadurecimento e amolecimento dos frutos. O aumento da solubilidade e despolimerização da pectina tem sido observado durante o amadurecimento da maioria dos frutos, não existindo um padrão de ação enzimática durante a maturação, assim sua influência na firmeza varia substancialmente entre os frutos (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009). Resultados semelhantes de teores de pectina solúvel foram encontrados por Vilas Boas et al. (2014) em frutos de tomate “tipo italiano”.

4.10 Atividade enzimática: pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)

A atividade da poligalacturonase (PG) não variou significativamente em função dos tratamentos, estágio de maturação, tampouco interação entre estes fatores.

Vilas Boas et al. (2000) relata interação entre atividade de PG e estádios de maturação nos estádios vermelho claro e vermelho escuro, o que não se condiz com os dados observados neste experimento, porém corrobora com os resultados obtidos no estádio “breaker”, onde nenhuma diferença entre os tratamentos foi significativa.

A PG está diretamente ligada ao amaciamento dos frutos, pois trabalha ativamente na desmetilação das pectinas.

A atividade da pectinametilesterase (PME) variou significativamente, em função da interação entre os fatores doses dentro de estádios de maturação (Tabela 16). O tratamento alternativo apresentou a maior atividade de PME nos frutos do estádio “breaker”, diferindo-se dos demais tratamentos. No estádio vermelho claro o tratamento alternativo também apresentou a maior atividade de PME em relação aos demais, porém não diferindo dos tratamentos 1,5 x e 1,0 x dose recomendada. A atividade de PME não variou nos frutos vermelho escuro em função dos tratamentos.

Tabela 16 Médias dos tratamentos avaliados para atividade de pectinametilesterase (PME) (μmol) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	9600,00 ab	5600,00 ab	8000,00 a
0,5 x dose recomendada	3200,00 c	2400,00 b	8800,00 a
1,0 x dose recomendada	4000,00 c	3466,67 ab	8800,00 a
1,5 x dose recomendada	5333,33 bc	4266,67 ab	9493,33a
Tratamento Alternativo	10133,33 a	7733,33 a	11466,67 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A atividade da PME aumenta a atividade da PG, mostrando que a atividade da poligalacturonase é dependente da condição do apoplasto do pericarpo dos frutos (RAMOS et al., 2013).

Por meio dos resultados, observou-se uma ligeira queda da atividade da pectinametilesterase entre os estádios “breaker” e vermelho claro, com posterior aumento da mesma entre os estádios vermelho claro e vermelho escuro para todos os tratamentos analisados.

Em frutos de carambola, goiaba, banana e mamão, o início da perda de firmeza foi acompanhado pelo aumento da atividade da PME (ALI et al., 2004). Ramos et al. (2013) avaliando a relação entre a firmeza e a atividade de PME da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e foi constatado que a medida que a firmeza da polpa decresce, há aumento da atividade da PME.

O amolecimento ou perda de firmeza da polpa resulta da solubilização das substâncias pécticas da parede celular pela ação da PME e PG, cujas atividades estão aumentadas no início do amadurecimento e na senescência e, sobretudo a PG que registra seu pico no estágio vermelho escuro (RIBEIRO, 2012; VILAS BOAS et al., 2000).

4.11 Celulose

A variável celulose variou significativamente em função da interação entre os fatores doses dentro de estádios de maturação (Tabela 17). A dose 0,5 x dose recomendada determinou maior teor de celulose no estágio vermelho claro, não se diferenciando do tratamento 1,0 x dose recomendada, assim como para a testemunha e o tratamento 1,5 x dose recomendada. O tratamento alternativo apresentou a menor média de celulose, diferenciando-se dos demais. Nos estádios de maturação “breaker” e vermelho escuro não foram observadas diferenças significativas para a interação entre os tratamentos e estádios de maturação.

