

JOSIANI MAROCHIO SCHWANTES

**PROCESSAMENTO MÍNIMO, FISIOLOGIA E CONSERVAÇÃO
REFRIGERADA DE GENÓTIPOS DE TOMATE**

**Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fisiologia Vegetal, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

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

T

S398p
2008

Schwantes, Josiani Marochio, 1984-
Processamento mínimo, fisiologia e conservação
refrigerada de genótipos de tomate \ Josiani Marochio
Schwantes – Viçosa, MG, 2008.
xi, 42f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Rolf Puschmann.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 37-42

1. Tomate – Conservação. 2. Tomate – Fisiologia
pós-colheita – Análise. 3. Tomate – Conservação –
Efeito de etileno. 4. Fungos fitopatogênicos
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.64268

JOSIANI MAROCHIO SCHWANTES

**PROCESSAMENTO MÍNIMO, FISILOGIA E CONSERVAÇÃO
REFRIGERADA DE GENÓTIPOS DE TOMATE**

**Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fisiologia Vegetal, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.**

APROVADA: 28 de junho de 2008

Adriano do Nascimento Simões

Dimas Mendes Ribeiro

**Prof. Fernando Luiz Finger
(Co-orientador)**

Prof. Marcelo A. Gutierrez Carnelossi

**Prof. Rolf Puschmann
(Orientador)**

Ao meu marido Diogo, com todo o amor,

Aos meus pais Edvaldo e Elza, com todo o carinho,

Aos meus avós paternos Vitorio e Helena (in memoriam), com toda a admiração,

Ao meu irmão Carlos Alexandre, com toda a dedicação.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, proteção, constantes bênçãos, luz e paz nos momentos de dor;

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida;

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

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais);

Ao Professor Rolf Puschmann, pela orientação, ensinamentos e conselhos que permitiram meu progresso profissional;

Aos meus co-orientadores Professores Fernando Luiz Finger e Nilda de Fátima Ferreira Soares, pelas sugestões que permitiram maior aperfeiçoamento do trabalho;

Aos Professores Paulo Roberto Cecon, Derly José Henriques da Silva, Valéria de Paula Rodrigues Minim, Aristéa Alves Azevedo e Maria Cristina Dantas Vanetti, pelos valiosos ensinamentos;

Aos funcionários da Horta Nova da Universidade Federal de Viçosa, Brás, Derlei e Paulo, pelo apoio na condução do experimento em campo;

Ao Nilton Piovesan, pela concessão de tomates Alambra para a execução do trabalho;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal;

Ao meu marido Diogo, que soube compreender a minha ausência de maneira inexplicável, com muito companheirismo e amor. Constantemente proferiu palavras que me incentivaram a não desistir dos ideais;

Aos meus pais Edvaldo e Elza, que nunca mediram esforços para me ajudar em tudo o que precisei e pelo carinho nos momentos de dificuldade;

Aos meus queridos avôs paternos Vitório e Helena (*in memoriam*), exemplos de vida;

Ao meu irmão Carlos Alexandre, pelo apoio;

Aos meus amigos do laboratório de pós-colheita.

BIOGRAFIA

Josiani Marochio Schwantes, filha de Edvaldo Marochio e Elza Navarenski Marochio, nasceu em 06 de março de 1984, em Assis Chateaubriand, estado do Paraná. Em dezembro de 2005, concluiu o curso de Ciências Biológicas na Universidade Paranaense (UNIPAR), Toledo, PR. No ano de 2006, ingressou no curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação, em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, com área de concentração em fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças.

CONTEÚDO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Material vegetal, condições de cultivo e colheita	4
2.2. Processamento mínimo e conservação	5
2.3. Avaliações fisiológicas e bioquímicas	5
2.3.1. Produção de dióxido de carbono (CO ₂)	5
2.3.2. Produção de etileno (C ₂ H ₄)	6
2.3.3. Extração e ensaio da poligalacturonase (PG).....	6
2.4. Avaliações físico-químicas	7
2.4.1. Firmeza.....	7
2.4.2. Cor.....	7
2.4.3. Extração e quantificação de carotenóides totais.....	8
2.4.4. Perda de massa fresca e exsudação de tomates minimamente processados....	8
2.4.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável.....	9
2.5. Testes de aceitação	10
2.6. Contagem de psicrotróficos e fungos	11
2.7. Anatomia	12
2.8. Análise estatística	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1. Tomates inteiros	13
3.1.1. Produção de dióxido de carbono (CO ₂) e de etileno (C ₂ H ₄)	13
3.1.2. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase (PG).....	14
3.1.3. Cor e carotenóides totais	16
3.1.4. Estimativa da perda de massa fresca.....	17
3.1.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável.....	18
3.2. Tomates minimamente processados	20
3.2.1. Produção de dióxido de carbono (CO ₂) e de etileno (C ₂ H ₄)	20
3.2.2. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase (PG).....	21
3.2.3. Cor e carotenóides totais	24
3.2.4. Estimativa da perda de massa fresca e exsudação	26
3.2.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável.....	27
3.2.6. Testes de aceitação	28

3.2.6.1. Alterações na aparência.....	32
3.2.7. Contagem de psicrotróficos e fungos.....	33
4. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

RESUMO

SCHWANTES, Josiani Marochio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008. **Processamento mínimo, fisiologia e conservação refrigerada de genótipos de tomate.** Orientador: Rolf Puschmann. Co-orientadores: Fernando Luiz Finger e Nilda de Fátima Ferreira Soares.

O objetivo do trabalho foi avaliar características fisiológicas como ferramenta para descrever o potencial de conservação dos tomates mutante Firme e Alambra (longa vida) minimamente processados, em relação aos genótipos Santa Clara (normal) e F₁ (Firme x Santa Clara). Frutos dos genótipos foram colhidos no estágio 4 de amadurecimento e conservados inteiros por 15 dias a 12°C, exceto para Alambra, que foram colhidos no estágio 3 e mantidos em temperatura ambiente até atingir o estágio 4. Análises de cor, carotenóides e firmeza mostraram que todos os genótipos inteiros adquiriram cor vermelha e amadureceram simultaneamente ao longo dos 12 dias de conservação. O Firme apresentou menores porcentagens de sólidos solúveis totais e maiores teores de carotenóides totais em relação aos demais genótipos. Tomates inteiros foram sanitizados, fatiados em rodela de 5 mm de espessura, drenados, acondicionados em potes de polipropileno e mantidos a 5°C, por 15 dias. A firmeza inicial das fatias foi menor em relação àquela apresentada pelos frutos inteiros e houve pequena alteração subsequente na firmeza. O aumento nos teores de carotenóides e da cor indicou que todos os genótipos processados amadureceram ao longo dos 12 dias de conservação. Os tomates Alambra e F₁ apresentaram elevadas porcentagens de exsudação em relação aos genótipos Santa Clara e Firme. A exsudação foi o principal fator que contribuiu para perda de massa fresca, e parece ter contribuído também para rápida perda da aparência satisfatória. Testes de aceitação para cor, textura, aroma e sabor indicaram aceitação do

Santa Clara e Firme até o sexto dia de conservação. Todavia, mudanças na aparência das fatias foram mais rápidas e notáveis do que àquelas observadas nos testes de aceitação. A contaminação dos tomates minimamente processados não ultrapassou 10^4 UFC g MF⁻¹ de psicotróficos e fungos e, portanto, o crescimento microbiano não foi a causa da deterioração de tomates minimamente processados. Nas condições experimentais, os genótipos estudados não diferiram quanto à conservação, contudo, Alambra e F₁ mostraram-se menos adequados para o processamento mínimo. Firme tem potencial para utilização na forma minimamente processada, o que, entretanto necessita de avanços nas técnicas de processamento e conservação.

ABSTRACT

SCHWANTES, Josiani Marochio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2008. **Physiology and refrigerated conservation of fresh-cut tomato genotypes.** Adviser: Rolf Puschmann. Co-advisers: Fernando Luiz Finger and Nilda de Fátima Ferreira Soares.

The purpose of this work was to evaluate the physiological characteristics of ripening and to describe the potential conservation of fresh-cut Firme and Alambra mutant tomatoes (long life), in relation to Santa Clara (normal) and F₁ (Firme x Santa Clara) tomatoes. Fruits were harvested at ripening stage 4 and kept for 15 days at 12 °C, except for Alambra, harvested at stage 3 and kept at room temperature until reaching stage 4, prior to conservation at 12°C. Color, carotenoids and firmness analyses showed that all fruits acquired the red color and ripened simultaneously during the conservation period. Firme tomatoes presented lower percentage of total soluble solids and higher carotenoids content than the other genotypes. Processing of tomatoes was as follows: fruits were sanitized, cut in slices 5 mm thickness, drained, placed in polypropylene stoppered jars, and kept at 5°C for 15 days. Initial firmness of the slices was low as compared to whole fruits, and there were small changes in slices during conservation. Carotenoids and color increase indicated fresh-cut genotypes ripened during the conservation period at 12°C. Alambra and F₁ sliced tomatoes presented higher percentages of exudation than sliced Santa Clara and Firme tomatoes. Exudation showed to be the main factor responsible for the loss of fresh mass, and seemed to have contributed to the rapid loss of desirable appearance. Tests of acceptance for color, texture, aroma and flavor, indicated acceptance of Santa Clara and Firme slices until the sixth day of conservation. However, loss in visual appearance of slices was faster and

more remarkable than quality losses observed by means of acceptance tests. Microbial counts during conservation of fresh-cut tomatoes did not exceed 10^4 CFU.gFW⁻¹ of psychrotrophic bacteria and fungi. Thus, microbial growth was not the cause for fresh-cut tomatoes deterioration. Under the present experimental conditions, the studied genotypes did not differ in their potential conservation as fresh-cut products. Alambra and F₁ seemed to be less suitable for fresh-cut processing. Comparatively, Firme seems to have some potential for use as fresh-cut tomato; however, this needs improvement in the processing and conservation techniques.

1. INTRODUÇÃO

O tomate é um produto hortícola que compõe a dieta do homem tanto na forma *in natura* como industrializada, sendo uma das hortaliças mais consumidas no mundo (FARIA et al., 2003). Embora esteja presente em vários tipos de saladas, a comercialização de tomate minimamente processado é limitada devido à dificuldade em manter a qualidade e segurança alimentar no período pós-processamento (HONG & GROSS, 1998; ARTÉS et al., 1999; LANA et al., 2005; MIGUEL et al., 2007).

Aparência, cor e firmeza determinam a qualidade do tomate minimamente processado (HONG & GROSS, 1998; LANA et al., 2005). Ao longo da conservação, fenômenos de natureza física, fisiológica e microbiológica comprometem rapidamente a qualidade deste produto, como acúmulo de líquido na embalagem (HONG & GROSS, 1998; ARTÉS et al., 1999; GIL et al., 1999; GIL et al., 2002; AGUAYO et al., 2004), desidratação (ARTÉS et al., 1999; GIL et al., 2002), germinação de sementes (GIL et al., 2002), surgimento de translucência no pericarpo (LANA et al., 2006 a; LANA et al., 2006 b), alterações na textura (ARTÉS et al., 1999; GIL et al., 2002; WU & ABBOTT, 2002; LANA et al., 2005) e contaminação microbiana (AGUAYO et al., 2006; GIMÉNEZ & CALERO, 2007). Desta maneira, é de fundamental importância o desenvolvimento de tecnologias, capaz de fornecer subsídios para manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil do tomate minimamente processado.

Diversas técnicas têm sido utilizadas para minimizarem os defeitos que comprometem a qualidade do tomate minimamente processado, como uso de absorvedores de exsudato e de etileno nas embalagens (ARTÉS et al., 1999; GIL et al., 2002), emprego de atmosfera modificada (ARTÉS et al., 1999; GIL et al., 2002; AGUAYO et al., 2004), tratamentos químicos com cálcio (ARTÉS et al., 1999), conservação sob baixas temperaturas (HONG & GROSS, 1998; GIL et al., 1999;

LANA et al., 2005), uso de 1-MCP (1-metilciclopropeno) (GIMÉNEZ & CALERO, 2007) e utilização de agentes antimicrobianos, como o ozônio (AGUAYO et al., 2006).

No Brasil, a cadeia produtiva de tomate passou por importantes mudanças, com destaque à introdução de cultivares do tipo longa vida, estratégia que aumentou a longevidade de frutos inteiros e reduziu as perdas que ocorriam após a colheita e ao longo da comercialização (FARIA et al., 2003).

Frutos de tomate das cultivares convencionais, como Santa Clara, possuem curta vida útil pós-colheita. Ao contrário, frutos do tipo longa vida apresentam maior longevidade e permanecem firmes por mais tempo (ARAÚJO et al., 2002). Isso se deve à presença de genes mutantes, que retardam o amadurecimento e prolongam a conservação, influenciando principalmente a firmeza, a síntese de etileno e de pigmentos carotenóides (KOPELIOVITCH et al., 1979; ARAÚJO et al., 2002; FARIA et al., 2003). Os genes mutantes que têm se destacado são o *ripening inhibitor (rin)*, *non ripening (nor)*, *never ripe (nr)* e *alcobaça (alc)* (KOPELIOVITCH et al., 1979; FARIA et al., 2003).

O gene mutante *rin* confere maior firmeza e longevidade pós-colheita aos frutos inteiros do híbrido Alambra. Este tomate longa vida vem ganhando proporção significativa no mercado nacional em termos de volume de comercialização (HORTIFRUTI BRASIL, 2006). Os frutos deste híbrido, quando inteiros, apresentam vida útil de 22 dias, maior em relação à longevidade de tomates convencionais, que geralmente é de 15 dias (HORTIFRUTI BRASIL, 2006; ARAÚJO et al., 2002).

SCHUELTER et al. (2002) identificaram um mutante natural na cultivar nacional de tomate Santa Clara, denominado Firme. Estudos mostraram que a mutação promoveu aumento da firmeza e da longevidade pós-colheita de frutos inteiros (SCHUELTER et al., 2002; SCHUELTER et al., 2003; SCHUELTER et al., 2006). Segundo SCHUELTER et al. (2002) tomates Firme, F₁ (Firme x Santa Clara) e Santa Clara, colhidos no estágio verde-maduro e mantidos a 25 °C tiveram vida útil de 30, 22 e 15 dias, respectivamente. Além disso, no decorrer do amadurecimento, o aumento da produção de etileno nos tomates Firme é mais tardio e menor em relação aos frutos Santa Clara, o que por sua vez, retarda a atividade da enzima poligalacturonase, com conseqüente manutenção da firmeza nos tomates Firme (MOURA et al., 2004; MOURA et al., 2005).

