

MARCELO AMARAL DE MOURA

CRESCIMENTO E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA
CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME

CRESCIMENTO E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA
CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de *Doctor*
Scientiae

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

OUTUBRO - 1999

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M929c
1999

Moura, Marcelo Amaral, 1968-

Crescimento e pós-colheita de frutos do tomateiro cv.
Santa Clara e do seu mutante firme / Marcelo Amaral
Moura. – Viçosa : UFV, 1999.
86p. : il.

Orientador: Fernando Luiz Finger

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Tomate - Fisiologia pós-colheita. 2. Tomate -
Crescimento. 3. Tomate - Qualidade. 4. Tomate - Matura-
ção. 5. Tomate - Conservação. 6. Tomate - Armazenamen-
to. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 635.64256

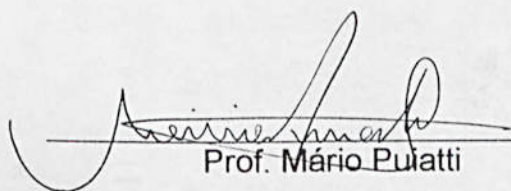
CDD 20.ed. 635.64256

MARCELO AMARAL DE MOURA

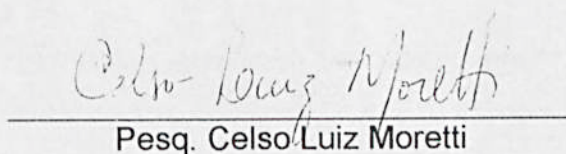
CRESCIMENTO E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA
CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de *Doctor
Scientiae*

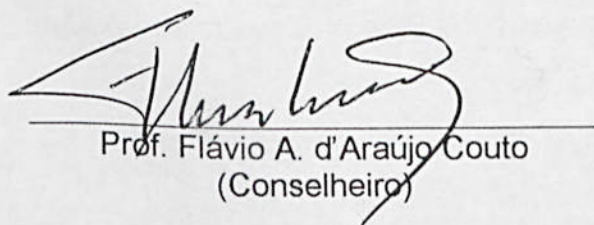
APROVADA: 18 de junho de 1999



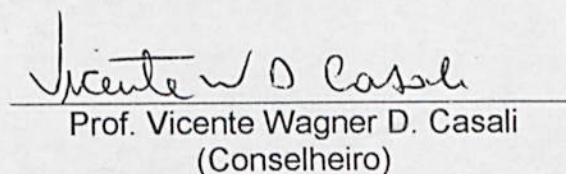
Prof. Mário Pulatti



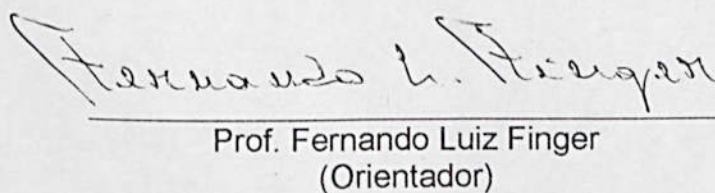
Pesq. Celso Luiz Moretti



Prof. Flávio A. d'Araújo Couto
(Conselheiro)



Prof. Vicente Wagner D. Casali
(Conselheiro)



Prof. Fernando Luiz Finger
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, pelo amor, pela dedicação, pelo exemplo de vida e pela ajuda ativa na consecução deste objetivo.

A Deus.

À minha esposa Simone.

Aos meus pais, Paulo e Moema.

Aos meus irmãos, Alexandre e Vinícius.

Aos meus sobrinhos, Gabriel e Rafael.

Aos meus sogros, Galvão e Marilene.

À Professor-Francisco José Figueira, pela orientação precisa e segura, pelas sugestões valiosas e pelo constante estímulo.

Aos colegas e amigos do laboratório, pelo agradável convívio.

Aos funcionários da Horta Verde do Departamento de Fitotecnia e aos laboratoristas Sabino e Ribeiro, pela ajuda nos trabalhos de análise.

Ào amigo Celso L. Moreira, pela amizade e ajuda nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, pelo amor, pela dedicação, pelo exemplo de vida e pela participação efetiva na conquista deste objetivo.

À Simone, minha esposa e amiga, pelo apoio e pela paciência nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa e, em especial, ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de aperfeiçoamento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao Professor Fernando Luiz Finger, pela orientação precisa e segura, pelas sugestões valiosas e pelo constante estímulo.

Aos colegas e amigos do curso, pelo agradável convívio.

Aos funcionários da Horta Velha do Departamento de Fitotecnia e aos laboratoristas Sabino e Ribeiro, pela ajuda nos trabalhos de análise.

Ao amigo Celso L. Moretti, pela amizade e ajuda nos momentos mais difíceis.

BIOGRAFIA

MARCELO AMARAL DE MOURA, filho de Paulo César Lahr de Moura e Moema Amaral de Moura, nasceu no Rio de Janeiro, RJ, em 31 de maio de 1968.

Em janeiro de 1991, graduou-se em Agronomia e, em 1994, concluiu o curso de Mestrado em Fitotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. Em agosto de 1995, iniciou, nesta mesma Instituição, o curso de Doutorado em Fitotecnia.

Exerceu o cargo de extensionista na Empresa de Assistência Técnica do Estado de Minas Gerais, no município de Sacramento, no período de agosto de 1994 a agosto de 1995 e, também, a atividade de docente na Escola Técnica Maria Crema, no ano de 1995, no mesmo município.

	página
3.4. Amadurecimento do fruto na planta	30
4. CONCLUSÕES	38
CAPÍTULO 2	38
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO, cv. SANTA CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME APÓS APLICAÇÃO DE ETHEPHON	39
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1. Coloração	43
3.2. Firmeza do pericarpo	44
3.3. Perda de massa	45
	página
EXTRATO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Mutantes	4
2.2. Amadurecimento com etileno	8
2.3. Injúria por frio	9
CAPÍTULO 1	12
CRESCIMENTO E MATURAÇÃO DE FRUTOS DO TOMATEIRO, cv. SANTA CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Multiplicação de sementes e análise prévia da firmeza do pericarpo	15
2.2. Crescimento e desenvolvimento dos frutos	16
2.3. Análises nas folhas	17
2.4. Amadurecimento do fruto na planta	18
2.5. Amadurecimento do fruto fora da planta	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1. Firmeza prévia do pericarpo	22
3.2. Crescimento e desenvolvimento dos frutos	22
3.3. Análises nas folhas	27
3.3.1. Amadurecimento do fruto na planta	29

	página
3.4. Amadurecimento do fruto fora da planta	30
4. CONCLUSÕES.....	38
CAPÍTULO 2.....	39
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME APÓS APLICAÇÃO DE ETHEPHON.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1. Coloração	43
3.2. Firmeza do pericarpo	44
3.3. Perda de massa	45
3.4. Clorofila total	46
3.5. Carotenóides totais	47
3.6. Licopeno.....	48
3.7. Extravasamento de eletrólitos	50
3.8. Liberação de CO ₂ e etileno	51
CONCLUSÕES.....	53
CAPÍTULO 3.....	54
EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA CLARA.....	54
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.9. Evolução da cor.....	58
3.10. Clorofila total	61
3.11. Carotenóides totais	64
3.12. Licopeno.....	66
3.13. Firmeza do pericarpo	67
3.14. Extravasamento de eletrólitos	70
CONCLUSÕES.....	72
3. RESUMO E CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
APÊNDICE.....	82

EXTRATO

MOURA, Marcelo Amaral de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 1999. **Crescimento e pós-colheita de frutos do tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Conselheiros: Flávio Alencar d'Araújo Couto e Vicente Wagner Dias Casali.

Com o propósito de se iniciar um estudo que vise reduzir as perdas na cultura do tomateiro, os objetivos da presente pesquisa foram caracterizar o crescimento e a maturação dos frutos de tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme; acompanhar as alterações pós-colheita destes frutos, submetidos à aplicação ou não de etileno; e caracterizar as alterações ocorridas em frutos da cv. Santa Clara submetidos ao armazenamento em diferentes temperaturas. Tomates cv. Santa Clara e seu mutante firme foram plantados na horta comercial da Universidade Federal de Viçosa, sendo as flores marcadas na ocasião da antese e colhidos os frutos a intervalos de sete dias, para acompanhar a evolução de seu desenvolvimento. No estudo da maturação dos frutos, estes foram colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento e no estágio verde-maduro. Na aplicação de Ethephon e no armazenamento em diferentes temperaturas, também foram utilizados frutos no estágio verde-maduro. Nas condições dos experimentos, conclui-se que o crescimento do fruto do mutante é semelhante ao fruto normal, porém apresenta menor tamanho e maior longevidade na planta; o fruto do mutante na planta apresenta atraso na ascensão climática da respiração e do etileno. Já no fruto que amadurece fora da planta, a produção de etileno é

significativamente menor que nos frutos normais; o fruto do mutante colhido verde-maduro e mantido a 24°C apresentou-se mais firme, com menor perda de massa, evolução mais lenta da coloração e menor extravasamento de eletrólitos quando comparada com o fruto normal. Detectou-se traço no teor de clorofila total no fruto do mutante em todos os estádios de desenvolvimento. Quando se aplicou Ethephon, houve aceleração no desenvolvimento da cor, na redução da firmeza, na degradação da clorofila e no aumento do extravasamento de eletrólitos. Contudo, a aplicação de Ethephon foi eficiente na uniformização e antecipação do amadurecimento. Frutos da cv. Santa Clara, quando armazenados à temperatura de 5°C, apresentaram nítidos sintomas de injúria por frio, com apenas sete dias de armazenamento, os quais aumentaram, à medida que se elevou o tempo de permanência na câmara fria. Por outro lado, frutos armazenados a 12°C permaneceram viáveis para a comercialização durante todo o período de armazenamento estudado (21 dias). Todavia, o amadurecimento destes frutos, quando ainda na câmara, foi desuniforme. Em função dos resultados obtidos, tomates do mutante firme, do grupo Santa Clara, podem ser usados em programas de melhoramento visando aumentar a qualidade das linhagens existentes, principalmente no que diz respeito à sua maior firmeza e menor perda de massa, características importantes na comercialização.

storage, which increased in intensity if stored for longer periods of time. On the other hand, storage of mature green fruits at 12°C did not induce chilling, keeping all quality attributes for 21 days, however, ripening was irregular once the fruits were removed from the cold storage and ripened at room temperature. The results of this experiment showed that the mutant firm can be used in breeding programs, which aim to obtain fruits with higher postharvest firmness and lower loss of fresh matter.

ABSTRACT

MOURA, Marcelo Amaral de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, october 1999. **Growth and postharvest of tomato fruit cv. Santa Clara and its mutant firm.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Committee members: Flávio Alencar d'Araújo Couto and Vicente Wagner Dias Casali.

With the goal to reduce postharvest losses this work was carried out to study the growth, maturation and ripening in presence Ethephon of tomato fruits cv. Santa Clara and its mutant firm. Furthermore, it was evaluated the influence of different cold storage temperatures on fruit quality and ripening of cv. Santa Clara. Tomatoes plants from cv. Santa Clara and its mutant firm were grown at Universidade Federal de Viçosa and the fruit growth was evaluated at every seven days throughout the whole development. Fruit were harvested at mature green stage and treated with Ethephon or cold stored. Data showed that the mutant produced smaller fruit size and required longer length of time to be fully developed, which was determined by the later rise on climacteric respiration and ethylene evolution. Mutant tomatoes had lower evolution of ethylene compared to normal fruits when detached from the vine. Harvested mature green mutant fruits showed longer shelf life at 24°C due to higher firmness, lower rate of fresh matter loss, color evolution and electrolyte leakage than observed on the normal fruits of cv. Santa Clara. Mature green fruits treated with Ethephon showed faster and more uniform color development, rate of softening, chlorophyll degradation, electrolyte leakage and ripening. Fruits of cv. Santa Clara stored at 5°C presented symptoms of chilling after seven days

1. INTRODUÇÃO

Em escala mundial, frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) continuam a crescer, em importância, como um dos principais produtos hortícolas para consumo em estado fresco, além de amplamente utilizados na preparação de vários alimentos. Sua importância reside ainda no fato de ser uma das principais plantas utilizadas para pesquisas fundamentais de crescimento e desenvolvimento de órgãos vegetais (HOBSON e GRIERSON, 1993).

No Brasil, o tomateiro é uma das principais hortaliças cultivadas, sendo que o Estado de Minas Gerais atingiu, nos últimos anos, a posição de segundo maior produtor de tomate do Brasil, com 306.718 toneladas (IBGE, 1997). Neste Estado, aproximadamente 35% dos tomates produzidos são consumidos "in natura", 25% são comercializados em mercados interestaduais e 40% são absorvidos pela indústria de processamento (EPAMIG, 1995).

Apesar de consumido em larga escala, a comercialização do tomate apresenta ainda uma série de problemas estruturais. Segundo levantamento realizado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1993), as perdas pós-colheitas de hortaliças no triênio 1990-1992 ficaram em torno de 35%, resultando em prejuízos ao redor de 2,31 milhões de toneladas de alimentos. Entre as principais hortaliças, o tomate foi a que apresentou maiores valores de perdas ao longo de toda a cadeia de comercialização.

Na área de fisiologia e manejo pós-colheita de produtos hortícolas, destaca-se o interesse em reduzir as perdas durante a comercialização

(SIGRIST, 1993). Um dos meios é a identificação de genes envolvidos no processo de amadurecimento de frutos, e a respectiva manipulação desses genes, com o intuito de entender sua expressão e regulação.

Amadurecimento é um processo complexo que envolve mudanças físico-químicas que levam os frutos do estado não-comestível até a qualidade ótima para o consumo humano. Essas mudanças são conseqüências da ativação de várias enzimas, que, por sua vez, são reguladas por alterações na sua expressão gênica (TIGCHELAAR et al., 1978; STEVENS e RICK, 1986). Essas mudanças são refletidas na alteração de cor, firmeza, aroma e sabor, conduzindo os frutos ao estado apropriado para consumo "in natura" ou industrialização.

Outra causa de grandes perdas é a desuniformidade do amadurecimento dos frutos comercializados tanto no varejo quanto no atacado. Frutos com coloração variando entre verde-maduro, rosa-esverdeado, vermelho-claro e vermelho-intenso são facilmente encontrados em uma mesma caixa ou banca de supermercado. Esse problema é devido basicamente à colheita de frutos em diferentes estádios de amadurecimento, isto é, externamente os frutos possuem a mesma coloração inicial, porém são diferentes internamente. Enquanto alguns possuem o tecido locular completamente desenvolvido, com dois ou mais lóculos formados, outros estão ainda no início do amadurecimento (BRECHT, 1985). A utilização de técnicas ou produtos que uniformizem o amadurecimento de frutos de tomate resulta em ganhos significativos para os diversos segmentos da tomaticultura. Entre as técnicas mais viáveis, está a aplicação de substâncias que liberem etileno, como é o caso do ácido 2-cloroetil fosfônico (ETHEPHON) ou etileno.

O tomate é um produto altamente perecível, possuindo baixa capacidade de armazenamento. Entre as diversas técnicas utilizadas para preservar a qualidade pós-colheita de tomates, destaca-se a refrigeração, por ser de fácil utilização, relativamente barata e de ganhos consideráveis. Com a refrigeração, consegue-se retardar os processos relacionados ao amadurecimento dos frutos, como respiração, produção de etileno, amolecimento e degradação da clorofila, entre outros (KAYS, 1991). Todavia, produtos de origem tropical, ou mesmo de origem subtropical, são injuriados, quando submetidos à temperatura abaixo da ótima e acima do seu ponto de

congelamento. Para o tomate, a temperatura ótima está em torno de 12°C, isto é, abaixo desta temperatura os frutos do tomateiro sofrem injúria por frio (WANG, 1982).

A injúria por frio causa uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas; entre estas, a alteração na estrutura da bicamada lipídica das membranas celulares, alterando suas funções fisiológicas, incluindo a permeabilidade celular a eletrólitos e o decréscimo da fotossíntese em plantas (MORRIS, 1982).

Com o propósito de reduzir as perdas pós-colheita na cultura do tomate, objetivou-se estudar:

- 1) o crescimento e o amadurecimento dos frutos de tomateiro cv Santa Clara e do seu mutante firme, encontrado pelo Professor Fernando L. Finger em lavoura comercial no município de Coimbra – MG;
- 2) as alterações pós-colheita em frutos cv. Santa Clara e do seu mutante firme, submetidos à aplicação de etileno; e
- 3) as alterações ocorridas em frutos da cv. Santa Clara submetidos ao armazenamento em diferentes temperaturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mutantes

O tomateiro é originário da costa oeste da América do Sul. Foram obtidas, por meio de cruzamentos da espécie *Lycopersicon esculentum* com tomates selvagens, como *L. peruvianum*, *L. pimpinifolium* e *L. hirsutum*, variedades comerciais com maior resistência a doenças e pragas, tolerância à baixa temperatura, frutos contendo maior teor de sólidos solúveis e coloração uniforme (JENKINS, 1948). Entretanto, essas características também têm sido encontradas em mutantes de ocorrência natural, pelas variações somaclonais identificadas em cultura de calos e pela engenharia genética (EVANS et al., 1984).

A identificação e a manipulação de genes envolvidos no processo de amadurecimento de frutos, com o intuito de entender como é regulada a expressão dessa característica, são importantes passos para a obtenção de variedades com maior vida pós-colheita.

Vários mutantes que afetam diferentes aspectos do amadurecimento de frutos têm sido descritos (HERNER e SINK, 1973; TUINEN et al., 1996). Entre eles, GRAY et al. (1994) citam os mutantes que influem na pigmentação dos frutos maduros:

- *Apricot*, apresentam frutos amarelos com brilho rosado;
- *Beta carotene*, apresentam predominância de β -caroteno na pigmentação dos frutos;

- *Delta*, mostram produção de δ -caroteno, intensificando a coloração alaranjada dos frutos;
- *Greenflesh*, atrasam a degradação da clorofila;
- *Greenripe*, frutos maduros permanecem verdes;
- *Greenstripe*, frutos quando imaturos apresentam estrias verdes na sua epiderme e quando maduros adquirem a coloração amarelada;
- *High pigment*, frutos aumentam a quantidade de clorofila, carotenóides e o conteúdo de ABA;
- *Old gold crimson*, apresentam flores com brilho alaranjado e os frutos quando maduros com coloração vermelho intenso;
- *Tangerine*, frutos frescos e estames com coloração alaranjada;
- *Yellow flesh*, coloração amarelada dos frutos quando maduros;
- *Sherry*, apresentam frutos amarelos quando maduros com traços avermelhados; e
- *Uniform*, os frutos imaturos apresentam a falta do ombro verde escuro.

Nesses mutantes que apresentam frutos com diferentes níveis de pigmentos carotenóides, quando maduros, segundo CORONA et al. (1996), ocorre menor expressão do gene para codificação da enzima fitoene sintase, interrompendo a síntese do intermediário fitoeno, resultando em menor acúmulo dos pigmentos licopeno e β -caroteno.

Outro grupo de mutantes se caracteriza pelos efeitos pleiotrópicos no amadurecimento. Neste grupo, a mutação ocorrida em um gene causa alteração de vários aspectos do amadurecimento. Entre as mutações pleiotrópicas que freqüentemente retardam a velocidade do amadurecimento, HOBSON e GRIERSON (1993) citam:

Never ripe (Nr) - a característica dessa mutação não é inibir o amadurecimento, e sim retardar o início deste e atenuar a magnitude de suas mudanças específicas. Frutos deste mutante mostram, durante o processo de desenvolvimento, pequeno aumento na taxa respiratória e reduzido pico na produção de etileno. Tais reduções representam, aproximadamente, 50% daqueles observados no tomate normal. Outro fato observado é o atraso no tempo entre a antese e a ascensão da respiração climatérica. Os frutos

apresentam pouca pigmentação, tornando-os vermelho-alaranjados, devido ao baixo teor de carotenóides totais, principalmente de licopeno, e alto teor de β -caroteno. A vantagem deste mutante é que a atividade da poligalacturanase (PG) é, aproximadamente, 15% da variedade normal, reduzindo, assim, a velocidade de degradação da parede celular. Contudo, foi observado neste mutante que, quando os frutos apresentam senescência bem adiantada, a isoforma PG-2 pode aparecer em concentrações normais, prejudicando o prolongamento da vida pós-colheita. Outra enzima que atua na degradação da parede celular é a pectinaesterase, que tem atividade normal neste mutante, no qual há baixo teor de sólidos solúveis, prejudicando o sabor final dos frutos (TIGCHELAAR et al., 1978; HOBSON, 1980).

Ripening inhibitor (rin) - ao contrário, esse mutante apresenta inibição das mudanças no amadurecimento dos frutos, com exceção na maturação das sementes, que são viáveis. Os frutos são tipicamente não-climatéricos, isto é, não apresentam aumento na produção de etileno, nem na taxa respiratória, durante o amadurecimento dos frutos (HERNER e SINK, 1973). Esses frutos permanecem firmes por muito tempo e com quantidades traço de PG durante e após o período de amadurecimento. Já a atividade da pectinaesterase é similar à dos frutos da variedade normal, quando se encontram na mesma idade. Dessa forma, a retenção da firmeza dos frutos parece estar relacionada à falta da atividade da PG (BUESCHER e SISTRUNK, 1976; GIOVANNONI et al., 1989). O acúmulo de carotenóides é severamente retardado nesse mutante, apresentando níveis reduzidos de β -caroteno e traços de licopeno, porém níveis baixos de fitoflueno, beta e gama-carotanos estão também presentes. Sabe-se que os frutos com qualidade devem apresentar balanço entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, o que não é observado neste mutante, o qual apresenta alta acidez titulável e quantidade normal de sólidos solúveis, quando comparada à variedade normal (TIGCHELAAR et al., 1978; HOBSON, 1980; e AGAR et al., 1994).

Non-ripening (nor) - em alguns detalhes assemelham-se aos mutantes "*rin*". Também são classificados como não-climatéricos, com ligeiro aumento na produção de etileno, na ordem de 5 a 12% do normal. Apresentam longa "vida de prateleira" e conseguem manter sua firmeza por maior período de tempo, provavelmente devido a quantidades traço de PG, visto que a quantidade de

pectiesterase se mantém a mesma do tomate normal (BUESCHER e SISTRUNK, 1976). Em contraste ao mutante "*rin*", este contém todos os pigmentos dos frutos normais, mas o acúmulo de licopeno se dá de forma bem vagarosa, tornando-se o carotenóide predominante, quando o fruto se apresenta em estágio avançado da maturação (TIGCHELAAR et al., 1978; AGAR et al., 1994).

Alcobaça (alc) - de acordo com o padrão genético desse mutante, a fonte de mutação e o tempo de colheita podem levar à resposta variável. Em algumas circunstâncias, frutos que amadurecem ligados à planta podem apresentar coloração vermelho pálida. Por outro lado, o fruto, se for colhido no estágio verde-maduro, amadurece, apresentando coloração amarelada e não-avermelhada. A atividade da PG é muito baixa neste mutante durante todo o processo de amadurecimento. É interessante destacar que, quando as plantas são crescidas em alta salinidade, há ligeiro aumento no amadurecimento dos frutos, com diminuto aumento na atividade da PG (TIGCHELAAR et al., 1978).

A grande vantagem dos mutantes mencionados é o atraso nos processos ligados ao amadurecimento, principalmente ao amaciamento dos frutos. Entretanto, esses mutantes não apresentam características desejáveis para consumo "*in natura*", nem para processamento industrial. Esses mutantes apresentam rendimento bem inferior ao das variedades comerciais; os frutos são pequenos e com forma pouco aceitável pelos consumidores. Segundo HOBSON e GRIERSON (1993), mutantes como "*rin* e *nor*" apresentam grande potencial para o melhoramento. Nos híbridos F_1 desses mutantes com cultivares normais, várias características da maturação são afetadas: o tempo da antese até a iniciação das mudanças visíveis do amadurecimento é prolongado e a vida de prateleira de frutos colhidos nos estádios verde-maduro e totalmente maduro melhora significativamente.

Entretanto, juntamente com o efeito benéfico do prolongamento da vida de prateleira dos frutos, há mudanças negativas associadas ao amadurecimento dos frutos, como por exemplo o acúmulo de carotenóides, que eventualmente se aproxima dos frutos de amadurecimento normal, porém o tempo requerido para avançar este estágio para o completo amadurecimento, estimado pela coloração dos frutos, parece ser consideravelmente longo.

2.2. Amadurecimento com etileno

A regulação e coordenação do metabolismo, do crescimento e da morfogênese são freqüentemente dependentes de sinais de uma parte da planta para outra ou mesmo dentro do próprio órgão. Estas intercomunicações são mediadas por mensageiros químicos conhecidos por hormônios (SALISBURY e ROSS, 1991). Os hormônios vegetais, ou melhor, as substâncias reguladoras do crescimento, são sintetizados endogenamente, agem em baixas concentrações e promovem respostas amplificadas tanto no local de síntese quanto distantes deste. Os hormônios podem ser classificados em dois grupos: os estimuladores de crescimento, envolvidos nos processos de divisão celular, alongação, iniciação de órgão e diferenciação, e os inibidores de crescimento, incluindo o ácido abscísico e o etileno (TAIZ e ZEIGER, 1991).

Etileno é substância de crescimento encontrada na natureza na forma gasosa. Foi descoberto que plântulas de ervilha crescidas no escuro mostravam redução na alongamento do talo, aumento do crescimento lateral e anormal crescimento horizontal (perda da sensibilidade geotrópica), condição que mais tarde ficou conhecida como resposta tripla da ervilha estiolada. Quando se removia o ar do ambiente de crescimento e as plântulas de ervilha eram mantidas em ar livre de etileno, estas retomavam seu crescimento vertical normal. Então, o etileno foi identificado como molécula causadora deste efeito (SALISBURY e ROSS, 1991).

As pesquisas com etileno intensificaram-se a partir de 1959, quando o cromatógrafo a gás começou a ser utilizado por Burg nos Estados Unidos. No meio da década de 60, o etileno já tinha sido devidamente identificado como regulador endógeno de amadurecimento de frutos (ABELES et. al., 1992).

Essencialmente, todas as partes dos vegetais produzem etileno. A taxa de produção varia com o tecido e o estágio de desenvolvimento. O etileno é sintetizado a partir da metionina, tendo o ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC) como precursor imediato. As duas principais enzimas envolvidas na biossíntese do etileno são a sintase do ACC e a oxidase do ACC. A sintase do ACC pode ser inibida pela presença de AVG (aminoetoxyvinilglicina) e pelo AOA (ácido aminooxyacético). Já a oxidase do

ACC é inibida por íons cobalto, desacopladores da respiração e condições de anaerobiose. Íons prata aplicados como AgNO_3 ou como tiosulfato de prata são poderosos inibidores da ação do etileno (ABELES et. al., 1992; OETIKER e YANG, 1995).