Tabela 17 Médias dos tratamentos avaliados para celulose (%) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	6,90 a	11,37 ab	12,58 ^a
0,5 x dose recomendada	6,72 a	12,81 a	13,55 ^a
1,0 x dose recomendada	6,36 a	11,98 a	12,75 ^a
1,5 x dose recomendada	8,98 a	11,26 ab	13,30 ^a
Tratamento Alternativo	7,90 a	7,86 c	12,20 ^a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

4.12 Hemicelulose

A hemicelulose variou significativamente, em função da interação entre os fatores doses dentro de estádio de maturação em todos os estádios estudados (Tabela 18). No estádio "breaker", o tratamento 0,5 x a dose recomendada e tratamento alternativo apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si significativamente, assim como para os tratamentos 1,5 x a dose recomendada. Neste estádio, o tratamento 1,0 x dose recomendada apresentou a menor média entre os tratamentos, diferindo dos demais. No estádio vermelho claro, os tratamentos 1,0 x dose recomendada, 1,5 x dose recomendada, tratamento alternativo e testemunha não apresentaram diferenças significativas entre si e foram observadas as maiores médias, fazendo com que o tratamento 0,5 x tivesse a menor média observada entre os tratamentos. Já no estádio vermelho escuro, o tratamento 0,5 x dose recomendada apresentou a maior média entre os tratamentos avaliados, porém, não se diferindo significativamente da testemunha e do tratamento 1,0 x dose recomendada. Os tratamentos 1,5 x dose recomendada, tratamento alternativo, 1,0 x dose recomendada e testemunha não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 18 Médias dos tratamentos avaliados para hemicelulose (%) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro.

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	12,8502 ab	7,7760 ab	6,7312 ab
0,5 x dose recomendada	13,2208 a	5,9242 b	8,4061 ^a
1,0 x dose recomendada	9,9386 c	8,8603 a	5,8784 ab
1,5 x dose recomendada	10,5856 ab	8,5760 a	4,5135 b
Tratamento Alternativo	13,3766 a	8,1425 ab	5,7349 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

4.13 Pectina da parede celular

A variável pectina da parede celular foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (Tabela 19). Os frutos do estágio "breaker" apresentaram maiores médias de pectinas na parede celular em comparação aos demais que não diferiram entre si.

Tabela 19 Médias de pectina da parede celular (mg/100g) nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	Pectina da Parede Celular
Breaker	15,83 ^a
Vermelho Escuro	12,65 b
Vermelho Claro	11,75 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A pectina, durante o amadurecimento, sofre solubilização, despolimerização e desmetoxilação, e assim como a celulose e a hemicelulose é suscetível a hidrólise química e/ou enzimática com subsequente produção de oligossacarídeos de diferentes tamanhos e composição (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009) atuando diretamente na firmeza e amaciamento dos frutos, uma

vez que a quebra das pectinas da parede celular fazem com que os frutos tornem-se menos firmes durante o processo de amadurecimento.

De acordo com Paiva, Lima e Paixão (2009), com o processo de maturação ocorre um aumento da pectina solúvel, ácidos pécticos e pectato de cálcio, o qual é normalmente acompanhado da diminuição da protopectina, indicando que as pectinas solubilizadas são originadas de polímeros mais firmemente integrados a parede celular e possivelmente também a hemicelulose. O aumento na solubilização e despolimerização é geralmente correlacionado com a diminuição da firmeza do tecido e conseqüentemente considerado parte importante do processo de maturação, o que pode ser observado nos dados obtidos.

4.14 Atividade de antioxidantes

A atividade de antioxidantes foi afetada apenas pelo fator estágio de maturação, não sofrendo influência dos tratamentos e da interação entre os fatores (Tabela 20). Os frutos no estágio “breaker” apresentaram maiores médias de atividade de antioxidantes em comparação aos demais.

Tabela 20 Médias da atividade de antioxidantes (%SRL) nos diferentes estádios de maturação

Estádios de Maturação	Antixiodantes
Breaker	8,67 ^a
Vermelho Claro	7,09 ^b
Vermelho Escuro	5,76 ^c

As médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Observou-se uma queda da atividade de antioxidante ao decorrer do amadurecimento dos frutos, sendo que frutos no estágio vermelho escuro

apresentaram valores menores que o estágio vermelho claro, que por sua vez, apresentou valores menores que o estágio breaker.