Diante disso, o presente trabalho abordou propriedades do mutante Firme e do longa vida Alambra, como subsídio para manutenção da qualidade e obtenção de maior vida útil na forma minimamente processada.

Objetivos

Avaliar alterações fisiológicas, bioquímicas e físico-químicas ao longo da conservação refrigerada de tomates Santa Clara, Firme, F₁ (Firme x Santa Clara) e Alambra inteiros e minimamente processados, bem como determinar a aceitação do Firme e Santa Clara e a microbiota contaminante de tomates minimamente processados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal, condições de cultivo e colheita

As sementes do mutante Firme e da cultivar Santa Clara foram obtidas do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e F₁ (referente ao cruzamento Firme x Santa Clara) do respectivo Banco de Germoplasma da Universidade Paranaense (UNIPAR - *Campus* Toledo, PR). Os tomates Alambra foram obtidos no município de Domingos Martins, estado do Espírito Santo.

O cultivo das plantas foi realizado na Horta Nova da Universidade Federal de Viçosa, localizada no distrito de São José do Triunfo, Viçosa, MG. A semeadura foi feita em bandejas de isopor contendo substrato, em casa de vegetação e o transplântio das mudas foi realizado quando as plântulas apresentavam quatro folhas definitivas. A adubação no transplântio foi constituída de 200g de supersimples/metro linear, 50g de sulfato de amônio/metro linear, 30g de cloreto de potássio/metro linear, 2g de sulfato de magnésio/metro linear, 1,5g de sulfato de zinco/metro linear e, 1,5g de bórax/metro linear. As plantas foram tutoradas com o uso de fitilho e a irrigação foi realizada por gotejamento, sendo que os demais tratamentos culturais, como capinas, adubações complementares e controle fitossanitário foram feitos conforme recomendado para a cultura.

Tomates Santa Clara, Firme e F₁ foram colhidos no estágio 4, com 41 a 80% de coloração avermelhada (USDA, 1976). Os frutos do híbrido Alambra foram colhidos no estágio 3 (11 a 40 % de cor vermelha) e processados no estágio 4 de amadurecimento.

Após a colheita, tomates Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra foram conservados inteiros em câmara fria, a $12 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 2\%$. As análises bioquímicas e físico-químicas de frutos inteiros foram realizadas a cada três dias, a

partir do dia zero (após a colheita), ao longo de 15 dias, exceto no caso de carotenóides totais, que foram avaliados por 12 dias.

2.2. Processamento mínimo e conservação

O processamento mínimo foi realizado nas dependências da Unidade de Processamento Mínimo, pertencente ao Laboratório de Pós-Colheita, da Universidade Federal de Viçosa.

Tomates Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra inteiros foram lavados em água corrente, imersos em solução sanitizante contendo 200 mg L⁻¹ de cloro, a 5°C, por 10 minutos. Em seguida, foram imersos novamente em solução contendo 3 mg L⁻¹ de cloro, a 5 °C por 10 minutos. Os frutos foram cortados em fatias com o auxílio de processador de vegetais (Robot Coup CL 50), equipado com lâmina de corte de 5 mm de espessura. Em seguida, as fatias foram drenadas por 10 minutos em bandejas perfuradas. Aproximadamente 300 gramas de fatias de tomate foram mantidos em potes de polipropileno, a 5 ± 1°C e umidade relativa de 92 ± 2 %, por 15 dias. Os potes de polipropileno utilizados para a conservação apresentavam volume de 500 mL e espessuras das laterais e do fundo iguais a 19 e 43 µm, respectivamente.

As análises bioquímicas e físico-químicas foram realizadas a cada três dias, a partir do dia zero (após o corte), por 15 dias, exceto carotenóides totais, que foram determinados até 12 dias. As fatias de tomates utilizadas para determinação das características bioquímicas e físico-químicas foram aquelas que não estavam em contato direto com o fundo do pote.

2.3. Avaliações fisiológicas e bioquímicas

2.3.1. Produção de dióxido de carbono (CO₂)

Aproximadamente 300g de tomates inteiros e minimamente processados foram acondicionados em frascos de vidro (1,1L) fechados, e mantidos a temperatura ambiente (18 ± 5°C), para a quantificação da produção de dióxido de carbono. A quantificação foi realizada a partir de coletas de alíquotas de 1 mL da atmosfera dos frascos após 0,5, 1, 2, 4, 8, 12 e 24 horas. As alíquotas foram injetadas em um cromatógrafo a gás modelo GC-14B (Shimadzu, Kyoto), com coluna de Poropak-Q (80 - 100 mesh). As temperaturas da coluna e do injetor foram 50 e 100 °C, respectivamente, e utilizou-se detector de condutividade térmica (TCD), com temperatura de 140 °C e corrente de 85 mA. O fluxo do gás de arraste (nitrogênio) foi igual a 30 cm³ min⁻¹. A quantificação de

dióxido de carbono foi feita por comparação das áreas dos picos, produzidos pelas amostras com áreas dos picos produzidos pela injeção de alíquotas-padrão de concentração conhecida.

2.3.2. Produção de etileno (C₂H₄)

A coleta de amostras para quantificação de etileno seguiu as mesmas condições como descrito para dióxido de carbono. Alíquotas de 1 mL foram coletadas da atmosfera dos frascos e injetadas em um cromatógrafo a gás modelo HP 5890 série II, com detector de ionização de chama (FID) e coluna de aço inoxidável (1,0 m x 6,0 mm), empacotada com Poropak-N (80 - 100 mesh). As temperaturas da coluna, detector e injetor foram 60, 150 e 110 °C, respectivamente, e o fluxo do gás de arraste (dinitrogênio), do ar sintético e do hidrogênio foram 30, 320 e 30 cm³ min⁻¹. A quantificação de etileno foi feita pela comparação das áreas dos picos das amostras obtidas no Software (Peak Simple, Version 3.92) acoplado ao cromatógrafo, com áreas de picos de mistura do padrão de etileno de concentração conhecida.

2.3.3. Extração e ensaio da poligalacturonase (PG)

A atividade da enzima poligalacturonase foi determinada segundo o método de HUBER & O'DONOGHUE (1993) adaptado por MOURA et al. (2005). Homogeneizou-se 5 g de material vegetal (com exceção de sementes) com 25 ml de etanol 95 % frio. O homogeneizado foi centrifugado a 17.000g por 20 minutos a 4 °C, e o sobrenadante foi descartado. O precipitado foi solubilizado com 25 mL de etanol 80 % frio, e centrifugado a 17.000g por 20 minutos, a 4 °C. Descartou-se novamente o sobrenadante e o precipitado foi resuspenso em 10 mL de tampão de extração, (50 mM de Tris-HCl pH 7,0 e 1,2M NaCl), incubando-se por 30 minutos no gelo. O extrato enzimático foi centrifugado (17.000g) por 20 minutos, a 4°C, filtrado em quatro camadas de gase e o sobrenadante mantido em gelo.

Para a determinação da atividade da poligalacturonase, o extrato enzimático (100 µL) foi incubado em 500 µL de ácido poligalacturônico (0,2 %), em tampão 100 mM NaOAc, pH 4,5, por 60 minutos, a 30 °C. A reação foi paralisada com o reagente nº 1 de Nelson (alcalino), seguida de fervura dos tubos de ensaio por 20 minutos. A produção de ácido galacturônico foi determinada de acordo com o método de SOMOGYI adaptado por NELSON (1944). Utilizou-se ácido poligalacturônico como padrão, e a atividade foi expressa em µg de ácido galacturônico h⁻¹ mg de proteína⁻¹. A

proteína total foi determinada pelo método de BRADFORD (1976), utilizando albumina de soro bovina (BSA) como padrão.

2.4. Avaliações físico-químicas

2.4.1. Firmeza

Em tomates inteiros, os testes de firmeza foram feitos na região equatorial dos frutos e a epiderme foi retirada do local de análise. Em tomates minimamente processados, a região amostrada para avaliação da firmeza foi o mesocarpo das fatias (Figura 1). Todos os testes de firmeza foram realizados em duplicata.

A firmeza foi determinada em máquina universal de testes mecânicos (modelo Instron série 3367 EUA, 2005), equipada com sonda de 5 mm de diâmetro, com velocidade de penetração de 1 mm s^{-1} e distância de penetração fixada em 5 mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).



Figura 1. Região de penetração da sonda para a avaliação de firmeza em tomates minimamente processados.

2.4.2. Cor

Tomates inteiros e minimamente processados foram avaliados quanto à evolução da cor no pericarpo dos frutos, registrada pela escala de Hunter (CIELAB) segundo LANA et al. (2006 b), tomando-se os valores de a^* (alteração da cor verde para vermelha), que foram obtidos diretamente de um colorímetro portátil digital (Minolta CR10 Co, Ltda, Japan). Tomates inteiros foram fatiados antes das avaliações.

2.4.3. Extração e quantificação de carotenóides totais

Carotenóides totais foram determinados segundo ZSCHEILE & PORTER (1947). Vinte gramas de tecido vegetal (com exceção de sementes) foram homogeneizados por um minuto com 75 mL de acetona. Em seguida, o homogeneizado foi filtrado a vácuo em um kitassato envolvido com papel alumínio. Adicionou-se ao filtrado 60 mL de hexano, transferindo-o para um funil de separação. O hexano foi lavado três vezes com 100 mL de água destilada, adicionada às paredes do funil. Após cada adição de água, descartou-se a fase inferior (aquosa) e o extrato foi lavado seqüencialmente com 20 mL de metanol 90 %, 20 mL de hidróxido de potássio 20 % e 20 mL de metanol 90 %. Em seguida, o funil foi novamente lavado com água destilada. O extrato foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e o volume foi completado com hexano. Retirou-se uma alíquota de 0,5 mL da amostra, diluindo-a com hexano, até o volume final de 6 ou 10 mL, conforme necessidade de adequação da leitura espectrofotométrica para intervalos de absorvância entre 0,1 e 0,6, considerados como confiáveis.

A determinação dos carotenóides totais foi realizada em espectrofotômetro (Hitachi U-1100), a 487 nm, máximo de absorção para estes pigmentos. Os carotenóides totais foram expressos em $\mu\text{g. g. MF}^{-1}$, a partir da seguinte equação:

$$\text{Carotenóides totais} = \frac{\text{ABS}_{487} \times \frac{\text{diluição 1}}{\text{MF}} \times \frac{0,5}{\text{diluição 2}} \times 10^5}{181 \times 1 \times \text{MF}}$$

Onde:

ABS_{487} : absorvância a 487 nm;

0,5: alíquota retirada para a diluição 2;

181: coeficiente de absortividade;

1: largura da cubeta, cm;

MF: matéria fresca, g.

2.4.4. Perda de massa fresca e exsudação de tomates minimamente processados.

A perda de massa fresca de tomates inteiros e minimamente processados foi expressa em porcentagem, segundo a fórmula:

$$\text{PM} = [(\text{MI} - \text{M})/\text{MI}] \times 100$$

Onde:

PM: Perda de massa em 1, 2, 3, 4, ..., 15 dias;

MI: Massa inicial da repetição;

M: Massa da repetição aos 1, 2, 3, 4, ..., 15 dias.

O exsudato acumulado nos potes foi removido com auxílio de pipeta automática antes da pesagem da matéria fresca. A exsudação foi expressa em porcentagem (m/m), considerando densidade igual a 1 g cm^3 , e como porcentagem da perda de massa (contribuição da exsudação à perda de massa fresca), onde se considerou perda de massa e de líquido total ao longo da conservação e densidade igual a 1 g cm^3 .

2.4.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável

Aproximadamente 300 g de tecido foram homogeneizados por cerca de 2 minutos em processador de alimentos. O suco filtrado foi utilizado para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) e da acidez titulável (AT).

O teor de sólidos solúveis totais de tomates inteiros e minimamente processados foi determinado em refratômetro manual (modelo 137530 LO). Os resultados foram corrigidos para a temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$ e expressos em porcentagem.

A acidez titulável foi determinada pela titulação com NaOH (0,1 N) (padronizado com biftalato de potássio), de alíquotas de 5 mL de suco de tomate, as quais adicionou-se 45 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína. O extrato foi titulado com NaOH (0,1 N), até a mudança de coloração do indicador fenolftaleína. A acidez da solução foi expressa em porcentagem de ácido cítrico (RYAN & DUPONT, 1973), assumindo que este ácido é predominante em tomate (FELTRIN et al., 2005). Utilizou-se a seguinte expressão matemática:

$$AC = [(V_b \times N_b \times f_a \times f_b \times f_c) / (V_a \times f_c)] \times 100$$

Onde:

AC = porcentagem de ácido cítrico;

V_b = volume gasto de NaOH na titulação;

V_a = volume da amostra;

N_b = concentração do NaOH;

f_a = fator do ácido cítrico;

f_b = fator do NaOH;

f_c = fator de correção para 5 mL de amostra.

2.5. Testes de aceitação

A aceitação sensorial foi realizada com o tomate Firme, e frutos Santa Clara foram utilizados como controle. O teste de aceitação foi realizado nos dias zero, dois, quatro, seis e oito após o processamento mínimo, utilizando-se escala hedônica de 9 pontos, desenvolvida por JONES et al. (1955) e PERYAM & PILGRIM (1957). Avaliou-se atributos sensoriais específicos, como cor, textura, aroma e sabor. A ficha de avaliação utilizada para o teste de aceitação foi baseada em MINIM (2006) (Figura 2).

A equipe de avaliação foi composta por 10 indivíduos não-treinados, consumidores de tomate. A avaliação foi conduzida em cabine individual com luz branca, nas dependências da Unidade de Processamento Mínimo. As amostras receberam um código específico para que os avaliadores não pudessem identificá-las. Valores menores que 6,0 na escala hedônica foram considerados inadequados para a aceitabilidade do produto. Os avaliadores também julgaram as amostras de acordo com escalas subjetivas de aparência e de defeitos e desordens, as quais foram desenvolvidas por GIL et al. (2002) (Figura 3).

Nome:	Data:
1. Por favor, avalie as amostras servidas e compare-as indicando o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais do produto, dando notas de acordo com a escala abaixo:	
Código da Amostra: xxx	
9- Gostei extremamente.	Cor _____
8- Gostei muito.	
7- Gostei moderadamente.	Textura _____
6- Gostei ligeiramente.	
5- Não gostei, nem desgostei.	Aroma _____
4- Desgostei ligeiramente.	
3- Desgostei moderadamente.	Sabor _____
2- Desgostei muito.	
1- Desgostei extremamente	
Comentários:	

Figura 2. Modelo de ficha para o teste de aceitação utilizando a escala hedônica verbal de 9 pontos para avaliação de atributos sensoriais específicos.