Existem algumas técnicas para acelerar e uniformizar o amadurecimento de frutos, destacando-se a utilização do ácido 2-cloroetil fosfônico (Ethephon), o qual, em contato com o pH próximo ao neutro no interior das células, promove a liberação de etileno. Esse produto tem uso aprovado para aplicação nos períodos pré e pós-colheita, em diversos países do mundo, e está registrado para aplicações pós-colheita, em bananas (HENZE et al., 1983), citros (KAYS e BEAUDRY, 1987) e tomates no Estado da Flórida - Estados Unidos (REID, 1992). Já no Brasil, está registrado para aplicação pré-colheita em abacaxi, café, cana de açúcar e tomate (ANDREI, 1993). MOURA et. al. (1998), trabalhando com pulverização de diferentes doses de ethephon, encontraram a dose de 1000 mgL^{-1} de ethephon como a melhor para uniformizar e acelerar o amadurecimento de frutos de tomate.

2.3. Injúria por frio

O manejo da temperatura é o método predominante utilizado para manter a qualidade dos produtos hortícolas após a colheita. A redução da temperatura pode substancialmente reduzir a velocidade de muitos processos metabólicos, os quais levariam o produto à deterioração natural e perda de qualidade (WANG, 1990). Portanto, muitos, se não todos, produtos de origem tropical são sujeitos a injúrias fisiológicas, quando submetidos à temperatura abaixo de $12,5^\circ\text{C}$, mas acima de sua temperatura de congelamento (WANG, 1982). Esse dano, que não envolve o congelamento, é conhecido por "chilling injury" ou simplesmente "injúria por frio".

A injúria por frio pode ocorrer no campo, durante o transporte; no armazenamento, durante a comercialização; e, ainda, no refrigerador doméstico. É difícil reconhecer e distinguir os sintomas que realmente são devidos à injúria por frio. Entre os vários sintomas atribuídos à exposição à baixa temperatura, pode-se citar: 1) lesões superficiais como: manchas, áreas

largas aprofundadas e descolorações; 2) descoloração interna; 3) frutos que perdem a capacidade de amadurecer, quando retornam às condições favoráveis de amadurecimento; 4) taxa acelerada de senescência; 5) redução do período de armazenamento e comercialização dos produtos; e 6) mudanças na composição, especialmente em relação a sabor e aroma (MORRIS, 1982; MARKHART III, 1986).

Vários fatores contribuem para a injúria por frio, destacando-se fatores intrínsecos aos tecidos, como genótipo, condições de crescimento, idade e estágio de maturidade, e fatores extrínsecos ao meio, como temperatura, duração da exposição, se a exposição é contínua ou intermitente, umidade relativa, composição da atmosfera e tratamentos pós-colheita (MORRIS, 1982; CHENG e SHEWFELT, 1988; e WANG, 1990). Existe forte interação entre o tempo e a temperatura de exposição, isto é, quanto maior o tempo de exposição à temperatura de injúria, maiores serão os sintomas de injúrias por frio (HOBSON, 1987; EFIUVWEVWERE e THORNE, 1988). Entretanto, os sintomas da injúria por frio geralmente não aparecem até que os frutos sejam submetidos a temperaturas não-injuriantes que favoreçam o amadurecimento (WHITAKER, 1994).

Muitas teorias têm sido propostas para explicar o mecanismo da injúria por frio. Primeiramente, existem as respostas primárias à baixa temperatura, usualmente considerada de natureza física, como as alterações na estrutura das membranas (SALTVEIT e MORRIS, 1990). LYONS e RAISON (1970) foram os primeiros a sugerir que, nas plantas sensíveis à baixa temperatura, quando expostas à temperatura injuriante, ocorre transição da fase física das membranas, passando de uma estrutura líquido-cristalina flexível para uma estrutura gel sólida. Essas mudanças na estrutura das membranas podem ou não levar a respostas secundárias ou mudanças irreversíveis, dependendo da temperatura, do tempo de exposição e da susceptibilidade do genótipo (WANG, 1982). MORRIS (1982) cita que esses eventos primários, em determinadas espécies, após prolongada exposição à temperatura injuriante, podem levar a várias respostas secundárias, como perda da integridade de membranas; extravasamento de eletrólitos; perda da compartimentalização; aumento da energia de ativação de enzimas associadas à membrana; interrupção da corrente protoplasmática; decréscimo da taxa fotossintética; desorganização

das estruturas celulares e subcelulares; acúmulo de substâncias tóxicas; e manifestação de sintomas visuais da injúria por frio.

AUDIO e BRAMLAGE (1986) armazenaram frutos de tomate em diferentes estádios de desenvolvimento, à temperatura de 5°C, durante 14 dias, e observaram que frutos verde-maduros e no final de desenvolvimento apresentaram aumento significativo no extravasamento de eletrólitos.

WHITAKER (1991) relata que frutos armazenados a 12°C por até 12 dias apresentaram amadurecimento normal após serem transferidos para temperatura superior, mas, quando armazenados a 2°C, não apresentaram amadurecimento satisfatório, mesmo ao serem transferidos para temperatura de amadurecimento.

Frutos de tomate previamente armazenados por 2 e 3 semanas, a 9 e 12°C, produziram mais etileno e tiveram altas taxas respiratórias, quando transferidos para 20°C (ARTES et. al., 1998).

BERGEVIN et. al. (1993a), armazenando frutos de tomate, por oito dias, a 1°C, observaram que os frutos, mesmo transferidos para 20°C, não amadureciam normalmente, pois não desenvolviam a pigmentação característica e apresentavam aumento no extravasamento de eletrólitos.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E MATURAÇÃO DE FRUTOS DO TOMATEIRO, cv. SANTA CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME

1. INTRODUÇÃO

Os frutos do tomateiro, durante o seu amadurecimento, passam da coloração esverdeada para a avermelhada, devido principalmente à transição dos cloroplastos para cromoplastos, pela gradativa degradação dos pigmentos clorofílicos e síntese e, ou, revelação dos pigmentos carotenóides. O amolecimento dos frutos no amadurecimento é atribuído basicamente às enzimas que atuam sobre a parede celular reduzindo a estrutura rígida dos frutos. A combinação de sabor e aroma também é alterada durante o amadurecimento dos frutos, devido à variação nos teores de açúcares, ácidos e compostos voláteis, tornando o fruto apropriado para consumo.

Os frutos do tomateiro são classificados como climatéricos, ou seja, apresentam ascensão na taxa respiratória, que é acompanhada por alta produção de etileno, quando amadurecem. Acredita-se que o início do amadurecimento ocorre no aumento da produção de etileno, que é sintetizado, a partir de S-adenosil metionina (SAM), com a atuação da sintase do ACC e oxidase do ACC, tendo como intermediário o ACC (ácido 1-amino-

ciclopropano-1-carboxílico). A maioria dos processos ligados ao amadurecimento dos frutos está diretamente relacionada à atividade enzimática. Tem sido demonstrado que o etileno influi na transcrição e tradução de vários genes relacionados ao amadurecimento (HOBSON e GRIERSON, 1993).

Os baixos níveis de pigmentos carotenóides, em frutos maduros de mutantes, são atribuídos, principalmente, à menor expressão do gene da enzima fitoene sintase, que interrompe a síntese do intermediário fitoeno, resultando no menor acúmulo dos pigmentos licopeno e β -caroteno (BARTLEY e SCOLNIK, 1995).

Outro grupo de mutantes apresenta efeitos pleiotrópicos sobre o amadurecimento. Essas mutações pleiotrópicas freqüentemente retardam a velocidade do amadurecimento (TIGCHELAAR et. al., 1978). A grande vantagem desses mutantes é o atraso nos processos ligados ao amadurecimento, principalmente no amaciamento dos frutos. Entretanto, esses mutantes não dispõem de características desejáveis para consumo "in natura", nem para processamento industrial, e apresentam rendimento bem inferior ao das variedades comerciais e dos frutos pequenos com formato fora do padrão aceitável pelos consumidores (AGAR et. al., 1994).

Mutantes como Ripening inhibitor ("rin"), Never ripe (Nr), Non-ripening (nor) e Alcobaça (alc) apresentam grande potencial para trabalhos de melhoramento. HERNER e SINK (1973) observaram atraso no amadurecimento de frutos provenientes do cruzamento de variedades comerciais com o mutante "rin", quando se determinaram a produção de etileno e CO_2 e as mudanças da coloração. HOBSON (1980) prolongou a vida de prateleira de frutos provenientes do cruzamento da variedade Ailsa Craig com os mutantes "Nor" e "rin".

Todavia, juntamente com esse efeito benéfico – o prolongamento da vida de prateleira dos frutos –, ocorrem alterações em muitas mudanças associadas com o amadurecimento dos frutos, as quais decrescem em magnitude, como ocorre com os carotenóides, que eventualmente se aproximam dos frutos de amadurecimento normal. Contudo, o tempo requerido para o total amadurecimento, estimado pela coloração dos frutos, parece ser consideravelmente longo (CORONA et. al., 1996).

Portanto, a identificação e caracterização de mutantes de ocorrência natural são de grande valia para o melhoramento.

O presente trabalho objetivou avaliar as características de crescimento do fruto de tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme; as alterações da maturação do fruto colhido no estágio verde-maduro; e, ainda, o potencial do mutante para programas de melhoramento, com o intuito de se obterem frutos com conservação pós-colheita superior.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Multiplicação de sementes e análise prévia da firmeza do pericarpe

Sementes da cv. Santa Clara e do seu mutante firme, com características de maior firmeza dos frutos, foram obtidas de uma plantação comercial na região de Coimbra-MG. A semeadura foi realizada em vasos contendo 5 kg de substrato, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, no ano de 1998. Cada vaso continha uma planta, sendo conduzida com uma haste. A adubação e os tratos culturais foram normais à cultura. Para este ensaio, foram preparados 10 vasos por cultivar, sendo dispostos aleatoriamente dentro da casa de vegetação.

Os frutos, quando atingiram o estágio verde-maduro, foram colhidos e levados ao laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia, onde foram selecionados frutos de mesmo lote. Foram utilizados 10 frutos da cv. Santa Clara e 10 frutos do mutante firme. Os frutos foram colocados no laboratório, a temperatura ambiente, para amadurecimento normal. A intenção de deixar os frutos amadurecerem a temperatura ambiente é de que os frutos estejam no mesmo estágio de maturação. Após a maturação, realizou-se a medição da firmeza da polpa através de uma régua graduada, onde os frutos foram colocados e a firmeza foi determinada pelo método de apinação, descrito por CALBO e NERY (1991). Os frutos que permaneceram ligados às plantas foram utilizados para análise de sementes.

Foi usado delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos provenientes de um fatorial 2 x 8, sendo cultivar (cv. Santa Clara e mutante firme) e oito

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Multiplicação de sementes e análise prévia da firmeza do pericarpo

Sementes da cv. Santa Clara e do seu mutante firme, com característica de maior firmeza dos frutos, foram obtidas de uma plantação comercial na região de Coimbra-MG. A semeadura foi realizada em vasos contendo 5 kg de substrato, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, no ano de 1996. Cada vaso continha uma planta, sendo conduzida com uma haste. A adubação e os tratos culturais foram normais à cultura. Para este ensaio, foram preparados 10 vasos por cultivar, sendo dispostos aleatoriamente dentro da casa de vegetação.

Os frutos, quando atingiram o estágio verde-maduro, foram colhidos e levados ao laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia, sendo selecionados frutos de mesmo tamanho. Foram utilizados 10 frutos da cv. Santa Clara e 10 frutos do mutante firme, que permaneceram no laboratório, à temperatura ambiente, para amadurecerem normalmente. A intervalos de dois dias, realizou-se a medição da firmeza da polpa sempre na mesma região equatorial do fruto, previamente marcada. A firmeza foi determinada pelo método de aplanção, descrito por CALBO e NERY (1995). Os frutos que permaneceram ligados às plantas foram utilizados para a retirada de sementes.

Foi usado delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos, provenientes de um fatorial 2 x 8, sendo cultivar normal e mutante firme, e oito

tempos de amostragem, com 10 repetições, tendo um fruto cada. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 ou 1% de probabilidade, sendo realizada análise de regressão em função do tempo.

2.2. Crescimento e desenvolvimento dos frutos

Após a multiplicação, as sementes foram semeadas na Horta da UFV, no ano de 1997. As mudas foram transplantadas quando apresentaram cinco folhas definitivas. O espaçamento entre as plantas foi 0,60 m, com uma muda por cova e 1,0 m entre fileiras. As adubações e os tratos culturais foram realizados conforme recomendações para plantios comerciais. O controle fitossanitário e as capinas foram realizados quando necessários. Neste ensaio, foram plantadas quatro fileiras por cultivar.

As flores foram marcadas na ocasião da antese, sendo escolhidas nos três primeiros cachos. A intervalos de sete dias, a contar da antese, frutos foram colhidos e imediatamente acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade e transportados para o laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. No laboratório, após seleção, os frutos sadios foram pesados e colocados sobre as bancadas do laboratório durante uma hora, com o objetivo de estabilizar a temperatura, bem como a taxa respiratória. O laboratório apresentou temperatura média de $24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $82 \pm 7\%$. Após o descanso, os frutos foram colocados em frascos totalmente fechados para a determinação de CO_2 e etileno. Na determinação de CO_2 , foram retiradas amostras da atmosfera interna dos frascos 20 minutos após fechados e, na quantificação do etileno, os frutos permaneceram fechados por período de 90 minutos.

Na determinação de CO_2 e produção de etileno, foi utilizado o cromatógrafo a gás SHIMADZU, modelo GC-14B, com coluna Porapak Q de 1,60 m de comprimento. A temperatura da coluna e do injetor foi 60 e 100°C , respectivamente. Na análise de CO_2 , foi utilizado detector de condutividade térmica a 140°C , e a corrente regulada em 80 A. Já na análise de etileno, foi utilizado detector de ionização de chama a 150°C .

Após retirados dos frascos, foram determinados os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos. Em seguida, os frutos foram cortados na região equatorial, realizando medição da espessura do pericarpo. A seguir, foram colocados em placas de petri levadas para secagem em estufas de circulação forçada de ar regulada para 65°C, até obtenção de massa constante. Após a secagem, foi calculado o teor de matéria seca (TMS) pela seguinte fórmula:

$$\text{TMS} = \frac{\text{PMS}}{\text{PMF}} \times 100$$

em que

PMS = peso da matéria seca; e

PMF = peso da matéria fresca.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizado, com quatro blocos, sendo 11 tempos de amostragem (épocas após antese) para a cultivar normal e 13 para o mutante firme. Foram coletados quatro frutos por repetições, dos quais se selecionavam dois para as referidas análises. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 ou 1% de probabilidade, sendo realizada análise de regressão individualizada para cada variável estudada, em função do tempo.

2.3. Análises nas folhas

Aos 76 dias após o transplante, foram coletadas folhas nas partes basais, medianas e do topo de quatro plantas de cada repetição; nestas, foram realizadas análises de clorofila total, segundo metodologia adaptada de ARNON (1949), e carotenóides, segundo metodologia descrita por LICHTENTHALER (1987). As médias foram analisadas pelo teste de Newman Keuls, em nível de 5% de probabilidade.

2.4. Amadurecimento do fruto na planta

Na etapa seguinte, coletaram-se frutos de ambas as cultivares em seis diferentes estádios de amadurecimento, desde o verde-maduro até o completamente vermelho, procedendo-se às seguintes análises: firmeza do pericarpo, sólidos solúveis, pH e acidez titulável.

A análise de sólidos solúveis foi realizada com um refratômetro de mesa. A acidez titulável foi determinada segundo técnica recomendada pela ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC (1975). Como o ácido predominante no tomate é o ácido cítrico, os resultados obtidos da acidez titulável foram transformados em valores correspondente em ácido cítrico, segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Quanto ao pH, a amostra do fruto foi triturada, filtrada e levada ao pHmetro digital. A firmeza da fruto foi estimada pelo amaciamento do pericarpo com a técnica de aplanção, descrita por CALBO e NERY (1995).

Foi usado delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos, provenientes de um fatorial 2 x 6, sendo cultivar normal e mutante firme, e seis estádios de desenvolvimento dos frutos, com quatro repetições, contendo dois frutos cada. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 ou 1% de probabilidade, sendo realizada análise de regressão, em função do tempo, para firmeza da polpa. Utilizou-se o teste de Newman Keuls, a 5% de probabilidade, para as outras variáveis analisadas.

2.5. Amadurecimento do fruto fora da planta

Na terceira etapa, coletaram-se frutos das cultivares no estágio verde-maduro, tratando-os com solução de hipoclorito a 0,5% de cloro ativo, sendo separados em três lotes.

No primeiro lote, foram realizadas análises diárias de etileno e CO₂, com a técnica descrita anteriormente, durante 11 dias. No segundo lote, as análises de firmeza da polpa, perda de massa e evolução da coloração foram realizadas de 3 em 3 dias, até o 12º dia. No terceiro lote, foram realizadas, de 4

em quatro dias, análises do extravasamento de eletrólitos, clorofila total, carotenóides totais e licopeno, até o 16º dia.

A evolução da cor da casca durante a maturação dos frutos foi avaliada, de forma subjetiva, segundo adaptação da escala do USDA (1985):

0 - 100% da superfície do fruto de cor verde (verde-maduro);

1 - 0 a 10% da superfície do fruto de cor amarelo-tanino;

2 - 10 a 20% da superfície de cor amarelo-tanino;

3 - 20 a 60% da superfície de cor laranja ou vermelha;

4 - 60 a 90% da superfície de cor vermelha; e

5 - mais de 90% da superfície vermelha.

A determinação de pigmentos carotenóides foi feita de acordo com metodologia descrita por ZSCHEILE e PORTER (1947). Foram tomados 5 g de pericarpo do fruto, o qual foi armazenado, com 20 mL de acetona, a -20°C. Na ocasião das análises, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas com 20 mL de hexano, utilizando um homogeneizador de tecidos Turrax, modelo NT 138. O homogeneizado foi filtrado, a vácuo, com papel de filtro da categoria faixa preta e levado ao funil de separação, sendo lavado três vezes com água desmineralizada. Em seguida, o funil foi lavado, seqüencialmente, com 20 mL das seguintes soluções: metanol a 90%, hidróxido de potássio a 20% em metanol e, novamente, metanol a 90%. Após cada lavagem, o funil permaneceu em repouso durante 20 minutos. Finalmente, o funil foi lavado mais três vezes com água desmineralizada, sendo então descartada a fase inferior do funil. A solução remanescente no funil, que continha o hexano mais os pigmentos, foi analisada em espectrofotômetro Hitachi, modelo V.2000, nos comprimentos de 487,5 e 502 nm. Nas determinações dos carotenóides totais e do licopeno, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Carotenóides totais (mg.100g MF}^{-1}\text{)} = \frac{A_{487,5} \times \text{FD} \times 10^5}{181 \times \text{LC} \times \text{MF}}$$

em que

FD = fator de diluição;

LC = largura da cubeta (1 cm);

MF = matéria fresca (g); e

A = absorvância.

$$\text{Licopeno (\%)} = \frac{\left[\frac{(A_{502} \times 181)}{(A_{487,5})} \right] - 42}{237} \times 100$$

O extravasamento de eletrólitos foi determinado segundo metodologia descrita por WHITLOW et al. (1992). Foram retirados seis discos de 11 mm de diâmetro da região equatorial do pericarpo de três frutos. Os discos foram lavados com água desmineralizada e colocados em um frasco de plástico de 50 mL contendo 20 mL de solução de manitol a 0,5 M. Os frascos foram colocados no banho de água a 25°C sob agitação durante período de 4 horas. Após este período, foi mensurada a condutividade inicial. Em seguida, os frascos foram armazenados a -20°C durante 24 horas e, após o congelamento, colocados em banho de água em ebulição durante 25 minutos. Novamente, os frascos foram colocados sob agitação a 25°C até a estabilização da temperatura, sendo então mensurada a condutividade total, visto que, com os tratamentos anteriores, se esperava que tivesse ocorrido a ruptura do sistema de membranas, sendo, então, calculado o extravasamento de eletrólitos em porcentagem de eletrólitos extravasado no início em relação ao total.

A determinação da clorofila total nos frutos foi realizada segundo metodologia descrita por INSKEEP e BLOOM (1985). Quatro discos de 11 mm de diâmetro do pericarpo da região equatorial do fruto foram colocados em tubos protegidos por papel alumínio, para evitar a fotodegradação dos pigmentos clorofílicos, com 5 mL do solvente N,N-dimetilformamida. Em seguida, os frascos foram armazenados a 4°C. Após o período de 10 dias, os frascos foram retirados do refrigerador e agitados por 24 horas. Realizaram-se filtração do solvente e leitura da absorvância a 647 e 664,5 nm. A concentração de pigmentos foi calculada, de acordo com a seguinte equação, em mg.kg⁻¹:

Clorofila total = $17,90 \cdot A_{647} + 8,08 \cdot A_{664,5}$

Em todas as etapas, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento e dois frutos por parcela. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, a 5 ou 1% de probabilidade e, ainda, à análise de regressão, em função do tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Firmeza prévia do pericarpo

Para análise da firmeza do fruto, pode-se constatar que aquelas oriundas das sementes dos frutos do mutante colhido na região de Coimbra - MG apresentaram maior firmeza que os frutos normais, ao longo do período de armazenamento (Figura 1). Diante deste fato, ocorreu o interesse de se estudar em melhor as características desses frutos.

3.2. Crescimento e desenvolvimento dos frutos

Os frutos apresentaram aumento gradual de matéria fresca, diâmetro transversal e longitudinal e espessura do pericarpo, tanto da cv. Santa Clara quanto do mutante firme (Figuras 2, 3, 4 e 5).

A matéria fresca dos frutos da cv. Santa Clara foi significativamente maior a partir dos 35 dias após a anthesis. Os frutos normais atingiram o máximo crescimento aos 70 dias, coincidindo com o estágio verde-maturo, isto é, o estágio de maturidade fisiológica, a partir do qual os frutos se encontram aptos a amadurecerem quando colhidos. Também atingiram o estágio totalmente maduros (mais de 90% da superfície avermelhada) aos 77 dias após a anthesis. Já o mutante teve o máximo crescimento aos 77 dias, coincidindo com seu estágio verde-maturo. Os frutos do mutante atingiram o estágio variegado aos

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Firmeza prévia do pericarpo

Pela análise da firmeza do fruto, pode-se constatar que aqueles oriundos das sementes dos frutos do mutante colhido na região de Coimbra - MG apresentam maior firmeza que os frutos normais, ao longo do processo de amadurecimento (Figura 1). Diante deste fato, ocorreu o interesse de se estudarem melhor as características destes frutos.

3.2. Crescimento e desenvolvimento dos frutos

Os frutos apresentaram aumento gradativo de matéria fresca, diâmetro transversal e longitudinal e espessura do pericarpo, tanto da cv. Santa Clara quanto do mutante firme (Figuras 2, 3, 4 e 5).

A matéria fresca dos frutos da cv. Santa Clara foi significativamente maior a partir dos 35 dias após a antese. Os frutos normais atingiram o máximo crescimento aos 70 dias, coincidindo com o estágio verde-maduro, isto é, estágio de maturidade fisiológica, a partir do qual os frutos se encontram aptos a amadurecerem quando colhidos. Também atingiram o estágio totalmente maduros (mais de 90% da superfície avermelhada) aos 77 dias após a antese. Já o mutante teve o máximo crescimento aos 77 dias, coincidindo com seu estágio verde-maduro. Os frutos do mutante atingiram o estágio vermelho aos

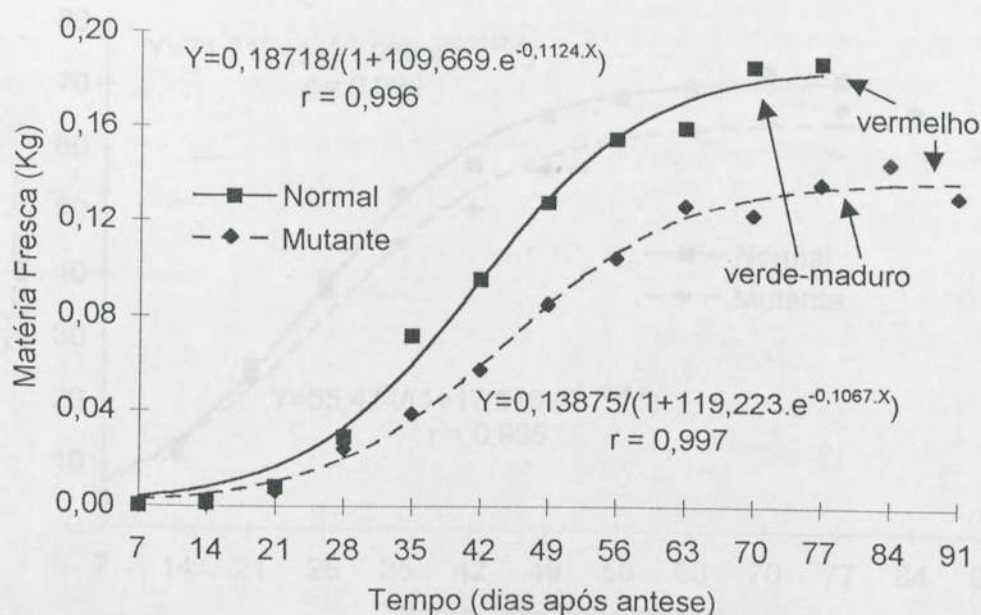


Figura 2 - Variação da matéria fresca de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

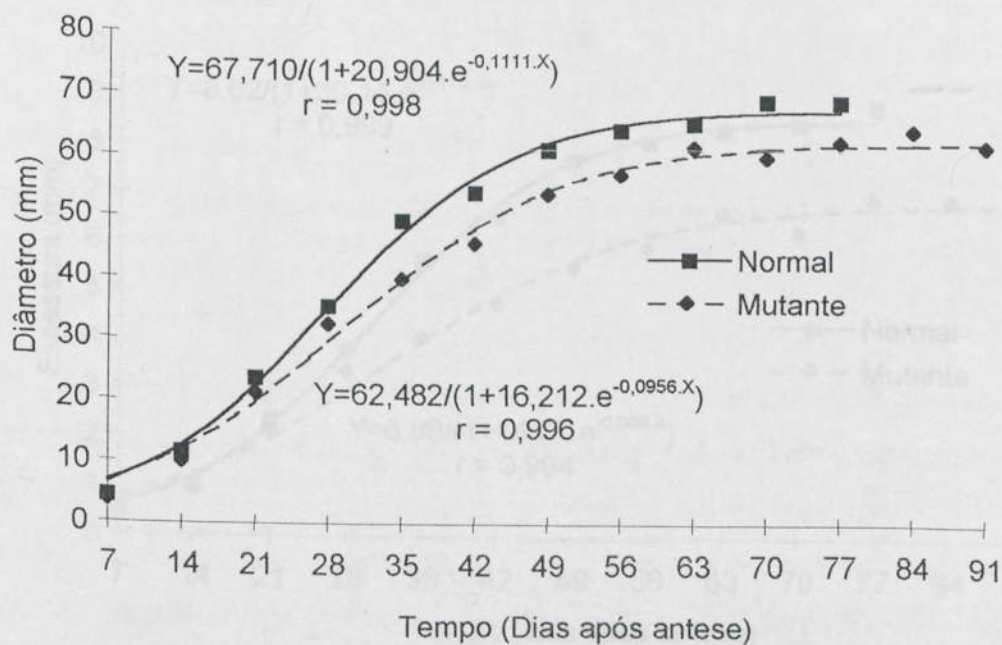


Figura 3 - Variação do diâmetro transversal de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