4.15 Compostos fenólicos

A variável compostos fenólicos variou significativamente em função da interação entre os fatores doses dentro de estádios de maturação (Tabela 21). O tratamento 1,0 x dose recomendada e testemunha apresentaram as maiores médias de compostos fenólicos, não diferindo entre si. O tratamento 0,5 x dose recomendada apresentou a menor média entre os tratamentos avaliados e diferiu-se significativamente dos demais.

Tabela 21 Médias dos tratamentos avaliados para compostos fenólicos (mg/100g) nos estádios de maturação "breaker", vermelho claro e vermelho escuro

Tratamentos	Estádios de Maturação		
	Breaker	Vermelho Claro	Vermelho Escuro
Testemunha	0,3670 a	0,5525 a	0,4478 a
0,5 x dose recomendada	0,3313 a	0,3165 c	0,4332 a
1,0 x dose recomendada	0,3412 a	0,5968 a	0,3762 a
1,5 x dose recomendada	0,2851 a	0,4761 b	0,4282 a
Tratamento Alternativo	0,3386 a	0,4677 b	0,4447 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

Observou-se aumento na quantidade de compostos fenólicos nos frutos analisados entre os estádios "breaker" e vermelho claro, com posterior decréscimo destes valores vermelho escuro, com exceção do tratamento 0,5 x a dose recomendada que manteve aumento contínuo entre os estádios de maturação.

4.16 Cálcio total e cálcio ligado a parede celular

O cálcio total variou significativamente, em função da interação entre os fatores estádios de maturação e partes do fruto (Tabela 22). Em todos os estádios de maturação a epiderme apresentou os maiores teores de cálcio total, destacando-se o estágio vermelho escuro, independente da fonte de cálcio utilizada.

Tabela 22 Médias dos tratamentos avaliados para cálcio total (%) nos diferentes estádios de maturação e diferentes partes do fruto

Estádios de Maturação	Partes do Fruto		
	Epiderme	Mesoderme	Endoderme
Breaker	0,2333 aB	0,1113 bB	0,0353 cB
Vermelho Claro	0,1580 aC	0,1013 bB	0,0547 abB
Vermelho Escuro	0,6313 aA	0,4620 bA	0,3320 cA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

A dificuldade de se encontrar um nível crítico de cálcio para a indução de PA em frutos de tomate pode ser devida, em geral ao cálcio medido como cálcio total (principalmente Ca-oxalato e Ca-pectato) e não como a fração de cálcio correspondente a uma função celular específica ou pelo fato do cálcio ser medido em toda a fruta, ou mais no tecido distal, em vez de no nível pertinente a função celular. A indução da PA, alterando a concentração de íons minerais de cálcio na suplementação pode ser interpretada como resultante de seus efeitos sobre a captação de íons Ca^{2+} por raízes e transporte dentro da planta, ou os seus efeitos bioquímicos nas células (HO; WHITE, 2005).

A placenta distal e os tecidos locais tiveram o menor teor de cálcio em frutos inteiros e parece ser o local dos primeiros sintomas da PA (SUZUKI; SHONO; EGAWA, 2003).

O cálcio ligado à parede celular está diretamente relacionado à firmeza e incidência da podridão apical, pois está diretamente relacionado a componentes estruturais. De acordo com Ho e White (2005), a incidência de PA é um fenômeno que ocorre em nível celular, de forma que o cálcio tem importante papel na expansão inicial das células e uma falta deste elemento pode resultar em sinais de desordens fisiológicas (HO; WHITE, 2005).

Segundo Suzuki, Shono e Egawa (2003), o colapso das células epidérmicas e subepidérmicas foram os locais em que se observam os primeiros sintomas de PA em frutos de tomateiro, sendo que desintegração das membranas estruturais e uma perda da compartimentação celular ocorrem em tecidos deficientes em cálcio.