Nome:	Data:
<p>1. Por favor, analise as amostras servidas e dê notas de acordo com as escalas subjetivas abaixo:</p>	
Escala subjetiva de aparência	
Nota	Atributo
5	Fresco
3	Moderadamente fresco
1	Macio
Escala subjetiva de defeitos e desordens (sintomas de desidratação, descoloração, germinação de sementes e danos provocados pelo corte).	
Nota	Atributo
5	Nenhum
3	Moderado
1	Severo
<ul style="list-style-type: none"> • Código da amostra: xxx 	
Aparência	Nota _____
Defeitos e desordens	Nota _____
<ul style="list-style-type: none"> • Código da amostra: xxx 	
Aparência	Nota _____
Defeitos e desordens	Nota _____

Figura 3. Modelo de ficha utilizada para a avaliação da aparência e defeitos e desordens.

2.6. Contagem de psicrotróficos e fungos

A análise microbiológica de tomates minimamente processados foi realizada segundo Instrução Normativa da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, nº 62, de 26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003). A coleta das amostras foi realizada nos dias zero, dois, quatro, seis e oito após o processamento mínimo. Vinte e cinco gramas de tecido foram coletados em câmara de fluxo laminar, ao qual adicionaram-se 225 mL de solução de salina peptonada 0,1 % (peptona e NaCl, 0,1 %), sendo em seguida

homogeneizado por um minuto em Stomacher, obtendo-se a diluição de 10^{-1} . Em seguida, foi feita uma segunda diluição de 10^{-2} .

A contagem de psicrotróficos foi realizada após a incubação das alíquotas (0,1 mL) em meio PCA, a 7 °C, por sete a dez dias. As contagens de fungos foram feitas após a incubação das alíquotas em meio ágar batata dextrose-BDA (Oxoid), acidificado com ácido tartárico 10 % para pH 4,5, incubado a 25 °C, por cinco a sete dias. Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama de matéria fresca.

2.7. Anatomia

Tomates Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra foram selecionados no estágio 4 de amadurecimento. Cortes longitudinais e transversais de pericarpo fresco foram feitos na região equatorial dos frutos, com auxílio de micrótomo de mesa (Rolemberg & Bhering, Belo Horizonte-MG). Os cortes foram deixados em vácuo por 30 minutos e em seguida, utilizados sem coloração, para confecção de lâminas semipermanentes, usando glicerina (50 %) como meio de montagem (VASCONCELOS & COUTINHO, 1960). A documentação foi realizada em um fotomicroscópio Ax70, com Sistema U-Photo.

2.8. Análise estatística

Os experimentos foram montados no esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os quatro genótipos de tomate e nas subparcelas os dias de avaliação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. No caso do teste de aceitação, o delineamento foi em blocos casualizados com 10 repetições, no esquema de parcela subdividida. A unidade experimental foi composta pelos potes que continham aproximadamente 300g de tomate minimamente processado, e no caso de tomates inteiros, a unidade experimental foi constituída por dois tomates. Os dados foram analisados por meio de análise de variância pelo programa GENES (CRUZ, 2001), e as médias do fator qualitativo (genótipos) foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tomates inteiros

3.1.1. Produção de dióxido de carbono (CO₂) e de etileno (C₂H₄)

A atividade respiratória diminuiu em todos os genótipos, mantidos em frascos fechados, ao longo de 24 horas (Figura 4). O tomate Alambra apresentou, inicialmente, taxas respiratórias mais altas, possivelmente devido à maior sensibilidade ao estresse da colheita e manuseio, reduzindo-se a partir de 12 horas aos mesmos níveis apresentados pelos demais genótipos (Figura 4).

A produção de etileno foi detectada 15 minutos após o fechamento dos frascos. Os genótipos Santa Clara, Firme e F₁ tiveram máxima produção de etileno quatro horas após o início das observações (Figura 4). O Firme e o Alambra apresentaram, no tempo de quatro horas, menores taxas de produção em relação aos genótipos Santa Clara e F₁. A produção de etileno reduziu-se após quatro horas, e a partir de 12 horas, os genótipos apresentaram taxas semelhantes de produção (Figura 4). Resultados similares de produção de etileno do Firme e Santa Clara foram obtidos por MOURA et al. (2005).

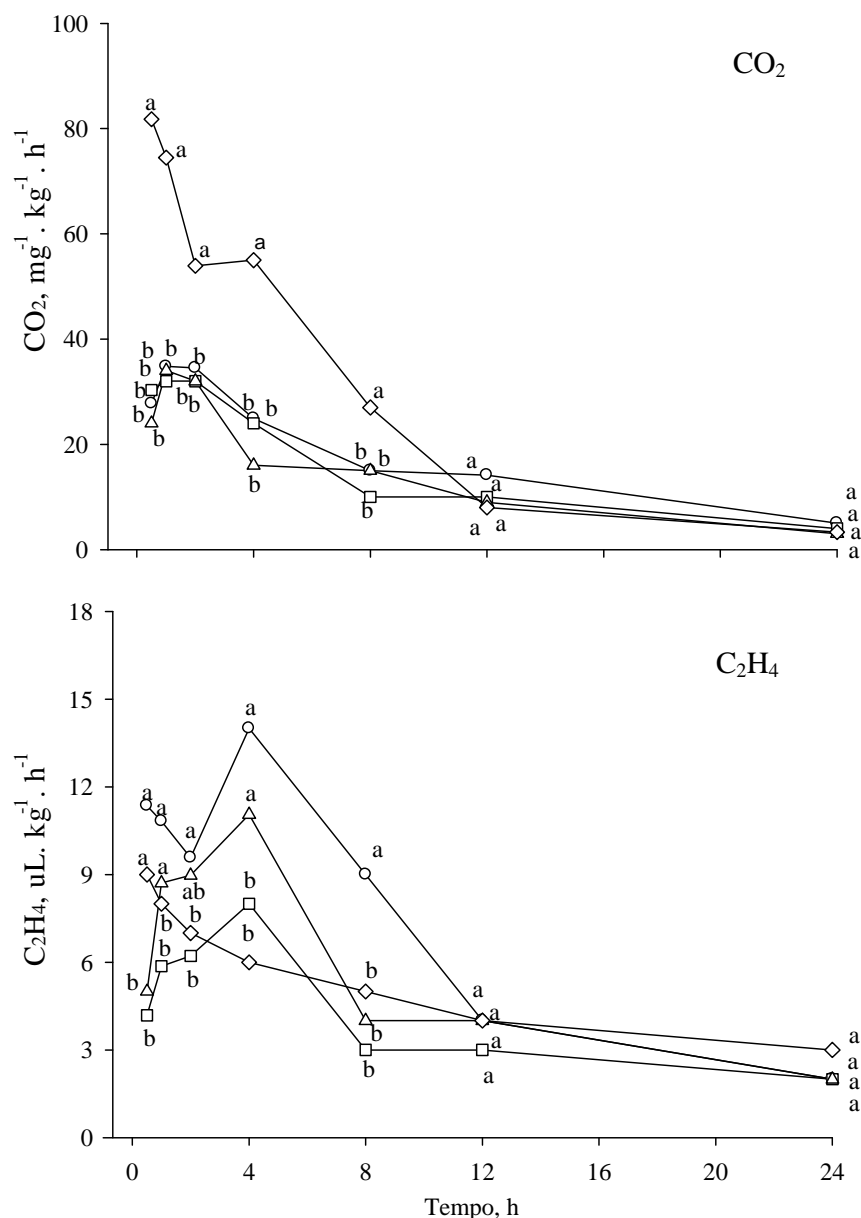


Figura 4. Produção de CO₂ e de C₂H₄ de tomates inteiros Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇) mantidos em frascos fechados a temperatura ambiente. Letras iguais, ao mesmo tempo, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

3.1.2. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase (PG)

A firmeza dos frutos recém-colhidos variou de 7 a 15 N, aproximadamente (Figura 5). Ao final do período de estudo, os valores médios situaram-se entre 3 e 6 N, e o Firme apresentou firmeza próxima ao tomate Santa Clara que lhe deu origem.

A firmeza dos frutos de tomate reduziu-se ao longo de 15 dias (Figura 5). Tomates Firme mostraram-se mais firmes em relação aos demais genótipos até o terceiro dia de conservação, no entanto, apresentaram maior percentual de redução da firmeza (68 %) no período subsequente de conservação. Os frutos Alambra tiveram a

menor redução (41 %), e conseqüentemente se mantiveram mais firmes em relação ao Santa Clara. Por outro lado, o tomate Santa Clara apresentou menores valores de firmeza quando comparado com os demais genótipos (Figura 5), como também foi verificado por SCHUELTER et al. (2002).

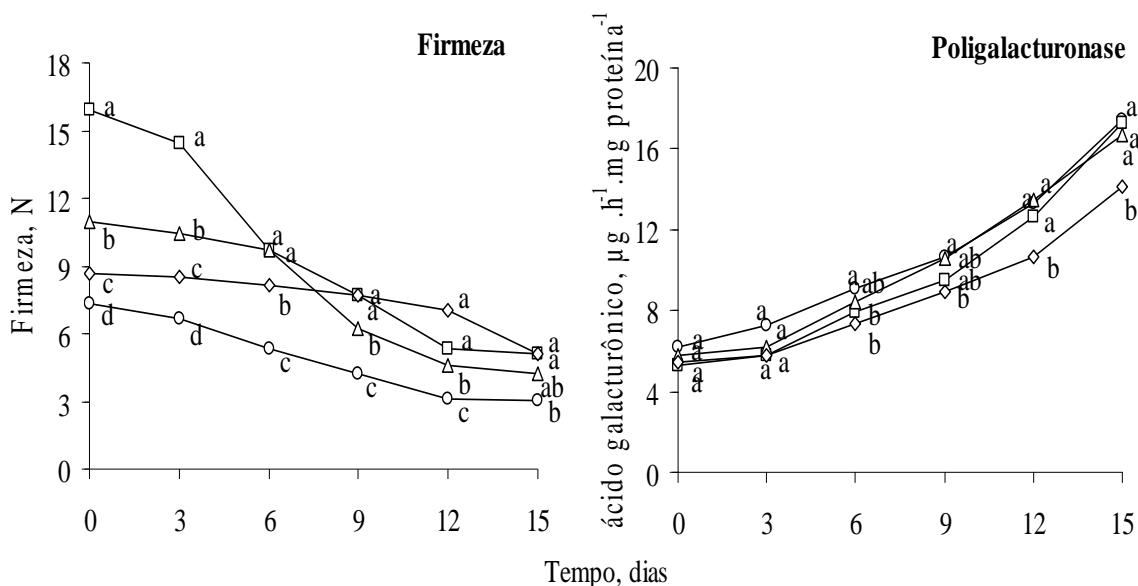


Figura 5. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase de tomates inteiros Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados por 15 dias, a 12 ± 1°C. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

A atividade da poligalacturonase aumentou ao longo do período de conservação nos genótipos estudados (Figura 5). A partir do 12º dia, tomates Santa Clara, Firme e F₁ apresentaram maior atividade enzimática quando comparados ao Alambra. Resultados semelhantes de atividade foram obtidos por MOURA et al. (2005) em tomates Santa Clara e Firme, avaliados no estágio 4 de amadurecimento.

De acordo com AHRENS & HUBER (1990), a poligalacturonase catalisa a hidrólise das ligações α 1-4 entre os resíduos de ácido galacturônico da cadeia de pectina, e sua atividade correlaciona-se com o aumento de pectinas solúveis e amaciamento. Assim, a redução da firmeza dos frutos de tomate pode ter ocorrido devido ao aumento da atividade da poligalacturonase (Figura 5), e demais processos fisiológicos podem ter ocasionado decréscimo da firmeza.

3.1.3. Cor e carotenóides totais

Ao longo da conservação, verificou-se aumento nos valores de a^* da escala de Hunter, ou seja, mudanças de verde para vermelho, nos frutos dos quatro genótipos estudados (Figura 6). Após a colheita, o Firme exibiu menores valores de a^* em relação aos demais genótipos. No entanto, a partir do nono dia de conservação, o Firme apresentou valores semelhantes de a^* quando comparado com os demais genótipos (Figura 6). Isso pode ser atribuído à cor vermelho-alaranjada que estes tomates possuíam no estágio de amadurecimento em que foram colhidos e, posteriormente, adquiriram cor vermelha. Os resultados obtidos foram concordantes à LANA et al. (2006 b).

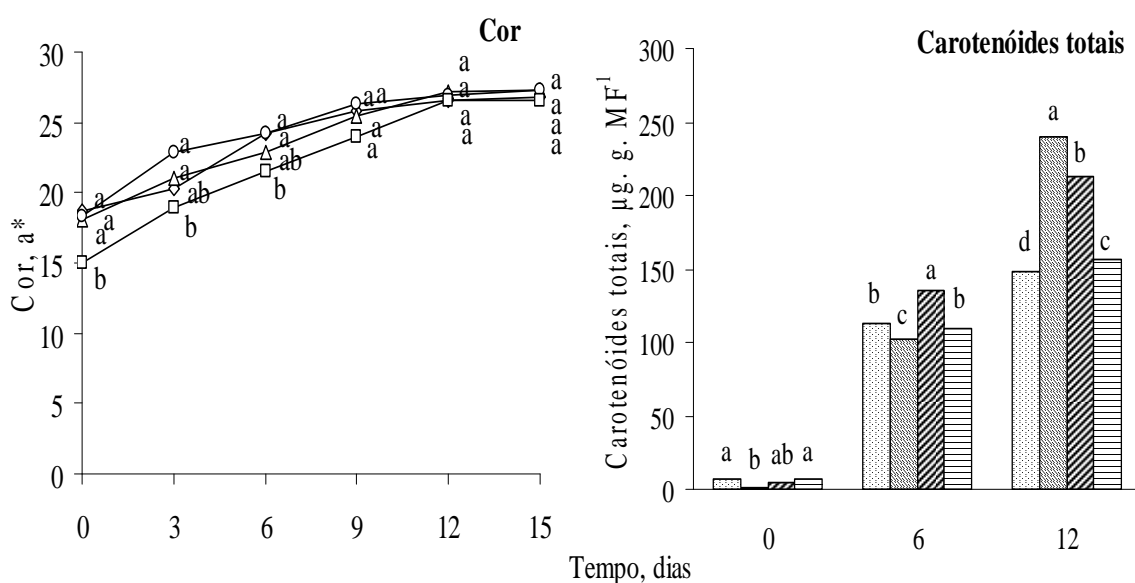


Figura 6. Valores de a^* da escala de Hunter e carotenóides totais de tomates inteiros Santa Clara (○; □), Firme (□; ▨), F_1 (△; ▩) e Alambra (◇; ▭), conservados a $12 \pm 1^\circ\text{C}$. O tempo zero de conservação corresponde ao estágio 4 de amadurecimento; o tempo seis corresponde ao estágio 5, e o tempo 12 ao estágio 6. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

O aumento nos valores de a^* na escala instrumental evidencia evolução da cor vermelha, um dos eventos fisiológicos que ocorrem no amadurecimento dos frutos de tomate.