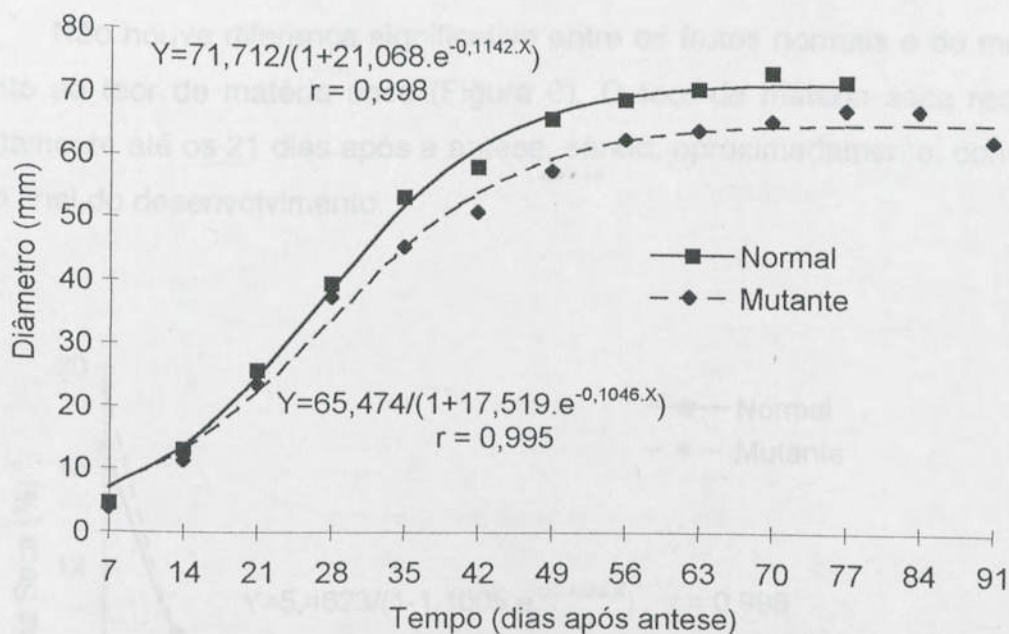


Figura 4 - Variação do diâmetro longitudinal de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

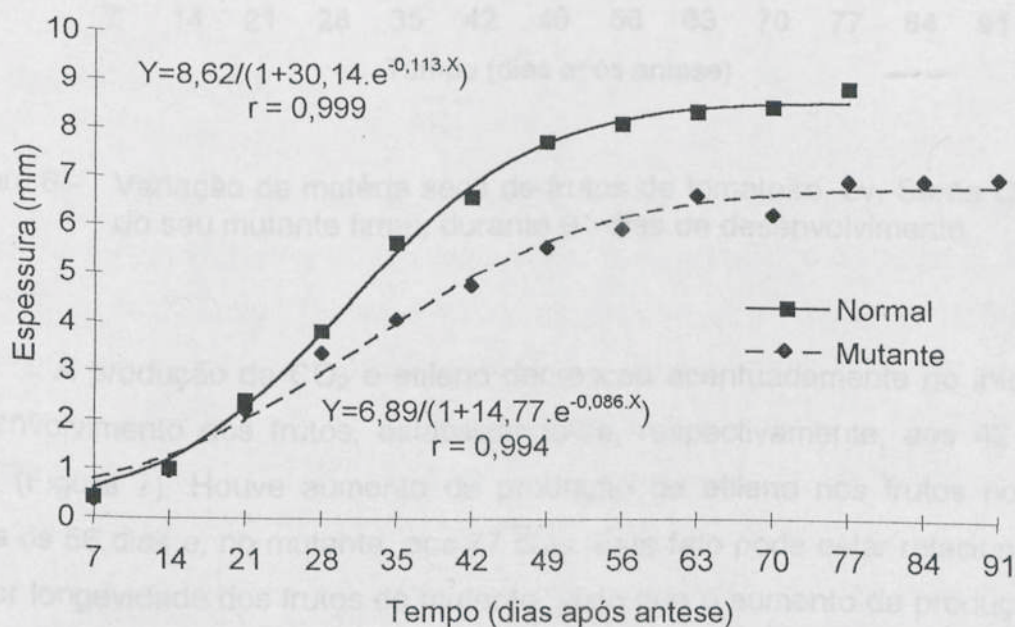


Figura 5 - Variação da espessura do pericarpo de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

Não houve diferença significativa entre os frutos normais e do mutante quanto ao teor de matéria seca (Figura 6). O teor de matéria seca reduz-se rapidamente até os 21 dias após a antese, sendo, aproximadamente, constante até o final do desenvolvimento.

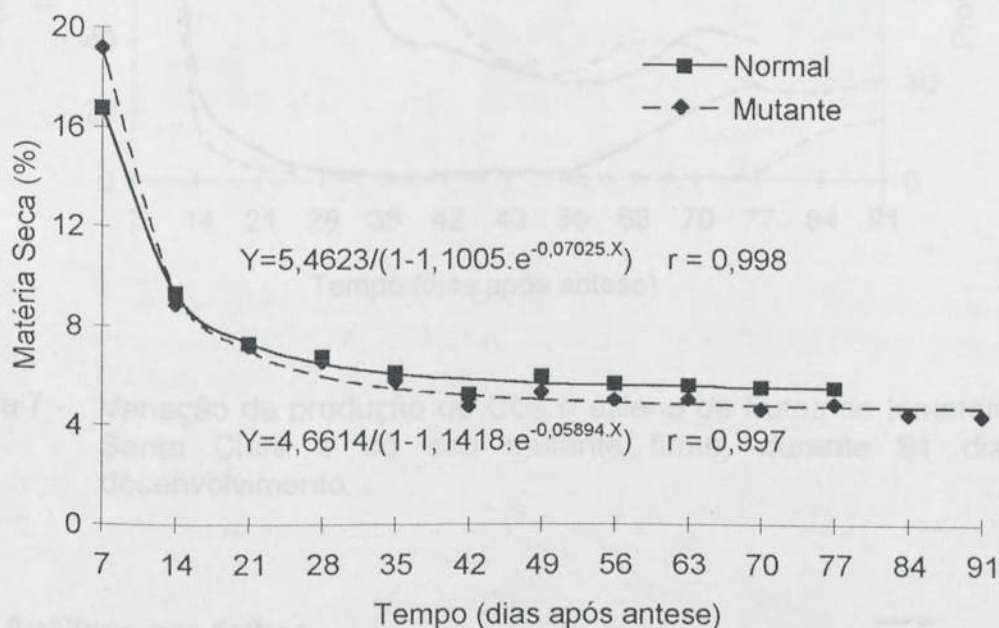


Figura 6 - Variação da matéria seca de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

A produção de CO_2 e etileno decresceu acentuadamente no início do desenvolvimento dos frutos, estabilizando-se, respectivamente, aos 42 e 21 dias (Figura 7). Houve aumento da produção de etileno nos frutos normais após os 56 dias e, no mutante, aos 77 dias. Este fato pode estar relacionado à maior longevidade dos frutos do mutante, visto que o aumento da produção de etileno está relacionado com os processos que levam ao amadurecimento.

Na análise de carotenóides, observou-se diferença significativa apenas nas folhas de baixo (Figura 8), indicando também degradação mais rápida deste pigmento nas folhas de plantas mutantes.

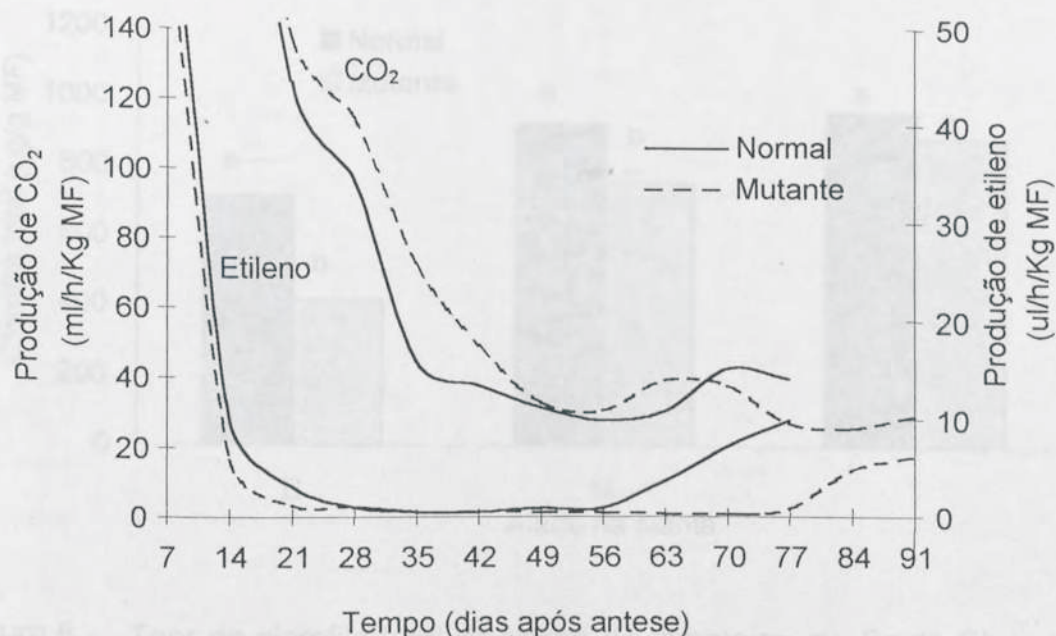


Figura 7 - Variação da produção de CO₂ e etileno de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, durante 91 dias de desenvolvimento.

3.3. Análises nas folhas

As plantas mutantes apresentaram folhas mais amareladas. Por esta razão, foram realizadas análises de clorofila e carotenóides (Figuras 8 e 9). A quantidade de clorofila total, de ambas as cultivares, nas folhas superiores, não apresentaram diferenças significativas (Figura 8), demonstrando que a planta mutante e a planta normal apresentam a mesma quantidade de clorofila total, o que se evidenciou, também, na análise do espectro de absorção (Figura 10). Entretanto, observou-se diferença significativa nas análises das folhas medianas e de baixo, indicando que a degradação de clorofila foi mais acentuada no mutante (Figura 8). Visto que o desenvolvimento dos frutos está intimamente relacionado com o processo fotossintético das folhas, o menor crescimento dos frutos do mutante pode ser, em parte, explicado pelo menor teor de clorofila das folhas.

Na análise de carotenóides, observou-se diferença significativa apenas nas folhas de baixo (Figura 9), indicando também degradação mais rápida deste pigmento nas folhas de plantas mutantes.

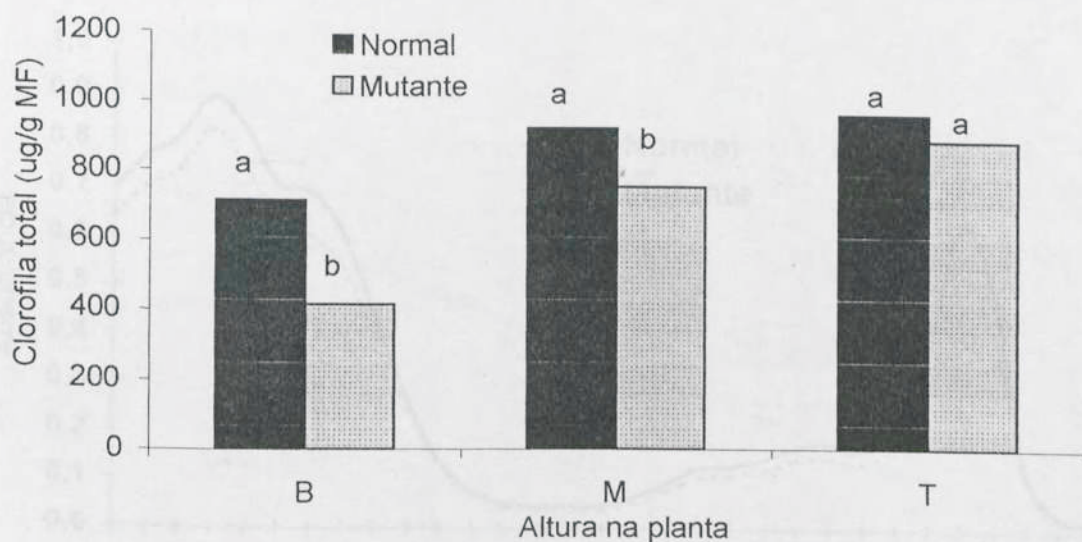


Figura 8 - Teor de clorofila total de folhas de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, retiradas da base (B), do meio (M) e topo (T) da planta, após 76 dias de desenvolvimento da planta.

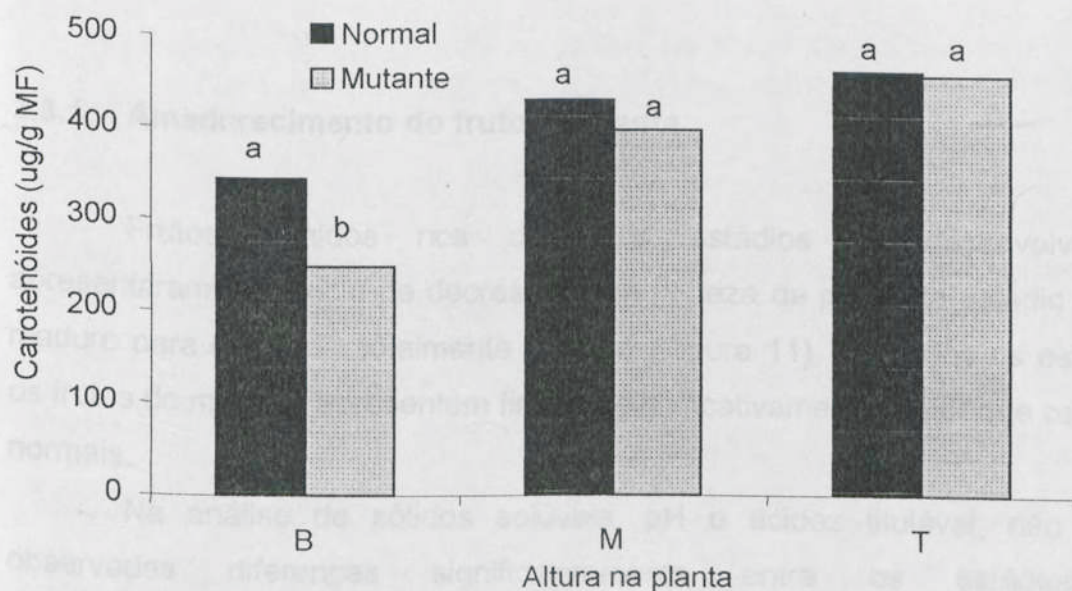


Figura 9 - Teor de carotenóides de folhas de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, retiradas da base (B), do meio (M) e topo (T) da planta, após 76 dias de desenvolvimento da planta.

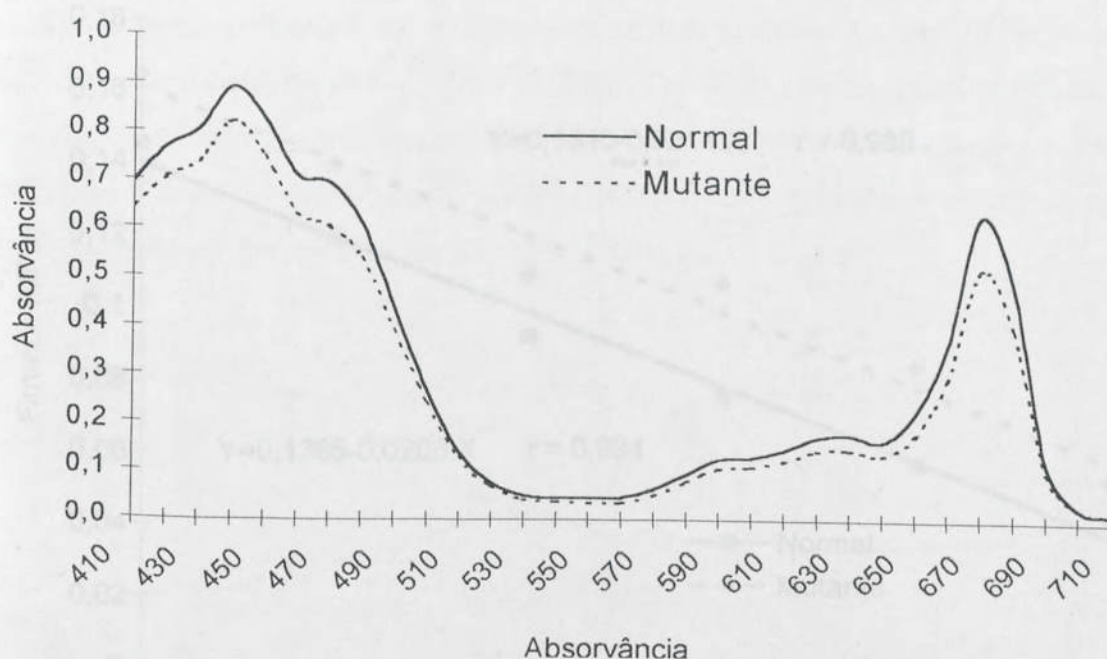


Figura 10 - Espectro de absorvância de clorofila das folhas medianas de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme.

3.3.1. Amadurecimento do fruto na planta

Frutos colhidos nos diferentes estádios de desenvolvimento apresentaram tendência de decréscimo da firmeza da polpa do estágio verde-maduro para o estágio totalmente maduro (Figura 11). Em todos os estádios, os frutos do mutante apresentam firmeza significativamente maior que os frutos normais.

Na análise de sólidos solúveis, pH e acidez titulável, não foram observadas diferenças significativamente entre os estádios de desenvolvimento. Todavia, os frutos do mutante, em média, apresentaram valores significativamente menores de sólidos solúveis e pH e maiores de acidez titulável (Quadro 1), indicando possível alteração do sabor destes frutos.

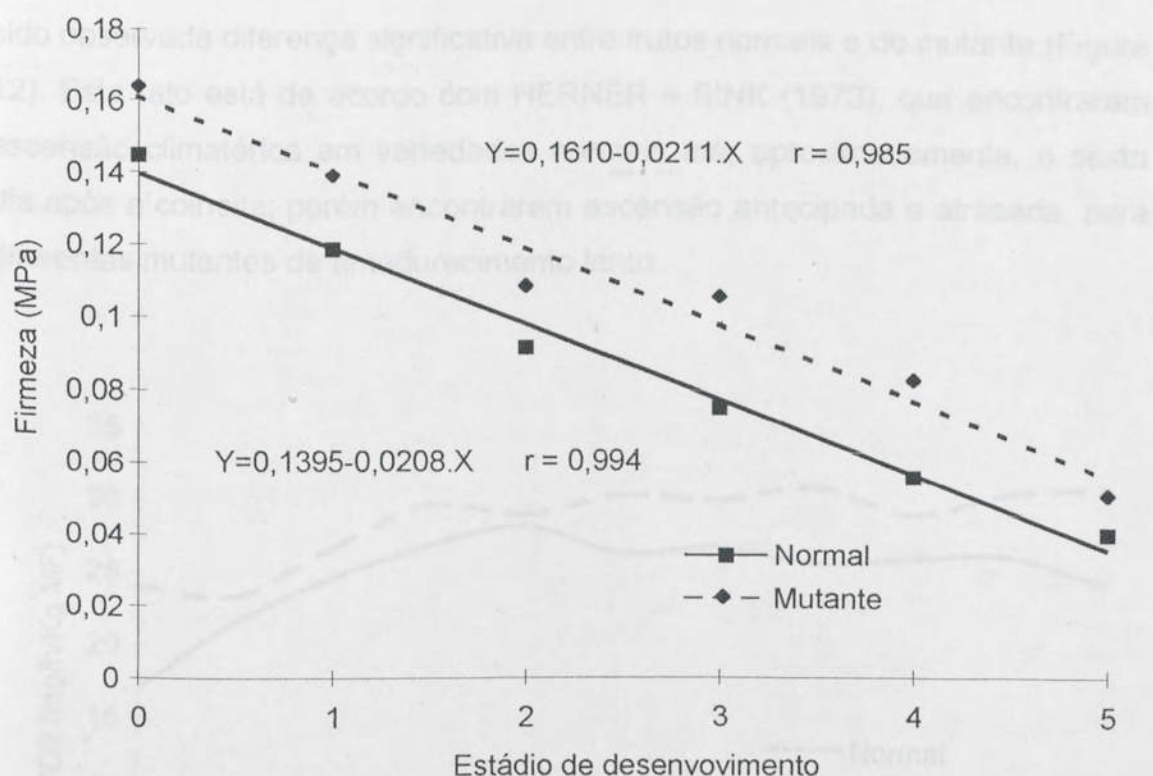


Figura 11 - Variação da firmeza da polpa de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos nos estádios de desenvolvimento.

Quadro 1 - Valores médios de sólidos solúveis, pH e acidez titulável de frutos de tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme colhidos nos estádios de desenvolvimento

	Normal	Mutante
Sólidos solúveis ($^{\circ}$ BRIX)	3,98 A	3,53 B
PH	4,39 A	4,29 B
Acidez Titulável (% ac. cítrico)	0,52 B	0,54 A

* Média seguidas por letras diferentes, na horizontal, diferem significativamente, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Newman Keuls.

3.4. Amadurecimento do fruto fora da planta

Houve ligeiro aumento da produção de CO_2 , até aproximadamente o quarto dia, indicando possivelmente a ascensão climatérica, apesar de não ter

sido observada diferença significativa entre frutos normais e do mutante (Figura 12). Este fato está de acordo com HERNER e SINK (1973), que encontraram ascensão climatérica em variedades normais até, aproximadamente, o sexto dia após a colheita; porém encontraram ascensão antecipada e atrasada, para diferentes mutantes de amadurecimento lento.

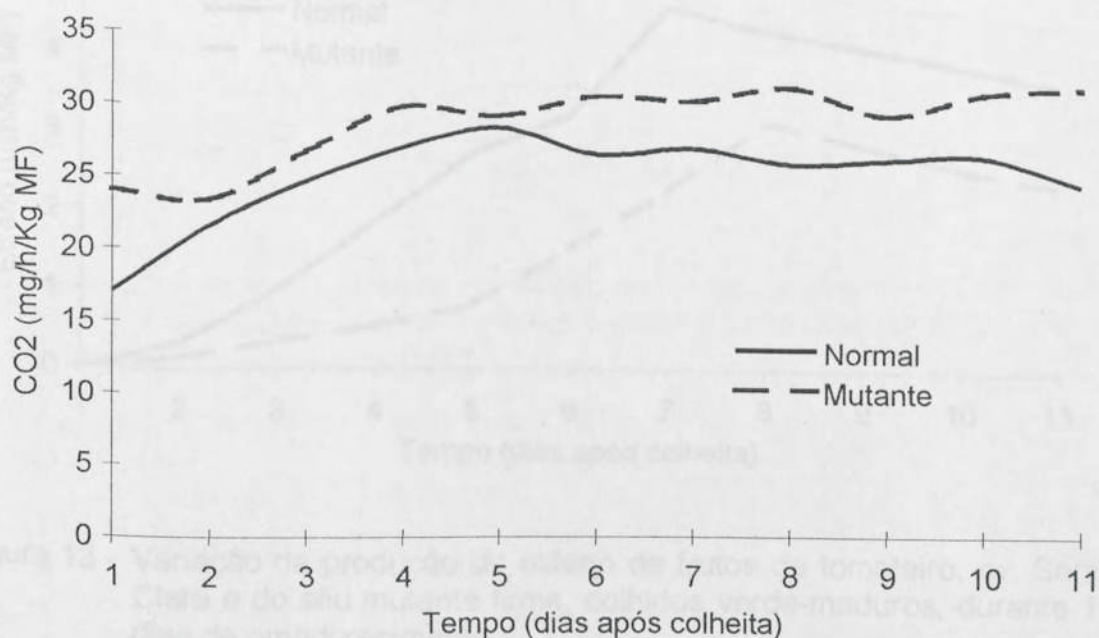


Figura 12 - Variação da produção de CO_2 de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 11 dias de amadurecimento.

A produção de etileno dos frutos normais aumentou até o sétimo dia, enquanto, nos frutos do mutante, os níveis de etileno foram significativamente mais baixos durante todo o amadurecimento, com pico no oitavo dia (Figura 13). HERNER e SINK (1973) também encontraram níveis baixos e mesmo traço de etileno em frutos de mutante de amadurecimento lento.

Os frutos do mutante firme, portanto, apresentaram taxa de amadurecimento mais lenta, tornando-o mais longo e firme. Este fato pode estar relacionado à menor quantidade de etileno produzido no período de amadurecimento, fazendo com que as reações estimuladas pelo etileno apresentem taxas reduzidas.

Acompanhando o mesmo comportamento quando os frutos ainda estão ligados à planta, a firmeza da polpa nos frutos separados da planta mãe apresentou diferenças significativas entre os frutos normais e do mutante (Figura 14).

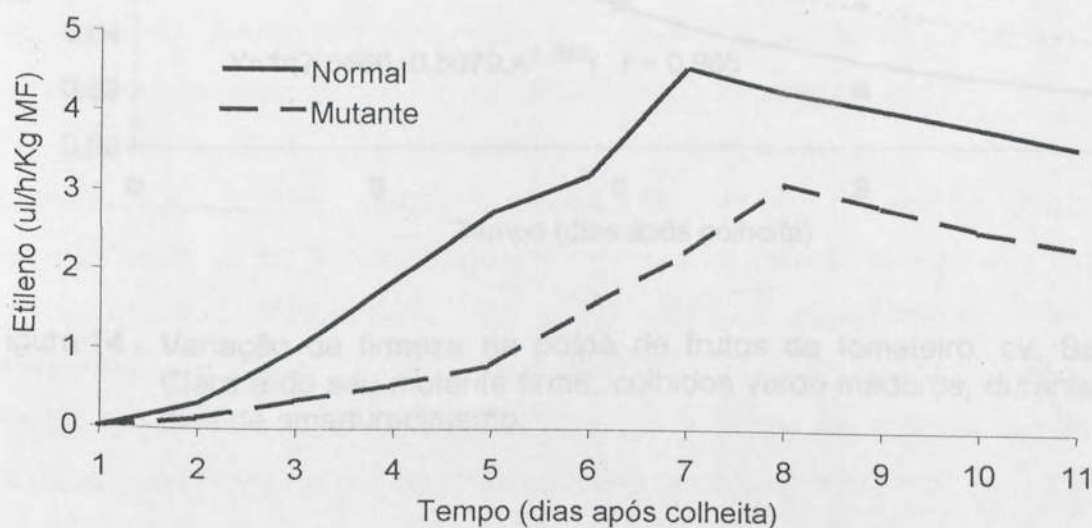


Figura 13 - Variação da produção de etileno de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 11 dias de amadurecimento.

Houve perda de massa significativamente menor dos frutos do mutante, a partir do sexto dia de amadurecido (Figura 15), indicando, provavelmente, alguma alteração no nível molecular da membrana. Este fato pode estar relacionado também à maior firmeza dos frutos, pois, segundo KAYS (1991), a perda da firmeza pode ser atribuída, principalmente, ao avanço dos processos de amadurecimento, induzido pelo aumento da produção de etileno e pela perda de massa, principalmente, perda de água. Nos frutos do mutante, houve produção reduzida de etileno e redução na perda de massa, podendo, em parte, explicar a sua maior firmeza. FINGER et al. (1995) observaram que o aumento da perda de massa acarreta incrementos na produção de etileno e na respiração e, conseqüentemente, maturação antecipada em frutos de banana.