Resultados obtidos por Schmitz-Eiberger, Haefr e Noga (2002) demonstraram uma redução de até 50% em incidência de PA em frutos de tomateiro após aplicações foliares semanais de solução contendo CaCl_2 .

No presente estudo, as maiores quantidades de cálcio ligadas à parede celular foram encontradas na epiderme do estágio vermelho escuro (Tabela 23).

Tabela 23 Médias dos tratamentos avaliados para cálcio ligado à parede celular (%) nos diferentes estádios de maturação e diferentes partes do fruto

Estádios de Maturação	Partes do Fruto		
	Epiderme	Mesoderme	Endoderme
Breaker	0,3360 aB	0,1947 bB	0,0440 cB
Vermelho Claro	0,4247 aB	0,4880 aA	0,4473 aA
Vermelho Escuro	0,6253 aA	0,5960 aA	0,3473 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (1953) a 0,05 de significância

5 CONCLUSÃO

A dose 1,5 x a dose recomendada apresentou os melhores resultados para a maioria das características estudadas, interferindo nas qualidades organolépticas e agronômicas, bem como no controle de podridão apical em frutos de tomateiro.

Houve diferenças nas concentrações de cálcio nas diferentes partes dos frutos analisados em relação aos estádios de maturação.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. S.; BARCELOS, M. F. P. Atividade antioxidante total da polpa do tomate submetido ao processo térmico doméstico em diferentes tempos. **Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, UNOPAR, n. 14, v. 2, p. 71-76, 2012.

ADANS, P.; HO, L. C. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. **Optimization of plant nutrition**, p. 583-588, 1993.

ALI, Z. M.; CHIN, L.; MARIMUTHU, M.; LAZAN, H. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004.

ALVARENGA, M. A R. **Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

ANDRADE, T. M. **Produção e Qualidade de Frutos de Híbridos de Tomateiro Ricos em Betacaroteno**. 2013. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

APONTE, L.; GUADARRAMA, A. Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **Revista de La Facultad de Agronomía Universidad del Zulia**, Maracay, n. 29, p. 145-150, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS – ABCSEM. Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/noticia.php?cod=284>>. Acesso em: 11 de junho de 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. Washington D.C., Ed. 2002.

BACCI, L. **Fatores Determinantes do Ataque de *Tuta absoluta* ao Tomateiro**. 2006. 133 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

BAUCHET, G.; CAUSSE, M. Genetic diversity in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its wild relatives, **Genetics Diversity in Plants**. France, p. 133-162, 2012

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1973.

BRUMMEL, D. A.; HARPSTER, M. H.; CIVELLO, P. M.; PALYS, J. M.; BENNETT, A. B.; DANSMUIR, P. Modification of expansion protein abundance in tomato fruit alters softening and cell wall polymer metabolism during ripening. **The Plant Cell**. v. 11, p. 2203-2216, nov. 1999.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness un peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

CARVALHO, J. I.; PAGLIUCA, L. G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, SP, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.

CASTELLANE, P. D. Podridão apical em frutos de tomateiro. Jaboticabal: FUNEP, 39 p. 1988.

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

CONWAY, W. S. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. **Journal of American Society Horticulture Science**, v. 112, n. 2, p. 300-303, 1987.

CRUZ, C. A. F. **Produção de Mudanças de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub (Canifístula) E *Senna maracathera* (DC ex. Collad.) H. S. Irwin&Barnaby (Fedegoso) em Resposta a Macronutrientes.** 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 15, n. 3, p. 205-208, Nov. 1981.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, n. 11, p. 396-407, 1997.

DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfran, M. L. (Ed.) **Carbohydrates chemistry**. New York: Academic Press, 1962. v. 1, p. 477-512.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial>>, Acesso em: 30 de maio de 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. UFLA/FAEPE. Lavras, MG. 183 p. 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N.; Padrão de identidade e qualidade de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 1, p. 329-335, jan/fev 2004.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARL, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita de tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 30, n. 4, p. 858-864, out/dez 2010.