Os teores de pigmentos carotenóides totais aumentaram ao final de 12 dias de conservação (Figura 6), período em que os frutos estavam totalmente vermelhos (estágio 6 de amadurecimento). Aos 12 dias, o Firme apresentou maiores teores de

pigmentos quando comparado com os demais genótipos, com aumento nos teores na ordem de 185 vezes em relação aos frutos recém-colhidos. Os genótipos Santa Clara, F₁ e Alambra apresentaram, respectivamente, aumento nos teores de 21, 40 e 20 vezes, aproximadamente (Figura 6). Os resultados obtidos para Santa Clara, Firme e F₁ foram coerentes à SCHUELTER (1999).

Nos frutos de tomate, dentre os carotenóides totais, sabe-se que a maior parte é licopeno e β -caroteno (SCHUELTER, 1999). O licopeno é sintetizado em tomates durante o amadurecimento, pigmento predominante nesta hortaliça e responsável pela cor vermelha (EDWARDS & REUTER, 1967). A síntese de carotenóides ocorre simultaneamente à degradação de clorofilas, pela transformação de cloroplastos em cromoplastos, evidenciada pelo desenvolvimento da cor vermelha (EDWARDS & REUTER, 1967), afirmativa que corrobora com os resultados obtidos.

O aumento dos valores de a^* ocorreu simultaneamente ao aumento dos teores de carotenóides (Figura 6). Ao longo da conservação, concomitantemente às alterações de cor e pigmentos, houve aumento da atividade da poligalacturonase e decréscimo da firmeza dos frutos de tomate, evidenciando os processos de amadurecimento. Tais eventos indicam que todos os genótipos amadureceram até 12 dias de conservação, atingindo o estágio 6 de amadurecimento, considerando-se o estágio em que foram colhidos (3, no caso do Alambra, e 4 para os demais genótipos). Portanto, nas condições de trabalho, os tomates Firme e Alambra não tiveram retardo do amadurecimento em relação aos demais genótipos.

3.1.4. Estimativa da perda de massa fresca

Os genótipos de tomate tiveram perda acumulada de massa fresca no período de estudo (Figura 7). O Firme apresentou maior perda de massa fresca acumulada (6 %) em relação ao Alambra, que teve perda de 3 % (Figura 7).

Frutos do Firme são menores do que os tomates Santa Clara (MOURA et al., 2004), e assim, a perda de vapor de água por transpiração é mais elevada para produtos com maior relação superfície/volume (FINGER & VIEIRA, 1997). Deste modo, acredita-se que a maior perda de massa fresca acumulada do Firme em relação ao Alambra, esteja relacionada em parte, ao menor tamanho dos frutos do Firme.

No fruto de tomate inteiro, a perda de água ocorre principalmente pela cicatriz peduncular, pois a cutícula que o protege é praticamente impermeável a gases e vapor de água (CASTRICINI et al., 2002). LEAL & MIZUBUTI (1975) e FREITAS et al. (1999) verificaram que o alelo mutante *alc*, promoveu redução do tamanho da cicatriz

peduncular dos frutos de tomate, o que levou ao decréscimo da perda de massa fresca. Tal fato pode justificar a menor perda de massa fresca verificada no genótipo Alambra, em relação aos demais tomates analisados.

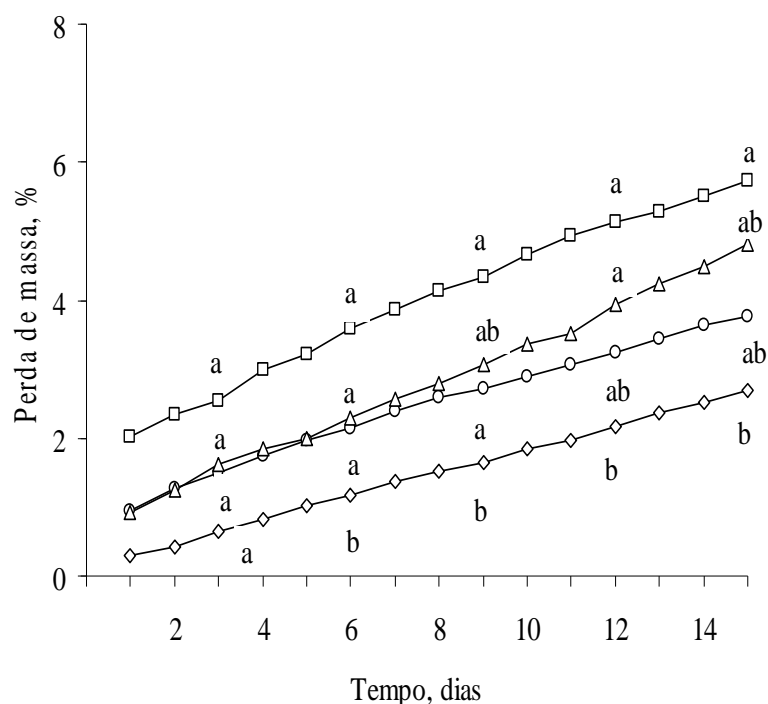


Figura 7. Perda de massa fresca acumulada de tomates inteiros Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados por 15 dias, a 12 ± 1°C. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

3.1.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável

Os teores de sólidos solúveis totais reduziram-se nos genótipos analisados (Figura 8). O Firme exibiu os menores teores de sólidos solúveis e teve decréscimo de 11 %. Os genótipos Santa Clara, F₁ e Alambra não diferiram entre si quanto aos teores de sólidos solúveis (Figura 8), e apresentaram reduções nos teores de 19, 22 e 25 %, respectivamente. As porcentagens de sólidos solúveis totais encontradas em Santa Clara, Firme e F₁ foram coerentes à SCHUELTER (1999).

As cultivares de tomateiro e híbridos do tipo salada nacionais possuem teores de sólidos solúveis totais, que variam de 4 a 6 % (RESENDE, 1995). No presente trabalho, verificou-se que o Firme apresentou menores teores de sólidos solúveis, quando comparado aos cultivares e híbridos comerciais, o que pode ser uma característica indesejável para a sua aceitação.

A porcentagem de acidez total de frutos recém-colhidos variou entre 0,25 e 0,32 % (Figura 8). O Alambra apresentou menores porcentagens de acidez em relação ao Firme até o sexto dia de conservação. A partir do nono dia, os genótipos não diferiram entre si quanto a essa característica. A acidez apresentou reduções de 31, 22, 23 e 20 %, respectivamente, para Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra. Os resultados obtidos para Santa Clara, Firme e F₁ corroboram com SCHUELTER (1999).

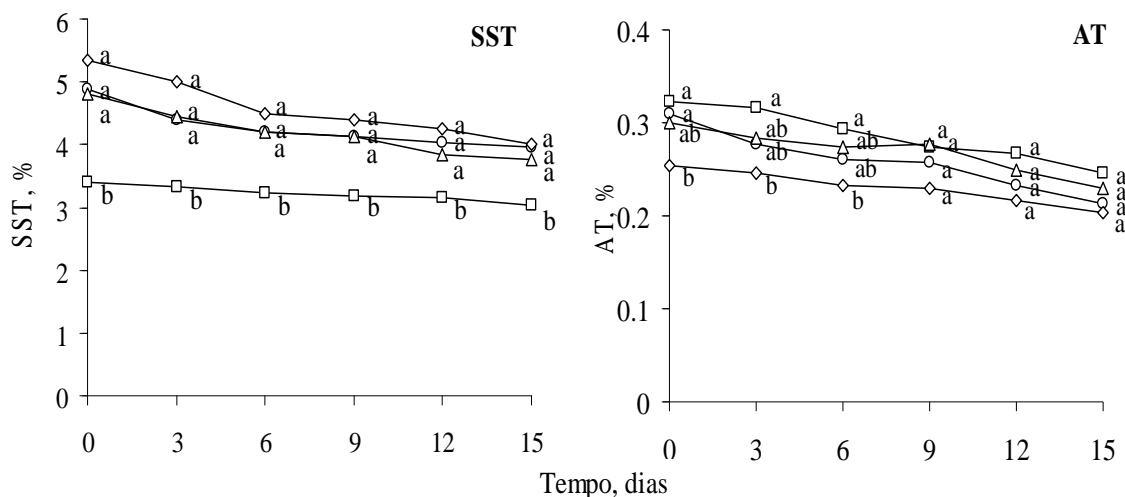


Figura 8. Teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (AT) de tomates inteiros Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados por 15 dias, a 12 ± 1°C. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

SCHUELTER et al. (2002) verificaram que tomates Firme, F₁ (Firme x Santa Clara) e Santa Clara, colhidos no estágio verde-maduro e mantidos a 25 °C, tiveram vida útil de 30, 22 e 15 dias, respectivamente; e frutos inteiros do híbrido Alambra, nas mesmas condições, apresentaram vida útil de 22 dias (HORTIFRUTI BRASIL, 2006). No presente trabalho, verificou-se que tomates Firme, F₁ e Santa Clara, colhidos no estágio 4, e frutos do Alambra, colhidos no estágio 3, amadureceram até 12 dias de conservação a 12 °C. Ao longo da conservação, os genótipos Firme, F₁ e Alambra apresentaram maior firmeza em relação ao Santa Clara. Além disso, no período de estudo, observou-se que todos os tomates tiveram aumento nos teores de carotenóides. Assim, espera-se que as propriedades pós-colheita dos tomates inteiros Firme e Alambra, possam ser mantidas quando na forma minimamente processada.

3.2. Tomates minimamente processados

3.2.1. Produção de dióxido de carbono (CO₂) e de etileno (C₂H₄)

A atividade respiratória dos quatro genótipos de tomate minimamente processados, mantidos em frascos fechados, diminuiu no período de 24 horas (Figura 9). O Alambra apresentou, por 12 horas, taxas respiratórias mais altas, contudo, ao final de 24 horas, sua atividade respiratória foi semelhante aos demais genótipos (Figura 9).

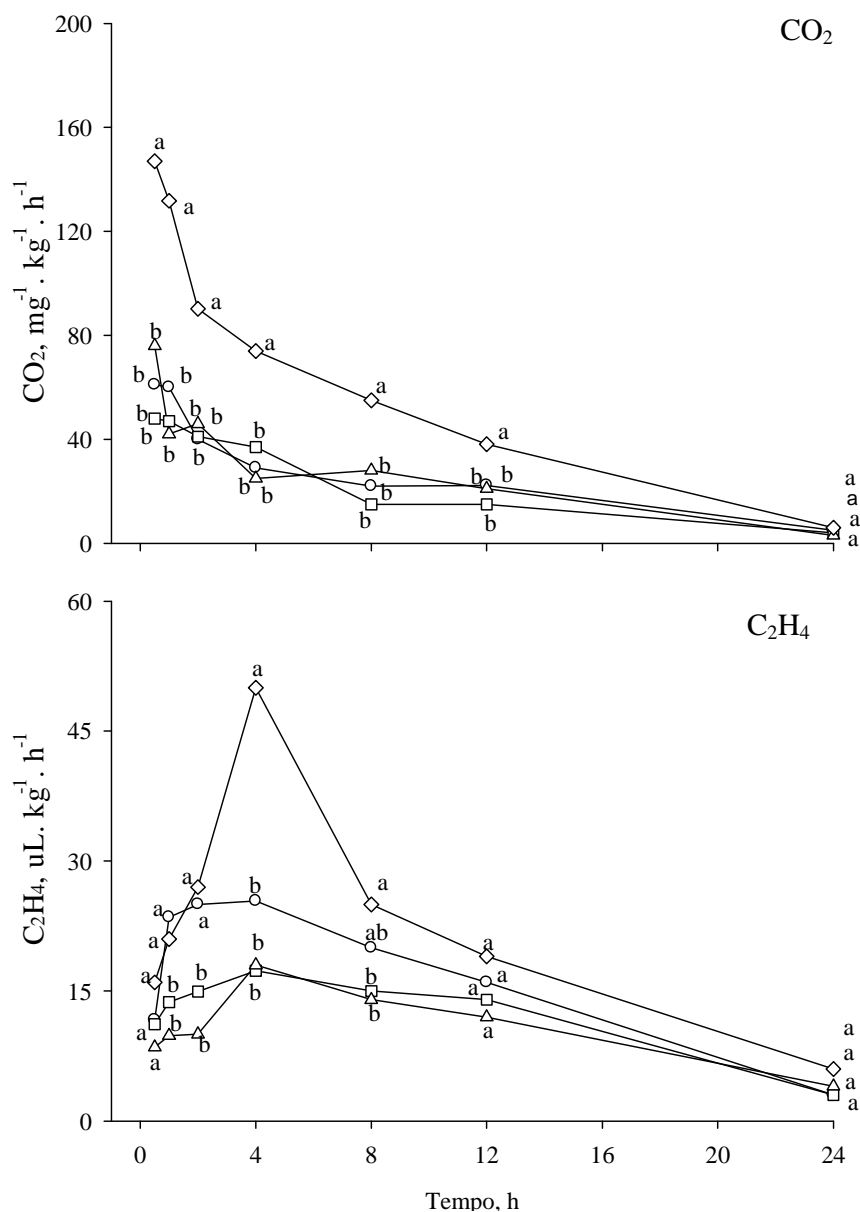


Figura 9. Produção de CO₂ e de C₂H₄ de tomates minimamente processados Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (△) e Alambra (◇) mantidos em frascos fechados à temperatura ambiente. Letras iguais, ao mesmo tempo, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

A produção de etileno aumentou logo após o processamento mínimo e foi máxima em torno de quatro horas (Figura 9). O genótipo Alambra apresentou as maiores taxas de produção de etileno, com pico às quatro horas (Figura 9). Notou-se que esse tomate apresentou as maiores taxas respiratórias e os maiores níveis de etileno, quando mantido em condição ambiente e comparado a outros genótipos.

