

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*),
'DÉBORA', SUBMETIDO A DIFERENTES CONDIÇÕES DE
RESFRIAMENTO E AQUECIMENTO INTERMITENTE**

ADRIANA SANINO

Orientador: Prof. Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Bárbara Janet Teruel Mederos

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Sa58c Sanino, Adriana
 Conservação de tomate (*Lycopersicum esculentum*),
 ‘Débora’, submetido a diferentes condições de
 resfriamento e aquecimento intermitente / Adriana Sanino.
 --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

 Orientadores: Luís Augusto Barbosa Cortez e Bárbara
 Janet Teruel Mederos.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Tomate. 2. Tomate – Fisiologia pós-colheita. 3.
 Alimentos Qualidade. 4. Refrigeração. 5. Temperatura
 Efeito fisiológico. I. Cortez, Luís Augusto Barbosa. II.
 Teruel Mederos, Bárbara Janet. III. Universidade Estadual
 de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV.
 Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*),
'DÉBORA', SUBMETIDO A DIFERENTES CONDIÇÕES DE
RESFRIAMENTO E AQUECIMENTO INTERMITENTE**

Dissertação submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola na área de concentração
em Tecnologia Pós-Colheita.

ADRIANA SANINO

Orientador: Prof. Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Bárbara Janet Teruel Mederos

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2004

À memória da pessoa mais
presente em minha vida:
meu pai, Ernesto Sanino;
Dedico.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente à Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho.

Às instituições CNPq e Capes, pelo fornecimento das bolsas de estudo que forneceram as condições para uma maior dedicação à pesquisa.

Ao Professor Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez, pela orientação, e à Professora Dra. Bárbara Janet Teruel Mederos pela co-orientação.

Aos membros da Banca de Qualificação e Banca de Defesa, os Professores Vivaldo Silveira (FEA/Unicamp), Marcos David (FEAGRI/Unicamp) e Ricardo Kluge (Esalq/USP), que muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos técnicos mais do que especiais, Pedro (Laboratório de Termodinâmica e Energia) e Rosália (Laboratório de Pós-Colheita), que não apenas me ajudaram a resolver problemas práticos, mas que também foram verdadeiros amigos.

Aos meus companheiros e amigos Rodrigo, Ricardo, Edson e Francisco.

Aos Professores Norberto Antonio Lavorenti, Clovis Parazzi e Marcos David, pela leitura da dissertação e pelas importantes sugestões que fizeram.

Novamente ao Professor Norberto Antonio Lavorenti, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Às minhas amigas Ana Paula e Patrícia, que muito me ajudaram na elaboração da apresentação, e também pela força que me deram na reta final deste trabalho.

À minha mãe, avó e avô (em memória), por terem tido a compreensão do afastamento necessário em muitos momentos.

Em especial à pessoa a quem devo esse mestrado, porque sem o seu incentivo e sem a sua ajuda eu não estaria escrevendo esses agradecimentos, ao meu amor e companheiro Antonio Celso Gemente.

Muito Obrigada

Sumário

	Página
Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Resumo	ix
Abstract	x
1. Introdução	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. Revisão Bibliográfica	4
3.1. Origem da planta	4
3.2. Importância econômica	4
3.3. Fisiologia pós-colheita	6
3.4. Características organolépticas e nutricionais do fruto	7
3.5. Perdas pós-colheita	9
3.6. Refrigeração	11
3.6.1. Resfriamento em câmara fria	12
3.6.2. Resfriamento com ar forçado	13
3.7. Dano pelo frio	15
3.8. Aquecimento intermitente	17
3.9. Parâmetros de qualidade pós-colheita	21
4. Material e Métodos	23
4.1. Etapa 1 – Conservação de tomate ‘Débora’ submetido a diferentes condições de resfriamento	24
4.1.1. Material vegetal	24
4.1.2. Armazenagem	25
4.1.3. Análises físico-químicas	27
4.1.3.1. Firmeza	27
4.1.3.2. Sólidos solúveis	27
4.1.3.3. Vitamina C	28

4.1.3.4. pH	28
4.1.3.5. Acidez total	28
4.1.3.6. <i>Ratio</i>	28
4.1.3.7. Perda de massa	28
4.1.3.8. Cor	29
4.1.4. Análises estatísticas	29
4.2. Etapa 2 – Aquecimento intermitente para diminuir os danos causados pelo frio	30
4.2.1. Material vegetal	30
4.2.2. Aquecimento intermitente dos frutos	30
4.2.3. Análise de dano pelo frio	31
4.2.4. Análises estatísticas	31
5. Resultados e Discussão	32
5.1. Etapa 1 – Conservação de tomate ‘Débora’ submetido a diferentes condições de resfriamento	32
5.2. Etapa 2 – Aquecimento intermitente para diminuir os danos causados pelo frio	38
5.2.1. Resultados para a temperatura de 12°C	39
5.2.2. Resultados para a temperatura de 7°C	44
5.2.3. Discussão dos resultados	53
6. Conclusões e Recomendações	57
6.1. Conclusões	57
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	58
7. Referências Bibliográficas	59

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 3.1. Composição dos frutos maduros de tomate (% na matéria seca)	9
Tabela 3.2. Composição nutricional do tomate, em 100 gramas	9
Tabela 5.1. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, até o 9º dia de estocagem refrigerada a 12°C	33
Tabela 5.2. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 16 dias de estocagem refrigerada a 12°C	34
Tabela 5.3. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 15 dias de estocagem a 12°C ou submetidos ao aquecimento intermitente de 10 horas a 24°C a cada 6 dias de estocagem refrigerada	40
Tabela 5.4. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 15 dias de estocagem a 7°C ou submetidos ao aquecimento intermitente de 10 horas a 24°C a cada 6 dias de estocagem refrigerada	45
Tabela 5.5. Avaliação do dano pelo frio (ID) no tomate ‘Débora para diferentes períodos de estocagem	50

Lista de Figuras

	Página
Figura 3.1. Sistema de resfriamento rápido com ar forçado	14
Figura 4.1. Representação esquemática dos procedimentos utilizados no trabalho	23
Figura 4.2. Cultivar ‘Débora’, grupo Santa Cruz, longa vida estrutural	24
Figura 4.3. Método de resfriamento em câmara fria	26
Figura 4.4. Método de resfriamento rápido com ar forçado	26
Figura 4.5. Classificação de tomate quanto à cor	29
Figura 5.1. Variação de firmeza para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	33
Figura 5.2. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	34
Figura 5.3. Variação de vitamina C para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	35
Figura 5.4. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	36
Figura 5.5. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	36
Figura 5.6. Variação de <i>ratio</i> para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	37
Figura 5.7. Variação de cor para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1	38
Figura 5.8. Variação de firmeza para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	39
Figura 5.9. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	40
Figura 5.10. Variação de vitamina C para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	41
Figura 5.11. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	41
Figura 5.12. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	42
Figura 5.13. Variação de <i>ratio</i> para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	42
Figura 5.14. Variação de perda de peso para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	43
Figura 5.15. Variação de cor para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)	44
Figura 5.16. Variação de firmeza para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	45
Figura 5.17. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	46
Figura 5.18. Variação de vitamina C para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	46
Figura 5.19. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	47
Figura 5.20. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	47
Figura 5.21. Variação de <i>ratio</i> para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	48
Figura 5.22. Variação de perda de peso para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)	48
Figura 5.23. Presença de <i>pitting</i> I	51

Figura 5.24. Presença de <i>pitting</i> II	51
Figura 5.25. <i>Pitting</i> , seguido de podridão	51
Figura 5.26. Falha no amadurecimento I	52
Figura 5.27. Falha no amadurecimento II	52
Figura 5.28. Falha no amadurecimento, com podridão	52

Resumo

O objetivo geral do trabalho foi o de contribuir para o estudo de alternativas que possam prolongar a vida pós-colheita de tomate ‘Débora’, utilizando diferentes condições de resfriamento.

O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo que na primeira etapa os tomates foram estocados em câmaras frias programadas para manter a temperatura de 12°C, com o objetivo de se avaliar qual o método de resfriamento mais eficiente para aumentar o período de conservação dos frutos. Neste caso, parte das amostras foi submetida ao resfriamento rápido com ar forçado antes da estocagem refrigerada, enquanto outra parte foi apenas estocada na mesma temperatura; além desses tratamentos de refrigeração, observou-se também o comportamento dos frutos mantidos sob condição ambiente, sendo estes considerados como o grupo de controle. Os atributos de qualidade dos frutos nestes três tratamentos foram avaliados através de análises físico-químicas a cada dois ou três dias, cujos resultados mostraram que, de acordo com as análises estatísticas empregadas, o resfriamento rápido com ar forçado, seguido de estocagem, apresentou-se como o tratamento mais eficiente para o propósito que se tinha.

Utilizando-se do melhor tratamento obtido na primeira etapa, a segunda etapa teve como objetivo avaliar a eficiência do aquecimento intermitente no controle do dano pelo frio e na manutenção da qualidade durante o armazenamento refrigerado do tomate ‘Débora’. Para tanto, os frutos foram submetidos ao aquecimento intermitente por 10 horas a 24°C, a cada seis dias de estocagem refrigerada, comparado ao armazenamento contínuo, a 12°C e a 7°C, por um período de 15 dias, avaliando-se os parâmetros da mesma maneira descrita na etapa anterior. Os resultados mostraram uma aceleração no processo de amadurecimento dos frutos para o tratamento de aquecimento intermitente, quando comparado aos frutos refrigerados continuamente, para ambas as temperaturas testadas. Observou-se também que, para a temperatura de 12°C, não houve manifestação de dano pelo frio, enquanto que, para a temperatura de 7°C, o dano se manifestou, e neste caso concluiu-se que, embora o tratamento de aquecimento intermitente não tenha evitado a manifestação do dano, este método permitiu diminuir os seus efeitos, quando comparado ao tratamento de estocagem contínua a 7°C.

Palavras-Chave: resfriamento com ar forçado; dano pelo frio; qualidade.

Abstract

The objective of this essay was to contribute to studying alternatives that might enlarge the post-harvest life of tomatoes 'Débora', using different cooling conditions.

The essay was divided into two stages. In the first one, the tomatoes were stocked in freezing chambers programmed to keep the temperature at 12°C, with the objective to evaluate which cooling method would be the most efficient to enlarge the period of conservation of the fruits. In this case, part of the samples was submitted to rapid cooling with forced-air before stocking, while another part was only simply stocked at the same temperature; besides these cooling treatments, it was also observed the behavior of the fruits kept at natural conditions, being these considered as control group. The quality attributes of the fruits in these three treatments were evaluated through physical-chemical analysis at each two or three days long. The results showed that, according to the statistical analysis applied, the forced-air cooling was the most effective to the original purpose.

Taking advantage of the best treatment obtained in the first stage of the experiment, the second stage had as objective to evaluate the intermittent warming in the control of the chilling injury and the maintenance of the quality during the cooling process of the tomato 'Débora'. Thus, the fruits were submitted to intermittent warming for 10 hours at 24°C, after each 6 days in stocking, and compared to the continuous stocking, at 12°C and at 7°C, for a period of 15 days. The evaluating of the parameters was made at the same way as described in the previous stage. The results showed a ripening cycle's acceleration of the fruits in the intermittent warming treatment, when compared to the continuously cooling fruits, at both temperatures tested. It was also observed that at the temperature of 12°C there weren't chilling injury manifestation, while at the temperature of 7°C this damage manifested. In this case it was concluded that, although the intermittent warming has not avoided the chilling injury, this method allowed lowering its effects, when compared to the continuous stocking at the temperature of 7°C.

Key words: forced-air-cooling; chilling injury; quality.

1. Introdução

O maior produtor mundial de tomate é a China, seguido dos Estados Unidos, Índia, Turquia, Egito, Itália e Espanha. Em 2001, o Brasil ocupou o oitavo lugar na produção mundial, com 3,0 milhões de toneladas plantadas numa área de 55,6 mil hectares. Para o ano de 2002, estimou-se uma produção brasileira de 3,5 milhões de toneladas numa área de 62,4 mil hectares (AGRIANUAL, 2003).

O mundo moderno exige a utilização de tecnologia que proporcione maior bem-estar à população, a despeito dos possíveis transtornos (principalmente ambientais) que isso possa acarretar. Essa é uma discussão que está longe de terminar, porém é inegável que as mudanças tecnológicas continuam ocorrendo para a satisfação das necessidades humanas, que se tornam mais complexas, à medida que o processo de integração globalizadora se efetiva em meio ao enorme contingente populacional atualmente existente.

Sabe-se que o consumo de produtos hortícolas requer uma estrutura de comercialização diferenciada, devido aos problemas de perecibilidade e das peculiaridades dos seus mercados consumidores, constituídos em grande parte por consumidores de alta renda, cujo grau de exigência também é reconhecidamente elevado.

Nos países desenvolvidos, em vista de suas condições, tais características são mais nítidas, na medida em que há lugar para consumidores mais exigentes em relação à qualidade do produto, o que faz com que haja procedimentos diferenciados na sua comercialização. Desse modo, a eles interessam estudos e pesquisas que contribuam para o prolongamento da vida útil ou de prateleira daquelas cultivares mais valorizadas em termos de qualidade total; para tanto, desenvolvem métodos que possam atingir esse objetivo, um dos quais é a refrigeração (incluindo o resfriamento rápido imediatamente após a colheita, além de métodos de controle dos danos causados pelas baixas temperaturas de armazenagem, como o método de aquecimento intermitente, conforme citado por ARTÉS *et al.*, 1998), com o propósito de manter a qualidade desejada por um período mais expandido do tempo de vida útil do produto.

O consumo de frutas frescas, por exemplo, dá uma idéia do quanto é necessário investir-se em tecnologia para disponibilizá-las a tempo e nos locais adequados, com qualidade. No caso de hortaliças, dentre elas o tomate, que é um produto altamente perecível, muitas de suas cultivares passaram por modificações genéticas que as tornaram mais resistentes às operações que ocorrem durante o processo de comercialização, proporcionando

maior resistência pós-colheita. Essas novas cultivares apresentam maior firmeza, evitando possíveis danos mecânicos que podem ocorrer durante o manuseio, transporte, armazenamento e distribuição.

Atualmente, nas condições brasileiras de comercialização, o tomate é produzido ao longo do ano todo, e inúmeras são as cultivares que atendem às mais diferentes demandas, desde as cultivares industriais até as cultivares de mesa. Porém, todas apresentam uma característica comum, no que se refere à comercialização, desde que normalmente não se recorre a quase nenhum beneficiamento em termos de aumentar a sua vida de prateleira, especialmente no caso de tomates para consumo *in natura*.

A comercialização do tomate não prevê, nas condições brasileiras, tratamentos adicionais para a conservação pós-colheita, como, por exemplo, o uso de refrigeração, de modo a se evitar com este processo, inúmeras perdas, tanto de quantidade como de qualidade. Isto pode ter uma explicação pelo fato de as cultivares utilizadas para o consumo de mesa terem sido desenvolvidas mais para a manutenção da cor e da firmeza aparentes, do que propriamente para a manutenção de suas qualidades organolépticas e nutritivas originais (CAMARGO FILHO, 2001).

Sem dúvida, há compensações a serem pagas para tais facilidades, e a principal delas diz respeito à qualidade final do produto em termos organolépticos e nutricionais, cuja cobrança vem aumentando por parte dos consumidores, no contexto das reivindicações relacionadas à uma qualidade de vida mais saudável. As hortaliças são ricas fontes de nutrientes indispensáveis para o homem, sendo que todas as dietas e regras da boa saúde recomendam o aumento do consumo desses elementos.

Pretende-se então com este trabalho estudar alguns aspectos desse tema para as condições brasileiras, de modo a ampliar o conhecimento sobre as diferentes condições de armazenamento e resfriamento do tomate para a sua comercialização *in natura*, acreditando-se que futuramente haverá procura por tais informações, devido às mudanças que devem ocorrer no país.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Contribuir para o estudo de alternativas que possam prolongar a vida pós-colheita de tomate (cultivar ‘Débora’), utilizando diferentes condições de resfriamento.

2.2. Objetivos específicos

(i) Determinar, através de parâmetros físico-químicos, qual o melhor tratamento de refrigeração, tendo em vista a conservação do tomate, entre o processo de resfriamento em câmara fria e o processo de resfriamento rápido com ar forçado, numa primeira etapa

(ii) Avaliar a utilização do método de aquecimento intermitente (*intermittent warming*), com vista ao controle dos danos causados pelo frio (*chilling injury*), bem como o seu efeito sobre alguns dos atributos de qualidade avaliados, em confronto com o tratamento de refrigeração contínua, a 12°C e a 7°C, numa segunda etapa.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Origem da planta

O tomateiro é originário do Peru, Equador e Bolívia, tendo sido posteriormente cultivado no México, de onde foi levado para a Europa, na primeira metade do século XVI. Durante um longo período foi considerado venenoso, sendo portanto cultivado apenas como planta ornamental. Em 1554 já havia sido introduzido na Itália uma cultivar com frutos amarelados, que deu origem ao nome pomodoro. No século XVIII já era largamente consumido em vários países europeus. No Brasil, a cultura foi introduzida praticamente pelos imigrantes italianos, na virada do século XIX, porém somente para fins de consumo *in natura* (GIORDANO & RIBEIRO, 2000).

Segundo FILGUEIRA (1982), o tomateiro pertence à família botânica das Solanáceas, que também inclui outras hortaliças de grande importância econômica para o Brasil, tais como a batata, o pimentão, a berinjela e o jiló. Esta família tem a particularidade de ser atacada pela maioria das doenças e pragas que atingem as hortaliças, sendo o tomate o mais sujeito a ataques. A espécie cultivada é o *Lycopersicum esculentum* Mill.

3.2. Importância econômica

Fruto frágil, de grande produção e consumo, o tomate registra o segundo maior volume de produção e consumo do mundo na categoria “legumes”, sendo apenas precedido pela batata (GAYET *et al.*, 1995).

No Brasil, deve-se notar que as regiões abastecedoras sofreram mudanças radicais (CAMARGO FILHO, 2001), uma vez que até há pouco tempo atrás os maiores estados produtores eram, por ordem decrescente de importância: São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Goiás, Bahia e Rio de Janeiro, em que São Paulo, sozinho, contribuía com mais de 30% da produção brasileira, em 1995 (AGRIANUAL, 2003). No entanto, atualmente o estado de São Paulo teve sua participação reduzida para 22% do total nacional, ocupando agora o segundo lugar, seguido de Minas Gerais, Pernambuco, Bahia e Rio de Janeiro, dando-se destaque à ascensão do estado de Goiás, hoje o maior produtor, com 938 mil toneladas, cerca de 27% da produção nacional, em 2002 (AGRIANUAL, 2003).

Nas condições brasileiras, o tomate comporta-se como uma cultura anual, podendo ser cultivado com tutoramento (tomate para consumo *in natura*) ou conduzido como cultura rasteira (tomate para a indústria). Em condições adversas de clima pode ser cultivado em ambientes protegidos, como no caso de estufa. De toda produção de tomate do mundo, a maior parte se destina à transformação e uma menor parcela se destina ao consumo do produto fresco (GAYET *et al.*, 1995). Nos últimos anos a cultura vem-se expandindo mundialmente, tanto em área cultivada quanto em produtividade, graças às novas tecnologias e ao emprego de variedades melhoradas (ESPINOZA, 1991).