FILGUEIRAS, H. A. C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco “alcobaça”**. 1996. 118 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

FREITAS, S. T.; MITCHAM, E. J. Factors involved in fruit calcium deficiency disorders. **Horticultural Reviews**. v. 40, n. 01, p. 107-146, 2012.

GOMES, F. G.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 309 p. 2002.

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. O.; LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta da figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas, SP**, v. 26, n. 01, p. 220-229, jan./mar. 2006.

GRIERSON, D.; KADER, A. A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (ed.) **The tomato crop: a scientific basis for improvement**. London: Chapman and Hall, Cap. 6, p.241-280, 1986.

GUIMARÃES, L. R. P.; **Avaliação da Indução de Resistência no Controle do Vira-Cabeça do Tomateiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

HO, L. C.; WHITE, F. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**. v. 95, p. 571-581, 2005.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (ed.) **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, Cap. 14, p.405-442, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção de tomates: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz I – Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3.ed. IAL, São Paulo, SP, 533 p. 1985.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Tomate**. Incaper. Vitória ES. 430 p. 2010.

JOYCE, D. C.; CRAMER, G. R.; REID, M. S.; BENNETT, A. B. Transport properties of the tomato fruit tonoplast. III. Temperature dependence of calcium transport. **Plant Physiology**, v. 88, p. 1097-1103, 1988.

JUNIOR, S. J. A.; NETO, E. B.; BARRETO, L. P.; RESENDE, L. V. Podridão Apical e Produtividade do Tomateiro em Função dos Teores de Cálcio e Amônio. **Revista Caatinga**, Mossoró RN, v. 24, n. 4, p. 20-26, out./dez. 2011.

KADER, A. A.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; MORRIS, L. L.; ALGAZI, M. Effects of fruit ripeness when picked on flavor and composition of fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 102, n. 06, p. 724-731, Nov. 1977.

KANO, C.; PALHARINI, M. C. A.; FERNANDES JÚNIOR, F.; DONADELLI, A.; AZEVEDO FILHO J. A. **Efeitos de Fontes de Cálcio na Firmeza de Frutos de tomate**. In: 52º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Salvador BA, 16 a 20 de julho de 2012.

KAYS, S. J. **Post-harvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532 p.

KEEGSTRA, K.; TALMADGE, K. W.; BAUER, W. D.; ALBERSHEIN, P. The structure of plant cell walls. III. A model of the walls of suspension-cultured sycamore cells based on the interconnections of the macromolecular components. **Plant Physiology**, Washington, v. 51, n. 1, p. 188-196, Jan. 1973.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H.C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. New York: CAB International, p. 207-258, 1997.

KOCH, J. L.; NEVINS, D. J. Tomato fruit cell wall. I. Use of purified tomato polygalacturonase e pectinmethylesterase to identify development changes in pectins. **Plant Physiology**, Washington, v. 91, n. 3, p. 816-822, Nov. 1989.

LURIE, S.; HANDROS, A.; FALLIK, E.; SHAPIRA, R. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature. Effects on tomato fruit ripening. **Plant Physiology**. Washington, v. 110, n. 4, p. 1207-1214, Apr. 1996.

MADANI, B.; MOHAMED, M. T. M.; BIGGS, A. R.; KADIR, J.; AWANG, Y.; TAYEBIMEIGOONI, A.; SHOJAEI, T. R. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. **Journal of Crop Protection**, v. 55, p. 55-60, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações. 2. ed. POTAFOS. Piracicaba SP, 309 p. 1997.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, p. 769-774, 1975.

MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Unimar**, v. 19, n. 03, p. 721-740, 1997.

McCRIDE, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington D.C., v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, n. 27, v. 12, p. 1254-1255, dec. 1992.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006.