Tomates minimamente processados apresentaram maiores taxas de produção de dióxido de carbono e de etileno em relação aos inteiros (Figura 4), fatos também verificados em couve e repolho (CARNELOSSI, 2000; SILVA, 2000). O aumento transitório na produção de dióxido de carbono e etileno pode ser atribuído ao estresse do corte e manuseio (ROLLE & CHISM, 1987), efeito fisiológico inversamente relacionado à vida útil do produto (WATADA et al., 1990).

3.2.2. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase (PG)

Após o corte, as fatias apresentaram firmeza na faixa de 1.8 a 3.2 N (Figura 10), menor em relação àquela apresentada pelos frutos inteiros, que tiveram valores de firmeza entre 7 e 15 N, logo após a colheita (Figura 5).

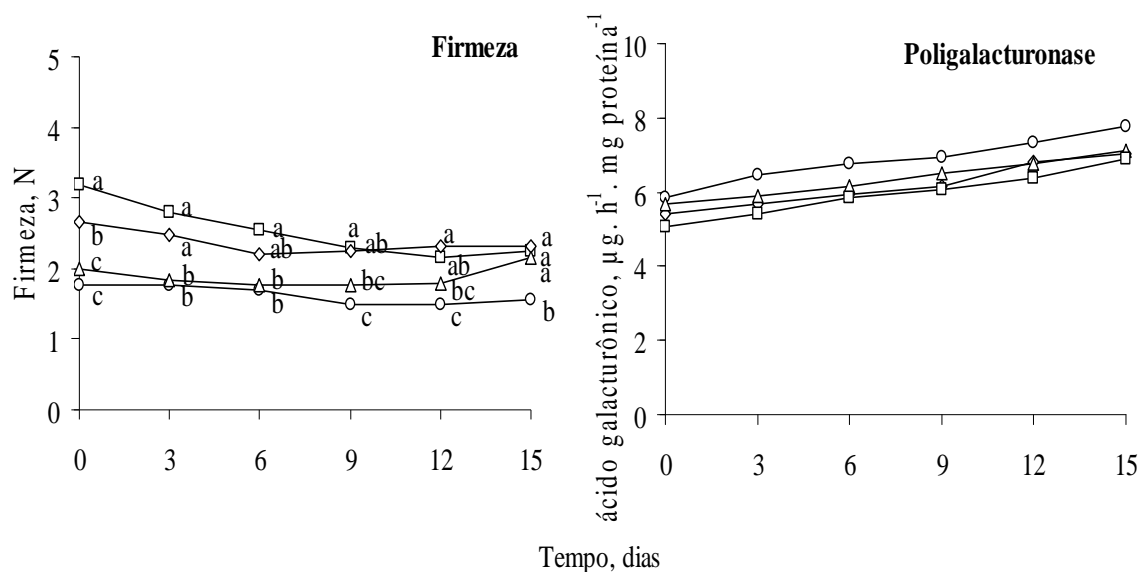


Figura 10. Firmeza e atividade da enzima poligalacturonase de tomates minimamente processados Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados em potes de polipropileno, por 15 dias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$. Para a firmeza, as letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. Para a atividade da poligalacturonase, as médias, no mesmo dia de conservação, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

As fatias do Firme e Alambra mostraram-se mais firmes até o terceiro dia após o processamento mínimo. O genótipo Santa Clara apresentou menor firmeza em relação ao Firme, ao longo do período de estudo (Figura 10). O decréscimo da firmeza foi menor nesse tipo de produto até 15 dias de conservação, apresentando reduções de 8, 31, 11 e 13 % para Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra, respectivamente.

Os menores valores de firmeza das fatias, em relação aos frutos inteiros, podem ser explicados pela estrutura do tomate. No mesocarpo do tomate, há predominância de células parenquimáticas (Figura 11) (ROTH, 1977). As células mais periféricas são menores e mais compactas, enquanto que o parênquima mais interno é constituído por células com formato irregular, sendo maiores, mais alongadas e vacuolizadas, com paredes mais delgadas e espaços intercelulares proeminentes em relação às células periféricas (Figura 11) (ROTH, 1977).

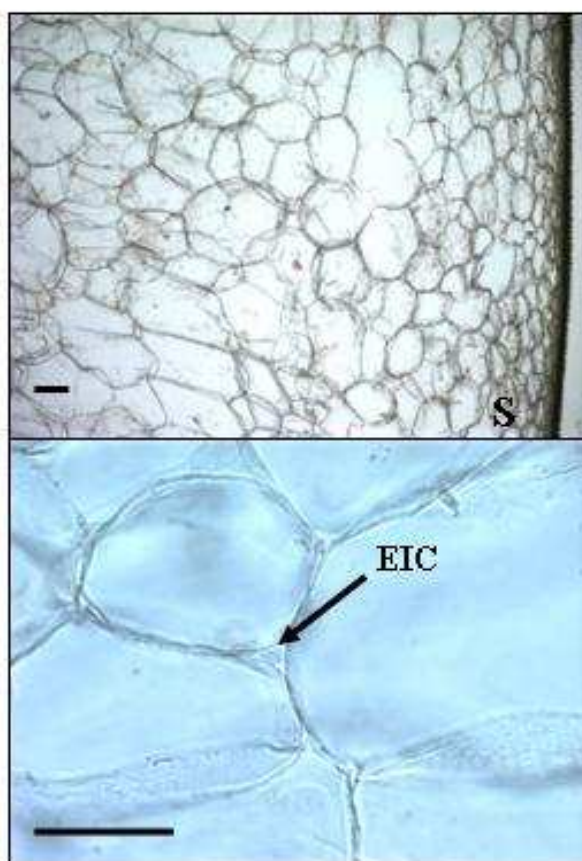


Figura 11. Micrografias de secções transversais do pericarpo de tomate. S = superfície. EIC = espaços intercelulares de células parenquimáticas do mesocarpo. Barra = 100 μ m.

Nas fatias, a penetração da sonda no tecido ocorreu de forma paralela aos lóculos, enquanto que nos frutos inteiros, a mesma foi perpendicular à superfície do fruto. Portanto, os menores valores de firmeza de tomates minimamente processados podem estar correlacionados com a estrutura do fruto e com os procedimentos utilizados

nos testes de firmeza. Acredita-se que a resistência necessária para romper as células mais periféricas do fruto seja maior do que aquela requerida para perfurar as células mais internas do mesocarpo. Além disso, outro aspecto que deve ser considerado é a própria estrutura da fatia, acrescido ao fato da sonda penetrar 5 mm em um corte de 5 mm de espessura.

Diversos produtos minimamente processados apresentaram elevada perda de firmeza após o processamento. Em kiwis, por exemplo, há rápido amaciamento do tecido após dois dias de conservação, sugerindo que o mecanismo de hidrólise dos componentes da parede celular, difere daquele verificado na maturação normal dos frutos inteiros (VAROQUAUX et al., 1990). Frutos de mamão e banana na forma minimamente processada, também tiveram elevada perda de firmeza ao longo da conservação (KARAKURT & HUBER, 2003; VILAS-BOAS & KADER, 2006). Pesquisas indicam que a acentuada perda de firmeza de produtos minimamente processados, provavelmente esteja associada ao aumento da produção de etileno devido ao corte, que por sua vez, estimula o amadurecimento (YU & YANG, 1980).

A intensa perda de firmeza, verificada em vários produtos minimamente processados, parece não ser um evento geral. ARTÉS et al. (1999); GIL et al. (2002); WU & ABBOTT (2002) e LANA et al. (2005) observaram que tomates minimamente processados, mantidos a 5 °C, apresentaram pequenas alterações na firmeza ao longo da conservação, resultados semelhantes ao obtido no presente trabalho. Segundo LANA et al. (2005), tomates minimamente processados do cultivar Belíssimo, processados no estágio 4 de amadurecimento e conservados por nove dias a 5 °C, tiveram valores de firmeza que variaram entre 4.9 a 4.7 N.

No presente trabalho, os valores de firmeza das fatias estabilizaram-se e tiveram pequeno aumento a partir do nono dia de conservação (Figura 10). Uma potencial redução da firmeza foi compensada pelo aumento da elasticidade por desidratação, o que conseqüentemente levou ao aumento da força requerida para penetração no tecido. Os resultados obtidos corroboram com LIMA et al. (2002), que observaram que frutos de maçã seccionados apresentaram elevação da firmeza, no final do período experimental, resultado provavelmente falseado pela elasticidade dos tecidos, decorrente da perda de turgidez. De acordo com FORTES & PETRI (1982), a perda de água dos tecidos reduz a turgidez, o que dificulta a metodologia de determinação da firmeza.

WU & ABBOTT (2002) utilizaram um método muito semelhante ao usado no presente trabalho, e observaram que a medida apenas da força máxima à penetração foi

insuficiente para detectar alterações na firmeza de fatias de tomate com 7 mm de espessura. Estes autores sugeriram que as características de viscoelasticidade do tecido foram alteradas após o corte, as quais podem ser expressas como um parâmetro empírico de relaxamento. Portanto, a metodologia utilizada no presente trabalho pode ter apresentado pouca sensibilidade, para detectar alterações na firmeza das fatias ao longo da conservação. A medida da força máxima à penetração pode não ser adequada para avaliação da firmeza neste tipo de produto, o que requer pesquisas subseqüentes para que se possa determinar a metodologia apropriada.

Em tomates minimamente processados, atividade da poligalacturonase manteve-se constante ao longo da conservação, e os genótipos não diferiram entre si quanto à atividade enzimática (Figura 10). Os valores médios foram menores em relação àqueles obtidos em tomates inteiros mantidos a 12°C (Figura 5).

De acordo com DIJK et al. (2006), a atividade da poligalacturonase permaneceu constante quando tomates inteiros foram conservados em baixas temperaturas (0 e 5 °C), enquanto que em temperaturas mais altas (12, 20 e 25 °C), foi constatado aumento nos valores médios de atividade. Isto pode estar associado à sensibilidade do tomate, à injúria por frio (DIJK et al., 2006), que se desenvolve quando frutos inteiros são conservados em temperaturas menores que 12 °C (AUTIO & BRAMLAGE, 1986). Esta desordem fisiológica altera a atividade das enzimas pécticas, além de comprometer a integridade das membranas celulares, o que causa extravasamento de eletrólitos (JACKMAN et al., 1992). Assim, a temperatura utilizada no presente trabalho (5 °C), para conservação de tomates minimamente processados, pode ter sido responsável pela baixa e constante atividade enzimática.

3.2.3. Cor e carotenóides totais

Os valores de a^* da escala de Hunter aumentaram em tomates minimamente processados (Figura 12). O Firme apresentou menores valores de a^* até o sexto dia, contudo, teve valores semelhantes aos demais genótipos a partir do nono dia de conservação (Figura 12). LANA et al. (2006 b) verificaram aumento nos valores de a^* em tomates minimamente processados da cultivar Belíssimo, mantidos a 5 °C, e sugeriram que o acréscimo destes valores ocorreu devido ao amadurecimento.

Os teores de carotenóides totais aumentaram em todos os genótipos de tomate (Figura 12). No 12º dia de conservação, o Firme apresentou maiores teores de pigmentos, com incremento nos níveis de aproximadamente 150 vezes em relação às fatias recém-processadas. Nos genótipos Santa Clara, F₁ e Alambra, respectivamente, os

teores aumentaram 20, 40 e 20 vezes, aproximadamente (Figura 12). O tecido manteve a capacidade de acumular pigmentos após o corte, e a temperatura de conservação (5 °C) não interrompeu os processos de síntese de carotenóides. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com LANA (2005).

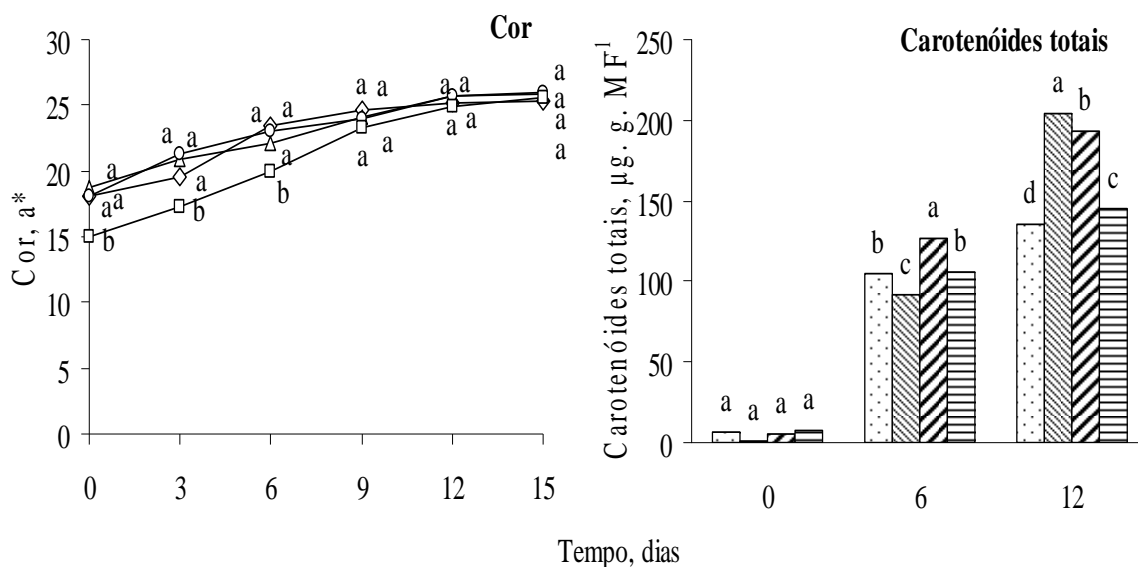


Figura 12. Valores de a* da escala de Hunter e carotenóides totais em tomates minimamente processados Santa Clara (○; □), Firme (□; ▨), F₁ (△; ▩) e Alambra (◇; ▨), conservados em potes de polipropileno a 5 ± 1 °C. O tempo zero de conservação corresponde ao estágio 4 de amadurecimento; o tempo seis corresponde ao estágio 5, e o tempo 12 ao estágio 6. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Ao longo da conservação, verificou-se que o acréscimo dos valores de a*, ocorreu simultaneamente ao acúmulo de carotenóides (Figura 12). Esses resultados evidenciam que tomates minimamente processados, amadureceram com o avanço da conservação refrigerada, uma vez que são eventos fisiológicos do amadurecimento destes frutos (EDWARDS & REUTER, 1967). Além disso, retrata similaridade da fisiologia de tomates inteiros e fatiados, mesmo em temperaturas diferentes de conservação.