No Brasil, as cultivares de polinização aberta vêm sendo rapidamente substituídas por híbridos. De acordo com DELLA VECCHIA & KOCH (2000), a produção de tomates para consumo *in natura* sofreu grandes transformações tecnológicas nesta última década. Dentre elas, a utilização de sementes híbridas de cultivares que produzem frutos do tipo longa vida foi sem dúvida uma das mais importantes. O fruto de tomate das cultivares tradicionais possui uma curta vida pós-colheita; ao contrário, o fruto das cultivares longa vida possui uma vida pós-colheita mais prolongada, mantendo a firmeza do fruto por um maior período de tempo. A expressão “tomate longa vida” foi utilizada pela primeira vez no Brasil em 1988, pela Agroflora, para descrever a característica de maior conservação pós-colheita dos frutos da cultivar híbrida F₁ Débora VFN, do tipo longa vida estrutural, introduzida comercialmente pela companhia naquele ano. Existem três possibilidades para se criar ou obter uma cultivar híbrida de tomateiro do tipo longa vida, relacionadas a seguir:

(i) as cultivares do tipo “longa vida estruturais” são obtidas por meio de métodos convencionais de melhoramento genético, onde se busca, pela seleção de parentais superiores, aumentar a frequência dos alelos favoráveis para uma maior firmeza do pericarpo do fruto. Longa vida do tipo estrutural é um caráter genético quantitativo, predominantemente controlado por genes de ação gênica aditiva. Os tomates longa vida do tipo estrutural são resultantes de um longo período de seleção para o caráter, tendo como exemplos de cultivares deste tipo comercializadas no mercado brasileiro os híbridos Débora Plus, Débora Max, dentre outros.

(ii) as cultivares do tipo “longa vida *rin*, *nor* ou *alc*” são obtidas por meio de métodos convencionais de melhoramento genético, através da utilização de mutantes de amadurecimento. O termo mutante de amadurecimento é utilizado para designar alelos

mutantes simples (*rin*, *nor* ou *alc*) com efeitos múltiplos que afetam o amadurecimento do fruto do tomate. Em frutos destes mutantes, durante o processo de amadurecimento, ocorrem reduções drásticas na degradação das paredes celulares das células do pericarpo, na síntese do etileno e de carotenóides, e na respiração do fruto, o que lhes proporciona uma vida pós-colheita mais prolongada. Estes alelos são geralmente introduzidos individualmente nas linhagens parentais de híbridos por meio de retrocruzamentos sucessivos. Cultivares de tomateiro do tipo longa vida *rin* foram introduzidas comercialmente no Brasil pela Agroflora, em 1992. Como exemplo de cultivares deste tipo comercializados no mercado brasileiro encontram-se os híbridos F₁ Carmen e Graziela, entre outros.

(iii) as cultivares do tipo “longa vida transgênicos” são obtidas por meio de técnicas da moderna biotecnologia molecular. Diversas técnicas e abordagens são utilizadas para essa finalidade. Dentre elas se destaca o uso de transgênicos homozigotos de orientação (senso e antisenso) de translação do DNA e de transcrição de mRNA, que interferem na produção de etileno e na produção e/ou atividade de enzimas envolvidas no processo do amadurecimento normal do fruto do tomateiro, obtendo-se assim os longa vida transgênicos. Como exemplo de cultivar deste tipo encontra-se o híbrido F₁ FlavrSavr, que foi desenvolvido pela Calgene-Monsanto, e comercializado nos EUA por alguns anos, em meados da década de 90. Não existem atualmente cultivares de tomateiro do tipo longa vida transgênicos sendo comercializadas no Brasil (DELLA VECCHIA & KOCH, 2000).

3.3. Fisiologia pós-colheita

Para GAYET *et al.* (1995), o tomate é uma das hortaliças que mantêm uma atividade metabólica normal após a colheita, com transformações químicas na sua composição que se processam graças à sua capacidade de absorção do oxigênio do ambiente, promovendo assim um aumentando na taxa respiratória que, para o caso do tomate, pode ocorrer tanto com o fruto preso à planta como após a colheita. Com base nas características respiratórias antes do amadurecimento o tomate é, portanto, um fruto climatérico. Na maçã e no tomate, por exemplo, o amadurecimento só se completa algum tempo após o pico climatérico.

As características do processo de maturação do tomate podem assim resumir-se em: aumento do pH, maior porcentagem de sólidos solúveis, aumento da cor vermelha devido à

formação de caroteno (1mg/100g, em madurez plena) e licopeno, substâncias pécticas que dão viscosidade ao suco, ácido ascórbico, outras vitaminas e sais minerais (ESPINOZA, 1991).

As frutas e hortaliças desenvolvem processos biológicos essenciais para sua manutenção a partir de reservas acumuladas durante o período em que permaneceram ligadas à planta-mãe no solo. O processo em que tais reservas são convertidas em energia é chamado de respiração, com a liberação de calor, além de CO₂ e vapor de água. Essa quantidade de calor depende de vários fatores em que a temperatura tem papel destacado, e quanto maior essa atividade respiratória, menor será o período em que o produto manterá a qualidade desejada (KADER, 1992). A atividade respiratória é influenciada, pelo menos em parte, pela composição do fruto completamente formado e pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase da maturação (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Mesmo que sejam atendidas as melhores recomendações para a conservação pós-colheita, a qualidade dos produtos hortícolas como frutos e hortaliças se degrada como resultado de suas atividades biológicas, no que se refere ao consumo de matéria seca, devido à respiração, e à perda de peso, devido à transpiração. Além das transformações fisiológicas normais, esses produtos estão ainda sujeitos à influência de fatores externos que provocam outros distúrbios, contribuindo para a sua deterioração (HONÓRIO, 1998).

Segundo SIGRIST (1990), os processos de deterioração em frutas e hortaliças são variados, mas podem ser, de maneira geral, classificados como os resultantes dos processos fisiológicos, dos efeitos físicos de manuseio e das doenças pós-colheita. As deteriorações resultantes da fisiologia do produto podem geralmente ser agrupadas como as causadas pelas atividades normais da respiração, pela transpiração, pelas transformações químicas, pelo amadurecimento e pela fisiologia anormal das frutas e hortaliças. Entre as anormalidades fisiológicas, as doenças não-parasíticas (escaldadura e *bitter pit* das maçãs, por exemplo) e o dano causado pelo frio (*chilling injury*) são as mais importantes após a colheita.

3.4. Características organolépticas e nutricionais do fruto

As características organolépticas (sabor, aroma, cor e textura) e nutricionais do tomate dependem de vários componentes físico-químicos dos frutos. Os teores destes componentes conferirão aos frutos certos atributos, que responderão pela maior ou menor aceitação destes, seja pelo consumidor, seja pela indústria (ESPINOZA, 1991).

Para CHITARRA & CHITARRA (1990), os frutos e hortaliças têm importante papel na alimentação humana, principalmente por serem excelentes fontes de vitamina, minerais e fibra dietética. O manuseio desses produtos e as condições de armazenamento podem afetar a sua composição, reduzindo os teores vitamínicos, particularmente de vitamina C. Segundo os autores, o valor nutritivo muda com o avanço da maturação, tornando-se maior, embora ocorra variação na proporção dos nutrientes. Os componentes mais abundantes em frutos e hortaliças são a água e os carboidratos. Do ponto de vista nutricional, são considerados as vitaminas e os minerais, como também os açúcares solúveis (frutos), e polissacarídeos (amido, em alguns frutos e hortaliças), como fontes energéticas. Outros polissacarídeos (celulose, hemicelulose e lignina) têm importância por constituírem as fibras dietéticas.

De acordo com ESPINOZA (1991), o tomate, do ponto de vista nutricional, se sobressai apenas como uma boa fonte de vitamina C. Seus outros componentes se apresentam em teores baixos, não atingindo níveis que permitam considerar este fruto como um fornecedor de calorias, proteínas, minerais etc para a alimentação humana. O valor nutricional do tomate é, portanto, quase todo atribuído ao seu teor de vitamina C total, que é bastante variável. As variações nos níveis são atribuídas à iluminação natural, a cultivares, à nutrição mineral e ao suprimento de água.

O fruto do tomateiro possui em sua composição aproximadamente de 93% a 95% de água. Nos 5% a 7% restantes encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos (GIORDANO & RIBEIRO, 2000). As tabelas 3.1 e 3.2 a seguir fornecem a média em que tais substâncias estão presentes no tomate.

Tabela 3.1. Composição dos frutos maduros de tomate (% na matéria seca)

Açúcares	
Glicose	22,0
Frutose	25,0
Sacarose	1,00
Sólidos insolúveis em álcool	
Proteínas	8,00
Substâncias pécicas	7,00
Hemicelulose	4,00
Celulose	6,00
Ácidos orgânicos	
Ácido cítrico	9,00
Ácido málico	4,00
Minerais	
Principalmente: K, Ca, Mg e P	8,00
Outros	
Lipídios	2,00
Aminoácidos dicarboxílicos	2,00
Pigmentos	0,40
Ácido ascórbico	0,50
Voláteis	0,10
Outros aminoácidos, vitaminas e polifenóis	1,00

Fonte: Davies & Hobson (1981).

Tabela 3.2. Composição nutricional do tomate em 100 gramas

Nutriente	Tomate fresco
Água (%)	93,5
Calorias	22,0
Proteína, g	1,10
Carboidrato	
total, g	4,70
fibra, g	0,50
Ácido Ascórbico, mg	23,0

Fonte: Gould (1991).

3.5. Perdas pós-colheita

O termo “perdas” refere-se ao desaparecimento ou não utilização do alimento após a colheita, em virtude da falta de comercialização ou do consumo do produto em tempo hábil, e pode ser mensurável em termos quantitativos (perda de peso, perdas por manuseio

inadequado), qualitativos (perdas no sabor e aroma, deterioração na textura e aparência), e perdas nutricionais (decorrente de reações metabólicas, que conduzem a uma redução no conteúdo dos nutrientes, tais como vitaminas, proteínas, lipídios etc). O efeito individual ou combinado dessas perdas vai resultar na deterioração do valor comercial do produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

As perdas de alimentos ocorrem no mundo todo, em maior ou menor proporção, variando segundo o país, a área cultivada, a cultura, a época do ano, as práticas de colheita, o manuseio, o transporte e o armazenamento dos produtos agrícolas. Portanto, as perdas pós-colheita (de frutas e hortaliças) são importantes não somente nos países em desenvolvimento, como também nos países desenvolvidos (SIGRIST, 1990).

A partir do momento em que as frutas e hortaliças são colhidas tem início uma série de processos que influenciam na qualidade do produto e nas conseqüentes perdas. Caso fosse possível a redução dessas perdas ao nível de produção, associada a uma estocagem reguladora e correta comercialização, certamente tal conjunção de esforços propiciaria grandes benefícios tanto ao produtor como ao consumidor. “Nunca é demais repetir que não basta produzir mais se as perdas acabam atingindo níveis indesejáveis. Isto é particularmente importante quando se trata de alimentos, pois envolve aspectos econômicos, sociais e até morais” (NEVES FILHO *et al.*, 2000).

De acordo com RESENDE (1993), o desperdício de frutas, legumes e hortaliças atingem cerca de 30% a 40% da produção brasileira, antes de chegar à mesa do consumidor. E quando chega, nem sempre possui a qualidade exigida pelos padrões internacionais. Para entender o quadro de desperdício de alimentos no Brasil é necessário acompanhar a trajetória das perdas, que começa na produção, passa pela estocagem, transporte, armazenagem e chega aos balcões expositores nos pontos de venda. Em cada uma dessas etapas, as perdas podem ser minimizadas sensivelmente com o uso de técnicas adequadas no manuseio e conservação.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), os principais métodos utilizados para a redução e controle das perdas são: (i) métodos químicos - importantes tanto na fase pré-colheita como na pós-colheita, visando sempre a prevenção de perdas e a manutenção da qualidade dos produtos. Em geral, esses métodos são divididos em duas categorias: controle fitossanitário e controle fisiológico; e (ii) métodos físicos - manuseio adequado e cuidadoso, melhoramento nas técnicas e materiais de embalagem, uso de produtos de boa qualidade,

armazenamento rápido após a colheita, condições de armazenamento do produto, sanitização e limpeza dos implementos maquinários, separação e remoção de produtos doentes, e o uso de refrigeração.

3.6. Refrigeração

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), a refrigeração é um dos métodos mais econômicos para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. A temperatura de armazenamento é, portanto, um fator importante para controlar a senescência, uma vez que regula as taxas dos processos fisiológicos e bioquímicos associados.

De uma forma geral, a cada 10°C na redução da temperatura tem-se uma atividade respiratória de duas a três vezes menor, e conseqüentemente um aumento no tempo de vida útil do produto sob estocagem (ASHRAE, 1994a).

Para CORTEZ & LEAL (1998), a maioria dos métodos de conservação está vinculada à utilização de baixas temperaturas, que trazem como efeitos desejáveis a redução na atividade respiratória, o retardamento da maturação e o abaixamento da taxa de incidência de doenças pós-colheita. Segundo estes autores, após o resfriamento a produção deve ser mantida refrigerada a temperaturas recomendadas; se, por qualquer motivo, ocorrer involuntariamente um re-aquecimento, quebrando a “cadeia do frio”, muitos dos benefícios trazidos pelo resfriamento serão perdidos. Um dos problemas certamente encontrados é a condensação de água na superfície de frutas e hortaliças ao sair da cadeia do frio, pois essa umidade na superfície, associada à elevação da temperatura, acelera a atividade de microorganismos, ocasionando a deterioração do produto.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), também as perdas de água, entre 3% e 6%, são suficientes para causar redução na qualidade de muitos produtos, enquanto que outros, mesmo perdendo 10% ou mais de umidade, ainda são comercializáveis. A perda de água é maior durante as primeiras horas ou dias de armazenamento, quando o produto ainda está sendo resfriado. Quanto mais longo for o período para o resfriamento do produto, maior será a sua perda de água. A temperatura também tem influência direta sobre a pressão de vapor e conseqüentemente sobre a perda de água.

Especificamente no caso do tomate para exportação, GAYET *et al.* (1995) retratam que, logo depois de embalado nas caixas, o produto é levado imediatamente para a câmara de

refrigeração, onde é submetido a um resfriamento rápido, uma das soluções para evitar perdas tanto de massa (perda de água) como a perda de qualidade (murchamento, enrugamento, perda de textura etc). Esta é uma prática comum em outros países, uma vez que um carregamento pode levar de quatro a cinco dias para chegar nos pontos de consumo, e então o produto ali recebido chega em perfeitas condições para a sua comercialização.

Existem, atualmente desenvolvidos, quatro métodos de remoção rápida do calor dos produtos hortícolas, dependendo do meio refrigerante (ar, água, gelo e vácuo) utilizado no resfriamento rápido, além do sistema de câmaras refrigeradas convencionais, que não é um método tão rápido de resfriamento quanto os demais (ASHRAE, 1994a).

3.6.1. Resfriamento em câmara fria

De acordo com CORTEZ & LEAL (1998), o método mais comum de resfriamento é o método denominado resfriamento em câmara fria (*“room cooling”*), que apresenta simplicidade de operação, porém não se trata propriamente de um método de resfriamento rápido, o que pode causar problemas, conforme o caso. A vantagem do resfriamento em câmara fria é que o produto pode ser resfriado e armazenado sem a necessidade de manuseios adicionais, que são exigidos em outros métodos que requerem um resfriamento rápido. Esta vantagem, naturalmente, é anulada quando se faz necessário tornar mais eficiente o espaço útil de estocagem, havendo assim a necessidade de estar promovendo o remanuseio do produto. O uso de câmaras de refrigeração é mais comum para produtos que necessitam de um longo tempo de vida de armazenagem, sob temperatura controlada, tais como batata doce, citrus e maçãs.

Para KADER (1992), o resfriamento em câmara fria também é adequado para produtos que são comercializados imediatamente após a colheita, ou para aqueles que são armazenados sem embalagem, ou ainda para aqueles produtos que requeiram tão-somente temperaturas amenas de resfriamento. O autor apresenta como desvantagem a questão de o sistema ser muito lento para a maioria dos produtos hortícolas, trazendo como consequência um aumento na velocidade de deterioração, no caso de produtos que são altamente perecíveis; além disso, baixas velocidades de refrigeração ocasionam uma perda excessiva de água, comprometendo a qualidade do produto.

Segundo CORTEZ & LEAL (1998), também é prejudicial o fato de que para grandes cargas pode haver um resfriamento desuniforme, com parte do produto permanecendo fria enquanto parte permanece quente, permitindo que haja a ocorrência de condensação. Para evitar isso, recomenda-se aumentar a velocidade de circulação do ar através das embalagens.

Segundo NEVES FILHO (1998), cada sistema frigorífico é projetado para um determinado fim, e em cada caso a carga térmica (quantidade de calor a ser removido do produto e da câmara refrigerada, a fim de produzir e manter as condições de temperatura desejada) a ser retirada pelo equipamento, em um certo período de tempo, deve ser conhecida. Ou seja, quando o produto é resfriado ou congelado deve-se projetar uma carga térmica formada basicamente pela retirada de calor do produto, de forma a reduzir sua temperatura até o nível desejado. Já na estocagem isto é função do isolamento térmico, como a frequência de abertura de porta, iluminação adequada, funcionamento otimizado do trânsito de pessoas e do posicionamento dos motores. No caso de frutas e hortaliças deve-se também levar em consideração o calor de respiração, dado que o material ainda continua vivo, e se modifica, em função da temperatura. Quanto mais baixa for a temperatura ambiente na qual o produto chega para ser estocado, menor será a carga térmica requerida pela câmara.

Como a necessidade de carga térmica para resfriamento é várias vezes superior à carga térmica para estocagem, um sistema dimensionado apenas para este último caso não consegue resfriar o produto num tempo razoável. Isso leva a uma deterioração rápida do produto, que respira mais do que deveria, esquentando regiões da câmara em que o ar frio demora mais a acessar para a remoção do calor. Portanto, é muito importante a prática do resfriamento rápido, que possibilita colocar o produto na câmara próximo da temperatura recomendada (CORTEZ & LEAL, 1998).

3.6.2. Resfriamento com ar forçado

É o método de resfriamento rápido mais conhecido, além de ser bastante simples, realizado no interior de uma câmara fria. O objetivo principal do resfriamento rápido é proporcionar uma rápida retirada do “calor do campo”, logo após a colheita, o que o difere muito do sistema convencional, em que o produto é colocado diretamente em câmaras de armazenagem, como no caso daqueles produtos cuja comercialização se processa imediatamente. Neste método, o produto é disposto de forma a permitir a circulação do ar frio

entre os *pallets* (empilhamento de caixas formando uma unidade), em que o tempo de resfriamento é função da forma de distribuição das caixas e da sua área de abertura, além das características do produto, da temperatura, da umidade e da velocidade do ar através do produto, que também afetam a sua eficiência (NEVES FILHO *et al.*, 2000).