MILLER, D. H.; MELLMAN, I. S.; LAMPORT, D. T. A.; MILLER, M. The chemical compositions of the cell wall of *Chlamydomonas gymnogama* and the concept of a plant cell wall protein. **The Journal of Cell Biology**, v. 63, p. 420-429, Nov. 1974.

MORALES, R. G. F. **Resistência ao Déficit Hídrico em Famílias de Tomateiro**. 2012. 93 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of American Society Horticulture Science**. v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

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.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. UFLA/FAEPE, Lavras, MG. 252 p. 2001.

ORDAZ-ORTIZ, J. J.; MARCUS, S. E.; KNOX, J. P. Cell wall microstructure analysis implicates hemicelluloses polysaccharides in cell adhesion in tomato fruit pericarp parenchyma. **Plant Science**, p. 1-12, 2009.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 4, p. 196-211, jul. 2009.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. Classification of wild tomatoes: a review. **Kurtziana**, v. 28, p. 45-54. 2000.

PERALTA, I. E.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. **Systematic Botany**. v. 30, n. 28, p. 424-434, 2005.

RAMOS, A. R. P.; AMARO, A. C. E.; MACEDO, A. C.; SUGAWARA, G. S. A.; EVANGELISTA, R. M.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Qualidade de frutos de tomate 'giuliana' tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, supl. 1, p. 3543-3552, 2013.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 206-212, abr./jun. 2004.

RIBEIRO, M. C. B. **Qualidade de Tomates Orgânicos e Convencionais Amadurecidos na Planta e após a Colheita**. 2012. 185 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ROCHA, C. B.; SILVA, J. Atividade antioxidante total em tomates produzidos por cultivos orgânicos e convencional. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 27-30, jan./mar. 2011.

RUFINO, M. S.; ALVES, R. E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, Fortaleza, CE, jul. 2007.

SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. ; ZÁRATE, N. A. H. Combinações de cálcio, atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum Maringá**, v. 24, n. 5, p. 1461-1466, 2002.

SCHMITZ-EIBERGER, M.; HAEFR, R.; NOGA, G. Calcium deficiency – Influence on the antioxidative defense system in tomato plants. **Journal of Plant Physiology**. v. 159, p. 733-742, 2002.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função de raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 292-298, 2010.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 62, n. 6, p. 1315-1312, June 1995.

SILVA, D. J. H.; VALE, F. X. R. **Tomate: Tecnologia de Produção**. Editora UFV. Viçosa, MG. 355 p. 2007.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semana: Ciências agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SOUTY, M.; REICH, M.; BREUILS, L.; CHAMBROY, Y.; JACQUEMIN, G.; AUDERGON, J. M. Effects of Postharvest Calcium Treatments on Shelf-life and Quality of Apricot Fruit. **Acta Horticulturae**, v. 384, p. 619-623, 1995.

SOUZA, R. J.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CARDOSO, A. D.; VALLONE, H. S.. **Olericultura geral**. UFLA/FAEPE, Lavras, MG. 88 p. 2007

SPOONER, D. M.; ANDERSON, D. J.; JANES, R. K. Chloroplast DNA evidence for interrelationship of tomatoes, potatoes and pepinos (Solanaceae). **American Journal of Botany**, v. 80, n. 6, p. 676-688, 1993.

SUZUKI, K.; SHONO, M.; EGAWA, Y. Localization of calcium in the pericarp cells of tomato fruits during the development of blossom-end rot. **Protoplasma**. v. 222, p. 149-156, 2003.

TONETTO, F. S.; MCELRONE, A. J.; SHACKEL, K. A.; MITCHAM, E. J. **Calcium partitioning and allocation and blossom-end rot development in tomato plants in response to whole-plant and fruit-specific abscisic acid treatments**. v. 65, n. 1, p. 235-247, 2013.

TUKEY, J. W. **"The Problem of Multiple Comparisons."** Unpublished manuscript, Princeton University, 1953.