3.2.4. Estimativa da perda de massa fresca e exsudação

Tomates minimamente processados tiveram perda crescente de massa fresca (Figura 13). Ao final de 15 dias, as perdas acumuladas de massa fresca foram de 6, 8 e 9,3 %, nos genótipos Santa Clara, F₁ e Alambra, respectivamente. A perda de massa foi significativamente menor no tomate Firme (3 %) (Figura 13).

A exsudação de tomates minimamente processados (Figura 13) teve mesma tendência que a perda de massa fresca. Os tomates Alambra e F₁ apresentaram as maiores porcentagens acumuladas de exsudação aos 15 dias de conservação (9 e 7 %, respectivamente). O Firme teve a menor perda de líquido (2 %), porém, estatisticamente igual ao genótipo Santa Clara, que apresentou exsudação de 5 % (Figura 13). O tomate Firme, além de ter apresentado a menor perda de massa fresca, teve pequeno incremento na exsudação, características desejáveis ao processamento mínimo. Outro aspecto observado é que a exsudação foi constante ao longo da conservação nos genótipos analisados.

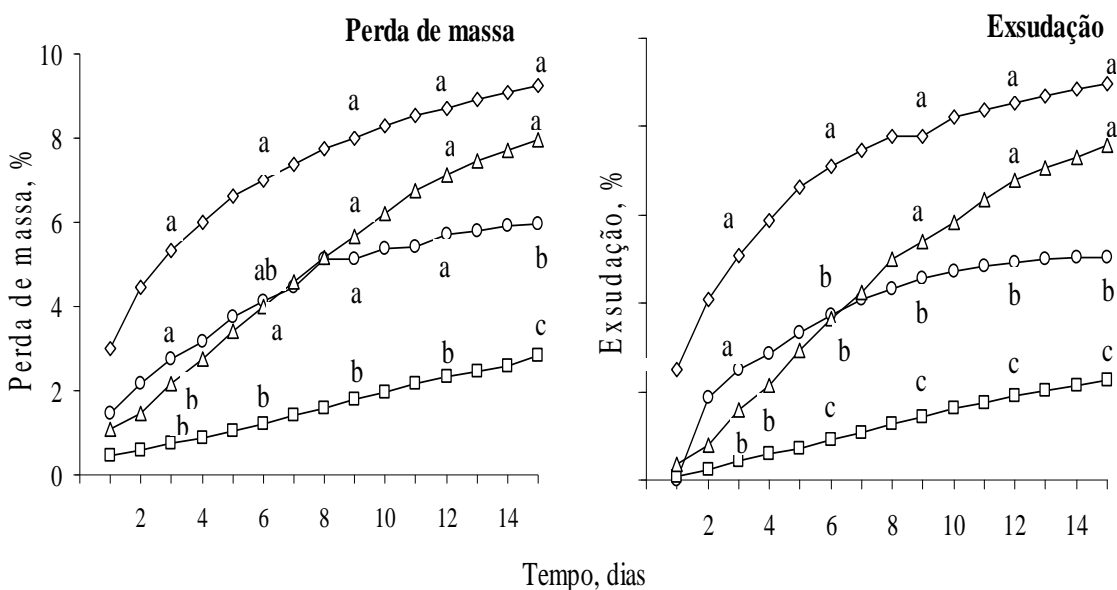


Figura 13. Perda de massa fresca e exsudação acumulada de tomates minimamente processados Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados em potes de polipropileno, por 15 dias a 5 ± 1 °C. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

A exsudação teve grande contribuição para perda de massa fresca em tomates minimamente processados, verificado pelo acúmulo de líquido nos potes de

polipropileno. Este fenômeno foi responsável por 95 % da perda de massa em tomates F₁, 94 % em Alambra, 85 % em Santa Clara e 80 % no Firme. A transpiração teve contribuição limitada para perda de massa, devido à barreira conferida pelos potes de polipropileno, utilizados para conservação das fatias. Tomates minimamente processados mostraram-se muito suscetíveis à perda de massa, devido à elevada perda de líquido, como foi verificado no trabalho de SHI et al. (1997).

O acúmulo de líquido é apontado como defeito durante o processamento e conservação de tomate minimamente processado, o qual causa perda da aparência satisfatória, além de favorecer o crescimento de fungos (HONG & GROSS, 1998; GIL et al., 1999; ARTÉS et al., 1999; GIMÉNEZ & CALERO, 2007). Além disso, a exsudação pode resultar em prejuízo econômico, pois este produto é vendido por unidade de massa (MIGUEL et al., 2007). ARTÉS et al. (1999) e GIL et al. (2002) recomendaram uso de absorvedores de exsudato nos potes, para evitar acúmulo de líquido. Observou-se acúmulo de líquido, principalmente, nos potes de tomates Alambra e F₁, propriedade que os desqualifica para o processamento mínimo. Segundo SILVA (2000) a elevada exsudação, verificada em algumas variedades de tomate, ocorre devido à inadequada compacidade da placenta.

CANTWELL (2004) observou que a integridade das fatias de tomate, pode ser quantificada pela perda de suco que ocorre após o seu preparo, e esta característica pode relacionar-se com a firmeza inicial do fruto inteiro. Segundo CANTWELL (2004) um tomate inteiro classificado como moderadamente firme possui firmeza de 15 a 20 N, e sua exsudação corresponde a valores entre 5 e 8 %. O Firme enquadrou-se nesta faixa de firmeza, porém, em contraposição, apresentou exsudação igual a 2 %. De acordo com a classificação de CANTWELL (2004), o genótipo Alambra inteiro foi considerado macio quanto à firmeza inicial, no entanto, também apresentou exsudação menor do que àquela estimada para sua firmeza. Os tomates Santa Clara e F₁, que se enquadraram quanto à firmeza nas classes macio e moderadamente macio, respectivamente, também tiveram menores porcentagens de exsudação, em comparação com àquelas estimadas com base na firmeza inicial.

3.2.5. Sólidos solúveis totais e acidez titulável

Os teores de sólidos solúveis totais variaram de 3,4 a 5,1 % em fatias recém-processadas (Figura 14). O Firme teve os menores teores de sólidos solúveis totais e a menor redução nos teores ao longo do período de estudo (8 %). Nos genótipos Santa Clara, F₁ e Alambra, os teores reduziram-se 14, 13 e 16 %, respectivamente (Figura 14).

Os genótipos de tomate não diferiram entre si quanto à acidez (Figura 14). A redução da acidez foi de 42, 32, 27 e 29 % para Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra, respectivamente. Decréscimo dos teores de sólidos solúveis e da acidez em tomates minimamente processados, mantidos a 5 °C, também foi relatado por ARTÉS et al. (1999); GIL et al. (2002) e AGUAYO et al. (2004). A redução dos teores indica que os açúcares e os ácidos são utilizados como substratos pela respiração no período de conservação (KAYS, 1991), o que pode ser uma consequência da alta atividade metabólica das fatias.

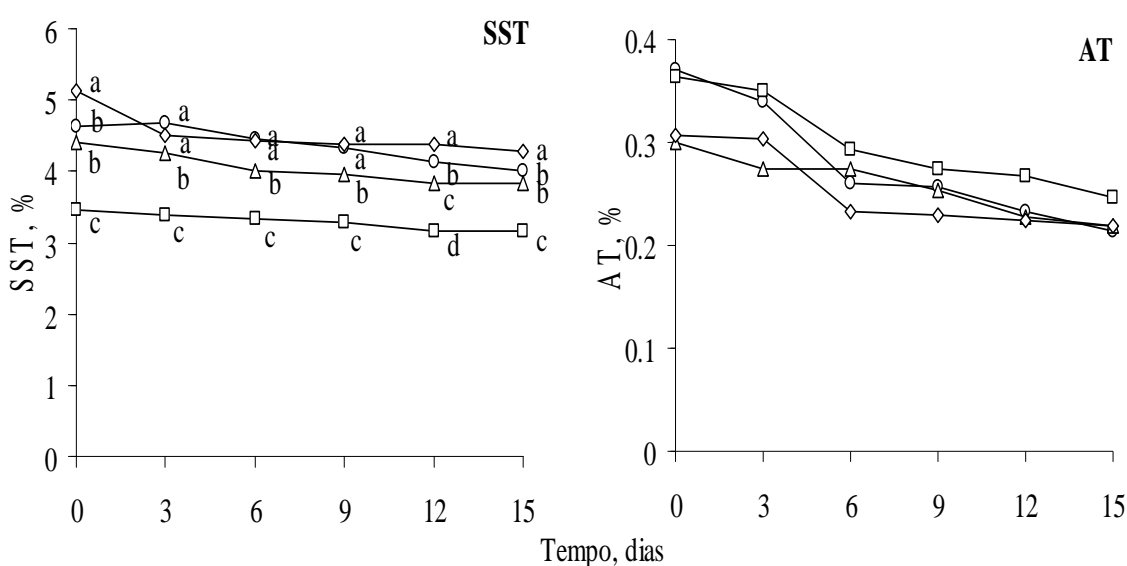


Figura 14. Teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (AT) de tomates minimamente processados Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados em potes de polipropileno, por 15 dias a 5 ± 1°C. Para SST, as letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. Para a AT, as médias, no mesmo dia de conservação, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

3.2.6. Testes de aceitação

A aceitação sensorial foi realizada com o tomate Firme. Frutos Santa Clara foram utilizados como controle, pois, atualmente, este genótipo apresenta elevado volume de comercialização e preferência pelo consumidor (FINGER, 2008¹). Verificou-

se que o Alambra apresentou propriedades indesejáveis ao processamento mínimo, como elevada exsudação, o que causou rápida perda da sua qualidade, tornando-o menos adequado para o setor de minimamente processados.

Tomates Firme e Santa Clara, minimamente processados, não diferiram quanto à aceitação (Figura 15).¹As médias dos atributos sensoriais específicos (cor, textura, aroma e sabor) não apresentaram diferenças significativas entre si, ao longo de oito dias de conservação (Figura 15). Em ambos os genótipos, observou-se que para os atributos cor, aroma e sabor, as fatias foram aceitas até o sexto dia (Figura 15).

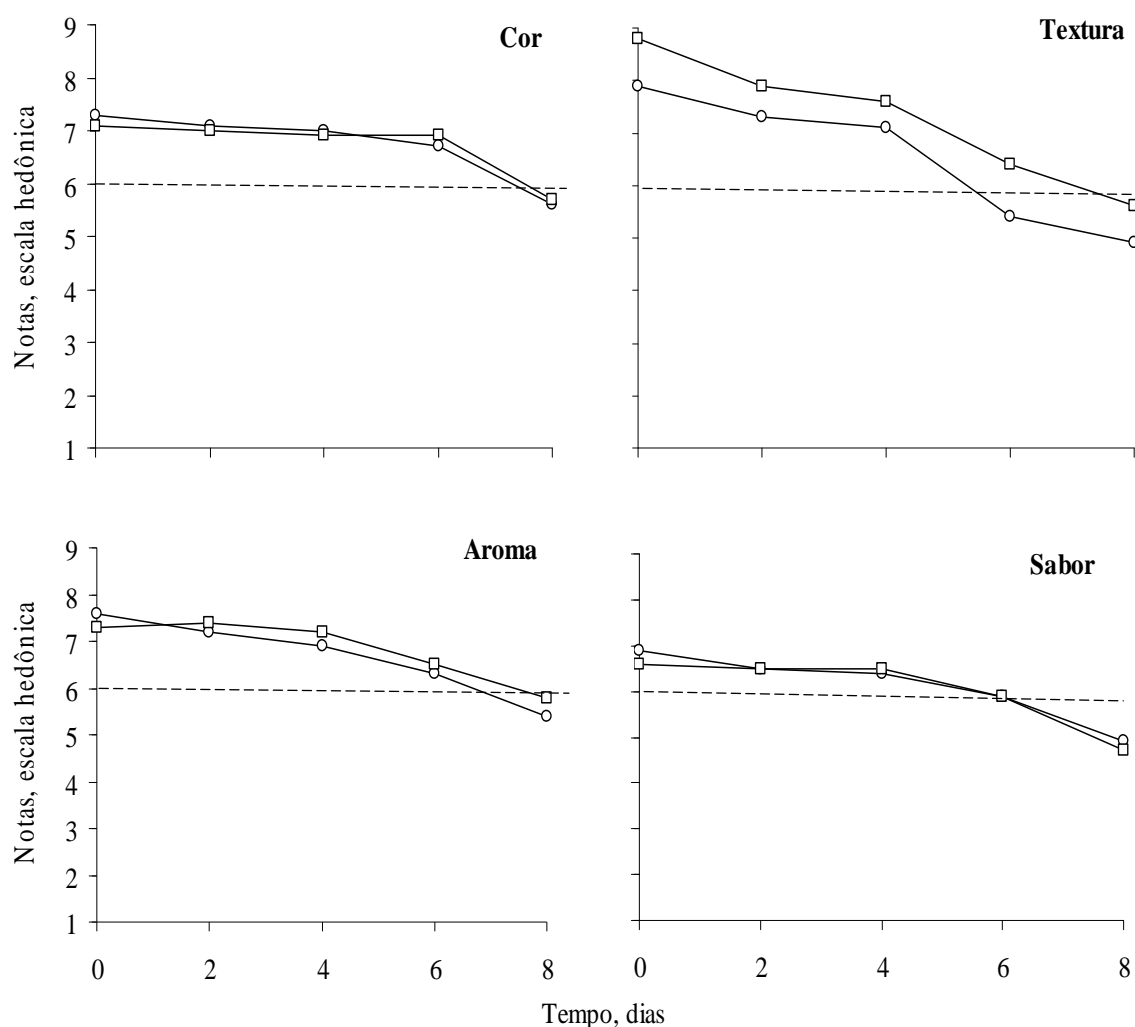


Figura 15. Notas da escala hedônica aos atributos sensoriais cor, textura, aroma e sabor de tomates minimamente processados Santa Clara (○) e Firme (□), conservados em potes de polipropileno, por oito dias a 5 ± 1 °C. As médias, no mesmo dia de conservação, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. A linha tracejada indica o limite de aceitabilidade estabelecido.

¹FINGER, F. L. Tomate Santa Clara. Comunicação oral, junho de 2008.

Ao longo de 15 dias de conservação, houve acúmulo de carotenóides e aumento dos valores de a^* (Figura 12). Porém, observou-se na avaliação sensorial, redução das notas de aceitação do atributo cor (Figura 15), o que não foi consequência da degradação de pigmentos.