De acordo ainda com CORTEZ & LEAL (1998), o método consiste em colocar as embalagens com o produto dentro de uma estrutura forrada com uma lona térmica, no extremo da qual funciona um ventilador. O ventilador trabalha como exaustor, provocando um fluxo de ar forçado através dos produtos contidos nas embalagens e desta forma, o ar que passa através das embalagens no interior do túnel formado é o ar frio que sai do evaporador, diminuindo o tempo de resfriamento. Este método é efetivo para uma grande variedade de frutas e hortaliças (Figura 3.1).

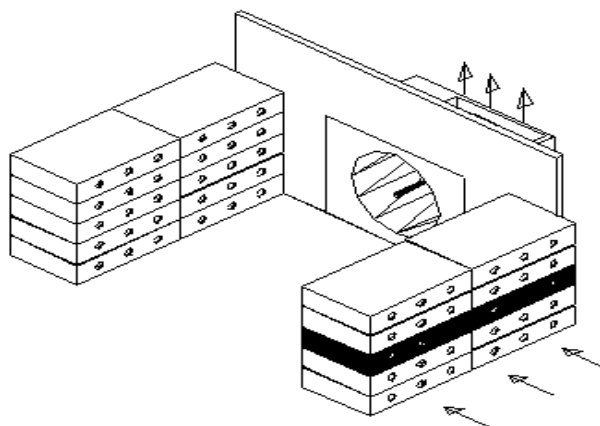


Figura 3.1. Sistema de resfriamento rápido com ar forçado (Fonte: TERUEL, 2003)

NEVES FILHO *et al.* (2000) apresentam como vantagens deste método a menor manipulação do produto, além de permitir taxas de resfriamento extremamente altas. O sistema por circulação forçada de ar reduz de 1/4 a 1/8 o tempo de refrigeração exigido pelas câmaras convencionais, mas aumenta de 2 a 3 vezes o tempo de refrigeração quando comparado, por exemplo, com o processo que utiliza água fria. De acordo com TERUEL *et al.* (2001), em um estudo comparativo entre estes três sistemas citados (resfriamento com ar forçado, com água gelada e em câmara convencional), confirmou, para a laranja da cultivar ‘Valência’, a eficiência primeiramente do resfriamento com água, seguido do sistema que

utiliza ar forçado, relatando que as câmaras convencionais devem ser usadas apenas para a estocagem e a manutenção da temperatura de resfriamento desejada.

Segundo CORTEZ & LEAL (1998), uma outra vantagem a ser citada no resfriamento com ar forçado é o fato de o movimento de ar ser sempre na direção do ar frio para o produto quente, evitando assim que ocorra a condensação de água sobre o produto, o que é comum no sistema de câmara fria convencional, além do fato de poder utilizar ou adaptar as câmaras frias convencionais para fazer o resfriamento rápido a custos reduzidos.

3.7. Dano pelo frio

Segundo ASHRAE (1994b), principalmente as plantas tropicais e subtropicais exibem disfunção fisiológica evidente quando expostas a baixas temperaturas (acima do ponto de congelamento), sendo isso mais comum na faixa de temperatura que vai de 0°C a 10°C. Nestas temperaturas os vegetais tornam-se enfraquecidos e incapazes de manter os processos metabólicos normais. Esta disfunção refere-se ao dano pelo frio (*chilling injury*) e tem sido de grande interesse há vários anos, uma vez que baixas temperaturas de armazenagem são um meio eficiente para estender a vida pós-colheita de frutas e vegetais.

De acordo com Molish (citado por LYONS, 1973), vários estudos demonstram que um número significativo de plantas são mortas a baixas temperaturas, próximas ao ponto de congelamento. Ele sugeriu que este dano fisiológico devesse ser referido como *chilling injury* (dano pelo frio) para diferenciá-lo dos danos por congelamento. Espécies de plantas sensíveis a danos pelo frio assemelham-se por ter uma reação semelhante a baixas temperaturas, que freqüentemente situam-se a baixo de 10°C ou 12°C. Esta generalização não é aplicada em todos os casos, contudo, pois várias espécies têm algum tipo de tolerância na sua região de origem. Por exemplo, as menores temperaturas-limites estão entre 0°C e 4°C para frutas temperadas, tal como a maçã. Para frutas subtropicais, como por exemplo citros, abacate e pepino, as temperaturas-limites estão em torno de 8°C, e para as demais frutas tropicais, como a banana e o tomate, a temperatura-limite está em torno de 12°C.

Os sintomas do dano pelo frio variam com o tecido da planta e a severidade da injúria, e usualmente os sintomas se desenvolvem mais rapidamente se o tecido é transferido para uma temperatura *non-chilling*, normalmente uma temperatura acima da temperatura-limite para cada produto. Embora o dano pelo frio tenha sido reconhecido desde muitos anos,

a sua severidade é difícil de ser definida quantitativamente, estimando-se a sua existência qualitativamente através de observações visuais (LYONS, 1973).

O dano pelo frio é função da temperatura e do período de exposição. Os sintomas mais comuns envolvem: depressões na superfície (*pitting*), descoloração interna, falha no amadurecimento, inibição do amadurecimento, colapso dos tecidos, aumento na susceptibilidade a doenças, e qualidade reduzida. O dano pelo frio também é acompanhado por muitas mudanças bioquímicas e é o responsável pelas restrições no uso de armazenamento a frio de produtos tropicais perecíveis. O *pitting* (manchas na pele) é um dos primeiros sintomas do dano pelo frio, cuja severidade depende não só do grau da injúria, como também da umidade relativa da atmosfera. As depressões na superfície do produto ocorrem, mais rapidamente, sob baixos valores de umidade relativa, devido à perda mais rápida de umidade pelas células injuriadas. A dessecação resulta no colapso dessas células, com formação de depressões. Com o progresso da desordem, as depressões podem coalescer e formar grandes áreas sombreadas (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Tomates são sensíveis ao frio e danificados a baixas temperaturas, sendo que a sua temperatura crítica situa-se em torno de 12°C. Os frutos de tomate são particularmente suscetíveis ao dano pelo frio no estágio verde-maduro, quando eles são normalmente colhidos e comercializados. O dano pelo frio no tomate usualmente não é visível a temperaturas-límites, mas se expressa depois que os frutos são expostos à temperatura de amadurecimento, geralmente em torno de 20°C. A suscetibilidade do fruto do tomate ao dano pelo frio varia com a cultivar, o estágio de maturação, e a época da colheita durante o ano (SALTVEIT Jr & CABRERA, 1987).

Para GAYET *et al.* (1995), tomates verdes, porém fisiologicamente maduros, podem ser armazenados na faixa de 12°C a 13°C por até três semanas sem sofrer danos; tomates com 30% de amadurecimento permanecem em boas condições de comercialização se armazenados a temperaturas entre 10°C e 12°C durante duas semanas; e tomates completamente maduros assim se conservam por até oito dias, caso mantidos a temperaturas entre 8°C e 10°C. Segundo estes mesmos autores, tomates verdes mantidos a temperaturas entre 5°C e 7°C durante uma semana, quando são colocados à temperatura ambiente de 25°C dão mostras de diminuição da clorofila e do ácido ascórbico (vitamina C), bem como exibem alteração na síntese de licopeno, além de exibir danos fisiológicos (efeito *chilling*) causados pelo frio, sob a forma de

enfraquecimento e de manchas marrons que se convertem em pontos vulneráveis à podridão por *Alternaria*, à podridão mole bacteriana, e à necrose bacteriana.

KADER (1992) relata que, quando os tomates são submetidos a temperaturas que ocasionam o dano pelo frio, pode ocorrer uma perda de resistência contra uma possível infestação por *Alternaria*, independentemente da presença ou não dos danos causados pelo frio. Este fato ocorreu em trabalho descrito por CASTRO (2000), em que a autora relata que a razão principal para a ocorrência de fungos, em 80% dos frutos de tomate da cultivar Carmen e em 60% dos frutos da cultivar Santa Clara, foi o dano pelo frio, observado um dia após os mesmos terem sido submetidos a temperatura ambiente, seguido de 16 dias de armazenamento a 7°C.

De acordo com SALTVEIT Jr. & CABRERA (1987), tomates resfriados a temperaturas de *chilling* exibem amadurecimento lento e anormal, aumento na suscetibilidade a doenças, e aumento na taxa de respiração e na produção de etileno. Nos trabalhos de ARTÉS & ESCRICHE (1994), os sintomas do dano pelo frio nos tomates verde-maduros foram identificados por meio de pontos de necrose na superfície, amadurecimento desigual ou falha no amadurecimento, e um aumento no desenvolvimento de fungos contaminantes, depois que o produto foi transferido à temperatura de 20°C, ocasião em que mais se manifestaram os danos causados.

Os principais meios utilizados para tentar minimizar os danos pelo frio são: o aquecimento intermitente, o armazenamento sob atmosfera controlada, o abaixamento da umidade relativa, o pré-tratamento com cálcio ou etileno, o uso de ceras para cobertura da superfície, a manipulação genética, além do fato de simplesmente evitar-se a exposição do produto a temperaturas críticas, entre outros. Dentre todos, o escolhido para o presente estudo foi o aquecimento intermitente, cujas principais características são apresentadas a seguir (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

3.8. Aquecimento intermitente

O aquecimento intermitente é um tratamento que consiste na interrupção da temperatura baixa de armazenamento, por um ou mais períodos, nos quais o produto é submetido a temperaturas altas (>25°C) ou moderadas (15-20°C), retornando posteriormente à

temperatura baixa de estocagem. Este tratamento tem como objetivo reduzir os distúrbios causados por baixas temperaturas, especificamente o dano pelo frio (WANG, 1994).

Algumas pesquisas têm demonstrado que injúrias por baixas temperaturas em maçãs, por exemplo, podem ser reduzidas pelo abaixamento da umidade relativa do ar durante a armazenagem a frio. Este efeito tem sido atribuído à perda acelerada de produtos voláteis, em especial o acetato. Esta hipótese pode ser estendida para se interpretar os efeitos benéficos do aquecimento intermitente, ou seja, pode-se dizer que esse período de altas temperaturas promove uma dispersão de compostos voláteis que têm efeitos tóxicos no interior da célula (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

As respostas dos frutos submetidos ao aquecimento intermitente, para WANG (1994) e LYONS (1973), podem ser: o aumento da atividade metabólica durante o aquecimento, que permite ao tecido do fruto metabolizar o excesso de substâncias tóxicas acumulada durante o resfriamento; a restauração de possíveis danos ocorridos nas membranas, organelas ou rotas metabólicas durante o resfriamento; o restabelecimento de alguma substância que foi esgotada ou impedida de ser sintetizada durante o resfriamento; e o aumento da síntese de ácidos graxos polinsaturados, que protegem as membranas dos danos devidos ao resfriamento. Assim, o dano pelo frio pode ser evitado em muitos tecidos se eles retornarem para uma temperatura elevada antes que ocorram mudanças degenerativas no produto.

Segundo FERNÁNDEZ-TRUJILLO & ARTÉS (1998), a redução na emissão do etileno observado na estocagem convencional refrigerada de frutas suporta a hipótese de que o sistema de síntese de etileno é prejudicado durante o período de latência do dano pelo frio. Os autores observaram também que o pico transitório na atividade respiratória, durante o aquecimento intermitente de pêssegos depois de 12 horas mantidos a 20°C, está provavelmente associado com a restauração do metabolismo normal, o que expande a sua vida-de-prateleira e faz com que as frutas mantenham a cor e o sabor originais, ainda que às custas de um ligeiro aumento na senescência dos frutos. Para os mesmos autores, o uso de atmosfera controlada, em combinação com o aquecimento intermitente, têm-se mostrado eficientes para limitar os danos pelo frio e estender a vida-de-prateleira de frutas e hortaliças.

Frutos de tomates verde-maduros e no início do amadurecimento foram estocados a 6°C, 9°C e 12°C continuamente por 28 dias, além de serem submetidos respectivamente a aquecimentos intermitentes de 1 dia a 20°C toda semana. Todos os tratamentos foram seguidos

de um período de amadurecimento pós-estocagem, de 4 dias a 20°C, ao final do qual realizou-se uma nova avaliação. Nos tomates de ambos os estágios de maturidade, o aquecimento intermitente durante quatro ciclos de seis dias a 9°C e um dia a 20°C, eliminou em grande parte o risco do dano pelo frio e reduziu o risco de deterioração, realçando a cor da superfície e diminuindo as perdas de firmeza, quando comparados com a estocagem contínua a 9°C, resultando na mais baixa perda total ao final da estocagem e ao final do amadurecimento pós-estocagem (ARTÉS & ESCRICHE, 1994).

Em trabalho semelhante, porém com tomates maduros do tipo “longa vida”, ARTÉS *et al.* (1998) mostraram que o aquecimento intermitente também apresentou vantagens na cor e estimulou o amadurecimento, quando comparado com a estocagem contínua a 6°C e a 9°C. Ao final da estocagem refrigerada, e depois do amadurecimento pós-estocagem, não houve mudança significativa no conteúdo inicial de sólidos solúveis e apenas uma leve redução na acidez titulável, em resposta ao tratamento. Estes resultados indicam que o comportamento fisiológico, tanto de plantas híbridas de tomates convencionais como das cultivares do tipo “longa vida”, foram semelhantes sob iguais temperaturas de estocagem intermitente.

Segundo KLUGE *et al.* (1998a), frutos de tomate no estágio maduro (totalmente vermelhos e firmes) da cultivar ‘Santa Clara’ foram mantidos a 5°C durante 28 dias continuamente (controle) ou aquecidos por 24, 48, 72, ou 96 horas a 25°C, após dez dias de armazenamento a 5°C. Os frutos armazenados continuamente a 5°C e os aquecidos por 24 ou 48 horas apresentaram depressões superficiais e podridões significativamente superiores aos frutos aquecidos por 72 horas, além de coloração menos intensa. Já nos frutos aquecidos por 96 horas não ocorreram danos devido ao resfriamento. Em relação à firmeza da polpa e ao teor de sólidos solúveis, não houve diferença significativa para frutos aquecidos ou não, enquanto a perda de peso total (referente ao período de estocagem, mais 3 dias de comercialização simulada) foi maior nos frutos aquecidos por 72 ou 96 horas, se comparada aos frutos aquecidos por 24 horas e aos não aquecidos.

Segundo HAKIM *et al.* (1995), tomates em diferentes estágios de amadurecimento foram submetidos a tratamentos com altas temperaturas antes da estocagem refrigerada a 2°C por seis semanas, e comparados com frutos do controle (sem aquecimento). Ambos os tratamentos foram avaliados ao final da estocagem (ou depois de transferidos a 25°C) em termos da mudança na cor, danos pelo frio visíveis, taxa de CO₂ e produção de etileno. Os

frutos do controle mostraram mais sensibilidade ao dano pelo frio e se tornaram vermelhos mais lentamente do que os frutos aquecidos. Também foi observado que os frutos verde-maduros apresentaram a mais alta injúria pelo frio, e a maior produção de etileno e de CO₂, enquanto os frutos vermelhos (totalmente maduros) mostraram menos sensibilidade ao frio, e a mais baixa produção de etileno e de CO₂. Portanto, a sensibilidade ao dano pelo frio diminuiu gradualmente a partir dos frutos verde-maduros para os totalmente maduros.

LURIE & SABEHAT (1997) mostraram que o resfriamento gradual na temperatura de estocagem até 2°C, e o tratamento com temperaturas quentes (períodos curtos a 38°C), antes da estocagem refrigerada, preveniu a injúria pelo frio em tomates verde-maduros.

De acordo com McDONALD *et al.* (1999) e BRECHT *et al.* (1999), tratamentos com água quente antes da estocagem refrigerada puderam reduzir a incidência da deterioração e inibir a sensibilidade aos danos pelo frio, com um mínimo de efeitos adversos na qualidade dos frutos de tomate.

WHITAKER (1994) mostra que frutos de tomate submetidos a tratamento quente (3 dias a 38°C), antes da estocagem refrigerada a 5°C por 20 dias, apresentaram maior sensibilidade ao dano pelo frio e amadureceram mais lentamente do que o tratamento controle, em que os frutos foram mantidos por 3 dias a 20°C sob a mesma condição de estocagem posterior. Portanto, o autor conclui que, sob certas condições, o tratamento quente em frutos de tomate pode não reduzir o dano pelo frio tanto quanto um amadurecimento parcial, por exemplo.

Para KLUGE *et al.* (1998b) o aquecimento intermitente, de uma maneira geral, reduziu os danos pelo frio em pimentões, berinjelas e quiabos. Entretanto, também provocou efeito negativo, como o aumento generalizado nas perdas de massa dos frutos, ocorrido principalmente em pimentões e quiabos. Segundo esses autores, ainda não é possível recomendar o uso do aquecimento intermitente para os produtos avaliados.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), e trabalhos citados por FERNANDÉZ-TRUJILLO & ARTÉS (1998), mostram que o uso do aquecimento intermitente durante o armazenamento refrigerado com pêssegos apresentou problemas sérios quando tal técnica foi aplicada em escala comercial, ocasionando a perda de firmeza das frutas, sintomas de senescência e injúrias na casca (rachadura, descoloração e subseqüentes ataques de fungos). Os autores sublinham que os parâmetros para a realização do aquecimento intermitente

necessitam de métodos eficientes para evitar a condensação de água, que é um dos principais problemas desta técnica. Também para HOBSON (1981), aquecimentos cíclicos a 20°C durante a estocagem a 2°C de tomates verde-maduros, invariavelmente resultaram em perda de qualidade do produto.

De acordo com SALTVEIT Jr. & CABRERA (1987) e KLUGE *et al.* (1996), o sucesso do aquecimento intermitente depende de uma série de fatores, como o tipo de produto, a cultivar, o estágio de maturação e a temperatura na colheita, além do momento, duração, número de ciclos e temperaturas de aquecimento utilizadas.

3.9. Parâmetros de qualidade pós-colheita

Para maximizar a manutenção da qualidade de um produto, deve-se conhecer, e ser capaz de controlar, as condições sob as quais esse produto é produzido, armazenado, distribuído e disposto à venda. Estudos de armazenamento para prognosticar a vida-de-prateleira são parte essencial dos programas de desenvolvimento e manutenção da qualidade dos produtos. A vida-de-prateleira dos alimentos, bem como o seu sinônimo vida útil (ou *shelf life*, como é referida internacionalmente) tem sido definida de várias maneiras: por exemplo, o “Institute of Food Technology” define vida-de-prateleira como o período entre a produção de um produto alimentício e a sua compra no varejo, durante o qual o mesmo apresenta qualidade satisfatória (ALMEIDA & FARIA, 1997).

De acordo com Grierson e Kader (citado por NYALALA & WAINWRIGHT, 1998), critérios importantes de qualidade para os comerciantes de tomate incluem a aparência, a firmeza, o estágio de amadurecimento e a extensão da vida-de-prateleira. Enquanto os consumidores de países desenvolvidos consideram também de grande importância o sabor e o valor nutritivo do tomate, nos trópicos os distribuidores e consumidores de tomate geralmente dão mais importância às resistentes variedades de “longa vida” para consumo fresco, não se importando muito com outros atributos de qualidade.