VILAS BOAS, E. V. B. **Modificações Pós-Colheita de Banana Prata (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) Anã – Irradiada**. 1995. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

VILAS BOAS, E. V. B. **Maturação Pós-Colheita de Híbridos de Tomate Heterozigotos no Loco Alcobaça**. 1998. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

VILAS BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B.; MALUF, W. R.; CHITARRA, M. I. F. Modificações texturais em tomates heterozigotos no loco alcobaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1447-1453, jul. 2000.

VILAS BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 68 p.

VILAS BOAS, A. A. C.; SIQUEIRA, H. E.; BEMFEITO, R. M.; RODRIGUES, L. VILAS BOAS, E. V. B. Alterações em açúcares e compostos de parede celular de tomate 'italiano' minimamente processado, submetido a cloreto de cálcio e 1-MCP. **Magistra**, v. 26, especial, p. 61-64, set. 2014.

VILAS BOAS, A. A. C.; SIQUEIRA, H. E.; BEMFEITO, R. M.; RODRIGUES, L.; VILAS BOAS, E. V. B. Características químicas e físicas de tomate italiano minimamente processado submetidos a cloreto de cálcio e 1-MCP. **Magistra**, v. 26, especial, p. 671-673, set. 2014.

WASCHECK, R. C.; DUTRA, A. R.; GRANDSIRE, C.; ALMEIDA, O. C.; MOREIRA, S. O. L. Pectina: um carboidrato moderno e suas aplicações. **Estudos**, Goiânia, Go, v. 35, n. 3, p. 343-355, mai./jun. 2008.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, New York: John Wiley & Sons, 2002.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela A1 Resumo da análise de variância individual para amadurecimento vermelho Claro (Dias)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,527083
Erro	10	0,187500
CV (%)	6,38	
Média Geral	6,7833	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A2 Resumo da análise de variância individual para amadurecimento vermelho escuro (Dias)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	1,600000*
Erro	10	0,320833
CV (%)	5,83	
Média Geral	9,7167	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A3 Resumo da análise de variância individual para podridão apical (Nº de Frutos)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	46,200983*
Erro	10	0,194118
CV (%)	7,71	
Média Geral	5,7133	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A4 Resumo da análise de variância individual para acidez titulável (%)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,006659
Estádios de Maturação	2	0,043447*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,003961
Erro	30	0,002976
CV (%)	15,86	
Média Geral	0,3440	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A5 Resumo da análise de variância individual para açúcares solúveis totais (%)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,124538
Estádios de Maturação	2	2,402696*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,48901
Erro	30	0,253195
CV (%)	19,75	
Média Geral	2,5476	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A6 Resumo da análise de variância individual para atividade de antioxidantes (%SRL)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	2,628196
Estádios de Maturação	2	31,73565*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	2,519331
Erro	30	1,343871
CV (%)	16,16	
Média Geral	7,1728	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A7 Resumo da análise de variância individual para celulose (%)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	4,912316
Estádios de Maturação	2	118,06747
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	5,062891*
Erro	30	2,822203
CV (%)	16,10	
Média Geral	10,4358	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A8 Resumo da análise de variância individual para compostos fenólicos (mg/100g)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,013241
Estádios de Maturação	2	0,084972
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,013116*
Erro	30	0,002415
CV (%)	11,90	
Média Geral	0,4128	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A9 Resumo da análise de variância individual para hemicelulose (%)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	3,231081
Estádios de Maturação	2	131,652364
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	7,387167*
Erro	30	1,162361
CV (%)	12,39	
Média Geral	8,7010	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A10 Resumo da análise de variância individual para pectina da parede (mg/100g)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	3,914186
Estádios de Maturação	2	68,639794*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	3,994012
Erro	30	6,153648
CV (%)	18,50	
Média Geral	13,4111	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A11 Resumo da análise de variância individual para pectina solúvel (mg/100g)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	544,046886
Estádios de Maturação	2	42055,490134
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	3987,218285*
Erro	30	214,042113
CV (%)	13,40	
Média Geral	109,1498	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A12 Resumo da análise de variância individual para pectina total (mg/100g)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	7126,38292
Estádios de Maturação	2	18826,98206
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	6429,732114*
Erro	30	743,255995
CV (%)	9,61	
Média Geral	283,7956	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A13 Resumo da análise de variância individual para atividade de poligalacturonase - PG (μmol)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	5,495616
Estádios de Maturação	2	1,792408
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	15,147230
Erro	30	6,074817
CV (%)	17,42	
Média Geral	14,1503	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A14 Resumo da análise de variância individual para a variável Ph