Os genótipos Firme e Santa Clara, não diferiram quanto à aceitação do atributo textura (Figura 15). No entanto, as análises de firmeza realizadas na máquina universal de testes mecânicos (modelo Instron) mostraram diferença significativa entre esses tomates (Figura 10). Portanto, sugere-se que a diferença de firmeza verificada entre os genótipos Santa Clara e Firme, não foi perceptível sensorialmente pelos avaliadores durante a mastigação, provavelmente, porque as diferenças entre ambos eram apenas de 1 N, aproximadamente. Verificou-se que, até o quarto dia de conservação, em ambos os genótipos, as médias para a textura situaram-se entre os termos hedônicos “gostei muito” e “gostei moderadamente”, e a partir deste período, as médias tiveram considerável redução, as quais corresponderam aos termos “gostei ligeiramente” e “desgostei ligeiramente”. O Firme foi considerado aceito quanto à textura, por período maior que o Santa Clara.

As médias para o aroma tiveram grande redução após o quarto dia de conservação (Figura 15). Os escores médios de aceitação corresponderam, nos genótipos estudados, até o quarto dia, a afirmativa “gostei moderadamente” e após o mesmo, as médias situaram-se entre os termos “gostei ligeiramente” e “não gostei, nem desgostei”. Os genótipos foram aceitos quanto a este atributo até o sexto dia de conservação (Figura 15).

Os tomates Firme e Santa Clara apresentaram diferenças significativas quanto aos teores de sólidos solúveis totais (Figura 14). No entanto, esses genótipos não diferiram entre si, quanto à aceitação do atributo sensorial sabor (Figura 15). Deste modo, sugere-se que a diferença apresentada por esses tomates quanto aos teores de sólidos solúveis totais, não foi perceptível sensorialmente ao longo da avaliação. Observou-se que, até o quarto dia de conservação, as notas para o sabor corresponderam ao termo hedônico “gostei ligeiramente”, e a partir deste período, as médias reduziram-se e situaram-se entre os termos “não gostei, nem desgostei” e “desgostei ligeiramente”. Da mesma forma como verificado para o aroma, as fatias foram aceitas quanto ao sabor até o sexto dia. A relação SST/AT dos genótipos Santa Clara e Firme foi estável no período de conservação, e em ambos os genótipos, os valores foram maiores que 10 (dados não mostrados).

Tomates Firme e Santa Clara diferiram significativamente quanto à aparência, defeitos e desordens (Figura 16). O Firme apresentou melhor aparência em relação ao Santa Clara ao longo da conservação, exceto para tomates recém-processados. No entanto, observou-se que, com o decorrer da conservação, ambos tiveram acentuada redução das notas de aparência, de defeitos e desordens (Figura 16), o que evidenciou rápida perda da qualidade visual, inclusive das fatias do Firme. As mudanças na aparência foram mais nítidas que as alterações dos outros atributos sensoriais (cor, textura, aroma e sabor) (Figura 15).

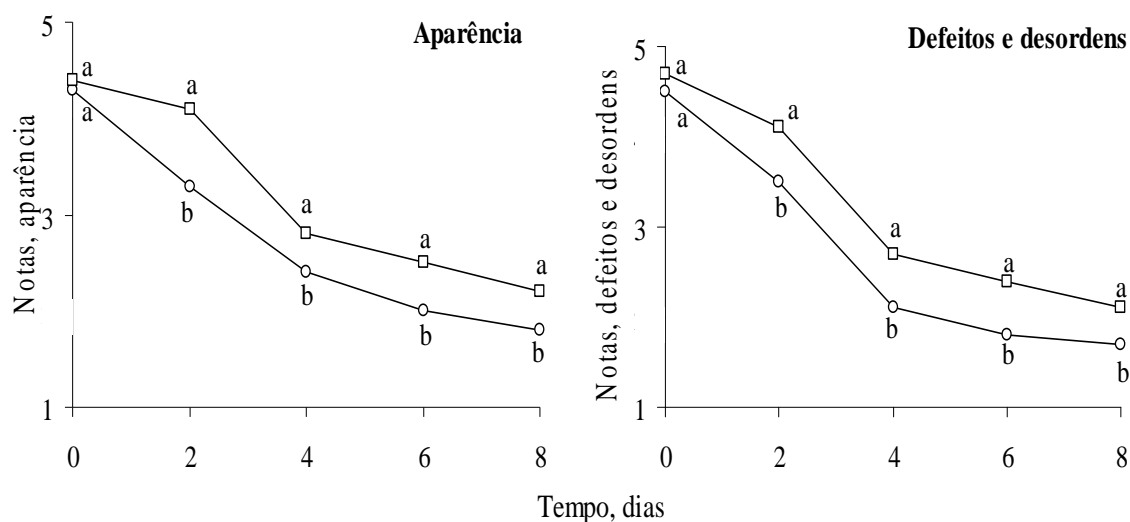


Figura 16. Notas para aparência: 5 - fresco, 3 - moderadamente fresco e 1- macio, e para defeitos e desordens: 5 - nenhum, 3 - moderado e 1 - severo, para tomates minimamente processados Santa Clara (○) e Firme (□), conservados em potes de polipropileno, por oito dias a 5 ± 1 °C. Letras iguais, no mesmo dia de conservação, indicam que as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

A perda da aparência pode ser atribuída à exsudação, perda do gel locular, danos provocados pelo corte e germinação de sementes (dados não mostrados), defeitos mais comumente observados em tomates minimamente processados. Assim, torna-se necessária a busca por alternativas, tais como uso de atmosfera modificada, que possam manter a aparência de “fresco” do tomate minimamente processado, pois o aspecto visual é um importante componente da qualidade, e é fundamental para a determinação da aceitação e compra.

3.2.6.1. Alterações na aparência

Os genótipos Santa Clara, Firme, F₁ e Alambra, minimamente processados, tiveram alterações visíveis na aparência, com conseqüente perda da qualidade (Figura 17). A exsudação, que se mostrou constante ao longo da conservação, influenciou a aparência das camadas superficiais do corte (Figura 17), ocasionou acúmulo de líquido nos potes e perda do gel locular das fatias e, desta forma, contribuiu grandemente para rápida perda da aparência satisfatória.

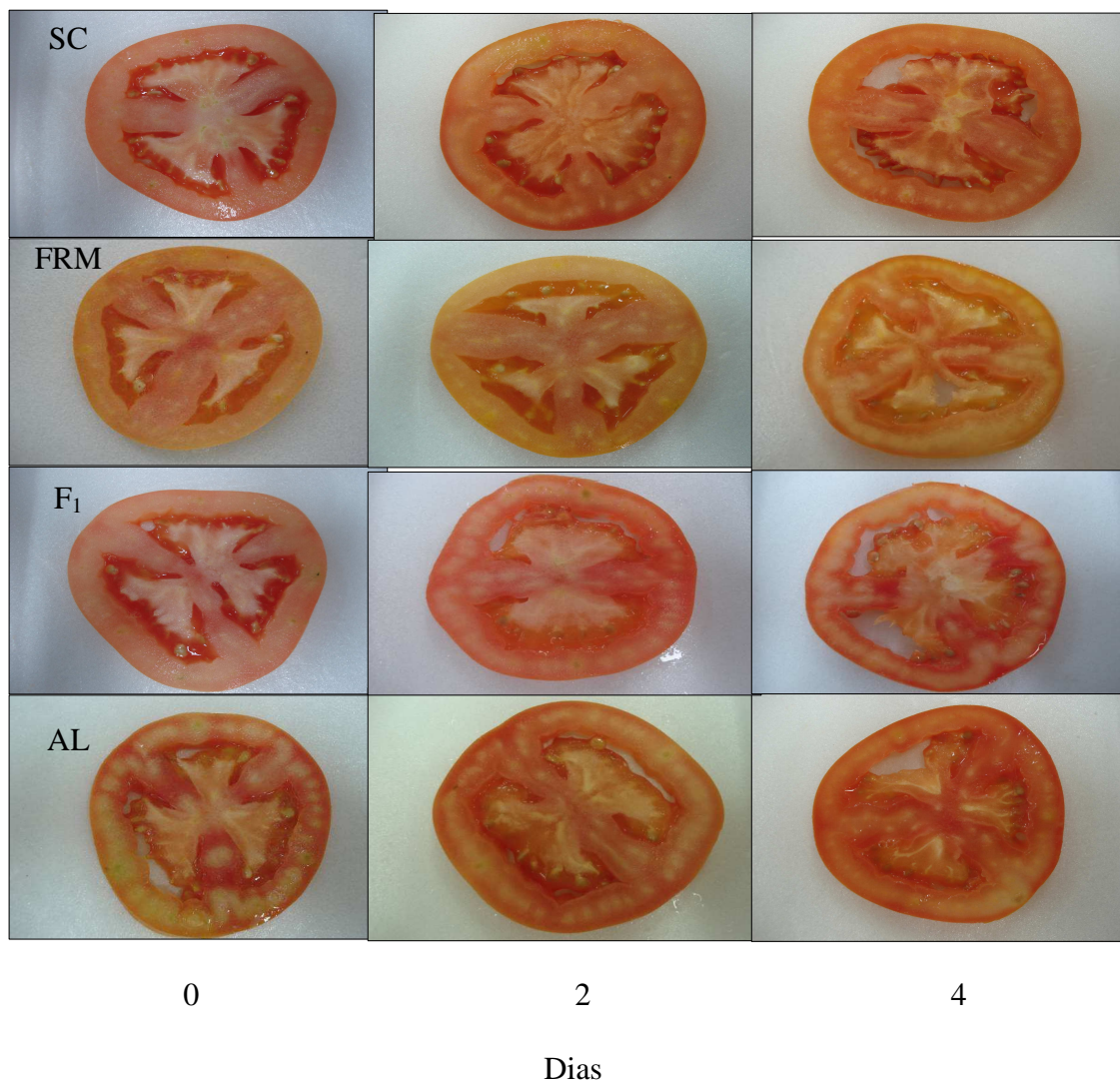


Figura 17. Aparência de tomates minimamente processados Santa Clara (SC), Firme (FRM), F₁ e Alambra (AL) nos dias zero, dois e quatro dias de conservação, mantidos em potes de polipropileno a $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

O tomate Santa Clara, considerado controle, apresentou menor exsudação em relação ao Alambra e F₁ (Figura 13), porém, teve perda da qualidade ao longo da conservação (Figura 17). Além disso, o genótipo Santa Clara apresentou menor firmeza

em relação ao Firme e Alambra (Figura 10), e exibiu os menores teores de carotenóides totais aos 12 dias de conservação (Figura 12).

A perda da qualidade do tomate F₁ (Figura 17) provavelmente ocorreu devido ao maior incremento verificado na exsudação e na perda de massa fresca em relação aos parentais (Figura 13), propriedades que o tornam menos apropriado para o processamento mínimo.

O híbrido Alambra, embora seja longa vida e tenha apresentado maior firmeza em relação ao Santa Clara (Figura 10), aumento nos teores de pigmentos carotenóides (Figura 12), e altos teores de sólidos solúveis totais (14), foi observado neste tomate rápida perda da qualidade devido à elevada exsudação e perda de massa fresca (Figura 13), o que também o torna menos adequado à indústria de minimamente processados.

O Firme apresentou melhor aparência no segundo dia de conservação em relação aos demais genótipos (Figura 17). No entanto, no quarto dia, este tomate perdeu as características desejáveis de aparência, o que se mostrou coerente à avaliação subjetiva. Por outro lado, o desenvolvimento de condições que permitem a manutenção da aparência deste genótipo, por um período mais longo permitiria sua conservação por um tempo maior, uma vez que suas propriedades, como maior firmeza (Figura 10), acúmulo de carotenóides (Figura 12), menor incremento na exsudação e na perda de massa fresca (Figura 13), favorecem o prolongamento da sua conservação. Portanto, dentre os genótipos avaliados, o Firme tem grande potencial para utilização na forma minimamente processada, desde que sejam desenvolvidas condições que permitam a manutenção da sua aparência, eventualmente pelo emprego de atmosfera modificada, tratamentos com cálcio, uso de absorvedores de etileno e 1-MCP.

3.2.7. Contagem de psicotróficos e fungos

A contaminação inicial de tomates minimamente processados não ultrapassou 10^3 UFC g MF⁻¹ de psicotróficos e fungos (Figura 18). A legislação brasileira (BRASIL, 2001) estabeleceu um limite aceitável de 10^4 UFC g MF⁻¹, e a população dos contaminantes determinada até o oitavo dia de conservação, não alcançou este limite, o que indica que o crescimento microbiano não foi responsável pelas alterações sensoriais do produto. Portanto, acredita-se que alterações de natureza física e fisiológica foram as principais causas das alterações sensoriais de tomates minimamente processados.

JAY (1996) afirma que contagens microbianas da ordem de até 10^5 UFC g MF⁻¹ não são responsáveis pela degradação de produtos alimentícios de origem animal ou vegetal, com exceção do leite. A degradação por contaminação microbiana é atribuída

às contagens que se situam no intervalo de 10^6 e 10^7 UFC g MF⁻¹. No presente trabalho, até o oitavo dia de conservação, as contagens microbianas não ultrapassaram 10^4 UFC g MF⁻¹ e, portanto, o crescimento microbiano não foi a causa da deterioração de tomates minimamente processados.

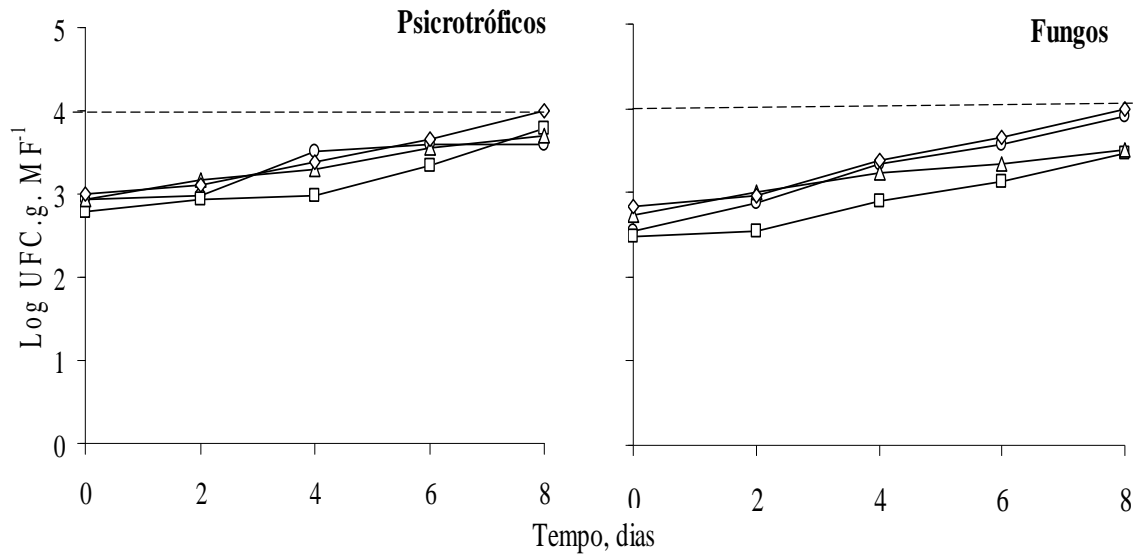


Figura 18. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC g MF⁻¹) de psicrotróficos e fungos em tomates minimamente processados Santa Clara (○), Firme (□), F₁ (Δ) e Alambra (◇), conservados em potes de polipropileno, por oito dias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$. As médias, no mesmo dia de conservação, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. A linha tracejada indica o limite de aceitabilidade estabelecido (BRASIL, 2001).