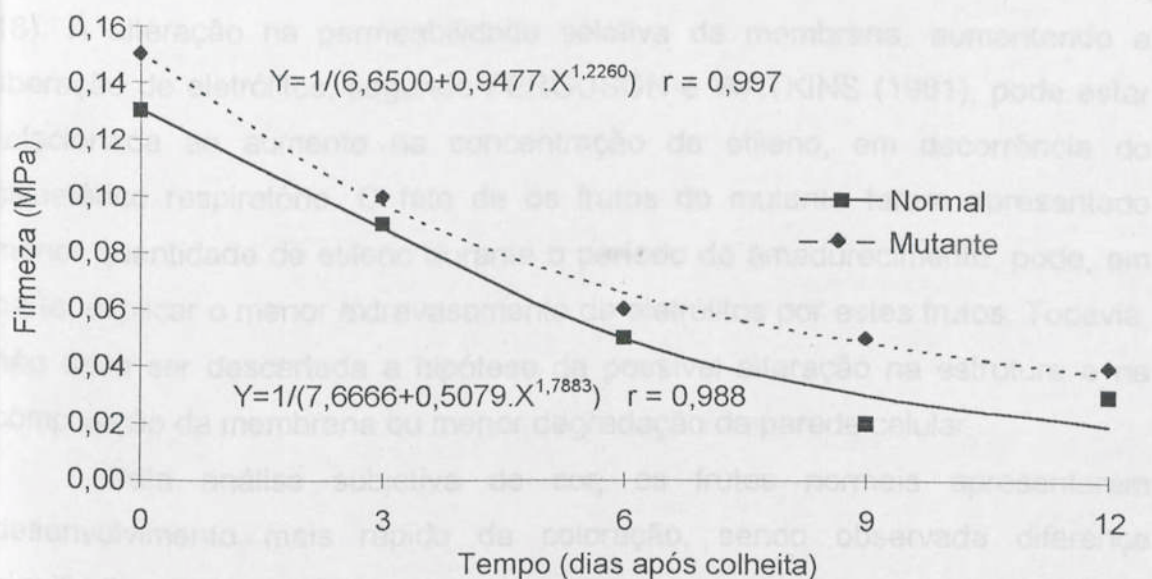


Figura 14 - Variação da firmeza da polpa de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 12 dias de amadurecimento.

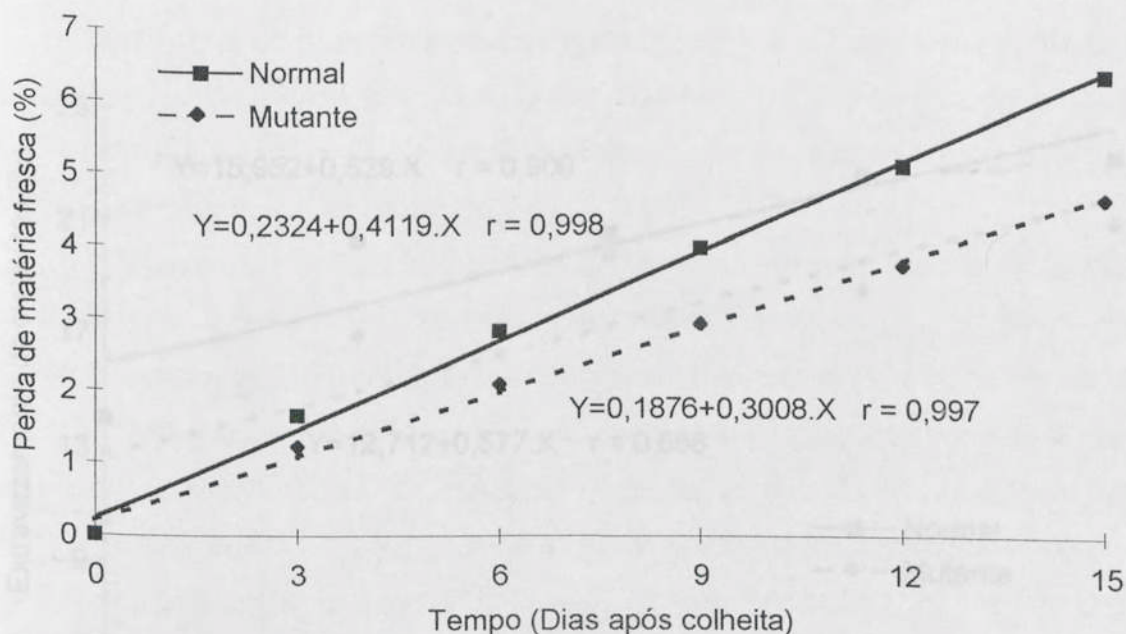


Figura 15 - Variação da perda de matéria fresca de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 15 dias de amadurecimento.

O extravasamento de eletrólitos aumentou durante todo período de amadurecimento, sendo significativamente maior nos frutos normais (Figura

16). A alteração na permeabilidade seletiva da membrana, aumentando a liberação de eletrólitos, segundo FERGUSON e WATKINS (1981), pode estar relacionada ao aumento na concentração de etileno, em decorrência do climatérico respiratório. O fato de os frutos do mutante terem apresentado menor quantidade de etileno durante o período de amadurecimento, pode, em parte, explicar o menor extravasamento de eletrólitos por estes frutos. Todavia, não deve ser descartada a hipótese da possível alteração na estrutura e na composição da membrana ou menor degradação da parede celular.

Pela análise subjetiva de cor, os frutos normais apresentaram desenvolvimento mais rápido da coloração, sendo observada diferença significativa entre os frutos normais e do mutante apenas no terceiro dia de amadurecimento (Figura 17). Os frutos normais atingiram a coloração avermelhada no sexto dia de amadurecimento e os frutos do mutante, no décimo segundo dia. Este fato demonstra que os frutos do mutante são lentos no desenvolvimento da cor, após serem separados da planta mãe.

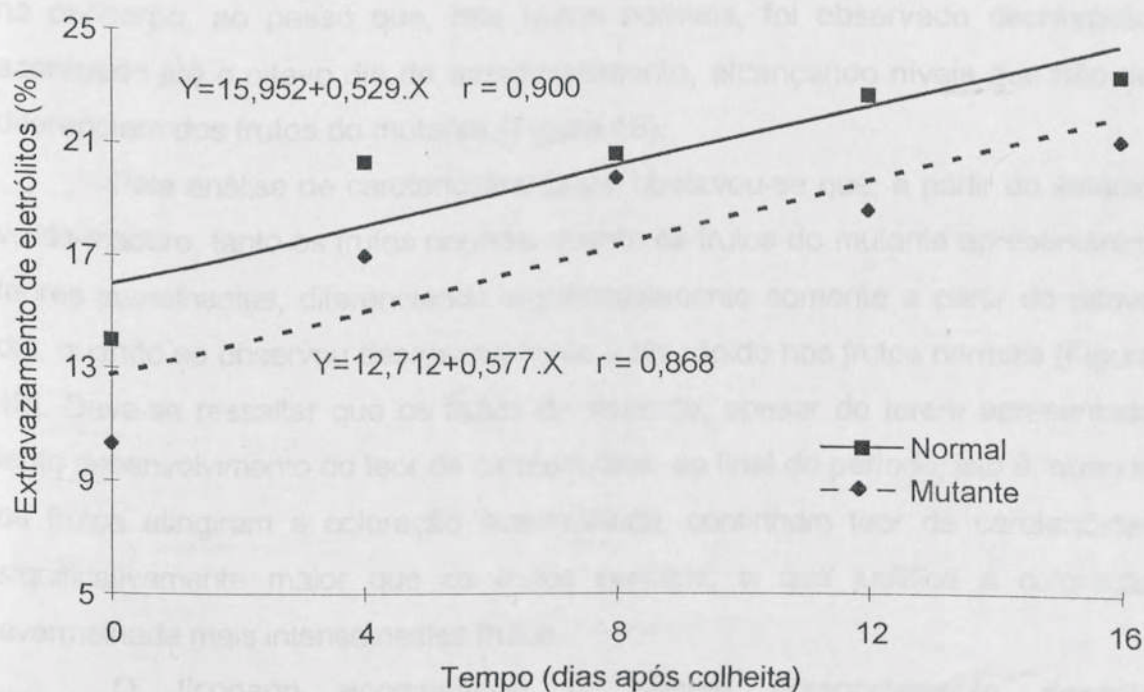


Figura 16 - Variação do extravasamento de eletrólitos de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 16 dias de amadurecimento.

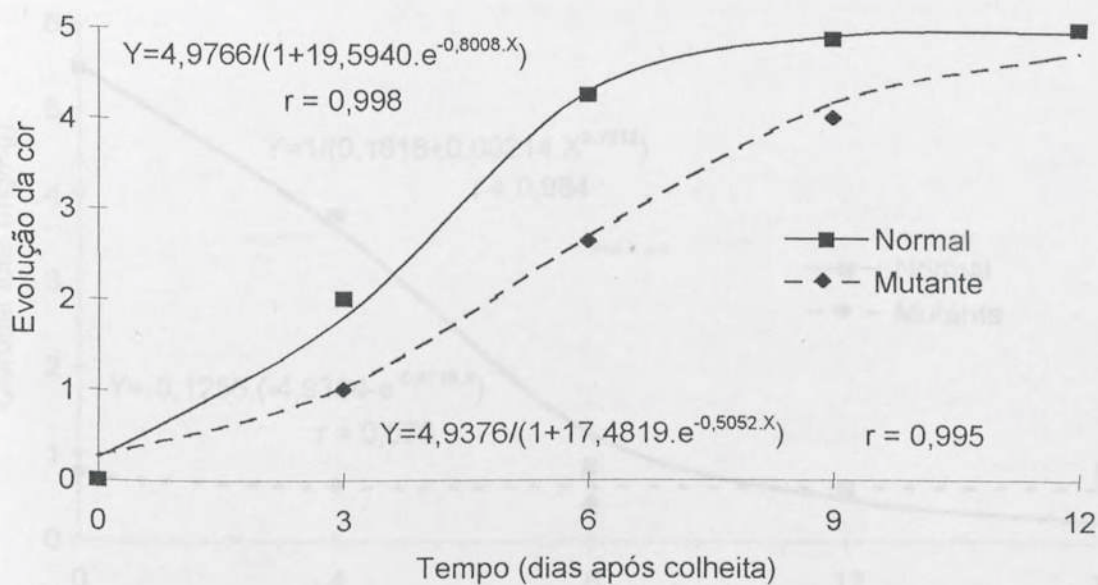


Figura 17 - Variação da evolução da cor de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 12 dias de amadurecimento.

Os frutos do mutante apresentaram quantidades traço de clorofila total no pericarpo, ao passo que, nos frutos normais, foi observado decréscimo acentuado até o oitavo dia de amadurecimento, alcançando níveis que não se diferenciam dos frutos do mutante (Figura 18).

Pela análise de carotenóides totais, observou-se que, a partir do estágio verde-maduro, tanto os frutos normais quanto os frutos do mutante apresentaram teores semelhantes, diferenciando significativamente somente a partir do oitavo dia, quando se observou desenvolvimento mais rápido nos frutos normais (Figura 19). Deve-se ressaltar que os frutos do mutante, apesar de terem apresentado lento desenvolvimento do teor de carotenóides, ao final do período, isto é, quando os frutos atingiram a coloração avermelhada, continham teor de carotenóides significativamente maior que os frutos normais, o que justifica a coloração avermelhada mais intensa nestes frutos.

O licopeno acompanhou o mesmo comportamento descrito anteriormente para carotenóides totais nos frutos (Figura 20).

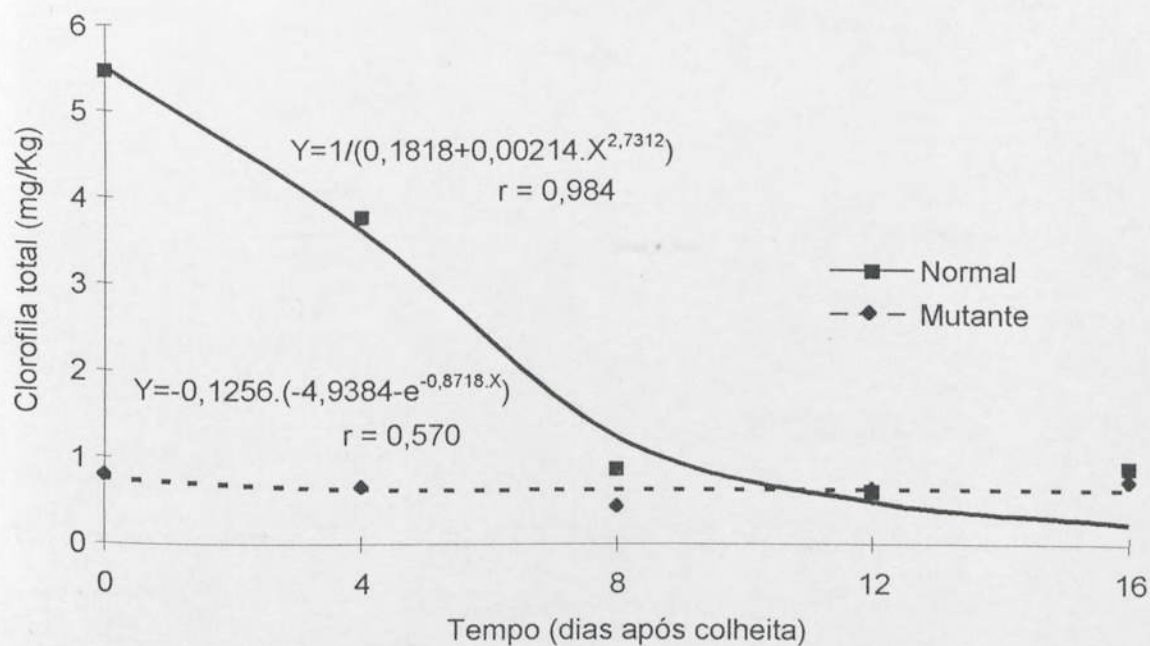


Figura 18 - Variação do teor de clorofila total de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 16 dias de amadurecimento.

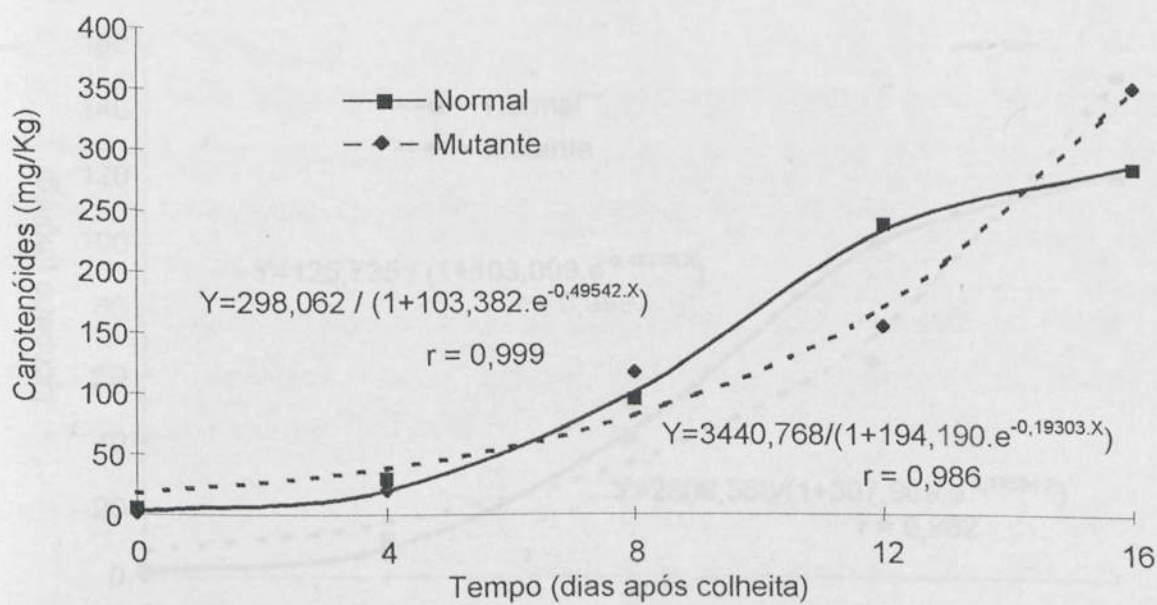


Figura 19 - Variação do teor de carotenóides totais de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 16 dias de amadurecimento.

4. CONCLUSÕES

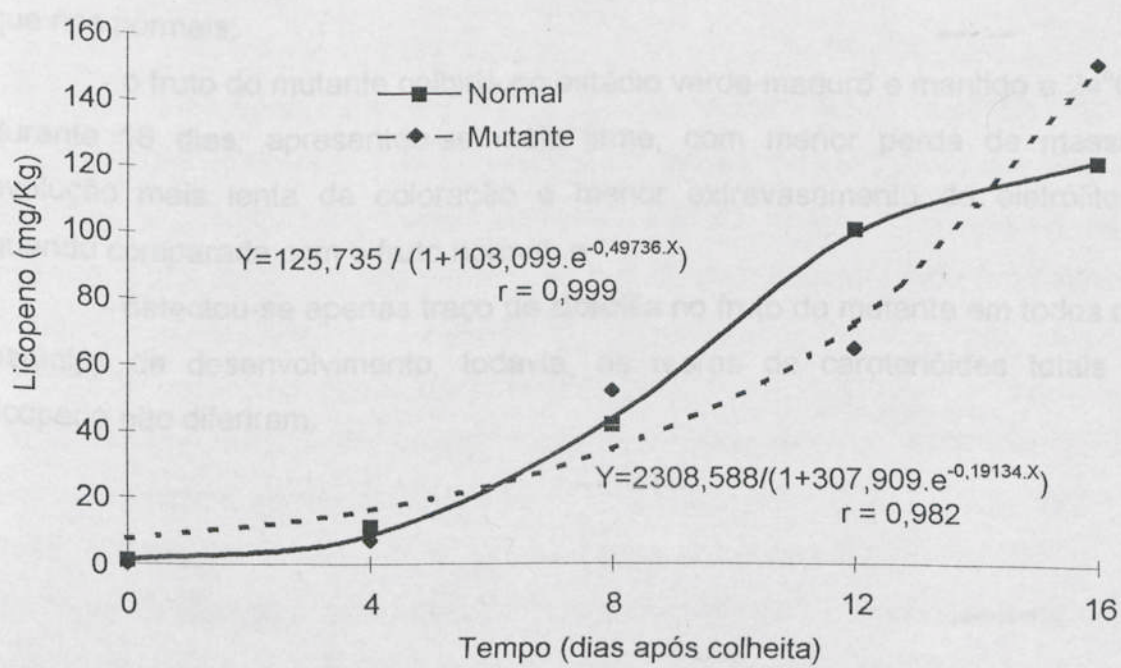


Figura 20 - Variação do teor de licopeno de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante firme, colhidos verde-maduros, durante 16 dias de amadurecimento.

4. CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, conclui-se que:

- o crescimento do fruto do mutante é semelhante ao do fruto normal, porém apresenta menor tamanho e maior longevidade na planta;

- o fruto do mutante, na planta, apresenta atraso na ascensão climatérica da respiração e do etileno; já no fruto que amadurece fora da planta, a produção de etileno é significativamente menor nos frutos do mutante firme que nos normais;

- o fruto do mutante colhido no estágio verde-maduro e mantido a 24°C, durante 16 dias, apresentou-se mais firme, com menor perda de massa, evolução mais lenta da coloração e menor extravasamento de eletrólitos, quando comparada com o fruto normal; e

- detectou-se apenas traço de clorofila no fruto do mutante em todos os estádios de desenvolvimento, todavia, os teores de carotenóides totais e licopeno não diferiram.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO TOMATEIRO cv. SANTA CLARA E DO SEU MUTANTE FIRME APÓS APLICAÇÃO DE ETHEPHON

1. INTRODUÇÃO

A utilização de técnicas ou produtos que uniformizam o amadurecimento de frutos de tomate resulta em ganhos significativos para os diversos segmentos envolvidos na tomaticultura. Entre as técnicas mais viáveis, está a aplicação de substâncias que liberam etileno, como é o caso do ácido 2-cloroetil fosfônico (Ethephon). O etileno, uma das mais simples moléculas orgânicas com atividade biológica, é um hormônio vegetal que regula várias etapas de crescimento, desenvolvimento e senescência de diversos órgãos vegetais (YANG e HOFFMAN, 1984; MATTOO e WHITE, 1991; e ABELES et al., 1992). Desempenha papel regulatório importante na fisiologia de plantas e, em particular, nos processos de senescência e fisiologia pós-colheita de frutos, flores e outros órgãos vegetais (MATHOOKO, 1996). Em plantas superiores, o etileno é sintetizado a partir do amino ácido L-metionina, que, após conversões para S-adenosil metionina (SAM) e ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC), é convertido para etileno. Duas

enzimas de ocorrência única estão envolvidas em sua biossíntese: sintase do ACC e oxidase do ACC (anteriormente denominadas de enzima formadora de etileno - EFE). A síntese destas enzimas é regulada durante os estádios de desenvolvimento dos diferentes órgãos vegetais, e sua expressão ocorre em resposta às mais diversas condições de indução, como presença de etileno, auxinas, danos mecânicos, temperatura e íons metálicos (Li^+ e Cd^{+2}) (MATHOOKO, 1996).

A biossíntese ou aplicação de etileno em órgãos vegetais está relacionada com a ocorrência de uma série de eventos fisiológicos e bioquímicos. FERGUSON e WATKINS (1981) observaram, em maçãs, que a formação de etileno, por ocasião do climatério respiratório, causou aumento considerável do extravasamento de eletrólitos. Após o tratamento de melancias com diferentes concentrações de etileno gasoso, ELKHASIF e HUBER (1988) também verificaram aumento do extravasamento de eletrólitos. CALBO e MORETTI (1995) observaram diminuição da retenção de eletrólitos do simplasma, isto é, maior extravasamento de eletrólitos, de tomates 'Santa Clara', durante o amadurecimento. MORETTI et al. (1998) constataram que injúrias mecânicas de impacto provocaram aumento da liberação de etileno e do extravasamento de eletrólitos. Nesse caso, entretanto, acredita-se que o extravasamento seja decorrente tanto da ação do etileno em si quanto da ruptura de estruturas celulares ocorrida devido à injúria mecânica.

A aplicação de etileno em diversos órgãos vegetais também está associada à estimulação da degradação de pigmentos clorofílicos e síntese de pigmentos carotenóides (ABELES et al., 1992; REID, 1992). Outros trabalhos apresentam dados referentes ao aumento da produção de CO_2 e etileno em órgãos vegetais expostos a fontes exógenas de etileno (ABELES et al., 1992).

O presente trabalho teve por objetivo estudar a qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Santa Clara e seu mutante firme, durante o amadurecimento à temperatura ambiente, após o tratamento com Ethephon.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cv. Santa Clara e seu mutante firme, foram obtidos de plantas crescidas a campo, no ano de 1997, na horta da UFV. Mudanças de ambas as cultivares foram transplantadas, quando apresentaram cinco folhas definitivas. O espaçamento utilizado entre as plantas foi de 0,60 m, com uma muda por cova, e 1,0 m entre fileiras. As adubações e os tratos culturais foram realizados conforme utilizado para plantios comerciais. O controle fitossanitário e as capinas foram realizadas quando necessários.

Frutos, no estágio verde-maduro, foram colhidos e imediatamente acondicionados em caixas plásticas forradas com espuma e transportadas para o laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. No laboratório, após selecionados, os frutos sadios foram desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, contendo 0,5% de cloro ativo. A seguir, frutos normais e do mutante foram submetidos à pulverização até completo molhamento com ethephon, na proporção de 1.000 mg.L⁻¹ (MOURA et al., 1998). Após secagem em papel toalha, os frutos foram colocados sobre as bancadas do laboratório, para que pudessem amadurecer normalmente. O laboratório apresentava temperatura média de $24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $82 \pm 7\%$.

Foram realizadas análises de firmeza do pericarpo, perda de matéria fresca e evolução da cor, a cada três dias, durante 15 dias, sempre no mesmo grupo de frutos. Análises de clorofila total, carotenóides totais, licopeno e

liberação de eletrólitos foram feitas a cada quatro dias, durante 16 dias. Foi avaliada a liberação de CO₂ e etileno diariamente durante 11 dias.

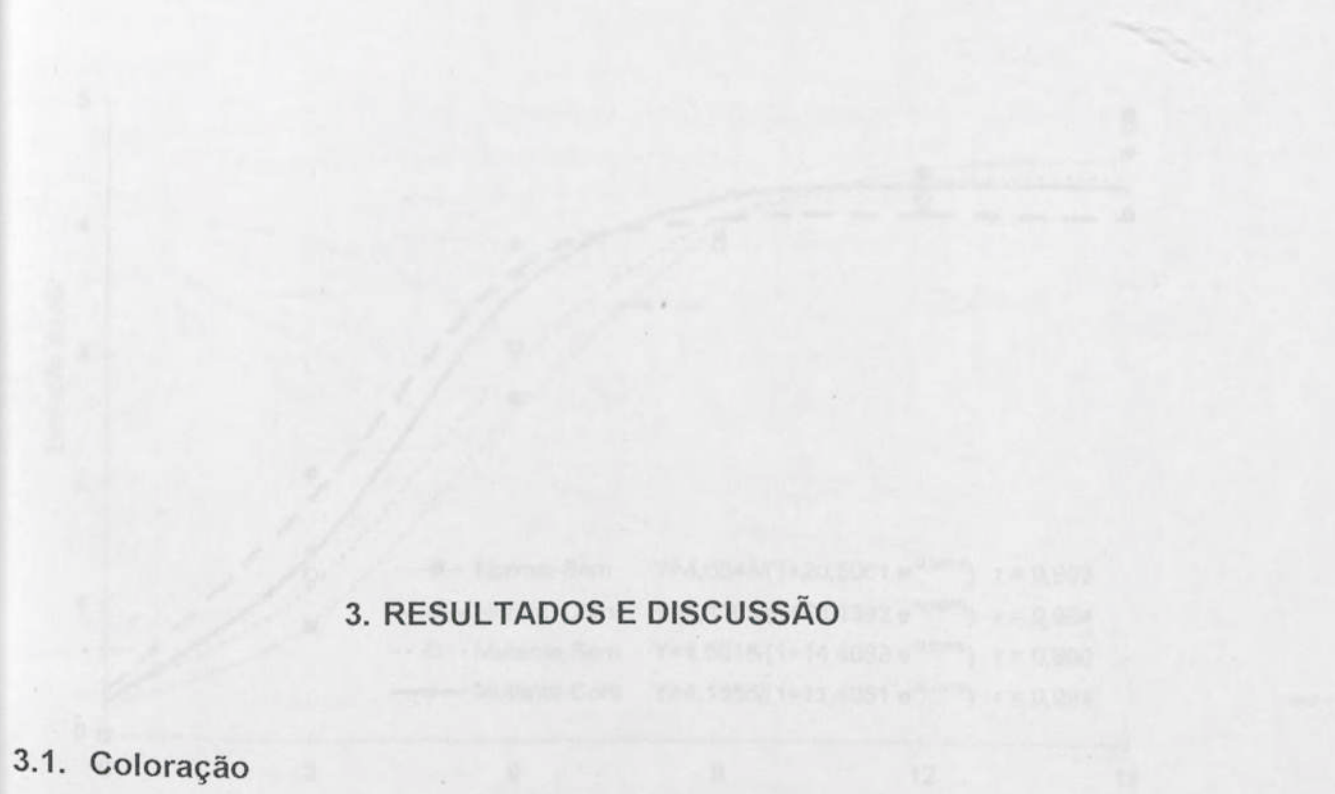
A avaliação da perda de matéria fresca, expressa em porcentagem, em função do peso da matéria fresca inicial, foi realizada por intermédio da balança semi-analítica. A firmeza do pericarpo foi determinada pela técnica de aplanção descrita por CALBO e NERY (1995).