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,008430
Estádios de Maturação	2	0,189556*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,003267
Erro	30	0,005122
CV (%)	1,61	
Média Geral	4,4324	

* $p < 0,05$ pelo teste de FTabela A15 Resumo da análise de variância individual para atividade de pectinametilesterase - PME (μmol)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	38008320,000000
Estádios de Maturação	2	81504142,222222
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	5457920,000000*
Erro	30	3543608,888889
CV (%)	27,60	
Média Geral	6819,556	

* $p < 0,05$ pelo teste de FTabela A16 Resumo da análise de variância individual para sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{B}$)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,866667
Estádios de Maturação	2	1,088889
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,783333*
Erro	30	0,311111
CV (%)	12,43	
Média Geral	4,1889	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A17 Resumo da análise de variância individual para Textura (N)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	9,920144
Estádios de Maturação	2	5399,46401*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	2,969493
Erro	30	7,554296
CV (%)	13,54	
Média Geral	20,3033	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A18 Resumo da análise de variância individual para o parâmetro L* da variável coloração

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,405119
Estádios de Maturação	2	1575,161929*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	1,417571
Erro	30	1,027631
CV (%)	2,01	
Média Geral	50,5065	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A19 Resumo da análise de variância individual para o parâmetro a* da variável coloração

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	8,349393
Estádios de Maturação	2	5273,06104*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	8,122821
Erro	30	7,090622
CV (%)	19,12	
Média Geral	13,926	

* $p < 0,05$ pelo teste de F

Tabela A20 Resumo da análise de variância individual para o parâmetro b* da variável coloração

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	5,781174
Estádios de Maturação	2	164,553487*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	17,265314
Erro	30	15,006818
CV (%)	17,28	
Média Geral	22,4153	

Tabela 21 Resumo da análise de variância individual para o parâmetro c* da variável coloração

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,676724
Estádios de Maturação	2	337,542116*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	2,314879
Erro	30	1,87231
CV (%)	4,54	
Média Geral	30,1342	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela 22 Resumo da análise de variância individual para o parâmetro H° da variável coloração

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	29,718409
Estádios de Maturação	2	227950,479327*
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	14,453416
Erro	30	27,808042
CV (%)	4,7	
Média Geral	112,1227	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A23 Resumo da análise de variância individual para Ca Total (%)

F.V.	G.L.	QM
Tratamentos	4	0,003895
Estádios de Maturação	2	1,943450
Partes do Fruto	2	0,454787
Tratamentos*Partes do Fruto	8	0,004874
Tratamentos*Estádios de Maturação	8	0,009269
Partes do Fruto*Estádios de Maturação	4	0,036487*
Tratamentos*Partes do Fruto*Estádios de Maturação	16	0,003484
Erro	90	0,006767
CV (%)	34,93	
Média Geral	0,235482	

* p < 0,05 pelo teste de F

Tabela A24 Resumo da análise de variância individual para Ca Ligado (%)

	F.V.	G.L.	QM
Tratamentos		4	0,007303
Estádios de Maturação		2	1,391459
Partes do Fruto		2	0,414092
Tratamentos*Partes do Fruto		8	0,007280
Tratamentos*Estádios de Maturação		8	0,015024
Partes do Fruto*Estádios de Maturação		4	0,129166*
Tratamentos*Partes do Fruto*Estádios de Maturação		16	0,011189
Erro		90	0,01718
CV (%)		33,73	
Média Geral		0,388593	

* p < 0,05 pelo teste de F