De um modo abrangente, a qualidade pode ser definida como o conjunto das características que diferenciam os componentes individuais de um mesmo produto e que têm significância na determinação do grau de aceitação do comprador. A qualidade de frutos e hortaliças, na fase pós-colheita, dependem grandemente da tecnologia utilizada na cadeia de comercialização (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Segundo os mesmos autores, os atributos de qualidade dizem respeito à aparência, sabor, aroma, textura, valor nutritivo e segurança dos produtos. O grau de importância dos atributos individuais, ou do conjunto de alguns deles, depende dos interesses particulares de cada grupo. Os produtores dão prioridade à aparência, ou seja, presença de poucos defeitos, alto rendimento na produção, facilidade de colheita, transporte e resistência a doenças. Do mesmo modo, os geneticistas também têm maior interesse pela resistência a doenças, presença ou ausência de injúrias ou desordens fisiológicas. Por sua vez, os comerciantes e distribuidores têm a aparência como atributo mais importante, dando ênfase à firmeza e boa capacidade de armazenamento. Os consumidores visam a aparência e as características sensoriais, como cor, sabor-aroma (*flavor*) e textura. Quando destinados à industrialização, o interesse primário direciona-se principalmente para o rendimento da matéria-prima, em termos da sua transformação no produto final, que normalmente não possui a mesma exigência daquele que é consumido *in natura* (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

No caso de frutas e hortaliças destinadas ao consumo *in natura*, tem-se ainda o agravante de que suas qualidades não podem ser melhoradas, mas somente preservadas, e até um certo limite. Assim sendo, a proteção dos produtos hortifrutícolas deve começar no campo, especificamente no momento da colheita, e se estender até que sejam consumidos (SIGRIST 1998).

Segundo Grierson e Kader (citado por NYALALA e WAINWRIGHT, 1998), os atributos de qualidade dos tomates frescos podem ser determinados pela aparência (cor, aspectos visuais), firmeza, sabor e valor nutritivo. A aparência e a qualidade são os mais importantes atributos do ponto de vista do consumidor. Estes fatores são afetados pelo genótipo, ponto de colheita (estádio de maturidade) e sistemas de manejo pós-colheita.

O valor nutritivo é o atributo de qualidade menos considerado na cadeia de comercialização de frutos e hortaliças. Os programas de melhoramento genético para melhoria do valor nutritivo são de pouca valia para os produtores ou consumidores, porque não afetam nem a aparência e nem a qualidade comestível, ou seja: o sabor, o aroma e/ou textura (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

4. Material e Métodos

O trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa avaliou-se, através de parâmetros físico-químicos, qual o mais eficiente tratamento de refrigeração, tendo em vista a conservação pós-colheita do tomate ‘Débora’. Utilizando-se do melhor tratamento obtido na primeira etapa, avaliou-se, numa segunda etapa, a eficiência do método de aquecimento intermitente no controle dos danos causados pelo frio, juntamente com as alterações físico-químicas daí derivadas, quando comparado ao armazenamento contínuo, para duas temperaturas de estocagem, a 12°C e a 7°C (Figura 4.1).

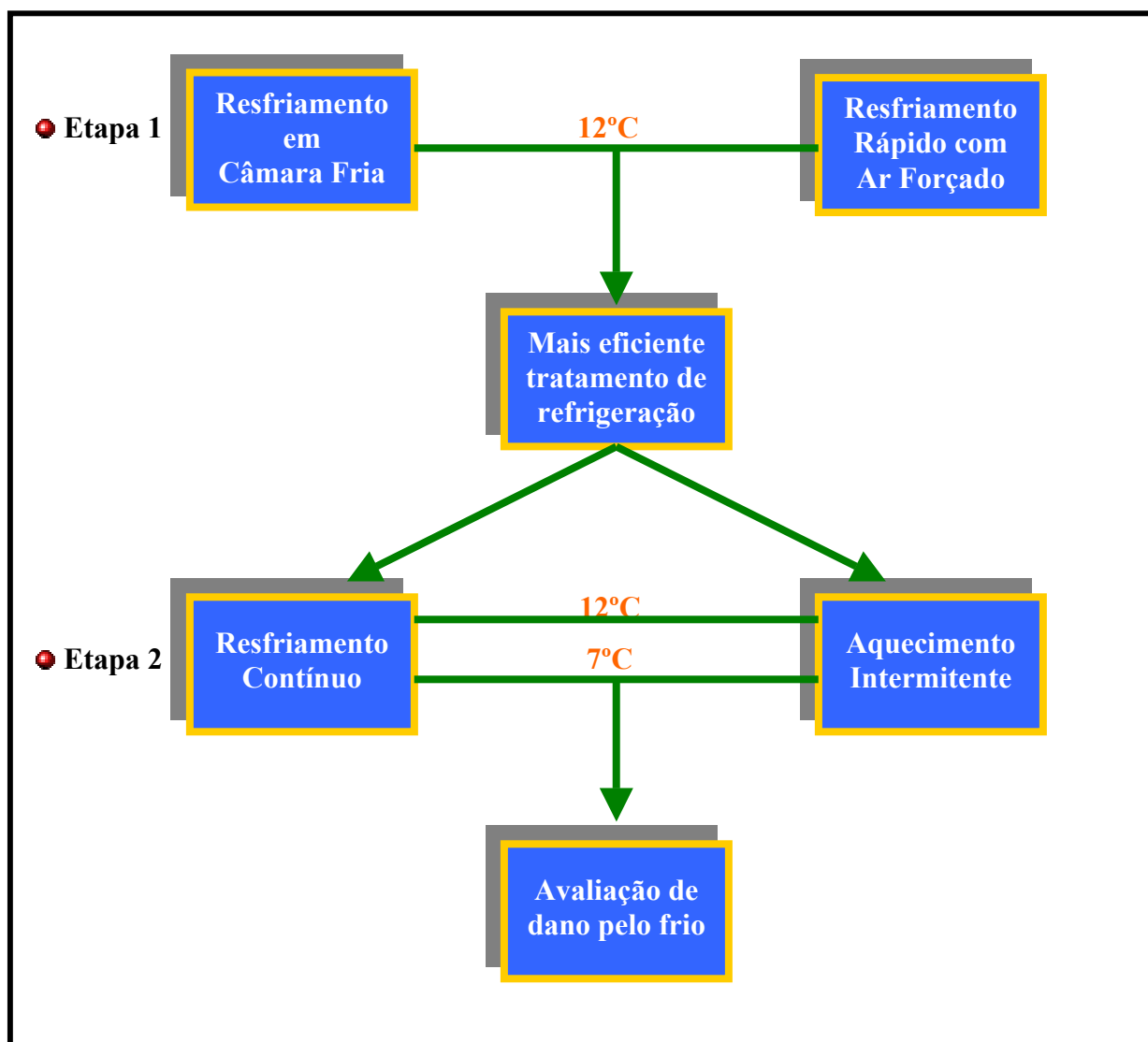


Figura 4.1. Representação esquemática dos procedimentos utilizados no trabalho

4.1. Etapa 1 – Conservação de tomate ‘Débora’, submetido a diferentes condições de resfriamento

Para essa primeira etapa, foram testados dois métodos de resfriamento para a cultivar ‘Débora’. O primeiro método utilizou-se de resfriamento em câmara fria para o armazenamento dos frutos, enquanto o segundo método utilizou-se de resfriamento rápido com ar forçado, seguido do armazenamento refrigerado. A partir dos resultados obtidos na avaliação de parâmetros de qualidade, através de análises físico-químicas, determinou-se qual o mais eficiente método de refrigeração para a conservação pós-colheita dos frutos.

4.1.1. Material vegetal

A escolha do tomate ‘Débora’ foi feita principalmente devido ao sabor dessa cultivar para o consumo *in natura*, parecendo ser esta uma característica que vem aumentando na preferência dos consumidores. É também uma das variedades mais cultivadas, porque apresenta alta produtividade e é resistente a várias doenças que acometem o tomateiro, como a murcha de verticílio, fusários e nematóides.



Figura 4.2. Cultivar ‘Débora’, grupo Santa Cruz, longa vida estrutural (Fonte: SAKATA, 1998)

Os frutos foram colhidos no estágio “salada”, de acordo com as Normas e Padrões do Ceagesp (ver item 4.5), levando-se em conta o ponto de colheita comercial. Procurou-se utilizar de um produto com bom padrão de qualidade, isento de injúrias e doenças, havendo para isso uma pré-seleção, ainda no campo, quando os frutos visivelmente danificados foram descartados.

Os frutos de tomate da cultivar ‘Débora’ foram provenientes da região de Campinas, tendo sido colhidos na Fazenda Santa Rita, no município de Mogi Guaçu – SP, em maio de 2002. Além de a região ser bastante representativa no que diz respeito à tomaticultura, isso

permitiu também que os frutos fossem colocados sob refrigeração duas horas após a sua colheita, devido à proximidade desta região produtora em relação à Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp.

Os tomates selecionados (isentos de injúrias e doenças) foram, ainda no campo, acondicionados nas próprias embalagens em que seriam refrigerados; caixas plásticas (560 x 360 x 310 mm) de 22kg e cada caixa acondicionou em média 150 frutos, sendo todas elas lavadas e esterilizadas previamente. Após o carregamento no veículo, todas as embalagens foram protegidas com lona plástica, a fim de evitar a exposição do produto à radiação solar direta durante o transporte. O material foi então transportado até o Laboratório de Termodinâmica e Energia da Faculdade de Engenharia Agrícola, na Unicamp/Campinas.

A colheita e o transporte ocorreram nas primeiras horas do dia, permitindo que o produto estivesse pronto para o experimento às 10:00 horas da manhã. No momento da chegada ao laboratório mediu-se a temperatura e umidade relativa do ar em torno do produto, com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Modelo MTH – 1360), aferindo-se então 23°C e 90% de UR, respectivamente.

4.1.2. Armazenagem

A escolha das caixas plásticas foi em função da utilização do tratamento de resfriamento rápido com ar forçado, em que se faz necessário que haja área de abertura suficiente para que a circulação do ar frio entre as caixas funcione de maneira eficiente, promovendo uma efetiva troca de calor entre o produto e o meio de resfriamento. Sendo assim, o mesmo tipo de embalagem foi utilizada para os dois tratamentos (resfriamento em câmara fria e resfriamento rápido com ar forçado), de modo que se obtivessem parâmetros uniformes para a comparação entre os mesmos.

As caixas foram levadas a câmaras frias distintas, de modo que isto ocorresse o mais rápido possível após a chegada ao laboratório, e então distribuídas para os seus respectivos tratamentos: (i) 12 caixas de tomate submetidas ao resfriamento em câmara fria convencional (Câmara fria); (ii) 12 caixas de tomate submetido ao resfriamento rápido com ar forçado, seguido da estocagem refrigerada (Ar forçado); e (iii) 3 caixas mantidas sob as condições do ambiente (Controle).



Figura 4.3. Método de resfriamento em câmara fria



Figura 4.4. Método de resfriamento rápido com ar forçado

Foram utilizadas 12 caixas plásticas dispostas em duas colunas de 6 caixas cada uma, para ambos os tratamentos de refrigeração.

As câmaras utilizadas nos experimentos são do tipo pré-fabricadas, da empresa São Rafael, com dimensões internas de 2,95m x 3,93m x 2,85m, conseqüentemente com volume interno de 33m³. O equipamento frigorífico de cada câmara é composto por um evaporador da marca Mc Quay, modelo FBA 190 RT, contendo quatro ventiladores, e uma unidade condensadora da mesma marca, modelo HSAD A225, com uma capacidade frigorífica de 4.440kcal/h. Para os dois tratamentos de resfriamento foi utilizada a temperatura recomendada de armazenagem para o tomate que, está na faixa de 12°C, de acordo com ASHRAE (1994).

O monitoramento da temperatura no interior das câmaras foi feito automaticamente através de termostatos inseridos em seu interior, sendo que a temperatura interna da câmara era lida através de um termômetro controlador no lado externo da mesma. A temperatura e a

umidade da câmara, para os dois tratamentos, foram programadas para se manter na faixa de 12°C, mantendo uma oscilação ao longo do experimento de $\pm 1^\circ\text{C}$, e com a umidade relativa do ar variando entre 90% a 95%. A temperatura e umidade do ar no ambiente também foi monitorada, através de um termômetro de mercúrio e um termo-higrômetro digital mantidos no local onde estavam armazenados os frutos controle, que, no período do experimento (27/maio a 12/junho), apresentou, em média, a temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar (UR) de 70-75%. A temperatura do produto foi medida usando termopares do tipo T (Cu-Co) interligados a um sistema de aquisição de dados por computador.

4.1.3. Análises físico-químicas

Os parâmetros de qualidade do tomate foram avaliados a partir das análises químicas e físicas realizadas no laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, incluindo firmeza, sólidos solúveis totais, vitamina C, pH, acidez total, índice de maturação (*ratio*) e cor. Os intervalos de tempo para estas avaliações foram a cada dois ou três dias para os três tratamentos (Ambiente, Câmara fria e Ar forçado), até o final da vida útil dos mesmos. Todas as análises químicas foram realizadas de acordo com o processo descrito por CARVALHO *et al.* (1990), no Manual Técnico de “Análises Químicas de Alimentos”, e pela Association of Official Analytical Chemistry, AOAC (1997).

4.1.3.1. Firmeza

A firmeza da polpa foi determinada com o auxílio de um penetrômetro manual, modelo Bishop FT 327, escala 0 a 13kg, com ponteira plana de diâmetro 8 mm, em três pontos equidistantes na porção equatorial de cada fruto, após a remoção de pequena porção da casca. Os resultados de firmeza foram expressos em Newton.

4.1.3.2. Sólidos solúveis

Para se determinar o °Brix (sólidos solúveis totais) o fruto foi triturado e o suco obtido foi então colocado no refratômetro tipo Abbe Refractometer, modelo 2WAJ, Shangai Optical Instrument Company (Hong Kong), segundo os procedimentos descritos no Manual Técnico “Análises Químicas de Alimentos” (CARVALHO *et al.* 1990).

4.1.3.3. Vitamina C

O teor de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g) foi determinado através do ácido L-ascórbico, uma vez que este é um composto com 100% de atividade de vitamina C. O método baseia-se na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico (HORWITZ, 1997).

4.1.3.4. pH

O pH foi determinado pelo método eletrométrico. O princípio do método baseia-se na determinação da concentração hidrogeniônica (pH) com o auxílio do potenciômetro. O potenciômetro utilizado nos experimentos foi um pHmetro “Microprocessor Bench-top HI 8417, Hanna Instruments, Italy”. A leitura do pH foi feita diretamente.

4.1.3.5. Acidez total

Para a determinação da acidez total, um dos métodos analíticos mais comuns é o que avalia a acidez titulável, que foi o utilizado. Para esta análise se fez necessário o uso de um potenciômetro, também seguindo os procedimentos de CARVALHO *et al.* (1990), em que a acidez é dada em gramas de ácido cítrico/100g de suco.

4.1.3.6. *Ratio*

Também foi calculada a relação entre o °Brix e a acidez total (*ratio*), utilizada para indicar o equilíbrio doce-ácido dos alimentos. A faixa de relação °Brix/Acidez total entre 12 a 18 indica um balanceamento organoléptico equilibrado. O resultado foi expresso em número puro, com uma casa decimal.

4.1.3.7. Perda de massa

Os frutos escolhidos foram devidamente marcados com o auxílio de uma etiqueta adesiva, a fim de que permanecessem os mesmos, a cada análise, ao longo de todo o período do experimento. O cálculo da perda de peso foi então realizado aplicando a equação que relaciona o peso inicial com o peso final: $[(P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}) / P_{\text{inicial}}] \times 100$, expresso em porcentagem, com P = peso do fruto em gramas. A balança utilizada foi a de fabricação da

empresa “Marte Balanças e Equipamentos”, modelo AS 1000C, com 0,01g de precisão, com 100g de carga máxima e 0,05g de carga mínima.

4.1.3.8. Cor

Os frutos de cada tratamento destinados às análises físico-químicas foram também avaliados quanto à sua coloração. Este parâmetro foi avaliado de maneira visual, de acordo com a classificação dos tomates quanto à cor, proposta no “Programa Horti&Fruti” da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CEAGESP, 1998).



Figura 4.5. Classificação de tomate quanto à cor (Fonte: CEAGESP, 1998)

4.1.4. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três tratamentos e cinco repetições para a análise até o 9º dia e com dois tratamentos e oito repetições para a análise do período todo (16 dias). Considerando que cada caixa representava uma parcela, ou uma unidade experimental, escolheu-se um fruto aleatoriamente em cada uma das três caixas sorteadas, constituindo a média dos seus valores como o dado final obtido, que foi analisado estatisticamente.

Todos os resultados obtidos, com exceção da cor, foram avaliados através da análise de variância, utilizando o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System). Nas determinações onde o teste F da Anova foi significativo, ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos, foi realizado o teste de Tukey com o objetivo de comparar as médias dos tratamentos, ao mesmo nível de significância.

4.2. Etapa 2 - Aquecimento intermitente para diminuir os danos causados pelo frio

A segunda etapa do experimento teve como objetivo estudar o efeito do tratamento de aquecimento intermitente sobre os danos causados nos tomates da cultivar ‘Débora’ quando mantidos a baixas temperaturas. Para a realização dessa segunda etapa, foi avaliado o efeito do aquecimento intermitente, quando comparado com o armazenamento contínuo, para duas temperaturas de estocagem, a 12°C e a 7°C.

4.2.1. Material vegetal

Foi utilizada a mesma matéria-prima descrita na primeira etapa do projeto: cultivar ‘Débora’, estágio de maturação “salada”, cuidados no transporte, embalagem, e frutos isentos de danos e injúrias. Para a realização dessa segunda etapa os frutos da cultivar ‘Débora’ foram provenientes da Fazenda Urutuba, no município de Estiva Gerbi, também localizado na região de Campinas – SP, tendo sido colhidos em agosto de 2002 para a realização do ensaio a 12°C e para o ensaio a temperatura de 7°C os frutos foram colhidos em outubro de 2002.

Os tomates, depois de colhidos e previamente selecionados (isentos de injúrias e doenças), foram transportados até o Laboratório de Termodinâmica e Energia da Unicamp, onde foram realizados os ensaios. Para esta etapa, a colheita e o transporte ocorreram nas primeiras horas do dia, permitindo que o produto fosse armazenado às 10:00 horas da manhã.

4.2.2. Aquecimento intermitente dos frutos

Após a chegada dos frutos ao laboratório de Termodinâmica e Energia da Unicamp as 12 caixas de tomate foram submetidas ao resfriamento rápido com ar forçado e estocadas continuamente a 12°C \pm 1°C ou a 7°C \pm 1°C, e 90% a 95% de umidade relativa. A temperatura do produto foi medida usando termopares do tipo T (Cu-Co) interligados a um sistema de aquisição de dados por computador.