A evolução da cor da casca, durante o amadurecimento dos frutos, foi realizada de forma subjetiva, atribuindo notas de 0 a 5, conforme apresentado no capítulo 1.

A determinação de clorofila total foi feita segundo metodologia descrita por INSKEEP e BLOOM (1985) e a de pigmentos carotenóides, de acordo com metodologia descrita por ZSCHEILE e PORTER (1947). O extravasamento de eletrólitos foi determinado por intermédio da metodologia descrita por WHITLOW et al. (1992), apresentada no capítulo 1.

A liberação de CO₂ e etileno foi determinada por cromatografia gasosa descrita no capítulo 1. Os frutos foram colocados em frascos hermeticamente fechados. Com o auxílio de seringa hipodérmica, após o período de 20 minutos para CO₂ e 60 minutos para etileno, amostras da atmosfera interna do frasco foram retiradas e injetadas no cromatógrafo para análise.

Foi usado delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Todos os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F a 5 ou 1% de probabilidade. Foi realizada análise de regressão individualizada para cada variável estudada em função do tempo. As médias foram comparadas pelo teste de Newman Keuls, a 5% de probabilidade.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coloração

Os frutos normais e do mutante, com e sem aplicação de ethephon, apresentaram aumento de pigmentação durante o período de armazenamento (Figura 1). Ao final dos 15 dias de armazenamento, tomates do mutante apresentaram a mesma coloração que os frutos do 'Santa Clara', ambos sem aplicação de Ethephon. Considerando-se a aplicação de Ethephon, observou-se diferença estatística somente nos frutos do mutante tratados com Ethephon, os quais apresentaram coloração menos intensa que os demais (Figura 1).

A utilização de Ethephon, que, em meio celular libera etileno, antecipou e uniformizou o amadurecimento dos frutos 'Santa Clara'. Portanto, após os 15 dias de armazenamento, ambos os frutos tratados e não-tratados com Ethephon apresentaram a mesma coloração. Por outro lado, a utilização de Ethephon em frutos do mutante produziu efeito indesejável, isto é, frutos do mutante tratados com Ethephon apresentaram coloração inferior à dos frutos não-tratados. ADATO e McGLASSON (1977), tratando frutos da cv. Rutgers e mutantes 'rin' e 'nor' com etileno (25 $\mu\text{L/L}$), observaram antecipação da evolução da cor nos frutos normais e pequeno efeito nos frutos mutantes.

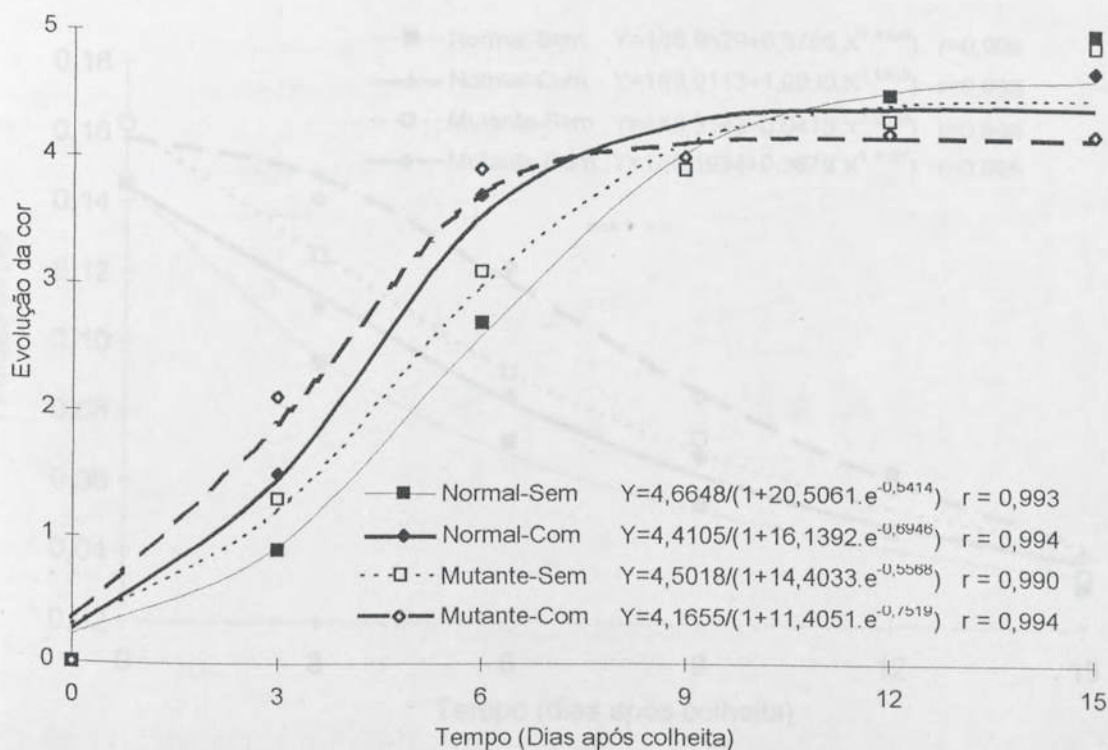


Figura 1 - Variação da coloração no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias.

3.2. Firmeza do pericarpo

Observou-se que, de maneira geral, houve redução na firmeza, durante o armazenamento, tanto nos frutos do mutante quanto da cv. Santa Clara, independente da aplicação de Ethephon (Figura 2). Todavia, durante o período analisado, verificou-se que os tomates do mutante apresentaram-se mais firmes que 'Santa Clara', em ambos os casos, sem e com aplicação de Ethephon (Figura 2).

A redução da firmeza em frutos de tomate é um fenômeno fisiológico que ocorre normalmente durante o amadurecimento. A degradação de substâncias pécticas da parede celular e a perda de água verificadas são os principais eventos relacionados à redução da firmeza durante o amadurecimento (KAYS, 1991).

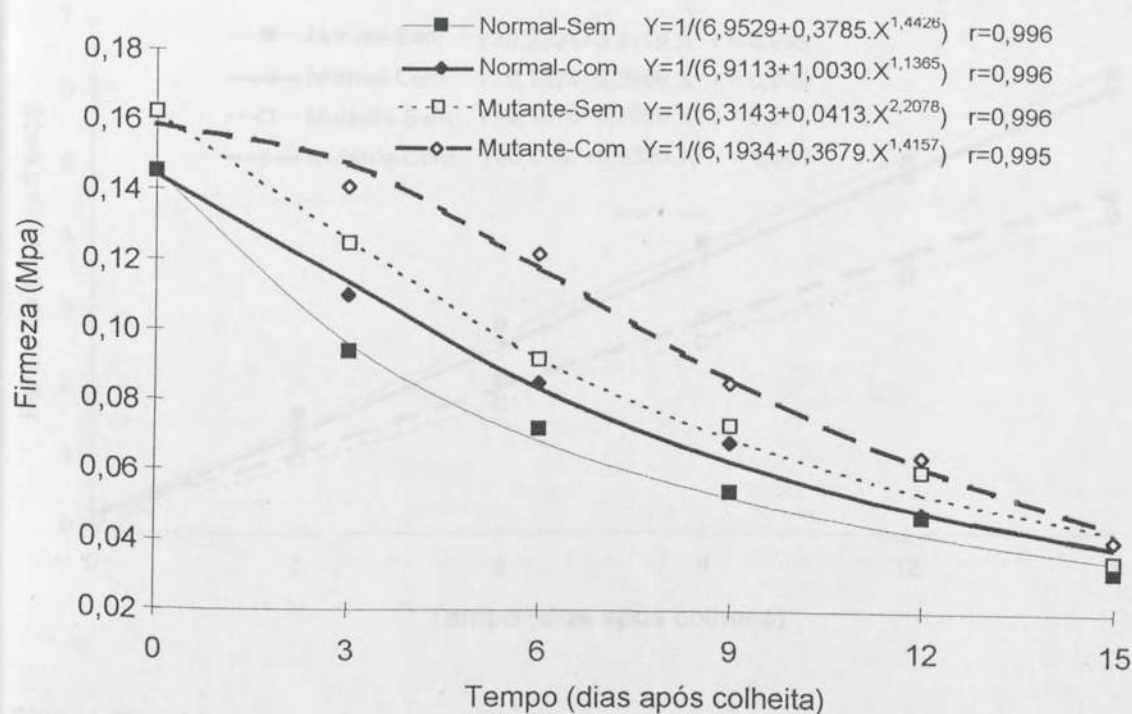


Figura 2 - Variação da firmeza do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias.

3.3. Perda de massa

Verificou-se aumento da perda de massa, tanto nos frutos normais quanto nos frutos do mutante, tratados ou não com Ethephon, durante o armazenamento. Todavia, frutos do mutante apresentaram menor perda de massa, quando comparados com os normais (Figura 3). Esta menor perda pode estar associada ao fato de que os frutos mutantes provavelmente possuem um sistema mais eficiente de redução de perda de água, como por exemplo uma camada de suberina mais espessa ou maior número de células nas camadas cuticulares.

O aumento da perda de massa em órgãos vegetais armazenados é um fenômeno que, segundo FINGER e VIEIRA (1997), pode estar diretamente relacionado com a perda de água por transpiração e o consumo de reservas pelos processos metabólicos que ocorrem no interior do fruto.

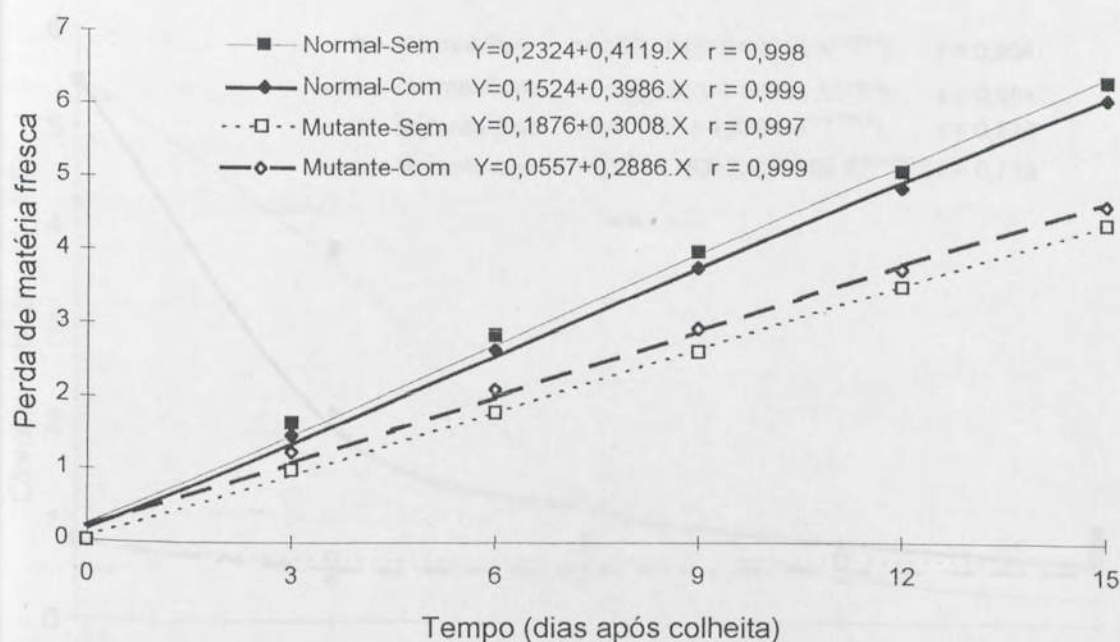


Figura 3 - Variação da perda de massa de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethepon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias.

3.4. Clorofila total

Os tomates normais, com e sem aplicação de Ethepon, apresentaram redução dos teores de clorofila total durante o armazenamento (Figura 4). Até o oitavo dia, os tomates normais tratados com Ethepon apresentaram maior taxa de degradação dos pigmentos clorofílicos, ao passo que, nos frutos sem aplicação de Ethepon, a degradação ocorreu à menor taxa. Todavia, no 16º dia, os frutos com e sem tratamento apresentaram praticamente a mesma concentração de pigmentos clorofílicos (Figura 4). Nos tomates do mutante, com ou sem aplicação de Ethepon, não houve degradação de pigmentos clorofílicos, chegando ao final do período de armazenamento com praticamente a mesma concentração desses pigmentos que possuíam no início do período. No 16º dia, os teores de clorofila total nos tomates normais e mutantes, com ou sem aplicação de Ethepon, foram estatisticamente semelhantes (Figura 4).

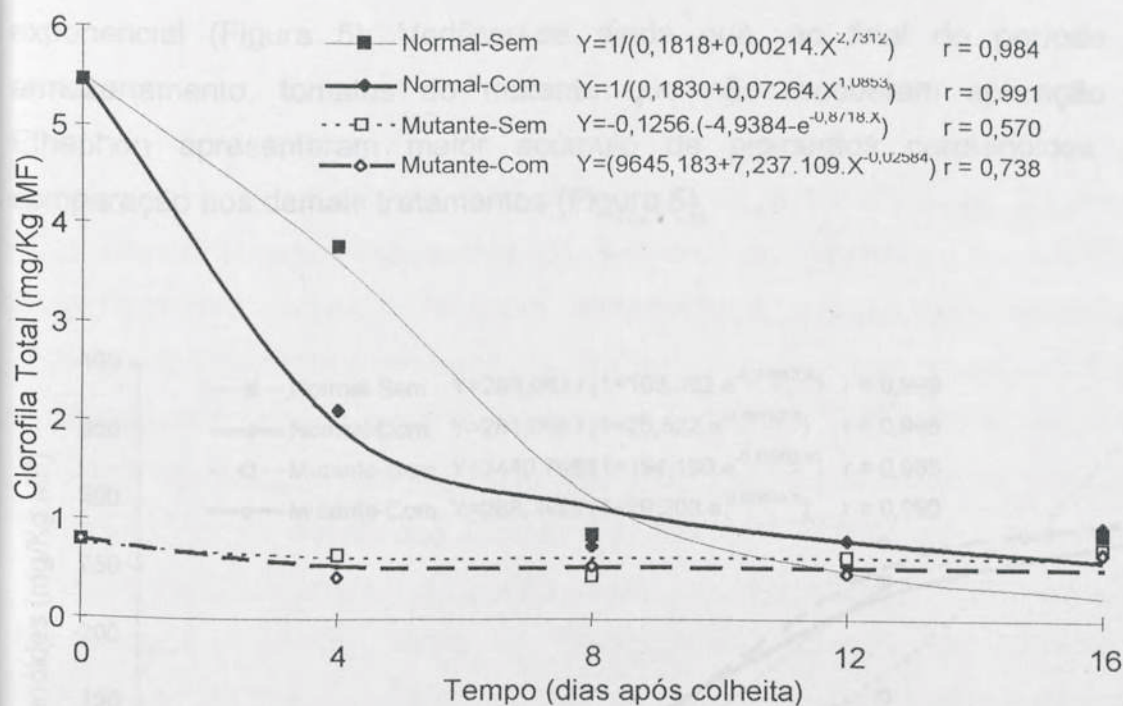


Figura 4 - Variação da clorofila total no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias.

A degradação de pigmentos clorofílicos é um evento comumente observado em tomates durante o amadurecimento. BALLA et al. (1994) e WHITAKER (1994) também observaram redução da concentração de pigmentos clorofílicos durante o amadurecimento de tomates. Os mutantes provavelmente possuem, no código genético, alterações em genes específicos que codifiquem a síntese de enzimas relacionadas com a biossíntese e degradação de pigmentos clorofílicos, pois observa-se que, desde o início do período de armazenamento, estes frutos possuíam níveis de clorofila total baixíssimos que praticamente não foram alterados durante o armazenamento.

3.5. Carotenóides totais

Verificou-se que tanto os frutos normais como os do mutante, com e sem aplicação de Ethephon, apresentaram maior acúmulo de pigmentos carotenóides durante o armazenamento por 16 dias, seguindo uma tendência

exponencial (Figura 5). Verificou-se ainda que, ao final do período de armazenamento, tomates do mutante que não receberam aplicação de Ethephon apresentaram maior acúmulo de pigmentos carotenóides em comparação aos demais tratamentos (Figura 5).

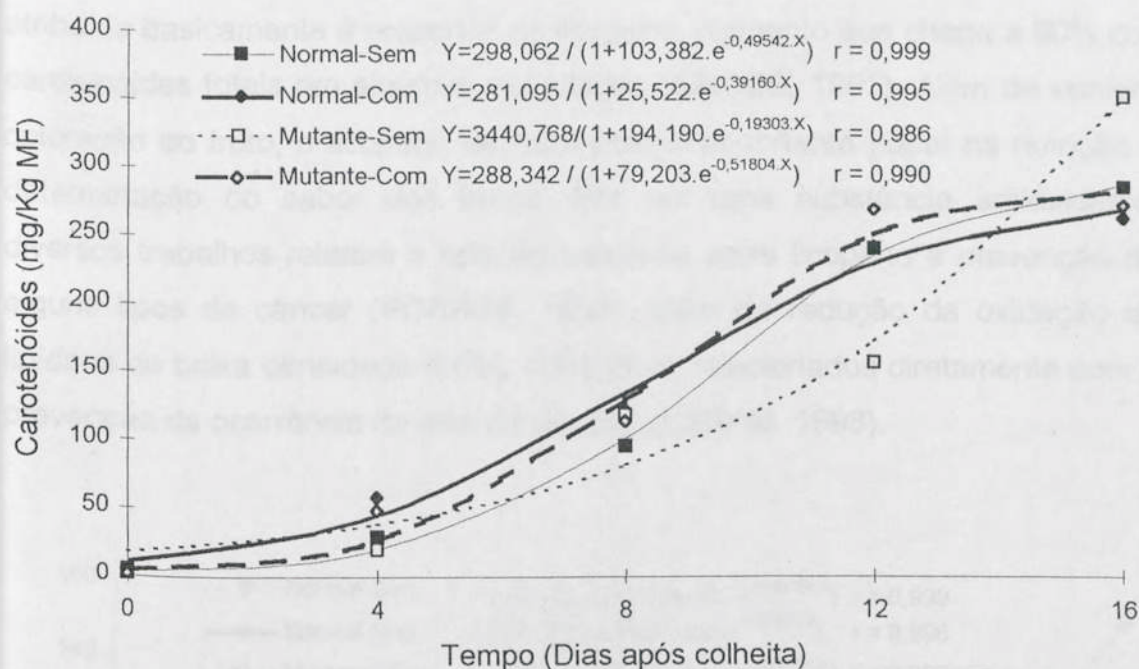


Figura 5 - Variação de carotenóides totais no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias.

O acúmulo de pigmentos carotenóides durante o amadurecimento – fenômeno comum em tomates (WHITAKER, 1994) – dá-se basicamente pela síntese desses pigmentos e simultânea revelação dos pigmentos pré-existentes que estavam mascarados por pigmentos clorofílicos (GROSS, 1991).

3.6. Licopeno

Observou-se que o conteúdo de licopeno acompanhou o comportamento dos carotenóides totais, isto é, houve acúmulo de licopeno em

todos os tratamentos durante o período de armazenamento de 16 dias. Similarmente ao observado em carotenóides totais, tomates mutantes sem aplicação de Ethephon foram os que apresentaram, estatisticamente, a maior concentração de licopeno ao final do período de armazenamento (Figura 6). Este comportamento dos teores de licopeno era esperado, haja vista o observado nos carotenóides totais. Em tomates, a coloração vermelha é atribuída basicamente à presença de licopeno, pigmento que chega a 90% dos carotenóides totais em algumas variedades (GROSS, 1991). Além de conferir coloração ao fruto, o licopeno também possui importante papel na nutrição e determinação do sabor dos frutos. Por ser uma substância antioxidante, diversos trabalhos relatam a relação existente entre licopeno e prevenção de alguns tipos de câncer (PORRINI, 1998), além da redução da oxidação de lipídeos de baixa densidade (LDL), compostos relacionados diretamente com a prevenção da ocorrência de arteriosclerose (AVIRAM, 1998).

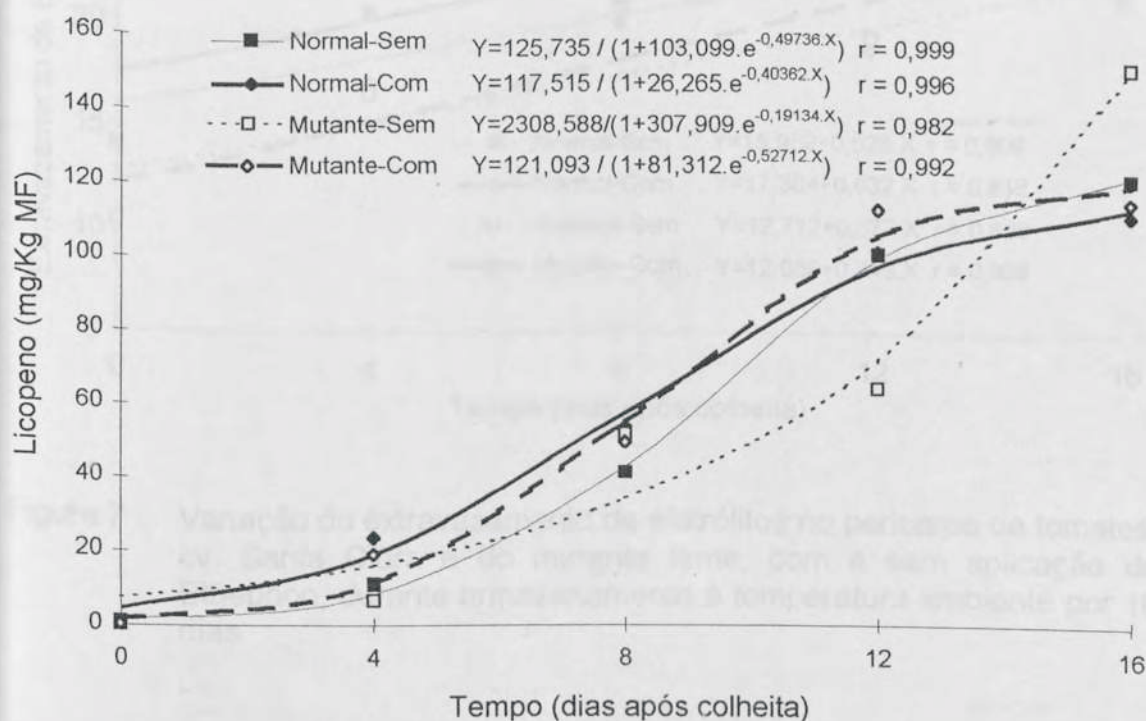


Figura 6 - Variação dos teores de licopeno no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias.

3.7. Extravasamento de eletrólitos

Observou-se que tomates normais e do mutante apresentaram aumento do extravasamento de eletrólitos durante o amadurecimento (Figura 7). Os frutos normais que receberam tratamento com Ethephon apresentaram maior extravasamento de eletrólitos, em comparação aos frutos não-tratados, durante o amadurecimento. Verificou-se que, ao final do período de armazenamento, os frutos normais tratados com Ethephon apresentaram maior extravasamento que os frutos do mutante não-tratados com Ethephon (Figura 7).

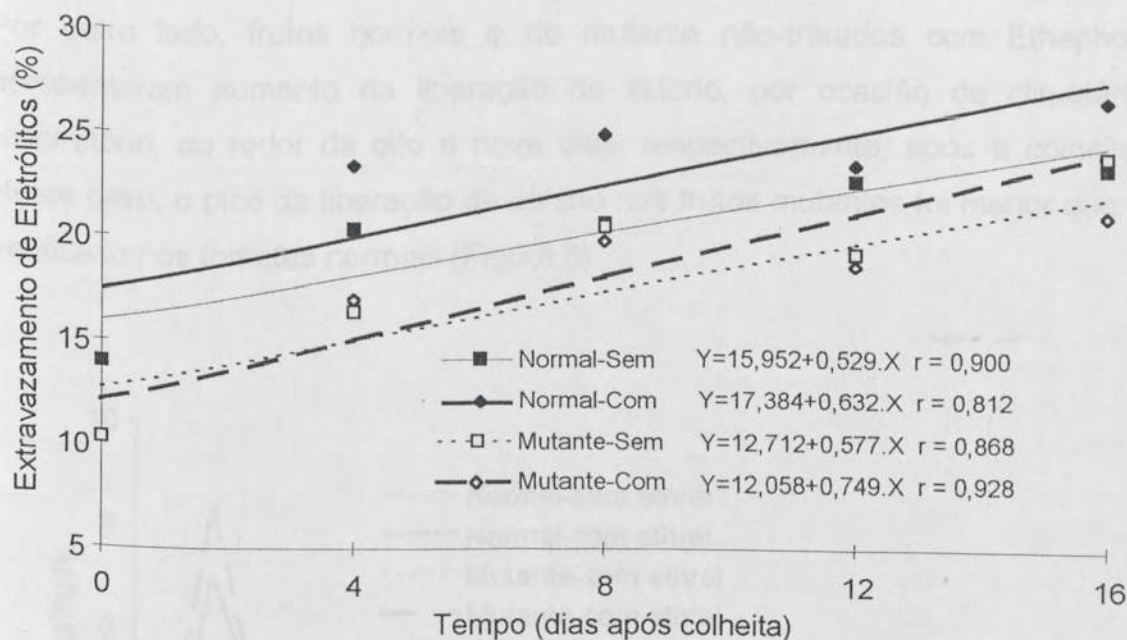


Figura 7 - Variação do extravasamento de eletrólitos no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias.

A diminuição da retenção de eletrólitos é um fenômeno comumente observado durante o amadurecimento de tomates. CALBO e MORETTI (1995) observaram que houve diminuição da retenção de eletrólitos do simplasma de tomates durante o amadurecimento do tomate 'Santa Clara'. Esta variação

pode estar relacionada a alterações da permeabilidade seletiva das membranas celulares, que, em virtude da elevação da concentração de etileno, por ocasião do climatério respiratório, perdem a capacidade de retenção de eletrólitos, culminando com o aumento do extravasamento (FERGUSON e WATKINS, 1981).