4. CONCLUSÕES

Tomates inteiros

O genótipo Santa Clara apresentou menores valores de firmeza e de carotenóides totais ao longo da conservação, bem como maior produção de etileno, no período de oito horas após a colheita, em relação aos demais genótipos.

O mutante Firme apresentou maior firmeza até o terceiro dia de conservação, maiores teores de carotenóides totais e menores porcentagens de sólidos solúveis totais, em relação aos demais tomates.

O Alambra teve maior atividade respiratória por oito horas subseqüentes à colheita, em comparação aos outros genótipos analisados.

Com base nos resultados das análises de cor, carotenóides e firmeza, todos os genótipos, colhidos no estágio 3 (Alambra) ou 4 (Santa Clara, Firme e F₁), amadureceram simultaneamente ao longo dos 12 dias de conservação a 12 °C, quando atingiram o completo amadurecimento (estádio 6).

Tomates minimamente processados

O Alambra teve maiores taxas de produção de dióxido de carbono e de etileno até 12 e quatro horas, respectivamente, após o processamento mínimo, em relação aos demais genótipos.

Tomates minimamente processados tiveram baixa firmeza após o processamento quando comparados com frutos inteiros, com pequenas alterações nos valores ao longo

da conservação. As dimensões das fatias utilizadas podem ter resultado em pouca sensibilidade, para detectar alterações na firmeza das fatias.

O genótipo Santa Clara apresentou menor firmeza em relação ao Firme e Alambra, bem como menor porcentagem de exsudação quando comparado ao Alambra.

O aumento nos teores de carotenóides e da cor suporta a noção de que os genótipos amadureceram, ao longo dos 12 dias de conservação a 5 °C, possivelmente continuando o processo de amadurecimento em andamento, por terem sido processados no estágio 4.

O mutante Firme e longa vida Alambra não tiveram o esperado prolongamento da vida útil, na forma minimamente processada, em relação ao normal Santa Clara, conforme esperado.

A exsudação, mais intensa para Alambra e F₁, ocorreu ao longo de toda a conservação e foi o principal fator que contribuiu para perda de massa fresca. Esta parece ter contribuído grandemente para rápida perda da aparência satisfatória das fatias.

Testes de aceitação para cor, textura, aroma e sabor de tomates Firme e Santa Clara mostraram atributos satisfatórios até o sexto dia de conservação. Por outro lado, resultados dos testes subjetivos de aparência, defeitos e desordens, indicaram que as mudanças na aparência das fatias foram mais rápidas e notáveis do que aquelas observadas nos testes de aceitação.

O crescimento microbiano não ultrapassou o limite aceitável de 10⁴ UFC g MF⁻¹ até o oitavo dia de conservação. Portanto, este não foi responsável pelas alterações sensoriais; provavelmente, fenômenos de natureza física e fisiológica foram as principais causas da perda da qualidade sensorial.

Nas condições de trabalho, Alambra e F₁ mostraram-se menos adequados para o processamento mínimo. O Firme possui grande potencial para utilização na forma minimamente processada, porém, o prolongamento da sua vida útil depende de avanços das técnicas de processamento e conservação, para que seja mantida a sua aparência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. **European Food Research and Technology**, 219, 492-499, 2004.

AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, 39, 169-177, 2006.

AHRENS, M. J.; HUBER, D. J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, 78, 8-14, 1990.

ARAÚJO, M. L.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Intra and interlocus interactions between *alcobaça* (*alc*), *crimson* (*ogc*) and *high pigment* (*hp*) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. **Euphytica**, 125, 215-226, 2002.

ARTÉS, F.; CONESA, M. A.; HERNANDEZ, S.; GIL, M. I. Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, 17, 153-162, 1999.

AUTIO, W. R.; BRAMLAGE, W. J. Chilling sensitivity of tomato fruit in relation to ripening and senescence. **Journal American Society for Horticultural Science**, 111, 201-204, 1986.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, 72, 248-254, 1976.

BRASIL. Resolução RDC nº 12/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. D.O.U. – **Diário Oficial da União**, Brasília (DF); 10 de janeiro de 2001. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC, nº 62, de 26 de agosto de 2003: Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, 2003.

CAMPOS, F. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; CHAVES, J. B. P. Teores de beta-caroteno em vegetais folhosos preparados em restaurantes comerciais de Viçosa-MG. **Brazilian Journal of Food Technology**, 6, 2, 163-169, 2003.

CANTWELL, M. **Fresh-cut vegetables**. USA: University of California, Davis, 2004. p. 78-85. (Postharvest Horticulturae Series n. 10).

CAREY, A. T.; HOLT, K.; PICARD, S.; WILDE, R.; TUCKER, G. A.; BIRD, C. R.; SCHUCH, W. Tomato exo-(1/4)-b-D-galactanase: Isolation, changes during ripening in normal and mutant tomato fruit, and characterization of a related cDNA clone. **Plant Physiology**, 108, 1099-1107, 1995.

CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea* cv. *acephala*) minimamente processadas**. Viçosa: UFV, 2000. 82p. Tese de Doutorado. (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CASTRICINI, A.; MEDEIROS, S. F.; CONEGLIAN, R. C. C.; VITAL, H. C. Uso de radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.): fruto de vez. **Revista Universidade Rural**, 22, 2, 223-229, 2002.

CRUZ, C. D. **Programa GENES – versão Windows**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 642p.

DIJK, C. V.; BOERIU, C.; PETER, F.; STOLLE-SMITS, T.; TIJSKENS, L. M. M. The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. **Journal of Food Engineering**, 77, 575-584, 2006.

EDWARDS, R. A.; REUTER, F. H. Pigment changes during the maturation of tomato fruit. **Food Technology Australia**, 17, 352-357, 1967.

FARIA, M. V.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; GOMES, L. A. A.; MORETTO, P.; LICURSI, V. Yield and post-harvest quality of tomato hybrids heterozygous at the loci *alcobaça*, *old gold-crimson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, 2, 317-327, 2003.

FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 4, 17-24, 2005.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. 1º ed. Viçosa: Editora UFV, 1997. 29p.

FORTES, G. R. L.; PETRI, J. L. **Distúrbios fisiológicos em macieira e seu controle**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1982. 34 p. (Boletim técnico, 3).

FREITAS, J. A.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; AZEVEDO, S. M. Efeitos dos alelos *alc oge* e *hp* sobre as características de maturação e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, 23, 569-577, 1999.

GIL, M. I.; HERNANDEZ, S.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Keeping quality in minimally processed tomato slices by chemical treatments. **Actas de Horticultura**, 4, 274-279, 1999.

GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, 25, 199-207, 2002.

GIMÉNEZ, E. A.; CALERO, F. A. Processamento mínimo de tomate. In: MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças** (Org). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. cap. 27, p. 499- 527.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. **Postharvest Biology and Technology**, 13, 51-58, 1998.

HORTIFRUTI BRASIL. **Tomate**. Edição especial, ano 5, nº 47, junho de 2006.

HUBER, D. J.; O'DONOGHUE, E. M. Polyuronides in avocado (*Persea americana* L.) and tomato fruits exhibit markedly different patterns of molecular weight downshifts during ripening. **Plant Physiology**, 102, 473-488, 1993.

JACKMAN, R. L.; GIBSON, H. J.; STANLEY, D. W. Effects of chilling on fruit texture. **Physiologia Plantarum**, 86, 600-608, 1992.

JAY, J. M. **Modern Food Microbiology**. 5^{ed}. New York: Chapman & Hall, 1996. 661p.

JONES, L. V.; PERYAM, D. R.; THRUSTONE, L. L. Development of a scale for measuring soldieres food preferences. **Food Research**, 20, 5, 512-520, 1955.

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 28, 219-229, 2003.

KAYS, S. J. **Postharvest Physiology of Perishable Plants Products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KOPELIOVITCH, E.; RABINOWITCH, H. D.; MIZRAHI, Y.; KEDAR, N. The potential of ripening mutants for extending the storage life of the tomato fruit. **Euphytica**, 28, 99-104, 1979.

LANA, M. M. **Modelling quality of fresh-cut tomato based on stage of maturity and storage conditions**. Ph.D. Thesis. 208p. Wageningen University, 2005.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; KOOTEN, O. V. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh-cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, 35, 87-95, 2005.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. **Food Chemistry**, 97, 203-211, 2006.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; KOOTEN, O. V. Modelling RGB colour aspects and translucency of fresh-cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, 40, 15-25, 2006 a.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; THEIJE, A.; HOGENKAMP, M.; KOOTEN, O. V. Assessment of changes in optical properties of fresh-cut tomato using video image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, 41, 296-306, 2006 b.

LEAL, N. R.; MIZUBUTI, A. Características e conservação natural pós-colheita de frutos de híbridos entre a introdução 'alcobaça' e alguns cultivares de tomate. **Experientiae**, 19, 239-257, 1975.

LIMA, L. C.; BRACKMANN, A.; CHITARRA, M. I. F.; VILAS BOAS, E. V. B.; REIS, J. M. R. Características de qualidade da maçã 'royal gala' armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência Agrotecnológica**, 26, 2, 354-361, 2002.

MIGUEL, A. C. A.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F.; RIZZO-BENATO, R. T. Qualidade de tomate 'Débora' minimamente processado armazenado em dois tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, 25, 582-585, 2007.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 1º ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 225p.

MOURA, M. L.; FOGAÇA, C. M.; MOURA, M. A.; GALVÃO, H. L.; FINGER, F. L. Crescimento e desenvolvimento de frutos do tomateiro 'Santa Clara' e do seu mutante natural 'Firme'. **Ciência Agrotecnológica**, 28, 6, 1284-1290, 2004.

MOURA, M. L.; FINGER, F. L.; MIZOBUTSI, G. P.; GALVÃO, H. L. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate 'Santa Clara' e do mutante 'firme'. **Horticultura Brasileira**, 23, 81-85, 2005.

MUTSCHLER, M. A.; WOLFE, D. W.; COBB, E. D.; YOURSTONE, K. S. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the *alc* ripening mutant. **HortScience**, 27, 352-355, 1992.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, 375-380, 1944.

PERYAM, D. R., PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, 11, 9-14, 1957.

PINHEIRO, S. C. F.; ALMEIDA, D. F. F. Modulation of tomato pericarp firmness through pH and calcium: Implications for the texture of fresh-cut fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 47, 119-125, 2008.

RESENDE, J. M. **Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo multilocular**. Lavras: UFLA, 1995. 112p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, 1995.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. F.; CHITARRA, A. B.; JUNIOR, O. J. S. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligacturonase durante

- o amaciamento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, 22, 206-212, 2004.
- ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, 10, 157-177, 1987.
- ROTH, I. **Fruits of Angiosperms**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1977. 666p.
- RYAN, J. J.; DUPONT, J. A. Identification and analysis of the major acids from fruit juices and wines. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, 21, 45-49, 1973.
- SALADIÉ, M.; MATAS, A. J.; ISAACSON, T.; JENKS, M. A.; GOODWIN, S. M.; NIKLAS, K. J.; XIAOLIN, R.; LABAVITCH, J. M.; SHACKEL, K. A.; FERNIE, A. R.; LYTOVCHENKO, A.; O'NEILL, M. A.; WATKINS, C. B.; ROSE, J. K. C. A reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. **Plant Physiology**, 144, 1012-1028, 2007.
- SCHUELTER, A. R. **Análise genética e da pós-colheita de um mutante de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Viçosa: UFV, 1999. 135p. Tese de Doutorado. (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- SCHUELTER, A. R.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D.; BROMMNSCHENKEL, S. H.; OTONI, W. C. Inheritance and genetic linkage analyses of a firm-ripening tomato mutant. **Plant Breeding**, 121, 338-342, 2002.
- SCHUELTER, A. R.; CASALI, V. W. D.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; FINGER, F. L.; GUIMARÃES, C. T., AMARAL JÚNIOR, A. T. Associations among fruit firmness, morphological traits and RAPD markers in 'firm' mutant of tomato. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 3, 11-18, 2003.
- SCHUELTER, A. R.; MAROCHIO, J.; SOUZA, C. S.; PHILIPPSSEN, C. C. O.; HECK, M. C.; LANNES, S. D.; SCHUSTER, I.; FINGER, F. L.; SOUZA, I. R. P. Genetic control of modified genomic region in a firm ripening tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mutant. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 6, 261-268, 2006.
- SHI, J. X.; LE MAGHER, M.; WANG, S. L.; LIPTAY, A. Application of osmotic treatment in tomato processing - effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. **Food Research International**, 30, 9, 669-674, 1997.
- SILVA, J. B. C. Produção mundial e nacional de tomate. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia/EMBRAPA-CNPQ, 2000, p.8-11.
- SILVA, E. O. **Fisiologia pós-colheita de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) minimamente processado**. Viçosa: UFV, 2000. 80p. Tese de Doutorado. (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **United States standards for grades of fresh tomatoes**. Washington DC, United States Department of Agriculture, 1976. 11 p.

VAROQUAUX, P.; LECENDRE, I.; VAROQUAUX, F.; SOUTY, M. Change in firmness of kiwifruit after slicing. **Science Alimentary**, 10, 127-139, 1990.

VASCONCELOS, J. C.; COUTINHO, M. C. P. **Noções sobre anatomia das plantas superiores**. Lisboa: Serviço de Informações Agrícolas, 1960. 113 p.

VILAS-BOAS, E. V. B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, 39, 155-162, 2006.

WATADA, A.E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**. 1:116-122, 1990.

WU, T.; ABBOTT, J. A. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. **Postharvest Biology and Technology**, 24, 59-68, 2002.

YU, Y.; YANG, S. F. Biosynthesis of wound ethylene. **Plant Physiology**, 66, 281-285, 1980.

ZSCHEILE, F. P.; PORTER, J. W. Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains. **Analytical Chemistry**, 19, 1, 47-51, 1947.