Três caixas, das doze usadas no experimento, foram pré-determinadas para serem submetidas ao aquecimento intermitente (24°C) a cada seis dias de estocagem refrigerada. O aquecimento consistiu na colocação dos frutos em uma outra câmara, porém agora programada para manter a temperatura de 24°C \pm 1°C e com 80% de umidade relativa. O tratamento de aquecimento intermitente se deu em dois ciclos de um período de 10 horas a 24°C, a cada seis dias de estocagem refrigerada nas respectivas temperaturas.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: (i) frutos armazenados continuamente a 12°C ou a 7°C (controle); e (ii) dois ciclos de seis dias a 12°C ou a 7°C, mais um período de 10 horas, à temperatura controlada de 24°C.

4.2.3. Análise de dano pelo frio

Além das análises físico-químicas já referidas na primeira etapa do projeto, houve também a avaliação da incidência de dano pelo frio, através da construção de um “Índice de Dano” (ID), segundo uma escala subjetiva onde foram atribuídas notas para cada fruto, adotando-se a seguinte escala: 0 = ausência de danos; 1 = de 1% a 10 % da superfície do fruto afetado pelos danos; 2 = de 11% a 25 % de danos; 3 = de 25% a 50% de danos na superfície do fruto; e de 4 = de 51% a 100% de danos na superfície do fruto.

O “Índice de Dano” (ID) foi obtido através da média ponderada pelo número de frutos presentes em cada classe da escala de danos (KLUGE *et al.*, 1998a).

4.2.4. Análises Estatísticas

Para a avaliação dos atributos de qualidade (físico-químico), descritos anteriormente, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com dois tratamentos e cinco repetições. Os resultados obtidos foram avaliados através de análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System). Nas determinações onde o teste F da anova foi significativo, ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos, foi realizado o teste de Tukey com o objetivo de comparar as médias dos tratamentos, ao mesmo nível de significância.

Para a avaliação dos danos pelo frio aplicou-se o método estatístico do qui-quadrado. Neste caso do qui-quadrado, das 3 caixas utilizadas para as repetições do tratamento de aquecimento intermitente, uma delas foi escolhida para a contagem dos frutos segundo a escala descrita no item 4.2.3., enquanto que das 9 caixas restantes (tratamento de resfriamento contínuo) também uma foi escolhida para o mesmo procedimento. Desse modo, os cerca de 150 tomates em cada caixa foram classificados segundo a escala referida, de onde foi então possível a realização do teste não-paramétrico do qui-quadrado, que se baseou na frequência dos frutos que foram alocados em cada classe da escala.

5. Resultados e Discussão

5.1. Etapa 1 – Conservação de tomate ‘Débora’ submetido a diferentes condições de resfriamento

A análise feita primeiramente apresentou, com o auxílio de gráficos, o comportamento respectivo dos diversos atributos de qualidade dos frutos ao longo do tempo que durou o ensaio experimental, de acordo com os tratamentos a que estes foram submetidos. A seguir, valeu-se de análises estatísticas obtidas até o 9º dia do experimento para aqueles atributos, porque foi este o dia que se considerou que as condições de controle dadas pelo ambiente atingiram seu término, em termos de qualidade, no sentido de que a partir desta data os frutos não mais exibiriam um padrão adequado de consumo. O padrão mínimo de consumo considerado para o caso, mediante um processo simples de avaliação subjetiva, foi quando a maioria dos frutos atingia 100% de coloração “molho” (de acordo com as Normas e Padrões da CEAGESP), associado a uma elevada perda de firmeza, o que caracterizava o final da vida útil.

Além dos resultados para até o 9º dia (incluindo o ambiente), procedeu-se também a outra análise estatística, comparando agora apenas os diferentes tratamentos de refrigeração (resfriamento em câmara fria e resfriamento rápido com ar forçado), com a finalidade de se obter uma análise por um período mais prolongado do experimento.

Iniciando a análise pela firmeza, pôde-se observar, através da Figura 5.1, que para todos os tratamentos houve uma diminuição da firmeza dos frutos ao longo do período de estocagem, sendo que os frutos mantidos à temperatura ambiente apresentaram-se sempre com os valores mais baixos, seguidos dos estocados em câmara fria, e depois dos refrigerados com ar forçado. Isto mostrou a necessidade e importância do resfriamento rápido antes da estocagem em câmara convencional, ao invés do resfriamento em câmara fria sem a aplicação de nenhum método de resfriamento rápido.

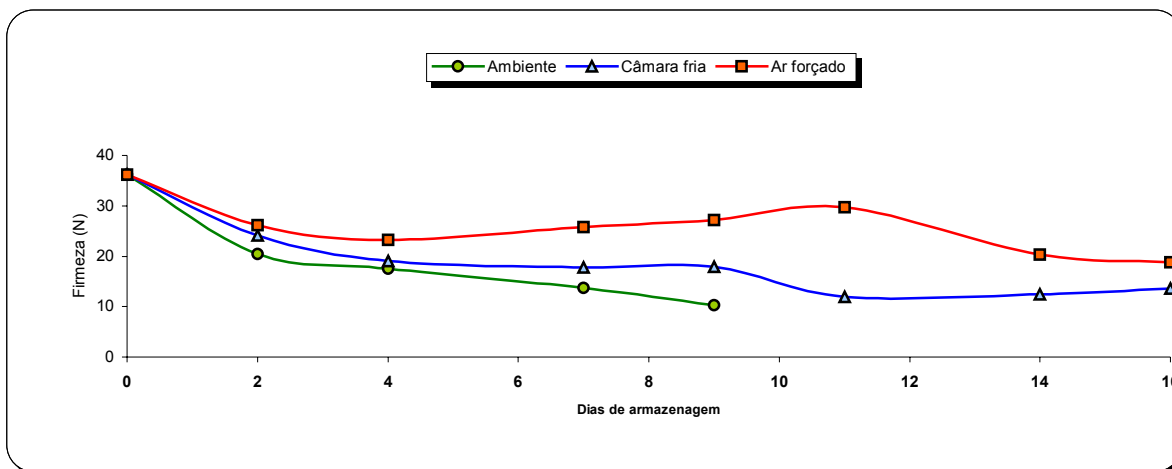


Figura 5.1. Variação de firmeza para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1

Complementando a análise, com o auxílio da Tabela 5.1, observou-se que, até o 9º dia de estocagem, os frutos submetidos ao resfriamento rápido pelo método de ar forçado apresentaram-se mais firmes, diferindo significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, dos frutos mantidos sob a condição ambiente (controle), porém não se distinguiram estatisticamente daqueles submetidos ao resfriamento em câmara fria, para o mesmo período. Verificou-se que, até o 9º dia, não houve diferença estatística significativa entre os frutos do controle (ambiente) com os frutos apenas estocados (câmara fria).

Quando se analisou o período todo, entretanto, os resultados mostraram que de fato houve uma diferença significativa entre os tratamentos de refrigeração (Tabela 5.2), o que não havia ocorrido até o 9º dia.

Tabela 5.1. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, até o 9º dia de estocagem refrigerada a 12°C

Tratamentos	Firmeza (N)	Sol.Solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg/100g)	pH (-)	Acidez (g/100g)	Ratio (-)
Ambiente	19,59 a ^{1/}	4,10 a	16,31 a	3,98 a	0,32 a	12,9 a
Câmara fria	23,02 ab	4,00 ab	17,71 b	3,95 ab	0,34 a	11,8 ab
Ar forçado	27,67 b	3,89 b	19,19 c	3,90 b	0,37 b	10,3 b

^{1/} Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Tabela 5.2. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 16 dias de estocagem refrigerada a 12°C

Tratamentos	Firmeza (N)	Sol.Solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg/100g)	pH (-)	Acidez (g/100g)	Ratio (-)
Câmara fria	19,13 a ^{1/}	4,11 a	17,45 a	3,97 a	0,31 a	12,8 a
Ar forçado	25,89 b	3,91 b	19,30 b	3,91 b	0,35 b	11,3 b

^{1/} Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

A avaliação dos teores de sólidos solúveis (Figura 5.2), mostrou que houve uma oscilação no seu comportamento para todos os tratamentos ao longo do experimento. Como o esperado, o teor de sólidos solúveis totais aumentou conforme o grau de amadurecimento. Os resultados obtidos mantiveram essa tendência ao menos naquilo que diz respeito aos tratamentos, já que o ambiente esteve sempre acima dos demais e o resfriamento rápido com ar forçado abaixo do resfriamento em câmara fria convencional.

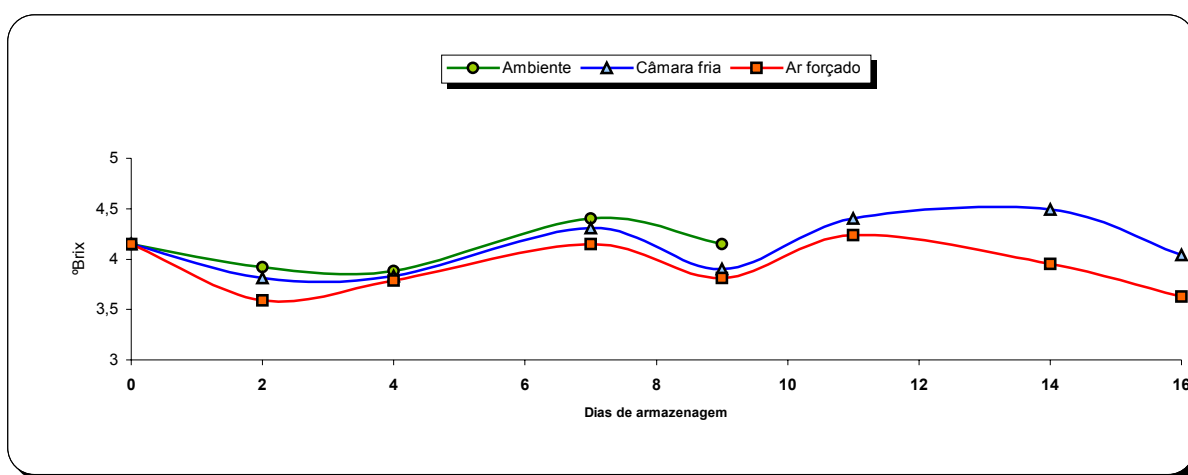


Figura 5.2. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1

Na complementação da análise através das estatísticas (Tabela 5.1), o resultado foi semelhante àquele descrito para o atributo firmeza, ou seja, até o 9º dia apenas o tratamento com ar forçado diferiu, ao nível de 5% de probabilidade, do ambiente, enquanto o tratamento de refrigeração em câmara fria não diferiu de nenhum dos outros dois tratamentos. O aspecto a ressaltar, novamente, é que, neste período, os tratamentos de refrigeração não diferiram entre

si, o que, entretanto, já ocorreu quando se considerou apenas estes dois tratamentos durante o período todo (Tabela 5.2).

Na avaliação da vitamina C, observou-se (Figura 5.3) que o tratamento com ar forçado superou os demais tratamentos, mantendo os níveis de vitamina C mais elevados, seguido da refrigeração em câmara fria, enquanto o ambiente perdeu progressivamente o teor de ácido ascórbico. Observou-se que todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, até o 9º dia de estocagem (Tabela 5.1), e que os tratamentos de refrigeração também diferiram entre si, quando se considerou o período todo (Tabela 5.2).

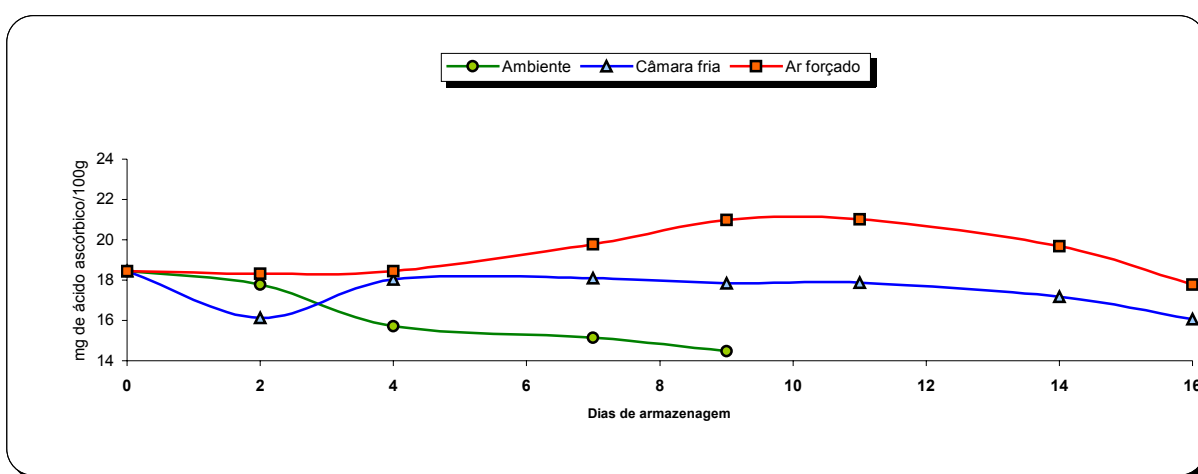


Figura 5.3. Variação de vitamina C para o tomate 'Débora' – Etapa 1

Os valores de pH dos frutos variaram de maneira pouco acentuada (Figura 5.4), ou seja, à medida que os frutos aumentavam a sua atividade metabólica e aceleravam o processo de amadurecimento, os valores do pH se mantiveram praticamente constantes, com ligeiro aumento em quase todos os tratamentos.

Entretanto, as análises estatísticas demonstraram, neste caso, um comportamento em tudo semelhante aos dois atributos anteriormente analisados (firmeza e sólidos solúveis), conforme se pode verificar nas Tabelas 5.1 e 5.2, ao nível de probabilidade estatística considerado.

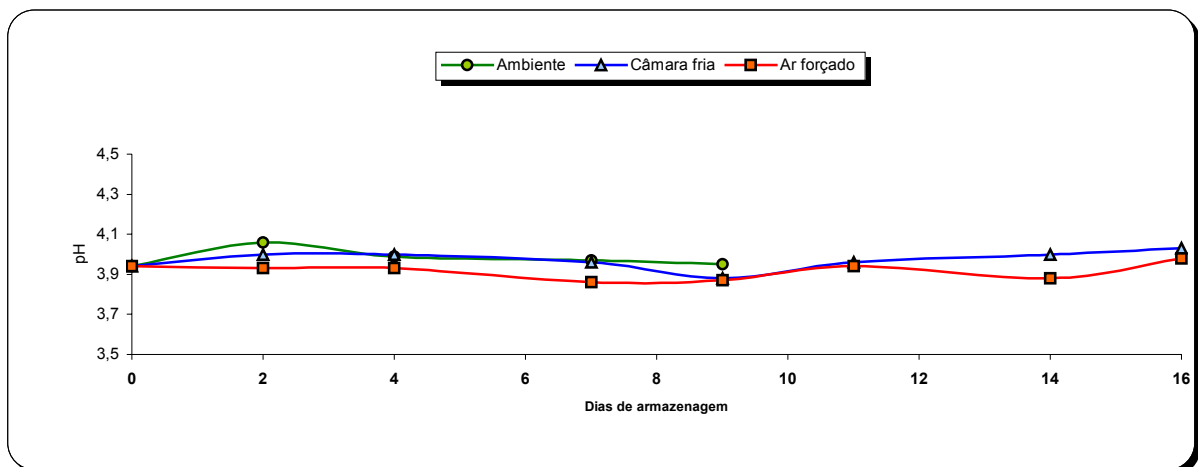


Figura 5.4. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1

Na avaliação do comportamento das alterações que ocorreram na acidez total, medida pelo teor de ácido cítrico encontrado nos frutos, ficou mais uma vez evidente a eficiência do tratamento de resfriamento rápido com ar forçado, no sentido de prolongar o período de conservação dos frutos, quando comparado com o método de resfriamento em câmara fria, e mais ainda com o tratamento controle, mantido sob condições ambientes (Figura 5.5).

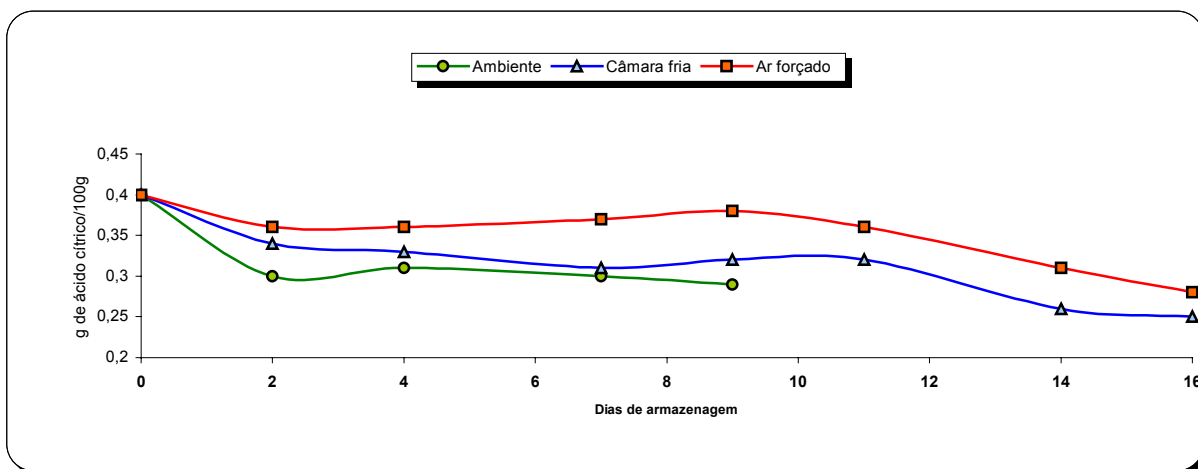


Figura 5.5. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1

De acordo com a Tabela 5.1, a análise estatística mostrou que, para o período de até o 9º dia, o tratamento com ar forçado diferiu do ambiente e do resfriamento em câmara fria, que não diferiram entre si, mostrando a maior sensibilidade deste parâmetro à análise estatística, em relação aos demais. Neste caso, a despeito daquilo que ocorreu até o 9º dia, no período todo (Tabela 5.2), também se seguiu o mesmo padrão dos demais atributos de qualidade já

analisados anteriormente, ou seja, os dois tratamentos de refrigeração diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a relação sólidos solúveis/acidez total, determinada pelo *ratio*, observou-se, de acordo com a Figura 5.6, que os valores dessa relação tenderam a aumentar com o processo de amadurecimento dos frutos. Com o auxílio da Tabela 5.1, para até o 9º dia de estocagem notou-se que os frutos submetidos aos dois tratamentos de resfriamento não diferiram significativamente entre si, mas o mesmo não ocorreu quando se analisou o comportamento entre ambos os tratamentos refrigerados para o período todo (Tabela 5.2). Além disso, viu-se que no período de até o 9º dia, o resfriamento com ar forçado diferiu do ambiente.

Note-se que, no caso do *ratio*, a análise estatística mostrou mais uma vez o padrão até o momento observado para os demais atributos de qualidade, já que o *ratio* trata da relação entre dois deles ($^{\circ}\text{Brix}/\text{Acidez}$), o que naturalmente explica o comportamento consistentemente homogêneo deste parâmetro em relação aos demais analisados.