3.8. Liberação de CO₂ e etileno

Frutos normais e do mutante que receberam aplicação de Ethephon apresentaram antecipação no aumento da liberação de etileno, em aproximadamente sete dias, em relação aos tomates não-tratados (Figura 8). Por outro lado, frutos normais e do mutante não-tratados com Ethephon apresentaram aumento na liberação de etileno, por ocasião do climatério respiratório, ao redor de oito e nove dias, respectivamente, após a colheita. Neste caso, o pico da liberação de etileno nos frutos mutantes foi menor que o verificado nos tomates normais (Figura 8).

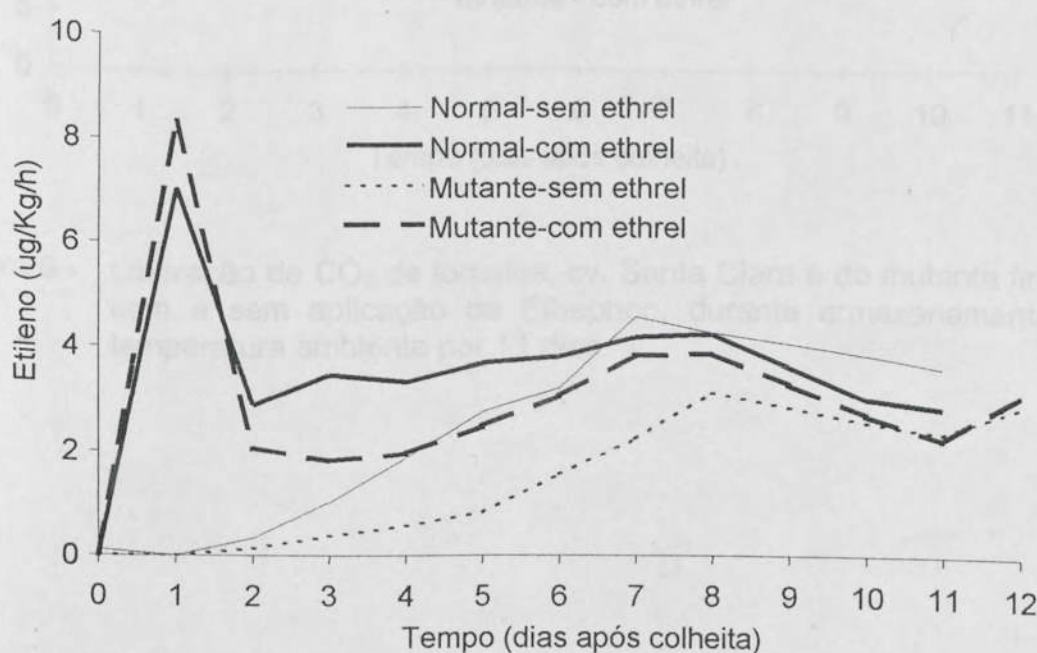


Figura 8 - Liberação de etileno de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 12 dias.

Quanto à liberação de CO_2 , a aplicação de Ethephon antecipou o pico em aproximadamente três dias, tanto em frutos normais quanto mutantes (Figura 9).

A antecipação do climatério respiratório, devido à aplicação de fontes de etileno, é um evento que já foi observado por outros pesquisadores. BIALE (1964) observou que doses crescentes de etileno anteciparam em até oito dias a absorção relativa de oxigênio em frutos climatéricos.

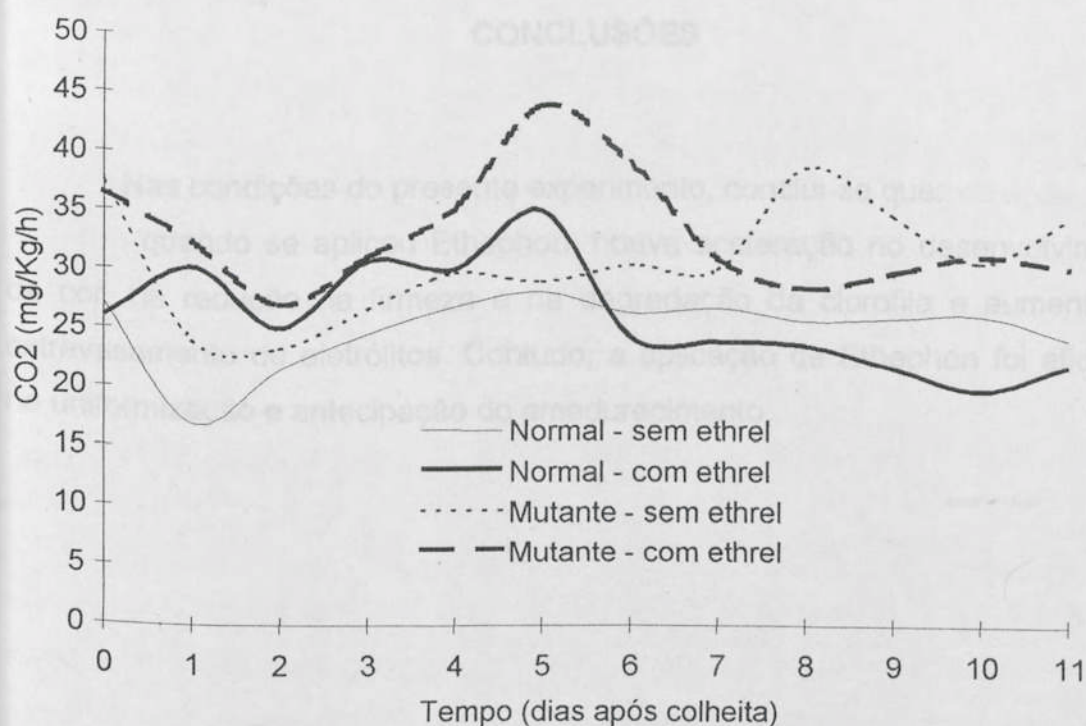


Figura 9 - Liberação de CO_2 de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 11 dias.

CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, conclui-se que:

- quando se aplicou Ethephon, houve aceleração no desenvolvimento da cor, na redução na firmeza e na degradação da clorofila e aumento no extravasamento de eletrólitos. Contudo, a aplicação de Ethephon foi eficiente na uniformização e antecipação do amadurecimento.

tempo de exposição a baixa temperatura (MORRIS, 1982; WANG, 1982; MARKHART III, 1986; e WANG, 1990). Segundo SALTVEIT e MORRIS (1990), existe forte interação entre a baixa temperatura de armazenamento e o tempo de exposição. Quanto menor a temperatura e maior o tempo de exposição, maiores serão os sintomas de injúria por frio.

HALL (1981) e RISSE et al (1990) destacam os dois mais importantes sintomas da injúria por frio em frutos de tomate são o aumento da susceptibilidade à deterioração e a alteração nos padrões de amadurecimento. O primeiro sintoma é evidenciado principalmente pelo inadequado desenvolvimento da cor.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO

cv. SANTA CLARA

INTRODUÇÃO

O tomate é um produto com variações sazonais no preço, apesar da estabilidade da oferta garantida pelas diversas safras durante todo o ano. Os maiores preços ocorrem no período de fevereiro a abril, situando-se o preço mínimo no período de setembro a outubro. Com o intuito de diminuir a variação sazonal no preço e oferecer o produto em épocas de preços elevados, fez-se necessário estudar tecnologias que mantenham a qualidade do produto por período de tempo prolongado.

Existem diversas técnicas utilizadas para armazenar frutos, sendo a refrigeração considerada o método mais efetivo e barato na preservação da qualidade de muitos produtos hortícolas. As baixas temperaturas retardam os processos metabólicos relacionados com o avanço da maturação e senescência dos frutos (WANG, 1982). O tomate é considerado um produto sensível a baixas temperaturas; a temperatura ótima para conservação gira ao redor de 7 a 13°C, dependendo da cultivar, do estágio de desenvolvimento e do

tempo de exposição à baixa temperatura (MORRIS, 1982; WANG, 1982; MARKHART III, 1986; e WANG, 1990). Segundo SALTVEIT e MORRIS (1990), existe forte interação entre a baixa temperatura de armazenamento e o tempo de exposição. Quando menor a temperatura e maior o tempo de exposição, maiores serão os sintomas de injúria por frio.

HALL (1961) e RISSE et. al. (1980) citam que os dois mais importantes sintomas da injúria por frio em frutos de tomate são o aumento da susceptibilidade à deterioração e a alteração nos padrões de amadurecimento, evidenciado, principalmente, pelo inadequado desenvolvimento da cor. Contudo, pouco tem sido feito em relação à determinação da temperatura ideal de armazenamento, ao tempo de permanência na câmara fria e aos sintomas da injúria por frio em frutos do tomateiro cv. Santa Clara.

O objetivo deste trabalho foi por avaliar as temperaturas de armazenamento de 5 e 12°C sobre alguns aspectos da qualidade pós-colheita dos frutos de tomateiro, submetidos ao amadurecimento à temperatura de 24°C.

Os frutos foram selecionados com espessura de parede uniforme e peso médio de 150 g, os quais foram desinfetados com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% de cloreto de cálcio. Após secagem, os frutos foram armazenados em câmaras frias a temperaturas de 5 e 12 ± 1°C e umidade relativa variando de 85 a 95%, por 7, 14 e 21 dias. Após 7, 14 e 21 dias de armazenamento, os frutos foram retirados das câmaras frias e colocados para amadurecer em câmara a 24 ± 2°C. Assim que os frutos atingiram a maturação fisiológica, foram avaliados os aspectos de qualidade de armazenamento e de amadurecimento. Os aspectos de qualidade avaliados foram: firmeza, cor, teor de sólidos solúveis totais, teor de ácido ascórbico e teor de ácido málico. A evolução de cada um desses aspectos foi avaliada em frutos armazenados nas diferentes câmaras frias, logo após a retirada das câmaras frias e ao final do período de amadurecimento a 24°C.

Os métodos de amadurecimento do fruto foram determinados segundo a adaptação de LEECH (1985), descrita no capítulo 1.

A firmeza do fruto foi avaliada pela pressão de compressão, isto é, a razão entre a força a que o fruto é submetido e a área transversal da base do fruto, descrita por CALRO e NERY (1995).

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos da cultivar Santa Clara foram colhidos no estágio verde-maduro, da plantação comercial, da horta da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Imediatamente após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas de plástico forradas com espuma e transportados ao laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. No laboratório, foram selecionados frutos sadios, com aproximadamente 150 g, os quais foram desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, contendo 0,5% de cloro ativo. Após secagem, os frutos foram armazenados em câmaras a temperaturas de 5 e $12 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa variando de 83 a 94%, durante 7, 14 e 21 dias.

Após 7, 14 e 21 dias de armazenamento, os frutos foram retirados das câmaras frias e colocados para amadurecerem à temperatura ambiente de $24 \pm 2^\circ\text{C}$. Assim que os frutos atingiram os diferentes estádios de amadurecimento, foram realizadas as seguintes análises: firmeza do pericarpo, teor de clorofila total, carotenóides totais, licopeno e extravasamento de eletrólitos. A evolução da cor foi determinada em termos de porcentagem de frutos, nos diferentes estádios de amadurecimento, logo após a retirada das câmaras frias e ao final do período de sete dias, à temperatura de 24°C .

Os estádios de amadurecimento do fruto foram determinados segundo adaptação da escala do USDA (1985), descrita no capítulo 1.

A firmeza do fruto foi estimada pela pressão de aplanção, isto é, a razão entre a força a que o fruto é submetido e a área aplanada, técnica descrita por CALBO e NERY (1995).

A determinação da clorofila total foi feita segundo metodologia descrita por INSKEEP e BLOOM (1985). A determinação de pigmentos carotenóides foi feita de acordo com metodologia descrita por ZSCHEILE e PORTER (1947), ao passo que o extravasamento de eletrólitos foi determinado por intermédio da metodologia descrita por WHITLOW et al. (1992); todas apresentadas no capítulo 1.

Foi usado delineamento experimental inteiramente casualizado, com 48 tratamentos, provenientes de um fatorial $2 \times 4 \times 6$, sendo duas temperaturas (5 e 12°C), quatro tempos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias) e seis estádios de amadurecimento dos frutos. Todos os tratamentos foram realizados com quatro repetições, contendo dois frutos por parcela.

Os dados foram submetidos ao teste de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

desenvolvimentos semelhantes para evitar o amadurecimento desuniforme durante o armazenamento.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.9. Evolução da cor

Frutos da cv. Santa Clara apresentaram reduzida taxa de amadurecimento, durante todos os períodos de armazenamento, a 5°C (Figura 1). Os frutos retirados da câmara e colocados a 24°C, que seria a temperatura ideal para o amadurecimento, não apresentaram amadurecimento satisfatório, além de existirem frutos após sete dias, em todos os estádios de desenvolvimento, mostrando grande desuniformidade de coloração (Figura 3). MOURA et. al. (1998) citam que, para obter frutos de tomate com amadurecimento uniforme, estes devem ser submetidos à fonte exógena de etileno. Portanto, a perda da capacidade de amadurecimento dos frutos, mesmo quando transferidos para condições ideais, e a coloração amarelada dos frutos, quando estão na câmara fria, são prováveis sintomas da injúria por frio em frutos de tomate. MORRIS (1982) também cita estes sintomas em produtos hortícolas.

Os frutos, a 12°C, prosseguiram com os processos de amadurecimento, porém em taxas reduzidas (Figura 2). Quando retirados da câmara e colocados para amadurecer a 24°C, após sete dias, os frutos atingiram a coloração vermelha, ideal para o consumo, constatando-se, portanto, que sob esta temperatura não sofreram injúria por frio (Figura 4). Os frutos a serem armazenados em câmara fria devem estar em estádios de

desenvolvimentos semelhantes, para evitar o amadurecimento desuniforme durante o armazenamento.

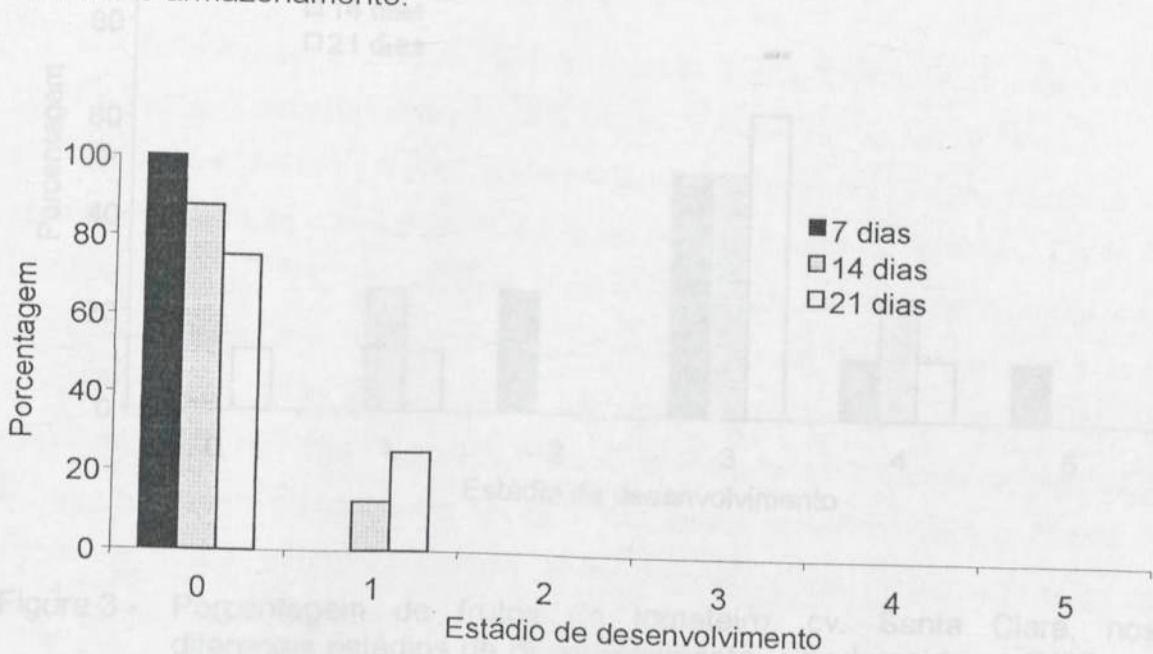


Figura 3 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de amadurecimento, após armazenamento a 5°C, por sete dias, após serem amadurecidos a 24°C por sete dias.

Figura 1 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de amadurecimento, após armazenamento a 5°C, por 7, 14 e 21 dias.

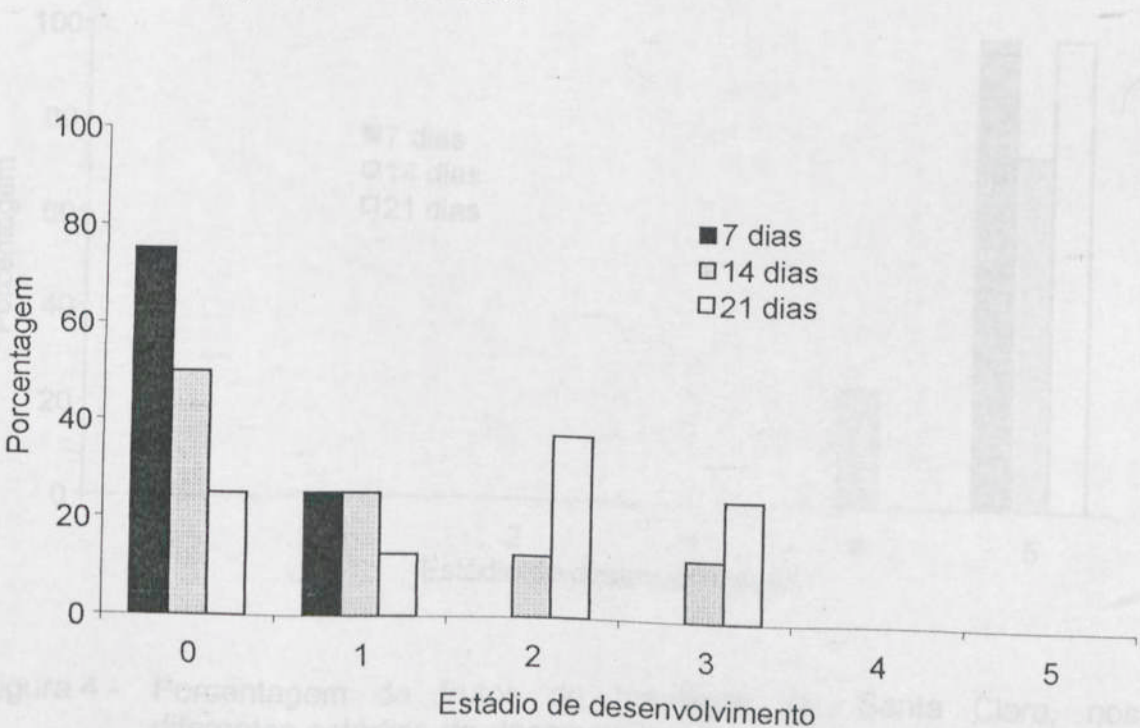


Figura 4 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de amadurecimento, após armazenamento a 12°C, por sete dias, após serem amadurecidos a 24°C por sete dias.

Figura 2 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de amadurecimento, após armazenamento a 12°C, por 7, 14 e 21 dias.

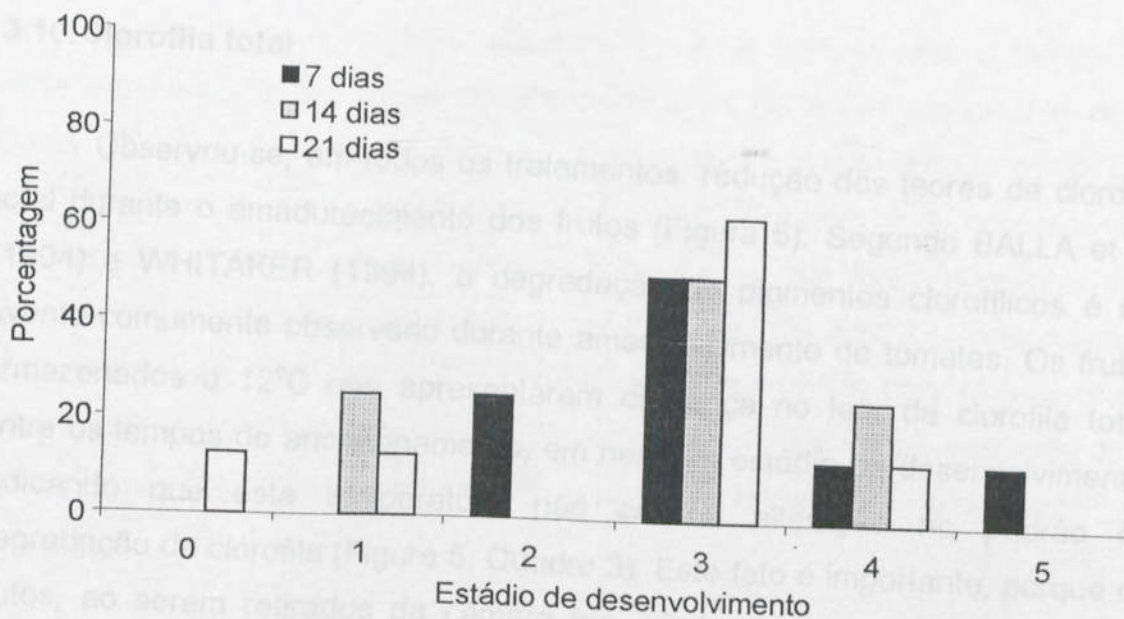


Figura 3 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de desenvolvimento, amadurecidos a 24°C por sete dias, após serem armazenados a 5°C, por 7, 14 e 21 dias.

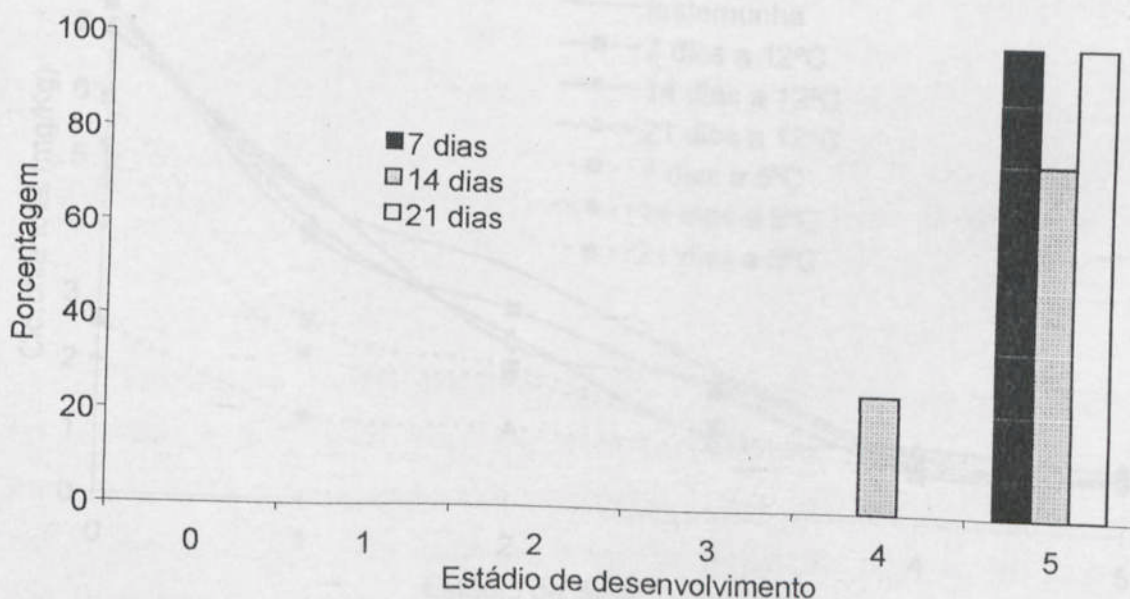


Figura 4 - Porcentagem de frutos do tomateiro, cv. Santa Clara, nos diferentes estádios de desenvolvimento, amadurecidos a 24°C por sete dias, após serem armazenados a 12°C, por 7, 14 e 21 dias.

3.10. Clorofila total

Observou-se, em todos os tratamentos, redução dos teores de clorofila total durante o amadurecimento dos frutos (Figura 5). Segundo BALLA et al. (1994) e WHITAKER (1994), a degradação de pigmentos clorofílicos é um evento comumente observado durante amadurecimento de tomates. Os frutos armazenados a 12°C não apresentaram diferença no teor de clorofila total, entre os tempos de armazenamento, em nenhum estágio de desenvolvimento, indicando que esta temperatura não causou alteração no padrão de degradação da clorofila (Figura 5; Quadro 3). Este fato é importante, porque os frutos, ao serem retirados da câmara fria, ainda apresentavam a coloração verde, e existe a preferência por esta coloração, na comercialização por atacadistas, em determinados mercados.

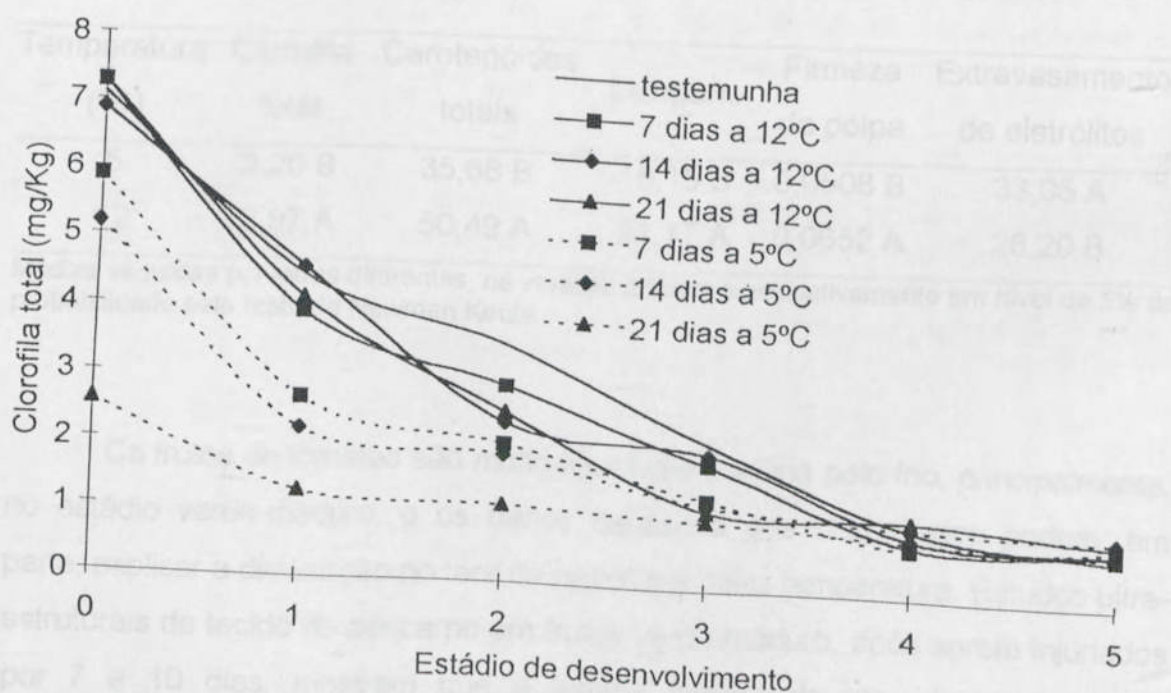


Figura 5 - Variação da clorofila total no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

Por outro lado, observou-se que frutos armazenados a 5°C apresentaram menores teores de clorofila total tanto nos estádios iniciais de

desenvolvimento como a 12°C (Quadro 1), e, à medida que o tempo de armazenamento se elevou, o teor de clorofila foi cada vez menor (Figura 6; Quadro 2). Os frutos armazenados a 5°C apresentaram teores de clorofila total significativamente menores nos estádios 0, 1 e 2 (Figuras 5 e 6); contudo, não apresentaram diferença nos tempos de 7 e 14 dias, que foram diferentes dos amadurecidos à temperatura ambiente, e de 21 dias (Quadro 2). Portanto, este fato, certamente, é prejudicial à comercialização dos frutos, pois, já a partir do sétimo dia de armazenamento na câmara de 5°C, os frutos estavam com coloração amarelada, que se intensificou aos 21 dias de armazenamento.

Quadro 1 - Valores médios dos teores de clorofila total, carotenóides totais e licopeno no pericarpo, firmeza da polpa e extravasamento de eletrólitos de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C

Temperatura (°C)	Clorofila total	Carotenóides totais	Licopeno	Firmeza da polpa	Extravasamento de eletrólitos
5	2,20 B	35,68 B	15,15 B	0,0508 B	33,05 A
12	2,97 A	50,49 A	21,17 A	0,0652 A	28,20 B

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Os frutos de tomates são muito sensíveis à injúria pelo frio, principalmente, no estágio verde-maduro, e os danos causados aos cloroplastos podem, em parte, explicar a diminuição no teor de clorofila à baixa temperatura. Estudos ultra-estruturais de tecido do pericarpo em frutos verde-maduro, após serem injuriados por 7 a 10 dias, mostram que a lamela interna de cloroplastos se torna desorganizada (MARANGONI e STANLEY, 1989; MOLINE, 1976). Estudos bioquímicos indicam que os danos ocorridos nos cloroplastos são atribuídos a alterações no metabolismo, principalmente do galactolipídio, levando também à ruptura do sistema de membranas dos cloroplastos (NGUYEN e MAZLIAK, 1990; BERGEVIN, et. al., 1993b; e WHITAKER, 1993).

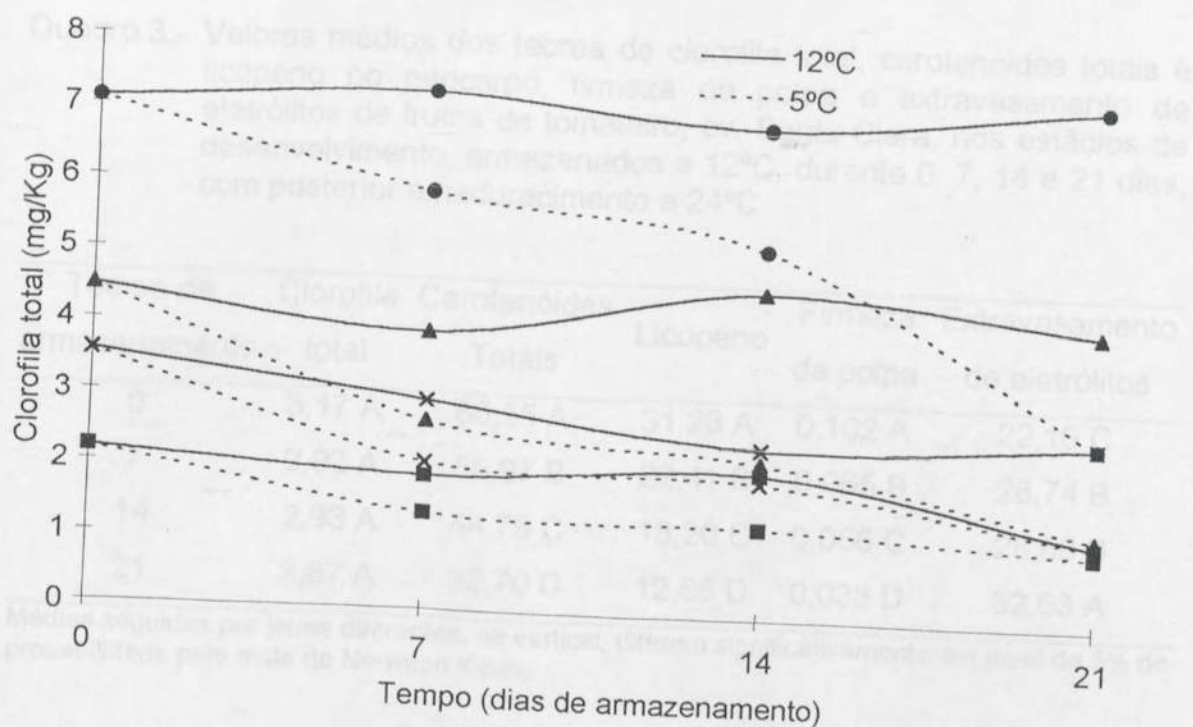


Figura 6 - Variação da clorofila total no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios 0 (●), 1 (▲), 2 (x) e 3 (■) de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

Quadro 2 - Valores médios dos teores de clorofila total, carotenóides totais e licopeno no pericarpo, firmeza da polpa e extravasamento de eletrólitos de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5°C, durante 0, 7, 14 e 21 dias, com posterior amadurecimento a 24°C

Tempo de armazenamento	Clorofila Total	Carotenóides totais	Licopeno	Firmeza da polpa	Extravasamento de eletrólitos
0	3,17 A	68,55 A	31,23 A	0,102 A	22,16 D
7	2,27 B	29,45 B	11,81 B	0,040 B	31,39 C
14	2,10 B	23,01 C	8,85 C	0,033 C	37,14 B
21	1,27 C	21,70 C	8,67 C	0,029 C	41,50 A

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Quadro 3 - Valores médios dos teores de clorofila total, carotenóides totais e licopeno no pericarpo, firmeza da polpa e extravasamento de eletrólitos de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 12°C, durante 0, 7, 14 e 21 dias, com posterior amadurecimento a 24°C

Tempo de armazenamento	Clorofila total	Carotenóides Totais	Licopeno	Firmeza da polpa	Extravasamento de eletrólitos
0	3,17 A	68,55 A	31,23 A	0,102 A	22,16 C
7	2,93 A	55,97 B	22,41 B	0,065 B	28,74 B
14	2,93 A	44,76 C	18,20 C	0,056 C	28,68 B
21	2,87 A	32,70 D	12,86 D	0,038 D	32,63 A

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

3.11. Carotenóides totais

Observou-se que os frutos armazenados tanto a 12°C quanto a 5°C apresentaram acúmulo de pigmentos carotenóides, nos estádios de desenvolvimento, após serem transferidos a 24°C (Figura 7). Todavia, verificou-se que, nos últimos estádios de desenvolvimento, os frutos apresentaram menor acúmulo de pigmentos carotenóides em comparação àqueles amadurecidos diretamente a 24°C, especialmente os mantidos a 5°C. Os únicos frutos que apresentaram teores semelhantes aos mantidos a 24°C, no estágio 5, foram os frutos armazenados a 12°C por sete dias, com coloração avermelhada. Esta coloração avermelhada em alguns mercados é preponderante para boa comercialização. Segundo WANG (1982), a injúria por frio depende da temperatura e do tempo de exposição, podendo ser revertida se colocada à temperatura normal de amadurecimento. A injúria, a 12°C, durante sete dias, pode ter sido revertida, quando se transferiram os frutos para 24°C, sendo cada vez mais acentuada, à medida que se aumentou o tempo de armazenamento.

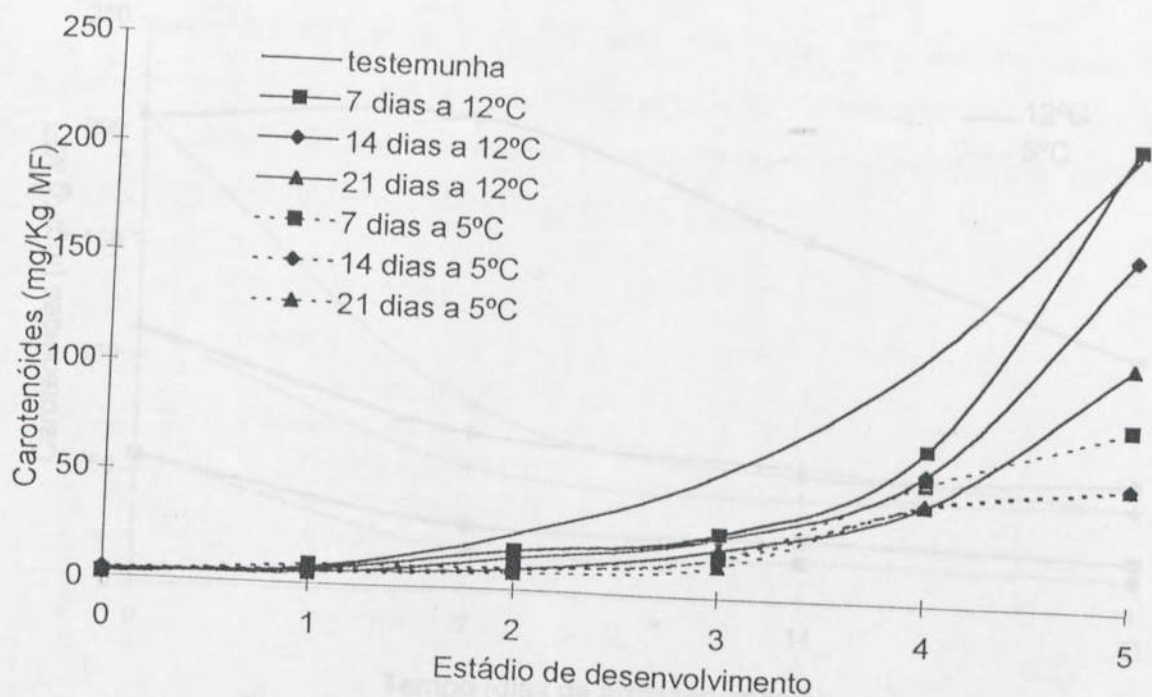


Figura 7 - Variação dos carotenóides totais no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

Verifica-se, no Quadro 1, que o acúmulo de carotenóides foi significativamente menor nos frutos armazenados a 5°C que a 12°C (Figura 8). Analisando os dados, verifica-se que, quanto maior o tempo de armazenamento, menor o acúmulo de pigmentos carotenóides (Quadros 2 e 3); entretanto, os frutos mantidos a 12°C em todos os tempos de armazenamento atingem a coloração vermelha, segundo escala da USDA (1985), fato não ocorrido a 5°C (Figuras 3 e 4). BERGEVIN et al. (1993a), armazenando frutos a 1°C, durante oito dias, também observaram fraca pigmentação dos frutos, após serem transferidos a 20°C. ARTES et al. (1998) também encontraram fraca coloração em frutos armazenados tanto a 9°C quanto a 12°C.

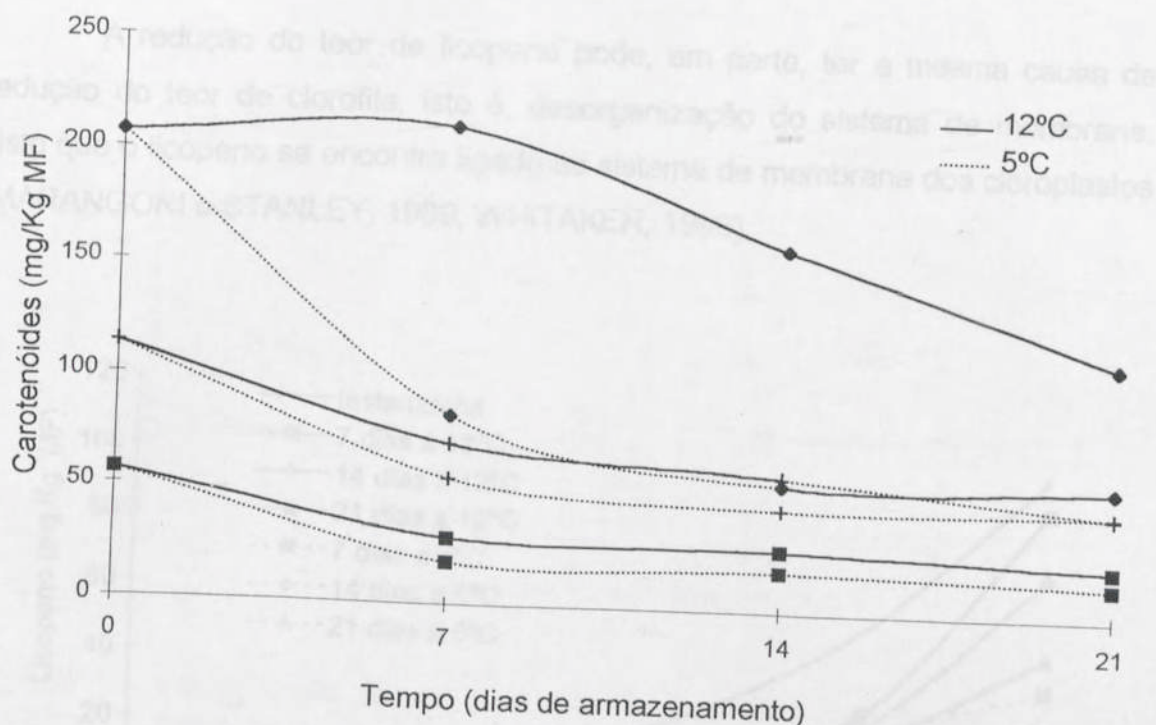


Figura 8 - Variação dos carotenóides totais no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios 3 (■), 4 (+) e 5 (◆) de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

3.12. Licopeno

Por ser o licopeno o pigmento carotenóide predominante em frutos do tomateiro, foi verificado, durante o período de amadurecimento, comportamento semelhante ao discutido para carotenóides totais, ou seja, acúmulo durante o amadurecimento em ambas as temperaturas. Todavia, observaram-se menores taxas de aumento de licopeno a 5°C (Figura 9), evidenciando injúrias aos frutos, as quais não foram revertidas, ao se transferirem os frutos para a temperatura de amadurecimento.

A coloração vermelha, que é atribuída principalmente à presença do licopeno, é indispensável para boa aceitação dos frutos. Na Figura 10, observa-se que o teor de licopeno decresceu com o aumento do tempo de armazenamento, a 5 e 12°C. Observa-se, ainda, que, em frutos armazenados a 5°C, o acúmulo de licopeno foi significativamente menor em todos os tempos de armazenamento. WANG (1982) cita que a injúria se agrava em temperaturas cada vez menores e com o aumento do tempo de armazenamento.

A redução do teor de licopeno pode, em parte, ter a mesma causa de redução do teor de clorofila, isto é, desorganização do sistema de membrana, visto que o licopeno se encontra ligado ao sistema de membrana dos cloroplastos (MARANGONI e STANLEY, 1989; WHITAKER, 1993).

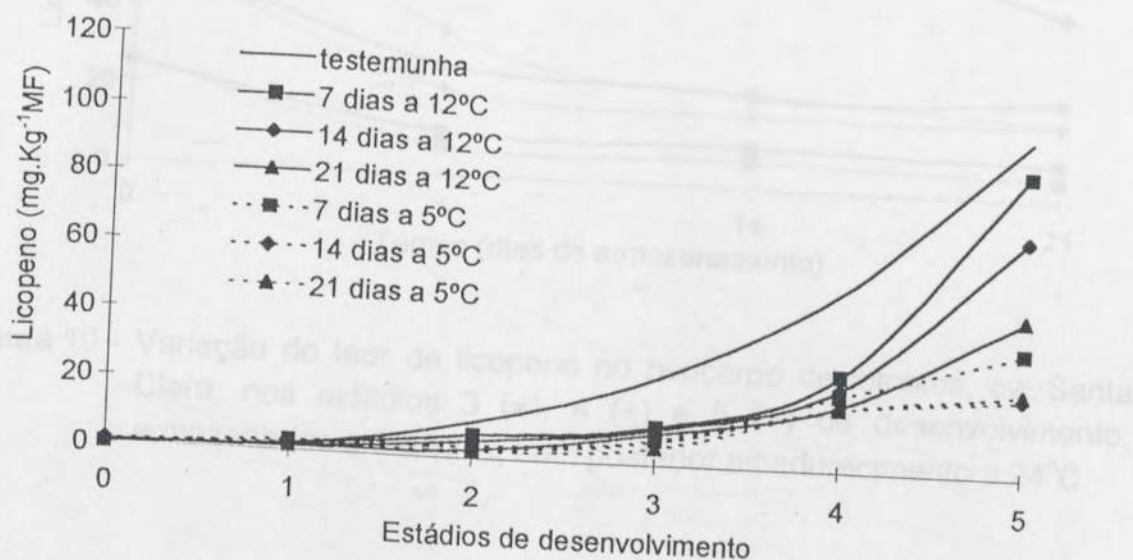


Figura 9 - Variação do teor de licopeno no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

3.13. Firmeza do pericarpo

A firmeza em frutos de tomate reduz-se normalmente com o avanço do amadurecimento. Em ambas as temperaturas, os frutos, após serem retirados da câmara fria, já se encontravam com firmeza significativamente menor que os frutos amadurecidos a 24°C (Quadros 2 e 3). Esta perda da firmeza foi cada vez maior, à medida que se prolongava o tempo de armazenamento.

A firmeza dos frutos é fator importante principalmente nos estádios iniciais de amadurecimento, isto é, logo após serem retirados da câmara, para que durante a comercialização possam resistir mais às injúrias, devido ao manuseio. Na Figura 11, observa-se que os frutos armazenados a 12°C, durante 7 e 21 dias, foram os que mais se aproximaram da firmeza dos frutos da testemunha, sendo, talvez, o tratamento mais indicado para o armazenamento de frutos de tomate.

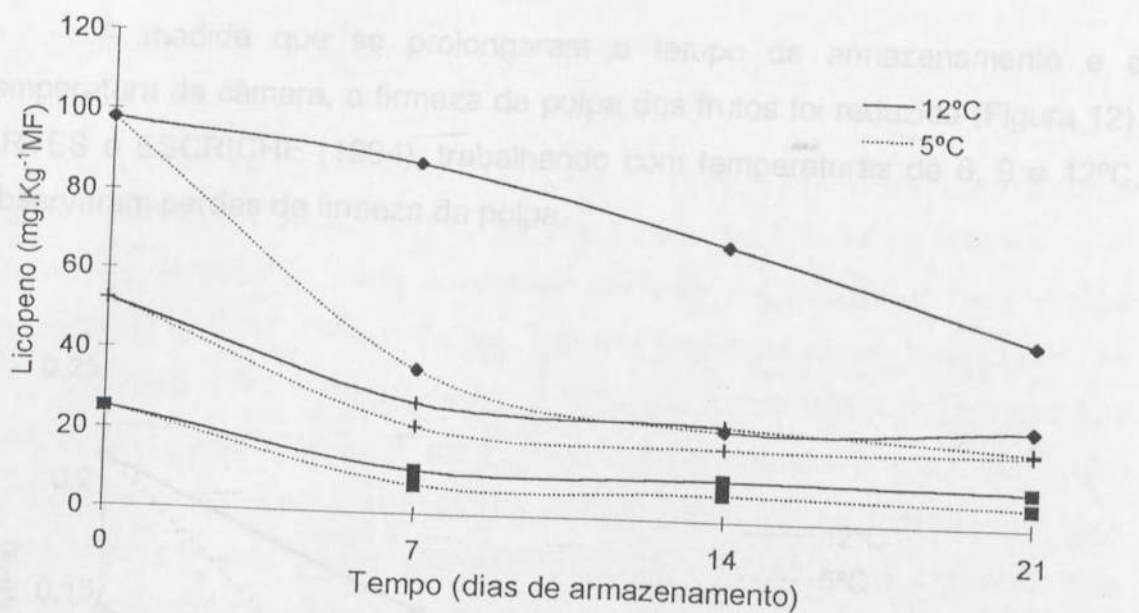


Figura 10 - Variação do teor de licopeno no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios 3 (■), 4 (+) e 5 (◆) de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

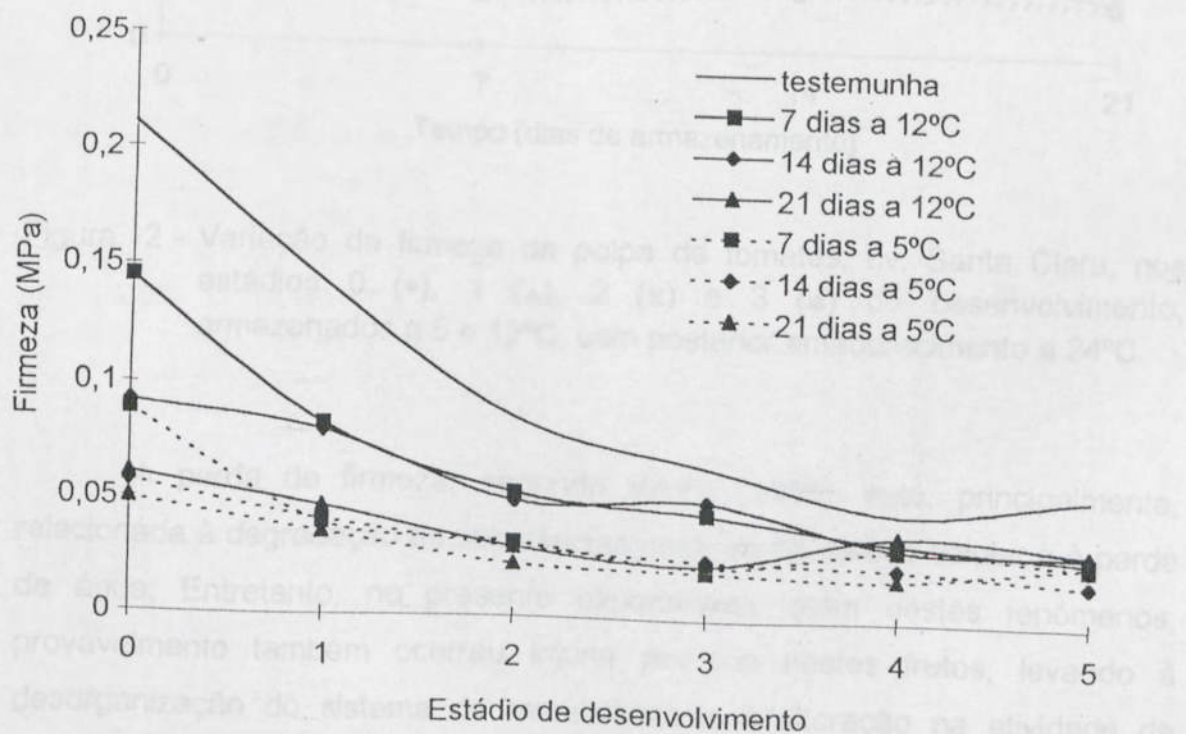


Figura 11 - Variação da firmeza da polpa de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

À medida que se prolongaram o tempo de armazenamento e a temperatura da câmara, a firmeza da polpa dos frutos foi reduzida (Figura 12). ARTES e ESCRICHE (1994), trabalhando com temperaturas de 6, 9 e 12°C, observaram perdas de firmeza da polpa.

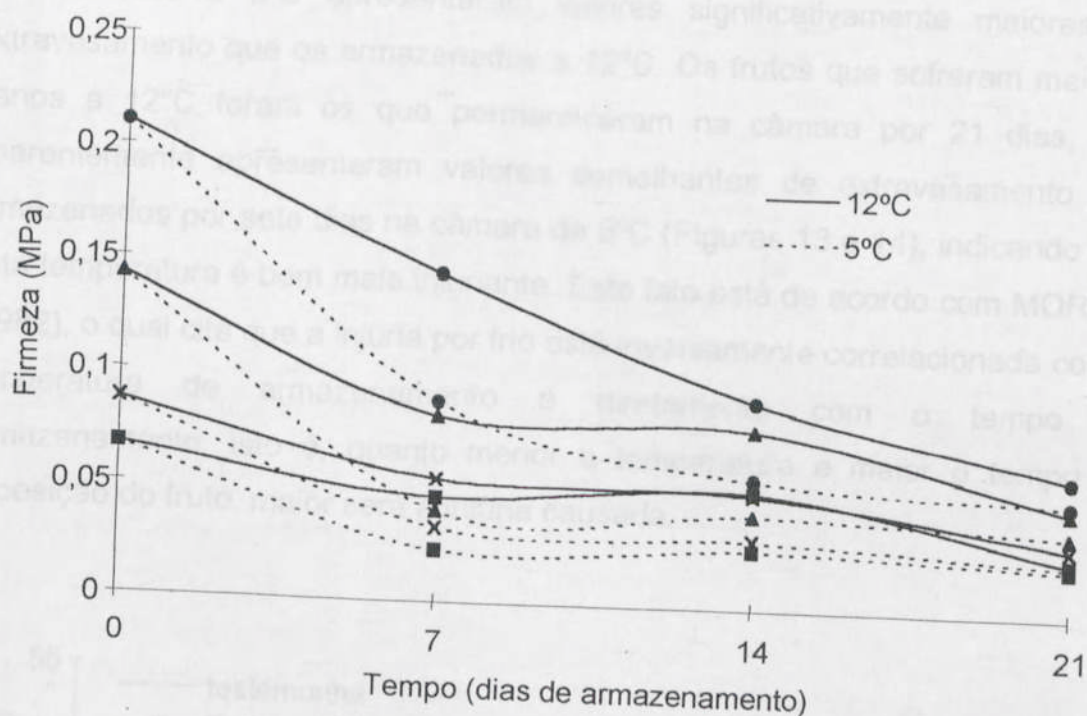


Figura 12 - Variação da firmeza da polpa de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios 0 (●), 1 (▲), 2 (x) e 3 (■) de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

A perda de firmeza, segundo KAYS (1991), está, principalmente, relacionada à degradação de substâncias pécticas da parede celular e à perda de água. Entretanto, no presente experimento, além destes fenômenos, provavelmente também ocorreu injúria por frio nestes frutos, levando à desorganização do sistema de membranas e à alteração na atividade de algumas enzimas envolvidas na degradação da parede celular, como a poligalacturonase, pectinametilesterase e peroxidase (JACKMAN et. al., 1992; MARANGONI et. al., 1995; e NUNES et. al., 1996).

3.14. Extravasamento de eletrólitos

Em todos os tratamentos, observou-se aumento no extravasamento de eletrólitos, durante o amadurecimento dos frutos, em ambas as temperaturas (Figura 13). Entretanto, para o mesmo período de armazenamento, frutos armazenados a 5°C apresentaram valores significativamente maiores de extravasamento que os armazenados a 12°C. Os frutos que sofreram maiores danos a 12°C foram os que permaneceram na câmara por 21 dias, que aparentemente apresentaram valores semelhantes de extravasamento aos armazenados por sete dias na câmara de 5°C (Figuras 13 e 14), indicando que esta temperatura é bem mais injuriante. Este fato está de acordo com MORRIS (1982), o qual cita que a injúria por frio está inversamente correlacionada com a temperatura de armazenamento e diretamente com o tempo de armazenamento, isto é, quanto menor a temperatura e maior o tempo de exposição do fruto, maior será a injuria causada.