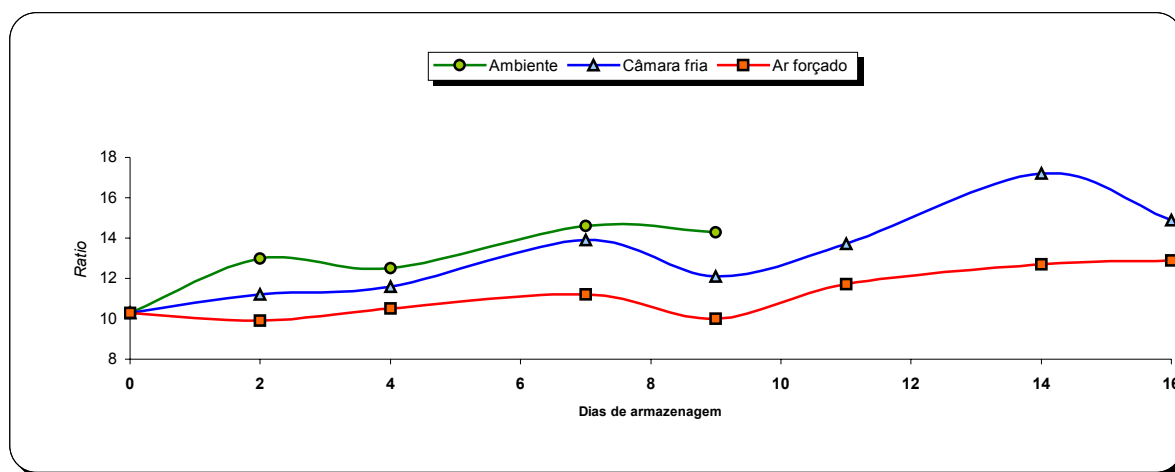


Figura 5.6. Variação de *ratio* para o tomate 'Débora' – Etapa 1

Os resultados obtidos na análise visual da cor (Figura 5.7) mostraram principalmente a eficiência no prolongamento da vida útil através da utilização da refrigeração nos frutos de tomate. Com esta análise pôde-se observar que os frutos controle, mantidos no ambiente, apresentaram a cor “molho” já no 7º dia após terem sido colhidos, enquanto que os frutos refrigerados a 12°C mantiveram-se até o final do experimento com a cor “vermelha”, chegando à cor “molho” apenas no 16º dia somente para os frutos estocados sem a aplicação do resfriamento rápido (Câmara Fria). Cabe enfatizar a diferença entre o tratamento com ar

forçado daquele apenas resfriado em câmara fria, pois o primeiro permaneceu mais tempo “colorido”, demorando mais para atingir o “vermelho”, não chegando a atingir a cor “molho”.

A questão da cor foi importante para, junto com a firmeza (neste caso também avaliada à parte do parâmetro estritamente técnico, conforme constatado nas análises anteriores, ou seja, à maneira de uma análise de sensibilidade), avaliar tanto a data final de duração dos tratamentos como para auxiliar nas análises qualitativas.

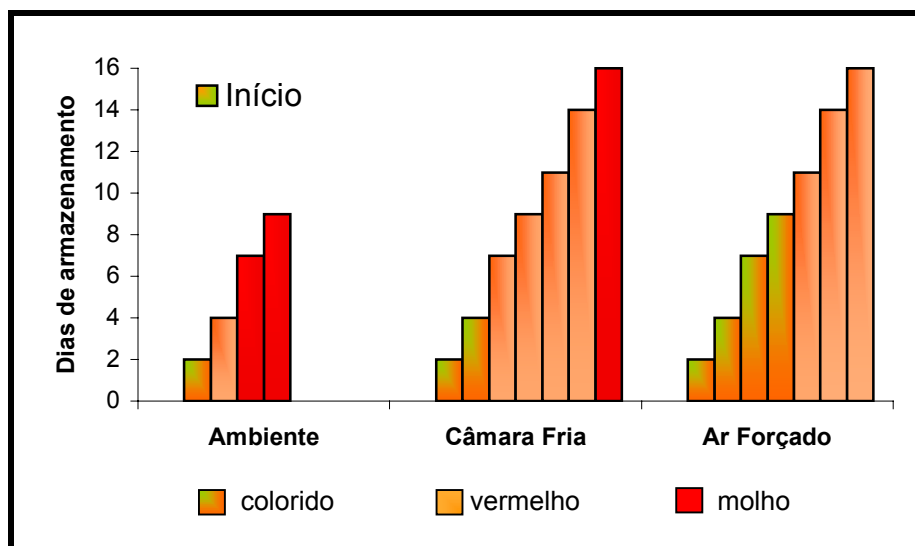


Figura 5.7. Variação de cor para o tomate ‘Débora’ – Etapa 1.

Deste modo, o melhor tratamento de refrigeração, em termos de conservação pós-colheita, que será escolhido para figurar na próxima etapa é o que combina resfriamento rápido com armazenamento. Tem-se a acrescentar que os parâmetros conseguidos confirmaram plenamente o esperado, no sentido de indicar o tratamento de resfriamento rápido como o de melhor eficiência na conservação pós-colheita dos frutos.

5.2. Etapa 2 - Aquecimento intermitente para diminuir os danos causados pelo frio

Na Etapa 2 analisou-se o controle do dano pelo frio por intermédio do tratamento de aquecimento intermitente, confrontado com o tratamento de resfriamento contínuo (controle), para 12°C e 7°C. Esta análise assemelha-se àquela realizada na Etapa 1, porém neste caso com as seguintes diferenças: (i) a inclusão dos itens “perda de peso” e “dano pelo frio”, além daqueles anteriormente contemplados; (ii) a exclusão do tratamento para o ambiente; e (iii) o

experimento foi estatisticamente avaliado a partir da aplicação do 1º ciclo de aquecimento intermitente, e não ao longo de todo período, sendo as análises laboratoriais feitas a cada 2 ou 3 dias.

5.2.1. Resultados para a temperatura de 12°C

Para a avaliação da firmeza, observou-se que, embora os frutos mantidos continuamente a 12°C tenham apresentado uma tendência de se mostrarem mais firmes que os frutos submetidos ao tratamento de aquecimento intermitente (Figura 5.8), isto não foi suficiente para criar uma diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 5.3).

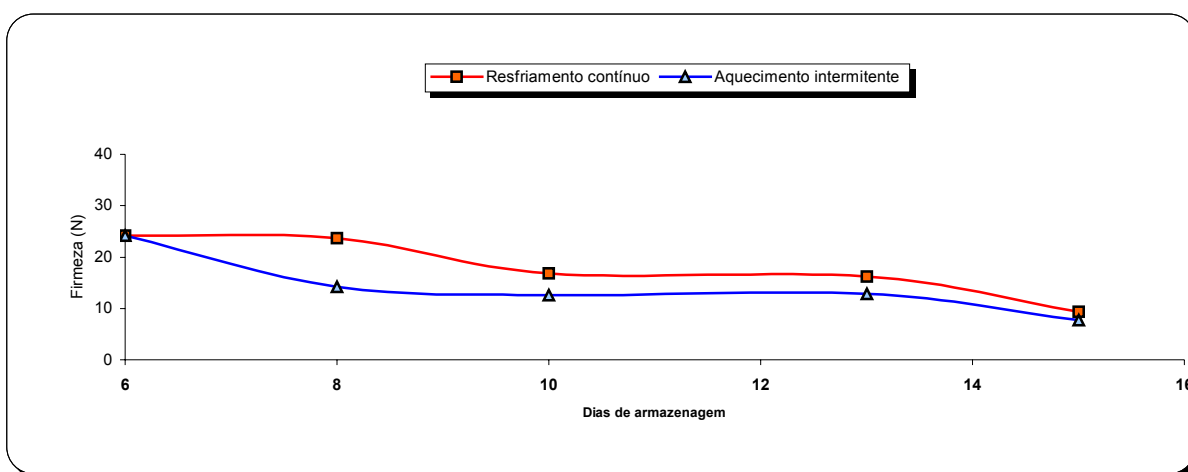


Figura 5.8. Variação de firmeza para o tomate 'Débora' – Etapa 2 (12°C)

Tabela 5.3. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 15 dias a 12°C para o resfriamento contínuo e para o aquecimento intermitente de 10 horas a 24°C a cada 6 dias de estocagem refrigerada

Tratamentos	Firmeza (N)	Sol.Solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg/100g)	pH (-)	Acidez (g/100g)	Ratio (-)	Perda de peso (%)
Resfriamento contínuo	18,05 a ^{1/}	4,24 a	14,17 a	4,01 a	0,31 a	13,5 a	0,80 a
Aquecimento intermitente	14,30 a	4,32 a	11,86 b	4,06 a	0,30 b	14,3 a	0,80 a

^{1/} Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Na avaliação dos teores de sólidos solúveis, observou-se (Figura 5.9) que, houve uma redução inicial no °Brix, tanto para os frutos armazenados continuamente como para os frutos submetidos ao aquecimento intermitente, com um aumento no 13º dia de estocagem, para estabilizar ao final ligeiramente abaixo do ponto de origem. Na Tabela 5.3, de acordo com as análises estatísticas, não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os dois tratamentos.

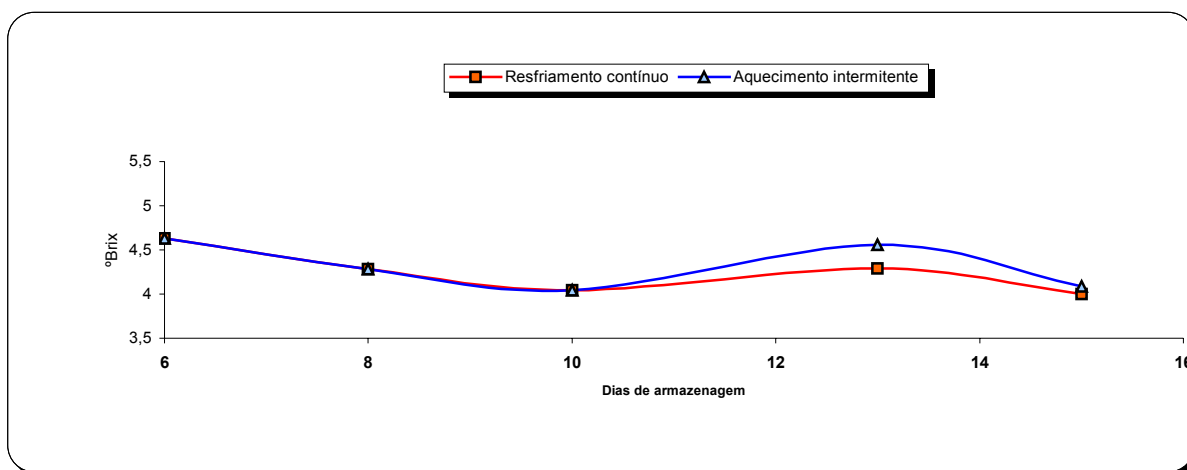


Figura 5.9. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

Para os teores de vitamina C nos frutos, pôde-se observar (Figura 5.10) que o tratamento de resfriamento contínuo se manteve sempre acima do tratamento de aquecimento

intermitente, possivelmente devido a perdas de vitamina C neste último tratamento citado, por causa da exposição a temperaturas mais elevadas. Em consequência, os resultados da análise estatística (Tabela 5.3) revelaram uma diferença significativa entre os tratamentos.

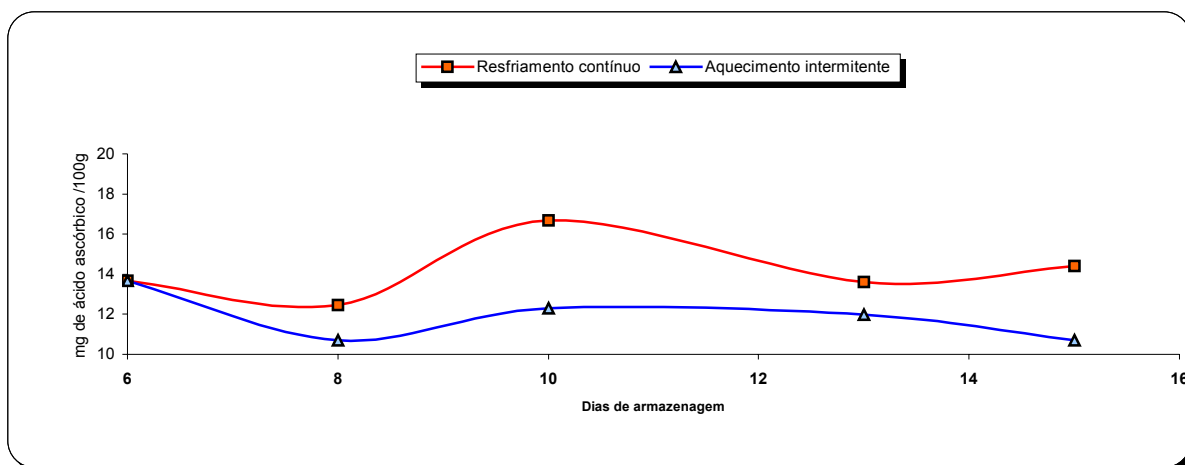


Figura 5.10. Variação de vitamina C para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

Na avaliação do pH (Figura 5.11), notou-se que a variação do comportamento para ambos os tratamentos foram semelhantes, com uma queda no 8º dia de estocagem, e daí um posterior aumento nos seus valores, sendo estes maiores para os frutos aquecidos. Porém, de acordo com a Tabela 5.3, não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para esse parâmetro avaliado.

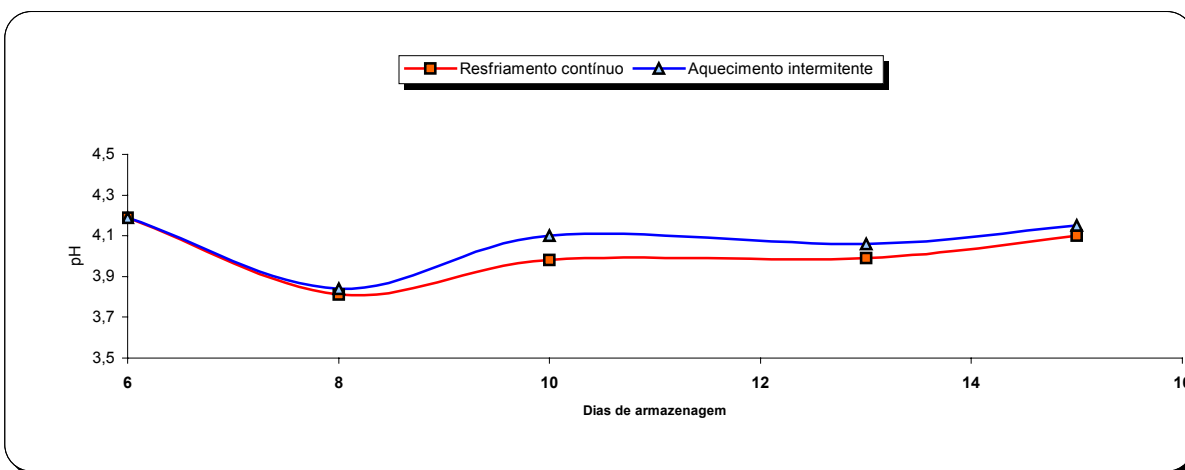


Figura 5.11. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

O conteúdo de ácido cítrico, que mede a acidez total, foi relativamente constante para os dois tratamentos, com o tratamento de resfriamento contínuo sempre um pouco acima (Figura 5.12). No entanto, a análise estatística, ao nível de 5% de probabilidade, mostrou que houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5.3).

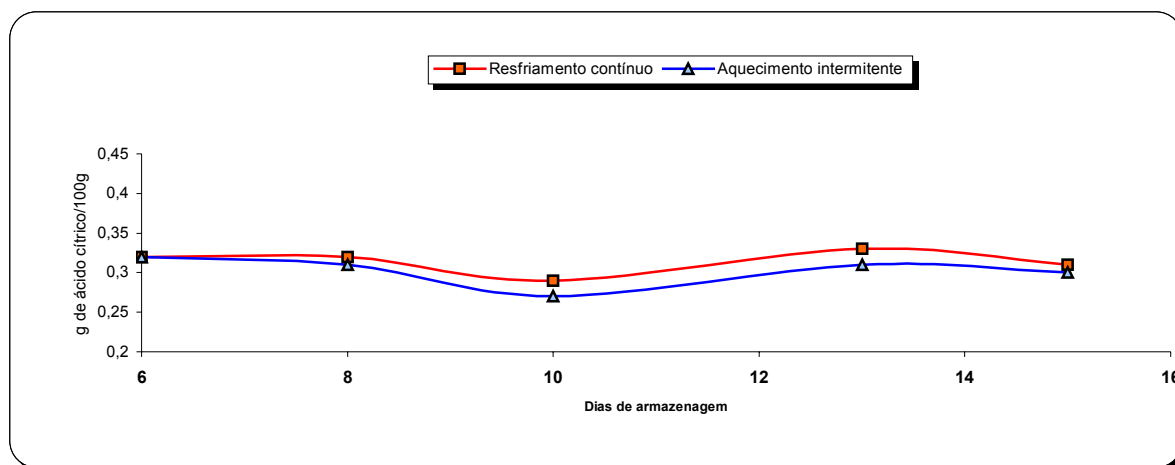


Figura 5.12. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

Na relação °Brix/Acidez total (*ratio*), o comportamento de ambos os tratamentos seguiram a tendência esperada, no sentido de que os valores para esta determinação no aquecimento intermitente estiveram sistematicamente acima dos valores do resfriamento contínuo (Figura 5.13), refletindo o fato de que possivelmente o aquecimento intermitente favorece o processo de maturação e, portanto, tendendo a aumentar o *ratio*. Porém, de acordo com a Tabela 5.3, a análise estatística não revelou nenhuma diferença significativa entre ambos os tratamentos.

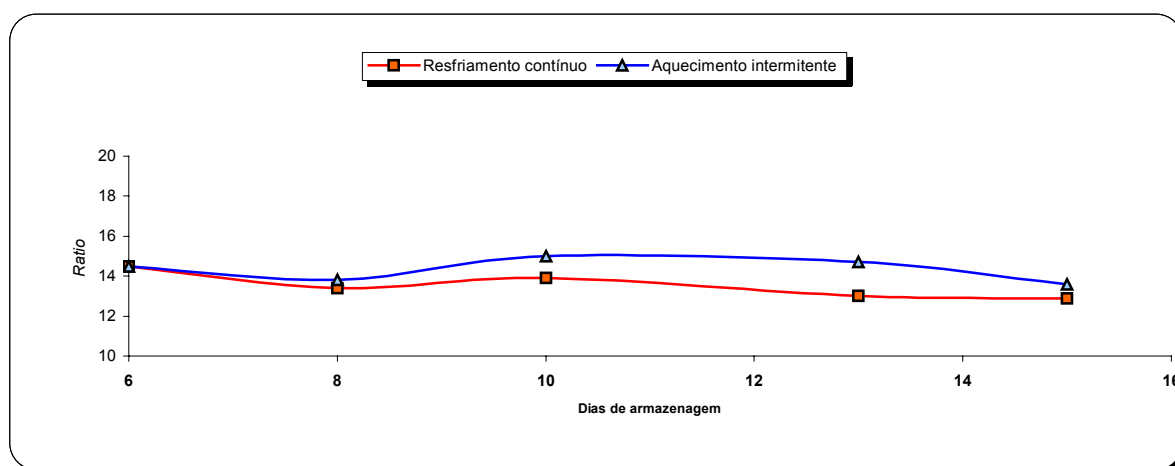


Figura 5.13. Variação de *ratio* para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

Na avaliação da perda de peso, observou-se (Figura 5.14) uma variação entre os tratamentos, cujas linhas de tendência cruzaram entre si em alguns pontos, resultando em perdas médias iguais para ambos (Tabela 5.3). Neste caso, tanto o teste F quanto o teste Tukey, não revelaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos. Em termos acumulados, o total de perdas atingiu 1,50% e 1,67% para os tratamentos de refrigeração contínua e intermitente, respectivamente.

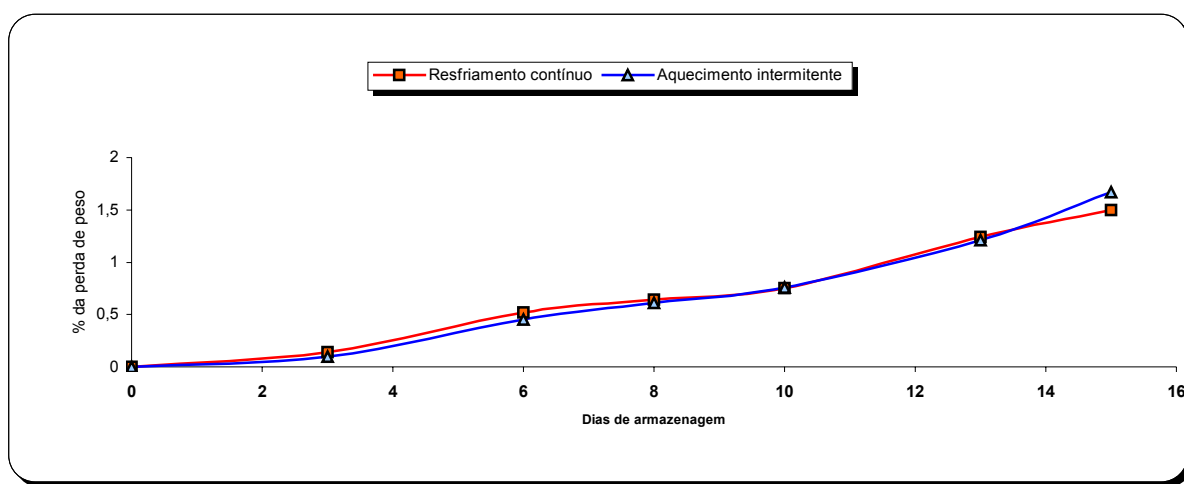


Figura 5.14. Variação de perda de peso para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C)

Na análise visual da cor, observou-se que, imediatamente após o 1º ciclo de 10 horas com aquecimento a 24°C (8º dia), os frutos atingiram a cor “molho”, caracterizando o nível máximo de maturação, enquanto que os frutos mantidos sob refrigeração contínua (controle) atingiram a mesma coloração somente no 13º dia de estocagem (Figura 5.15).

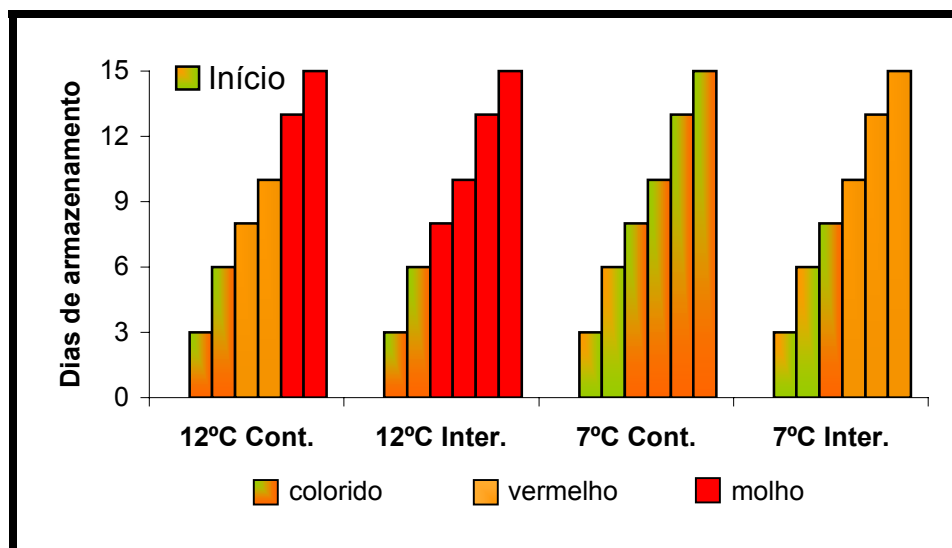


Figura 5.15. Variação de cor para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (12°C e 7°C)

Nesta fase da presente etapa não se constatou a presença de dano pelo frio nos frutos, optando-se pelo término do ensaio ao final de 15 dias, uma vez que estes não mais exibiam o padrão mínimo de consumo determinado.

5.2.2. Resultados para a temperatura de 7°C

Observou-se, com o auxílio da Figura 5.16, que os frutos mantidos a 7°C continuamente apresentaram-se mais firmes que os frutos submetidos ao tratamento de aquecimento intermitente. Esta perda maior de firmeza neste último tratamento provavelmente deve ser atribuída à exposição dos frutos à temperatura elevada de 24°C durante os períodos de aquecimento. De acordo com a Tabela 5.4, houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, entre os diferentes tratamentos, para os dados de firmeza.

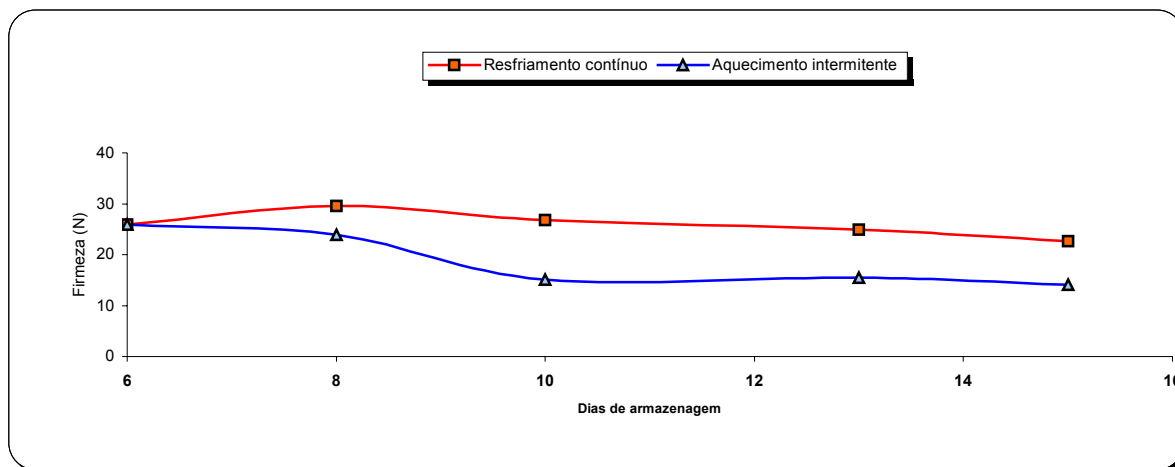


Figura 5.16. Variação de firmeza para o tomate ‘Débora’ –Etapa 2 (7°C)

Tabela 5.4. Valores médios dos atributos de qualidade de tomate ‘Débora’, no período de 15 dias a 7°C para o resfriamento contínuo e para o aquecimento intermitente de 10 horas a 24°C a cada 6 dias de estocagem refrigerada

Tratamentos	Firmeza (N)	Sol.Solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg/100g)	pH (-)	Acidez (g/100g)	Ratio (-)	Perda de Peso (%)
Resfriamento contínuo	25,95 a ^{1/}	4,31 a	15,66 a	4,22 a	0,36 a	11,7 a	1,48 a
Aquecimento intermitente	18,88 b	4,38 a	14,73 a	4,25 a	0,32 b	13,8 a	1,80 b

^{1/} Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Para os teores dos sólidos solúveis, observou-se (Figura 5.17) um aumento no °Brix dos frutos após os primeiros dias de estocagem, mas posteriormente houve pequenas variações até o final do período, sempre com os valores do tratamento de aquecimento intermitente um pouco maiores do que os do resfriamento contínuo. De acordo com a análise estatística (Tabela 5.4), não houve diferença significativa entre os tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade.

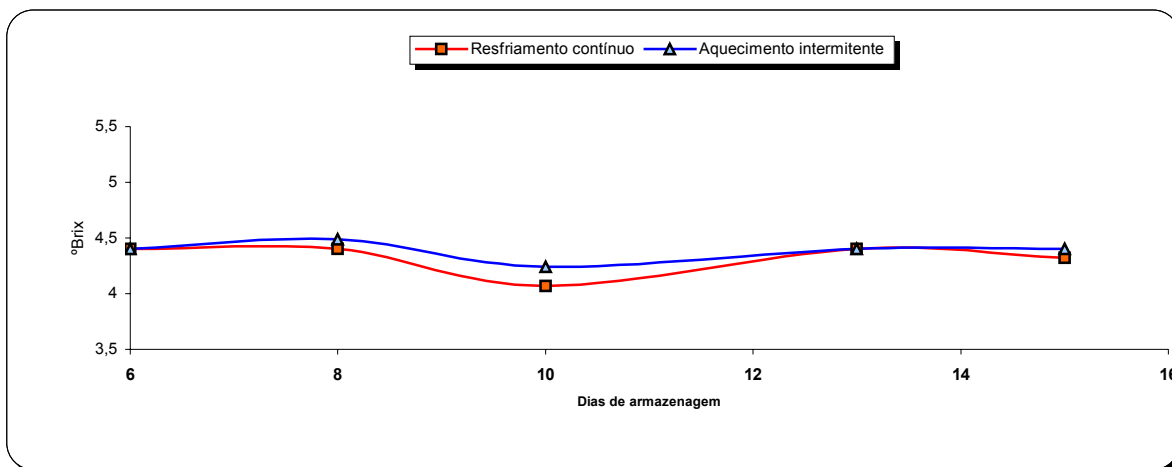


Figura 5.17. Variação de sólidos solúveis para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)

De acordo com a Figura 5.18, observou-se uma variação no teor de ácido ascórbico constante entre os dois tratamentos, com uma queda no 8º dia de estocagem, notando-se sempre valores menores para os frutos submetidos ao aquecimento intermitente. De acordo com a Tabela 5.4, também neste caso não houve diferença significativa entre os tratamentos.

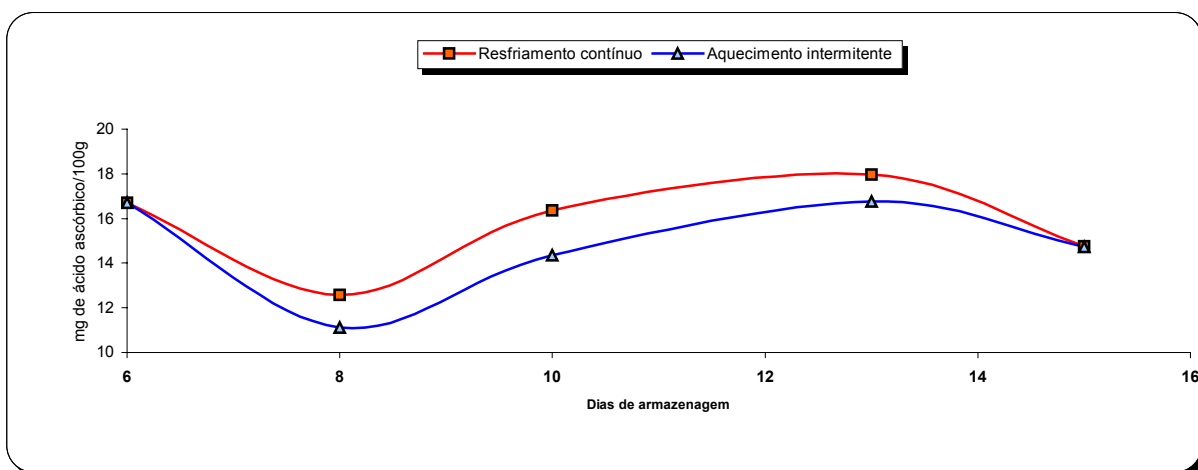


Figura 5.18. Variação de vitamina C para o tomate ‘Débora’ –Etapa 2 (7°C)

O comportamento do pH, observado na Figura 5.19, mostrou-se relativamente estável ao longo do experimento para ambos os tratamentos. Como esperado, houve um aumento nos valores de pH no início da estocagem, seguido de uma queda até o final do experimento, com os valores do aquecimento intermitente sempre maiores. Porém, de acordo com a Tabela 5.4, o comportamento avaliado nos frutos de ambos os tratamentos não os diferenciaram significativamente, em termos estatísticos.

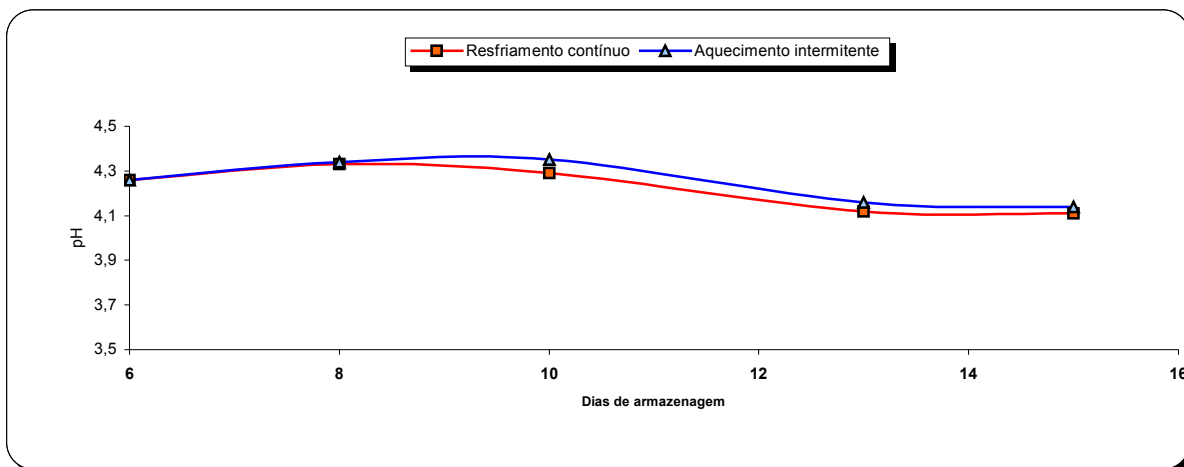


Figura 5.19. Variação de pH para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)

Na avaliação das mudanças no comportamento da acidez total, medida pelo teor de ácido cítrico, observou-se (Figura 5.20) uma tendência contínua de queda no tratamento de aquecimento intermitente, com exceção do último dado (15º dia), enquanto que no resfriamento contínuo houve uma queda no 10º dia, estabilizando-se a seguir até o final. A análise estatística (Tabela 5.4) revelou que este comportamento diferenciou estatisticamente os tratamentos entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

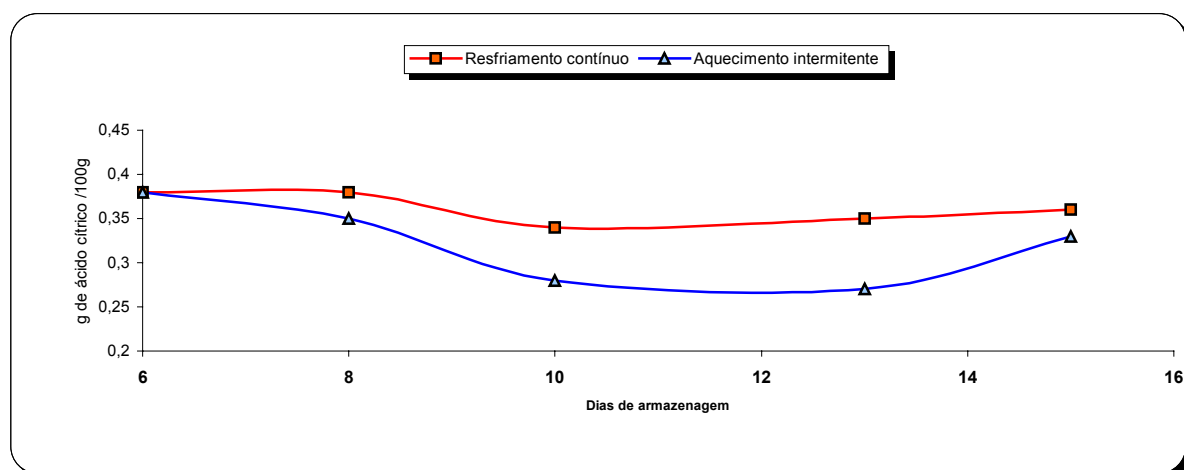


Figura 5.20. Variação de acidez total para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)

Na avaliação da relação sólidos solúveis/acidez total (*ratio*), notou-se uma tendência ascendente dos valores do tratamento de aquecimento intermitente, com exceção do 15º dia, enquanto essa mesma tendência foi muito menos acentuada para o tratamento de resfriamento

contínuo (Figura 5.21). Com relação à análise estatística, esta mostrou que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 5.4).

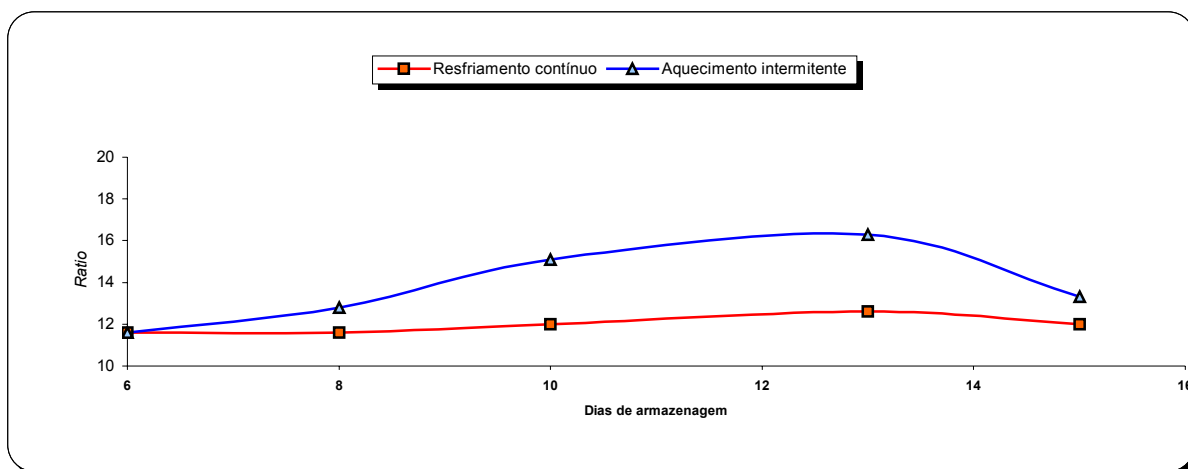


Figura 5.21. Variação de *ratio* para o tomate ‘Débora’ – Etapa 2 (7°C)

Na avaliação da perda de peso dos frutos (Figura 5.22), pôde-se observar que este parâmetro oscilou de modo semelhante ao longo do experimento, com uma perda média maior para os frutos submetidos ao tratamento de aquecimento intermitente (Tabela 5.4), sendo que as perdas totais acumuladas foram de 2,37%, no resfriamento contínuo, e de 2,80%, no aquecimento intermitente. Neste caso, ainda de acordo com a Tabela 5.4, houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade.