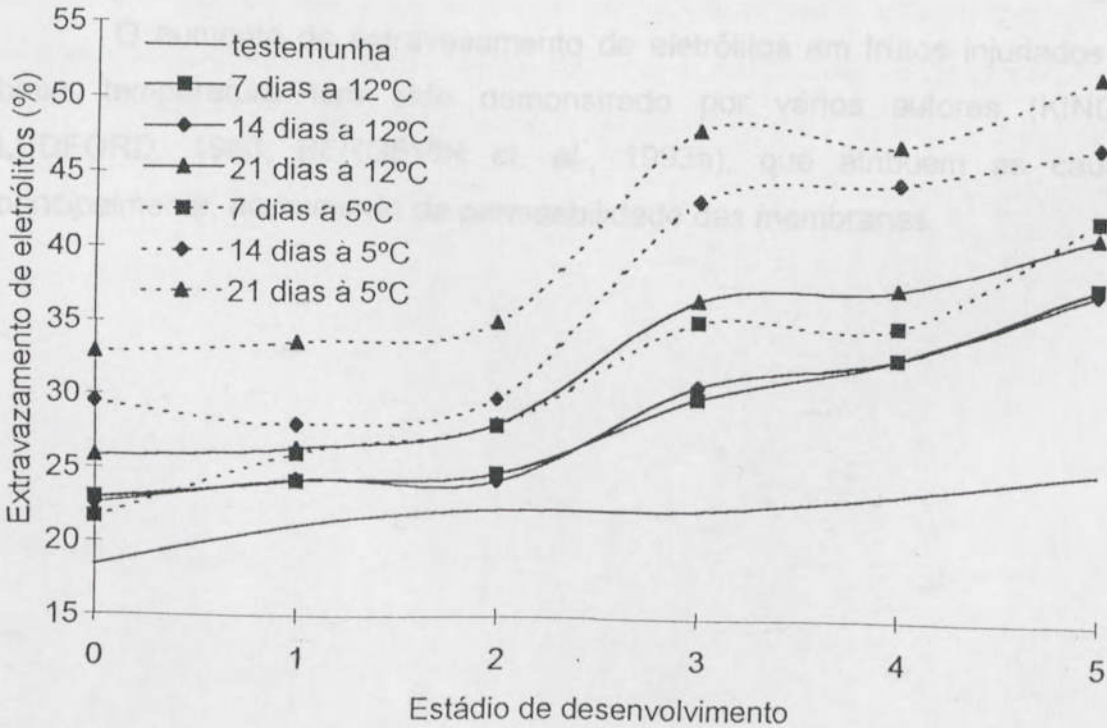


Figura 13 - Variação no extravasamento de eletrólitos no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

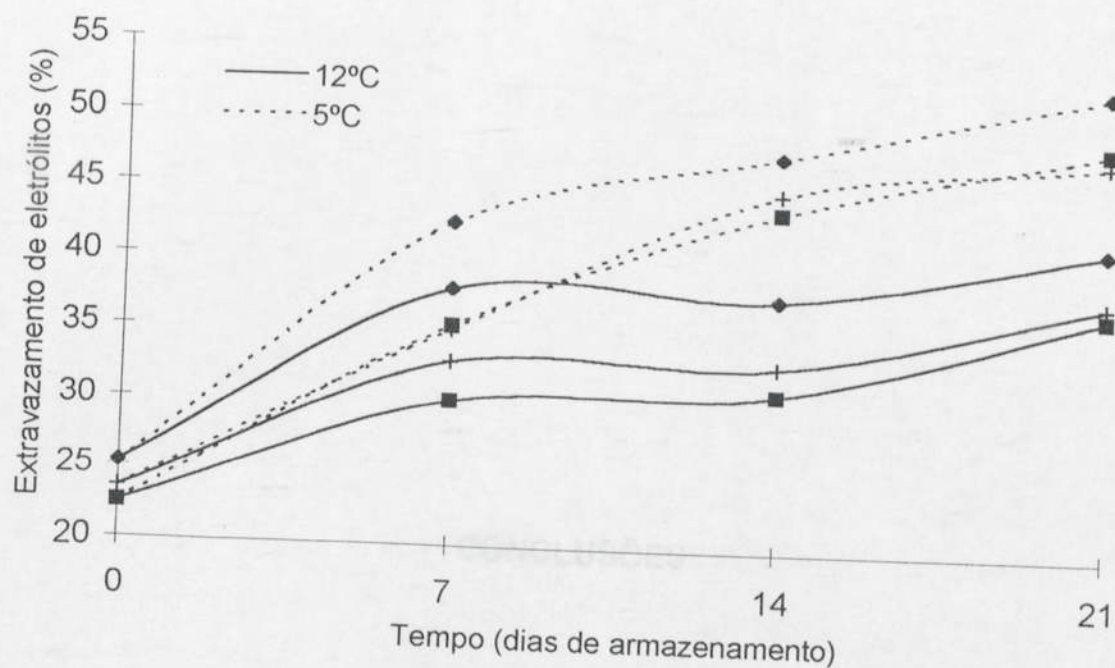


Figura 14 - Variação no extravasamento de eletrólitos no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara, nos estádios 3 (■), 4 (+) e 5 (◆) de desenvolvimento, armazenados a 5 e 12°C, com posterior amadurecimento a 24°C.

O aumento do extravasamento de eletrólitos em frutos injuriados por baixa temperatura tem sido demonstrado por vários autores (KING e LUDFORD, 1983; BERGEVIN et. al., 1993a), que atribuem as causas, principalmente, ao aumento da permeabilidade das membranas.

3. CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, conclui-se que:

- frutos da cv. Santa Clara, quando armazenados à temperatura de 5°C, apresentaram nítidos sintomas de injúria por frio com apenas sete dias de armazenamento, os quais aumentaram, à medida que se elevou o tempo de permanência na câmara fria. Por outro lado, frutos armazenados a 12°C permaneceram viáveis para a comercialização durante todo o período de armazenamento estudado (21 dias). Todavia, o amadurecimento destes frutos, quando ainda se encontram na câmara, foi desuniforme.

3. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o propósito de iniciar um estudo que vise reduzir as perdas na cultura do tomateiro, os objetivos da presente pesquisa foram caracterizar o crescimento e a maturação dos frutos de tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme; acompanhar as alterações pós-colheita destes frutos, submetidos à aplicação ou não de etileno; e caracterizar as alterações ocorridas em frutos da cv. Santa Clara submetidos ao armazenamento em diferentes temperaturas. Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Santa Clara e seu mutante firme foram plantados na horta comercial da Universidade Federal de Viçosa, sendo as flores marcadas na ocasião da antese e os frutos colhidos a intervalos de sete dias, para acompanhar a evolução de seu desenvolvimento. No estudo da maturação dos frutos, estes foram colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento e no estágio verde-maduro. Na aplicação de ethephon e no armazenamento em diferentes temperaturas, também foram utilizados frutos no estágio verde-maduro. Nas condições em que foram conduzidos os experimentos, conclui-se que o crescimento do fruto do mutante foi semelhante ao fruto normal, porém apresentou menor tamanho e maior longevidade na planta; o fruto do mutante na planta apresentou atraso na ascensão climatérica da respiração e do etileno. Já no fruto que amadureceu fora da planta, a produção de etileno foi significativamente menor que nos frutos normais; o fruto do mutante colhido verde-maduro e mantido a 24°C apresentou-se mais firme, com menor perda de massa, evolução mais lenta da coloração e menor extravasamento de eletrólitos, quando comparado

ao fruto normal. Detectou-se traço no teor de clorofila total no fruto do mutante em todos os estádios de desenvolvimento. Quando se aplicou Ethephon, houve aceleração no desenvolvimento da cor, na redução da firmeza e na degradação da clorofila e aumento no extravasamento de eletrólitos. Contudo, a aplicação de Ethephon foi eficiente na uniformização e antecipação do amadurecimento. Frutos da cv. Santa Clara, quando armazenados à temperatura de 5°C, apresentaram nítidos sintomas de injúria por frio com apenas sete dias de armazenamento, os quais aumentaram, à medida que se elevou o tempo de permanência na câmara fria. Por outro lado, frutos armazenados a 12°C permaneceram viáveis para a comercialização durante todo o período de armazenamento estudado (21 dias). Todavia, o amadurecimento destes frutos, quando ainda se encontram na câmara, foi desuniforme. Em função dos resultados obtidos, tomates do mutante firme, do grupo Santa Clara, podem ser usados em programas de melhoramento, visando aumentar a qualidade das linhagens existentes, principalmente no que diz respeito à sua maior firmeza e menor perda de massa, características importantes na comercialização.

AGAR, L.T., ABAK, K., YARSI, G. Effect of different maturity stages on the keeping quality of Nor (non-ripening), Rio (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. *Acta Horticulturae*, 368:742-753, 1994.

ANDREI, E. *Compendio de defensas agrícolas*, 4 ed. São Paulo: Organização Andrei Editora, p. 155-156, 1993.

ARNOLD, D.J. Cold enzymes in vegetable crops. *Physiological Plant Pathology*, 24(1):1-15, 1979.

ARTES, F., ESCRICHE, A.J. Interference between seedling chilling injury and decay of tomato. *Int. Journal of Food Science*, 59(5):1053-1056, 1994.

ARTES, F., GARCIA, F., MARQUINA, J., GARCIA, A., FERNANDEZ-DIAZILLO, J.H.F. Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology*, 14(3):283-298, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry*, 12 ed. Washington D.C., 1975. 1094 p.

AUDIO, W.R., ERAMLAJE, W.J. Chilling sensitivity of tomato fruit in relation to ripening and senescence. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111(2):201-204, 1986.

AVIRAM, M. Tomato lycopene and β -carotene inhibit LDL oxidation. In: *Worldwide Congress on the Processing Tomato*, 3, 1988, Navarra-Espanha. *Proceedings...* Navarra, International Society for Horticultural Science (ISHS), 1988, p.145.

BALLA, C., SARAY, T., HORTI, K., KONCZ, A., POLYAK, K., SOMOGYI, Z., in: HRIBAR, J., JOHNSON, D.S., BOHLING, H., De La PLAZA, J., HARTNER, K.E., HOHN, E. (Eds.) *Study of the colour development of tomato during postharvest handling. COST 94. The post-harvest treatment of fruit and vegetables: quality criteria. Proceedings of a workshop*, p.61-67, 1994.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTLEY, G.E., SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for photoreception, visual attraction, and human health. *The Plant Cell*, 7:1027-1038, 1995.

ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIT JR., M.E. **Ethylene in plant biology**. New york, Academic press, 441p, 1992.

ADATO, I., McGLASSON, W.B. Effects of ethylene and propylene on post-harvest development and ripening of young normal and mutant tomato fruits. **Aust. J. Plant Physiol.**, 4:459-465, 1977.

AGAR, I.T., ABAK, K., YARSI, G. Effect of different maturity stages on the keeping quality of Nor (non-ripening), Rin (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. **Acta Horticulturae**, 368:742-753, 1994.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 4 ed. São Paulo, Organização Andrei Editora, p. 195-196, 1993.

ARNON, D.I. Coper enzymes in insolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, 24(1):1-15, 1949.

ARTES, F., ESCRICHE, A.J. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. **Journal of Food Science**, 59(5):1053-1056, 1994.

ARTES, F., GARCIA, F., MARQUINA, J., CANO, A., FERNANDEZ-TRUJILLO, J.P.F. Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. **Postharvest Biology and Technology**, 14(3):283-296, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 12 ed. Washington D.C., 1975. 1094 p.

- AUDIO, W.R., BRAMLAGE, W.J. Chilling sensitivity of tomato fruit in relation to ripening and senescence. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 111(2):201-204, 1986.
- AVIRAM, M. Tomato lycopene and β -carotene inhibit LDL oxidation. In: Worldwide Congress on the Processing Tomato, 3, 1988, Navarra: Espanha. **Proceedings...** Navarra: International Society for Horticultural Science (ISHS), 1998, p.145.
- BALLA, C., SARAY, T., HORTI, K., KONCZ, A., POLYAK, K., SOMOGYI, Z. In: HRIBAR, J., JOHNSON, D.S., BOHLING, H., De La PLAZA, J., HAFFNER, K.E., HOHN, E. (Eds.). **Study of the colour development of tomato during postharvest handling. COST 94. The post-harvest treatment of fruit and vegetables: quality criteria.** Proceedings of a workshop. p.81-92, 1994.
- BARTLEY, G.E., SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. **The Plant Cell**, 7:1027-1038, 1995.
- BERGEVIN, M., L'HEUREUX, G.P., THOMPSON, J.E., WILLEMONT, C. Effects of chilling and subsequent storage at 20 °C on electrolyte leakage and phospholipid fatty acid composition of tomato pericarp. **Physiol. Plant.**, 87:522-527, 1993a.
- BERGEVIN, M., L'HEUREUX, G.P., WILLEMOT, C. Tomato fruit chilling tolerance in relation to internal atmosphere after return to ambient-temperature. **Hortscience**, 28(2):138-140, 1993b.
- BIALE, J.B. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**, 146:880-888, 1964.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária.** Perdas na agropecuária brasileira: relatório preliminar da comissão técnica para redução das perdas na agropecuária. Brasília, 1993.
- BRECHT, J.K. Location of development of ethylene biosynthesis during tomato fruit maturation. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, n.98, p.184-7, 1985.
- BUESCHER, R.W., SISTRUNK, W.A. Softening, pectolytic activity, and storage-life of rin and nor tomato hybrids. **HortScience**, 11(6): 603-604, 1976.
- CALBO, A.G., MORETTI, C.L. Diminuição da retenção de solutos no simplasma de tomates durante o amadurecimento. Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 5, 1995, Lavras. **Resumos...** Lavras, p.145, 1995.
- CALBO, A.G., NERY, A.A. Medida da firmeza em hortaliças pela técnica da aplanção. **Horticultura Brasileira**, 12(1):14-8, 1995.

- CHENG, T.S., SHEWFELT, R.L. Effect of chilling exposure of tomatoes during subsequent ripening. **J. Food Sci.**, 53(4):1160-1163, 1988.
- CORONA, V., ARACRI, B., KOSTURKOVA, G., BARTLEY, G.E., PITTO, L., GIORGETTI, L., SCOLNIK, P.A., GIULIANO, G. Regulation of a carotenoid biosynthesis gene promoter during plant development. **The Plant Journal**, 9(4):505-512, 1996.
- EFIUVWEVWERE, B.J.O., THORNE, S.N. Development of chilling injury symptoms in stored tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill). **J. Sci. Food Agric.**, 44:215-219, 1988.
- ELKASHIF, M.E., HUBER, D.J. Electrolyte leakage, firmness and scanning electron microscopic studies of watermelon fruit treated with ethylene. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 113(3):378-381, 1988.
- EPAMIG. **Cenário Futuro para a cadeia Produtiva de Olerícolas em MG.** 1995. 120p.
- EVANS, D.A., SHARP, W.R., MEDINA-FILHO, H.P. Somaclonal and gametoclonal variation. **Amer. J. of Bot.**, 71(6): 759-774, 1984.
- FERGUSON, I.B., WATKINS, C.B. Ion relation of apple tissue during fruit development and ripening: I. Cation leakage. **Australian Journal of Plant Physiology**, 8:155-164, 1981.
- FINGER, F.L., PUSCHMANN, R., BARROS, R.S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 7(1):115-118, 1995.
- FINGER, F.L., VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas.** Caderno Didáticos 19, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 29p.
- GIOVANNONI, J.J., DELLAPENNA, D., BENNETT, A.B., FISCHER, R.L. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic rin (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but not fruit softening. **The Plant Cell**, (1):53-63, 1989.
- GRAY, J.E., PICTON, S., GIOVANNONI, J.J., GRIERSON, D. The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. **Plant, Cell and Environment**, 17:557-571, 1994.
- GROSS, J. Carotenoids. In: **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids.** New York, AVI Publishing Co, p. 75-128, 1991.

- HALL, C.B. The effect of low storage temperatures on the color, carotenoid pigments, shelf-life and firmness of ripened tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 78:480-485, 1961.
- HENZE, J., PEKMEZCI, M., BAUMANN, H. Effects of ethrel and ethylene on the ripening of bananas. **Acta Horticulturae**, 138, 1983.
- HERNER, R.C., SINK, K.C. Ethylene Production and Respiratory Behavior of the rin Tomato Mutant. **Plant Physiology**, 52:38-42, 1973.
- HOBSON, G.E. Effect of the introduction of Non-ripening mutant genes on the composition and enzyme content of tomato fruit. **J. Sci. Food Agric.**, 31:578-584, 1980.
- HOBSON, G.E. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **J. HortSci.**, 62:55-61, 1987.
- HOBSON, G.E., GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. (Eds.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, p. 405-442, 1993.
- IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil - 1997**. Rio de Janeiro, v.54, p. 3-53, 1997.
- INSKEEP, W.P., BLOOM, P.R. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N,N-Dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, 77:483-485, 1985.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz; métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo, 1985. v.1. p. 183.
- JACKMAN, R.L., GIBSON, H.J., STANLEY, D.W. Effects of chilling on tomato fruit texture. **Physiologia Plantarum**, 86(4):600-608, 1992.
- JENKINS, J.A. The origin of the cultivated tomato. **Econ. Bot.**, 2:379-392, 1948.
- KAYS, S.J., BEAUDRY, R.M. Techniques for inducing ethylene effects. **Acta Hort.**, 201:77-116, 1987.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.
- KING, M.M., LUDFORD, P.M. Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 108(1):74-77, 1983.

- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, 148:362-385, 1987.
- LYONS, J.M., RAISON, J.K. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury. **Plant Physiol.**, 45:386-389, 1970.
- MARANGONI, A.G., STANLEY, D.W. Phase transitions in microsomal liposomes from chilling sensitive and chilling resistant tomato plants and fruit. **Phytochemistry**, 28:2293-2301, 1989.
- MARANGONI, A.G., JACKMAN, R.L., STANLEY, D.W. Chilling-associated softening of tomato fruit is related to increased pectinmethylesterase activity. **Journal of Food Science**, 60(6):1277-1281, 1995.
- MARKHART III, A.H. Chilling injury: A review of possible causes. **HortScience**, 21(6):1329-1333, 1986.
- MATHOOKO, F.M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. **Postharvest biology and technology**, 7:1-26, 1996.
- MATTOO, A.K., WHITE, W.B. Regulation of ethylene biosynthesis. In: MATTOO, A.K., SUTTLE, J.C. (Eds). **The plant hormone ethylene**. Boca Raton, CRC Press, p.21-42, 1991.
- MOLINE, H.E. Ultrastructural changes associated with chilling of tomato fruit. **Phytopathology**, 66:617-624, 1976.
- 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. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 123(4):656-660, 1998.
- MORRIS, L.L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, 17(2):161-168, 1982.
- MOURA, M.A., ZANIN, S.R., FINGER, F.L. Amadurecimento de tomate com pulverização de diferentes doses de ethephon associado com espalhante adesivo. **Rev. Bras. de Armaz.**, 23(1):11-14, 1998.
- NGUYEN, X.V., MAZLIAK, P. Chilling injury induction is accompanied by galactolipid degradation in tomato pericarp. **Plant Physiol. Biochem.**, 28:283-291, 1990.
- NUNES, M.C.N., MORAIS, A.M.M.B., BRECHT, J.K., SARGENT, S.A. Quality of pink tomatoes (cv Buffalo) after storage under controlled atmosphere at chilling and nonchilling temperatures. **Journal of Food Quality**, 19(5):363-374, 1996.

- OETIKER, J.H., YANG, S.F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, 398:167-178, 1995.
- PORRINI, M. Tomato consumption improves cell resistance to oxidative stress. In: Worldwide Congress on the Processing Tomato, 3, 1988, Navarra, Espanha. **Proceedings...** Navarra: International Society for Horticultural Science (ISHS), 1998, p.146.
- REID, M.S. Ethylene in postharvest technology. In: KADER, A.A. (ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2.ed., Oakland, University of California, p.97-109, 1992.
- RISSE, L.A., MOFFITT, T., DOW, A. Effect of storage temperature on color and incidence of decay of tomatoes under simulated export conditions. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, 93:310-315, 1980.
- SALISBURY, F., ROSS, C.W. Hormones and growth regulators: cytokinins, ethylene, abscisic acid, and other compounds. In: **Plant physiology**. Belmont, California, 1991. p.393-400
- SALTVEIT, M.E., MORRIS, L.L. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: WANG, C.Y. **Chilling injury of horticultural crops**. CRC Press, Inc. Boca Raton, p.3-15. 1990.
- SIGRIST, J.M.M. Perdas pós-colheita de produtos hortifrutícolas. **Bol. Inf. ITAL**, 5(2):1-22, 1993.
- STEVENS, M.A., RICK, C.M. Genetics and breeding. In: ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. (Eds.) **The tomato rop**, London: Chapman e Hall, p.35-109, 1986.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. Ethylene and abscisic acid. In: **Plant physiology**. California, 1991, p.473-482.
- TIGCHELAAR, E.C., McGLASSON, W.B., BUESCHER, R.W. Genetic regulation of tomato fruit ripening. **HortScience**, 13(5): 508-513, 1978.
- TUINEN, A.van, HANHART, C.J., KERCKHOFFS, L.H.J., NAGATANI, A., BOYLAN, M.T., QUAIL, P.H., KENDRICK, R.E., KOORNNEEF, M. Analysis of phytochrome-deficient yellow-green-2 and aurea mutants of tomato. **The Plant Journal**, 9(2):173-182, 1996.
- USDA. **Color measurements in United States standards for grades of fresh tomatoes**. USDA, Visual Aid., 1985.
- WANG, C.Y. **Chilling injury of horticultural crops**. CRC Press, Inc. Boca Raton, 1990. 302 p.

- WANG, C.Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortScience**, 17(2):173-186, 1982.
- WHITAKER, B.D. Changes in lipids of tomato fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. **Phytochemistry**, 30(3):757-761, 1991.
- WHITAKER, B.D. Lipid changes in mature-green tomatoes during ripening, during chilling, and after rewarming subsequent to chilling. **Jounal Amer. Soc. Hort. Sci.**, 119(5):994-999, 1994
- WHITAKER, B.D. Lipid changes in microsomes and crude plastid fractions during storage of tomato fruits at chilling and nonchilling temperatures. **Phytochemistry**, 32:265-271, 1993.
- WHITLOW, T.H., BASSUK, N.L., RANNEY, T.G., REICHERT, D.L. An improved method for using electrolyte leakage to asses membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, 98:198-205, 1992.
- YANG, S.F., HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual review of Plant Physiology**, 35:155-189, 1984.
- ZSCHEILE, F.P., PORTER, J.W. Analytical methods for carotenes of lycopersicon species and strains. **Analytical Chemistry**, 19(1):47-52, 1947.

TABELAS REFERENTES AO CAPÍTULO 2

Tabela 1A - Médias da coloração do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)					
		0	3	6	9	12	15
Normal	Sem	0,0 a	0,0 b	2,7 b	3,9 a	4,5 a	5,0 a
	Com	0,0 a	1,5 b	3,7 a	4,0 a	4,5 a	4,7 ab
Mutante	Sem	0,0 a	1,3 b	3,1 b	3,9 a	4,3 a	4,5 a
	Com	0,0 a	2,1 a	3,9 a	4,0 a	4,2 a	4,2 b

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Kuuls.

Tabela 2A - Médias da firmeza do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias

APÊNDICE

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)					
		0	3	6	9	12	15
Normal	Sem	0,145 b	0,110 a	0,085 b	0,068 b	0,048 b	0,034 a
	Com	0,145 b	0,094 a	0,072 a	0,054 a	0,047 a	0,032 a
Mutante	Sem	0,162 a	0,141 a	0,122 a	0,085 a	0,054 a	0,041 a
	Com	0,162 a	0,126 b	0,092 b	0,073 b	0,060 a	0,035 a

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Kuuls.

TABELAS REFERENTES AO CAPÍTULO 2

Tabela 1A - Médias da coloração do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)					
		0	3	6	9	12	15
Normal	Sem	0,0 a	0,9 b	2,7 b	3,9 a	4,5 a	5,0 a
	Com	0,0 a	1,5 b	3,7 a	4,0 a	4,5 a	4,7 ab
Mutante	Sem	0,0 a	1,3 b	3,1 b	3,9 a	4,3 a	4,9 a
	Com	0,0 a	2,1 a	3,9 a	4,0 a	4,2 a	4,2 b

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 2A - Médias da firmeza do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)					
		0	3	6	9	12	15
Normal	Sem	0,145 b	0,110 c	0,085 b	0,068 b	0,048 b	0,034 a
	Com	0,145 b	0,094 d	0,072 c	0,054 c	0,047 b	0,032 a
Mutante	Sem	0,162 a	0,141 a	0,122 a	0,085 a	0,064 a	0,041 a
	Com	0,162 a	0,125 b	0,092 b	0,073 b	0,060 a	0,035 a

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 3A - Médias da perda de massa de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 15 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)					
		0	3	6	9	12	15
Normal	Sem	0,0 a	1,66 a	2,84 a	3,97 a	5,10 a	6,36 a
	Com	0,0 a	1,48 a	2,64 a	3,75 a	4,86 a	6,12 a
Mutante	Sem	0,0 a	1,24 a	2,10 a	2,93 ab	3,74 b	4,65 b
	Com	0,0 a	1,00 a	1,80 a	2,62 b	3,51 b	4,39 b

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 4A - Médias dos teores de clorofila total do pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)				
		0	4	8	12	16
Normal	Sem	5,46 a	3,76 a	0,86 a	0,60 a	0,87 a
	Com	5,46 a	2,11 b	0,74 a	0,79 a	0,94 a
Mutante	Sem	0,79 b	0,65 c	0,43 a	0,63 a	0,73 a
	Com	0,79 b	0,42 c	0,54 a	0,46 a	0,68 a

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 5A - Médias de carotenóides totais no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)				
		0	4	8	12	16
Normal	Sem	4,71 a	28,91 a	94,81 a	239,20 a	284,91 b
	Com	4,71 a	57,48 a	120,60 a	240,13 a	262,10 b
Mutante	Sem	1,08 a	19,78 a	117,40 a	155,01 b	351,38 a
	Com	1,08 a	48,04 a	112,70 a	267,45 a	271,29 b

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 6A - Médias dos teores de licopeno no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)				
		0	4	8	12	16
Normal	Sem	0,89 a	10,96 a	41,43 a	100,70 a	120,72 b
	Com	0,89 a	23,60 a	53,66 a	101,19 a	110,92 b
Mutante	Sem	0,16 a	6,72 a	51,79 a	64,63 b	150,73 a
	Com	0,16 a	19,11 a	49,58 a	112,81 a	114,49 b

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Tabela 7A - Médias do extravasamento de eletrólitos no pericarpo de tomates, cv. Santa Clara e do mutante firme, com e sem aplicação de Ethephon, durante armazenamento à temperatura ambiente por 16 dias

Variedade	Ethephon	Tempo (dias após colheita)				
		0	4	8	12	16
Normal	Sem	13,96 a	20,32 a	20,59 b	22,69 a	23,35 ab
	Com	13,96 a	23,36 a	24,89 a	23,41 a	26,57 a
Mutante	Sem	10,29 b	16,99 b	19,74 b	18,60 b	21,03 b
	Com	10,29 b	16,43 b	20,47 b	19,16 b	23,91 ab

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.