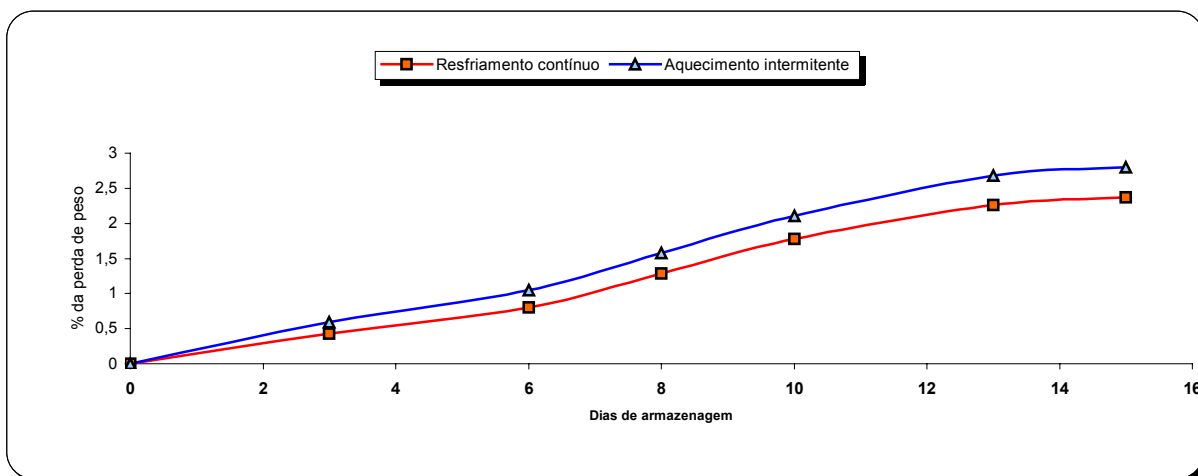


Figura 5.22. Variação de perda de peso durante o experimento – Etapa 2 (7°C)

Finalizando a análise dos atributos de qualidade, o parâmetro cor (à temperatura de 7°C), mostrou uma maior conservação dos frutos a esta temperatura, uma vez que, nesta fase da Etapa 2, tanto para o tratamento de aquecimento intermitente como para o tratamento de resfriamento contínuo, os frutos não chegaram a atingir a cor “molho” ao final dos 15 dias referidos para todo o período em que foi realizado o experimento. Os frutos do tratamento de aquecimento intermitente atingiram a cor “vermelha” no 10º dia de estocagem, mantendo-se nesta mesma coloração até o 15º dia. Os frutos do tratamento contínuo, não chegaram sequer a atingir a cor “vermelha”, mantendo-se na escala dos frutos coloridos até o final do experimento (Figura 5.15).

Nesta fase do experimento detectou-se a necessidade de avaliação do dano pelo frio ocasionado nos frutos, como uma reação às baixas temperaturas, de acordo com a metodologia planejada. Porém, ao final de 15 dias tendo sido realizado 2 ciclos de aquecimento intermitente a cada 6 dias de estocagem a 7°C, observou-se o seguinte resultado.

Os frutos submetidos ao tratamento de aquecimento intermitente apresentaram, em média, um “Índice de Dano” igual a 1,6 (ID = 1,6), em um total com cerca de 56% de frutos danificados. No mesmo período de estocagem de 15 dias, os frutos do controle, mantidos continuamente a 7°C, apresentaram, em média, um ID igual a 0,9 (ID = 0,9), com cerca de 31% de frutos danificados. Ou seja, os frutos do tratamento de aquecimento intermitente apresentaram maior ID quando comparados aos frutos do controle, o que era absolutamente contrário aos resultados esperados.

Frente a tais resultados, decidiu-se alterar a sua forma de avaliação, através da manutenção de todos os frutos, tanto os de controle como aqueles aquecidos, por mais dez dias estocados continuamente a 7°C, além do período já atingido (15 dias) do experimento, obtendo-se, portanto, um total de 25 dias. Em seguida, ambos os tratamentos foram mantidos por mais 3 dias sob uma temperatura de 24°C \pm 1°C e 80% UR, e daí então avaliou-se novamente, ao final de 28 dias, a incidência de danos, comparando-se os dois tratamentos. Procedeu-se desse modo uma vez que os danos pelo frio aparecem mais nitidamente apenas quando os frutos são recolocados a altas temperaturas, havendo portanto um “mascaramento” do dano enquanto os frutos permanecem em baixas temperaturas.

A resposta obtida foi um ID = 2,1 no tratamento de aquecimento intermitente, com cerca de 98% dos frutos afetados, contra um ID = 2,6 no tratamento de resfriamento contínuo,

com uma igual proporção de frutos danificados. Os sintomas dos danos manifestaram-se de diversas formas: falhas e inibição do amadurecimento, além de *pitting* seguido do ataque de microorganismos contaminantes, principalmente *Alternaria* (ver fotos).

Com a aplicação do teste estatístico do qui-quadrado para esses últimos valores, obteve-se como resposta uma diferença estatística significativa, ao nível de 0,12% de probabilidade, entre os tratamentos, evidenciando assim uma eficiência maior do tratamento de aquecimento intermitente no controle do dano pelo frio, uma vez que se conseguiu atingir o objetivo, que era a diminuição dos danos causados aos frutos quando mantidos a baixas temperaturas (Tabela 5.5). Na secção seguinte, volta-se a discutir com mais detalhes os resultados ora apresentados, acrescentando-se as considerações cabíveis.

Tabela 5.5. Avaliação do dano pelo frio (ID) no tomate para diferentes períodos de estocagem

Tratamentos	15 dias		28 dias	
	ID	% de frutos afetados	ID*	% de frutos afetados
Resfriamento				
contínuo	0,9	31	2,6 a	98
Aquecimento				
intermitente	1,6	56	2,1 b	98

* Diferença estatística significativa, ao nível de 0,12% de probabilidade entre os tratamentos, pelo teste do qui-quadrado.



5.24. Presença de *pitting* I



Figura 5.25. Presença de *pitting* II



Figura 5.26. *Pitting*, seguido de podridão



Figura 5.27. Falha no amadurecimento I



Figura 5.28. Falha no amadurecimento II



Figura 5.29. Falha no amadurecimento, com podridão

5.2.3. Discussão dos resultados para os tratamentos de aquecimento intermitente

Iniciando a discussão para o caso da temperatura de 12°C, tem-se a dizer que muitos dos atributos de qualidade não apresentaram diferenças estatísticas significativas, na comparação entre os tratamentos a que foram submetidos.

No caso da firmeza, por exemplo, seria de se esperar uma diminuição maior nos valores desta característica para o tratamento com aquecimento intermitente, já que isto tenderia a acompanhar o processo de amadurecimento dos frutos, e portanto ocasionar uma maior perda de firmeza, em média, o que não aconteceu, em termos estatísticos. De igual modo, pode-se estender o mesmo raciocínio para os demais atributos de qualidade, que igualmente não apresentaram diferenças estatísticas significativas, como foi o caso dos sólidos solúveis totais, pH, *ratio* e perda de peso, todos relacionados, como se sabe, ao processo de amadurecimento.

As exceções ficaram por conta dos atributos vitamina C e acidez total, que apresentaram diferenças estatísticas significativas. No caso da vitamina C, esperava-se que houvesse uma diminuição no seu teor conforme ocorresse o processo de amadurecimento, o que deveria se refletir em menores valores para este atributo no tratamento de aquecimento intermitente, o que de fato ocorreu. Porém, deve-se relatar que a mensuração deste parâmetro é dada por métodos muito sensíveis, o que sempre pode causar problemas de avaliação, afora a sua presença em pequenas quantidades ponderais, entre os outros componentes organolépticos presentes nos frutos de tomate.

No caso da acidez total, sabe-se também que este parâmetro é dos mais sensíveis à variação, e dos primeiros que exibem alterações durante o processo de amadurecimento dos frutos. Voltando-se ao gráfico já apresentado anteriormente (Figura 5.12), é justo enfatizar mais uma vez a quase justaposição que se observou entre os dois tratamentos, em conformidade com o esperado, ou seja, um desempenho superior, ainda que de pouca expressão, do tratamento de resfriamento contínuo, em termos da extensão da vida útil de prateleira dos frutos, que se obtém através do retardamento do processo de maturação.

No caso da cor, embora não tendo havido nenhuma análise estatística, nem qualquer outra avaliação quantitativa, foi possível detectar subjetivamente uma maior rapidez no processo de amadurecimento para o tratamento de aquecimento intermitente, visto desta perspectiva, o que atesta também a sensibilidade deste parâmetro, assim como ocorreu para a

acidez. E no caso do dano pelo frio, este tema será abordado conjuntamente quando se discutir a temperatura de 7°C, uma vez que não se registrou esta ocorrência a 12°C.

Pode-se afirmar que, dadas as condições em que se pôde cumprir o experimento, com efeito observou-se um comportamento dos atributos de qualidade na direção esperada: em todos, quer tenham apresentado diferenças significativas ou não, houve uma ligeira vantagem do tratamento de resfriamento contínuo contra o tratamento de aquecimento intermitente, no que se refere aos atributos de qualidade - especificamente quanto ao objetivo de se obter uma melhor eficiência na conservação -, embora isto não tenha se traduzido nitidamente, à exceção dos casos mencionados, indicando que, salvo na presença de outras vantagens (por exemplo, o controle do dano pelo frio), o tratamento de aquecimento intermitente tende a revelar desvantagens fisiológicas (quanto à maior aceleração do processo de amadurecimento), ainda que com uma expressão tolerável.

Por outro lado, os resultados obtidos com a temperatura de 7°C, no que se refere aos atributos de qualidade, ocorreram com relação aos parâmetros de firmeza, acidez total e perda de peso, que mostraram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Novamente, o atributo cor mostrou-se igualmente sensível, ainda mais acentuadamente neste caso, tal como já havia sucedido a 12°C.

Evidentemente, no caso do tratamento de aquecimento intermitente, por favorecer o processo de amadurecimento, com todas as suas implicações fisiológicas (ver FERNÁNDEZ-TRUJILLO & ARTÉS, 1998), dever-se-ia mesmo esperar um pior desempenho, em termos de conservação, quando comparado com o tratamento de resfriamento contínuo, e exatamente isto foi o que ocorreu. Porém, o mesmo não ocorreu em relação aos demais atributos de qualidade, que não apresentaram diferenças estatísticas significativas, em nenhum outro caso, e a única maneira de explicar este fato é atribuir a estes outros parâmetros específicos (sólidos solúveis, vitamina C, pH e *ratio*), uma menor sensibilidade às variações circunstanciais a que foi submetido o experimento.

O que se quer dizer é que, no caso de 12°C, apenas as análises laboratoriais poderiam detectar a mudança de qualidade dos frutos, quanto à vitamina C e à acidez total, enquanto que, no caso de 7°C, a diferença surgiu, além da acidez total, também na firmeza e na perda de peso, atributos muito mais preponderantes, que provocam alterações perceptíveis sem se recorrer a aparelhos ou equipamentos. Portanto, isso é o mesmo que dizer que neste caso se

está diante de um impacto mais decisivo, e que de fato seria de se esperar impactos mais contundentes por causa do efeito da temperatura mais baixa em ambos os tratamentos, com prejuízo ao aquecimento intermitente.

Tanto é assim que em alguns trabalhos (ver ARTES *et al.*, 1998, por exemplo) apenas a cor e a firmeza são analisadas, justamente aqueles atributos que mais transparentemente indicam alterações de qualidade, sem recorrer a outros meios que não a mera visualização e a manipulação tátil, expedientes largamente utilizados nos supermercados. À propósito, recorde-se que o comportamento da cor (Figura 5.15) apresentou-se também no sentido de favorecer o tratamento de resfriamento contínuo, com o retardamento no processo de maturação, e conseqüentemente com a provável extensão do período de vida útil dos frutos.

É possível então concluir que o tratamento de aquecimento intermitente, ao que tudo indica, realmente interfere no processo de amadurecimento, com isso interferindo no objetivo primordial de conservação através do resfriamento (conforme constatado por KLUGE *et al.*, 1998), e que isso acontece tanto mais intensamente conforme a severidade com que se dá a interferência. No presente experimento examinaram-se algumas dessas possibilidades, com as considerações a que se fez menção, restando apenas contrapor algumas das desvantagens do procedimento de aquecimento intermitente com as possíveis vantagens que o mesmo parece apresentar no tocante a impedir os danos pelo frio que ocorrem nos frutos de tomate, quando submetidos à baixa temperatura, algo que se fará a seguir.

Verificou-se que, na avaliação dos danos pelo frio, ao final de 15 dias do experimento, o tratamento de aquecimento intermitente apresentara um ID = 1,6, sensivelmente maior do que aquele obtido pelo tratamento controle, o de resfriamento contínuo, que fora de ID = 0,9, com percentuais de frutos afetados de 56% e 31%, respectivamente. As explicações encontradas para estes resultados foram atribuídas ao fato de que provavelmente o período de 10 horas a 24°C, utilizado no tratamento de aquecimento intermitente utilizado para evitar a manifestação da injúria, não foi suficiente para restaurar os possíveis danos ocorridos nas membranas, organelas ou nas rotas metabólicas (como descreve WANG, 1994) dos frutos de tomate durante o período de estocagem refrigerada a 7°C. Após a “adaptação” feita, deixando-se por mais tempo (10 dias) ambos os tratamentos à temperatura de 7°C, seguidos de 3 dias à temperatura de 24°C, viu-se como ao final as posições se inverteram, dado que o tratamento de aquecimento intermitente apresentou agora um ID = 2,1,

enquanto que o resfriamento contínuo apresentou um ID = 2,6, embora ambos com cerca de 98% dos frutos afetados.

Tais resultados oferecem uma clara visão da vantagem possibilitada pelo aquecimento intermitente quanto ao controle do dano pelo frio, fato este comprovado pelo teste do qui-quadrado, quando constatou-se uma diferença estatística significativa, ao nível de 0,12% de probabilidade, entre os tratamentos.

Sumarizando, pode-se dizer que a possibilidade de controlar o dano pelo frio em princípio favoreceria a utilização do tratamento de aquecimento intermitente, caso este não se mostrasse muito desfavorável em outros aspectos, principalmente prejudicando a conservação pós-colheita e conseqüentemente o alongamento da vida útil de prateleira dos frutos de tomate, ao induzir mais ou menos rapidamente o seu processo de amadurecimento.

6. Conclusões e Recomendações

6.1. Conclusões

(i) O resfriamento rápido com ar forçado mostrou-se mais eficiente, quando comparado ao resfriamento em câmara fria, para a conservação pós-colheita do tomate, com base nos parâmetros avaliados.

(ii) O tratamento de aquecimento intermitente acelerou o processo de amadurecimento dos frutos, quando comparado ao tratamento de resfriamento contínuo, tanto no caso da temperatura de 12°C como na temperatura de 7°C.

(iii) O tratamento de aquecimento intermitente diminuiu os efeitos do dano causado pelo frio na temperatura de 7°C, quando comparado ao tratamento de resfriamento contínuo, não tendo havido esta manifestação de danos na temperatura de 12°C.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

(i) Testar outros métodos de resfriamento rápido associado ao aquecimento intermitente, bem como aplicá-los para uma variedade maior de frutas e hortaliças.

(ii) Avaliar simultaneamente outras temperaturas no aquecimento intermitente, como 5°C e 9°C, além das temperaturas presentemente utilizadas, que foram de 7°C e 12°C.

(iii) Testar períodos mais dilatados de aquecimento na avaliação do controle do dano ocasionado pelas baixas temperaturas de estocagem, de 24, 48 e 72 horas, acoplados ao período único de 10 horas analisado.

(iv) Definir métodos mais acurados para a quantificação dos danos ocasionados pelo frio, já que as metodologias disponíveis não avaliam satisfatoriamente os danos.

7. Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2003. Tomate. São Paulo: FNP – Consultoria & Agroinformativos, 2003, p. 515 – 522.

ALMEIDA, T.C.A. de; FARIA, J.A.F. Análise Sensorial e estudos de vida-de-prateleira. **Engenharia de Alimentos**. FEA/UNICAMP n.15, p.30-31, 1997.

ASHRAE **Refrigeration Systems and Applications Handbook**. Atlanta, 1994a. Cap.10: Methods of precooling fruits, vegetables and cut flowers. p.1-10.

ASHRAE **Refrigeration Systems and Applications Handbook**. Atlanta, 1994b. Cap.17: Vegetables. p.1-14.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry** 16 ed., 1977. 1115p.

ARTÉS, F.; ESCRICHE, A . J. Intermitent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. **Journal of Food Science**. v.59, n.5, p.1053-1056, 1994.

ARTÉS, F.; SÁNCHEZ, E.; TIJSKENS, L. M. M. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermitent warming. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie /FST**. v.31, n.5, p.427-431, 1998.

BRECHT, J.K.; CHEN, W.; SARGENT, S.A.; CORDASCO, K.; BARTZ, J.A. Exposure of green tomatoes to hot water affects ripening and reduces decay and chilling injury **Proc. Fla. State Hort. Soc.** v.112, p.138-143, 1999.

CAMARGO FILHO, W.P. de. Perspectivas dos mercados de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.31, n.5, p.51-54, mai., 2001.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos** (Manual Técnico). Campinas: Biblioteca do Ital, 1990.

CASTRO, L. R.. Influência de Aspectos da Classificação, Embalagem e refrigeração na conservação pós-colheita do tomate “Santa Clara” e “Carmen”. 159p Dissertação (Mestrado

em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2000.

CEAGESP, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo. Classificação de tomate. Programa Horti & Fruti – Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigrangeiros, 1998 (folheto).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutos e Hortalças**: Fisiologia e Manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. 1990.

CORTEZ, L. A. B.; LEAL, P. A. M. Métodos de pré resfriamento de frutas e hortaliças In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, 1998. p.81-115.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype. CRC Critical Review of Food Science Nutrition, n.15, p.205-280, 1981 apud GIORDANO, Leonardo Brito de; RIBEIRO, Cláudia Silva Costa. Origem, Botânica e Composição Química do fruto. In: Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa / Comunicação para Transferência de Tecnologia / (Embrapa Hortalças), 2000. p.12-17.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.3-4, 2000.

ESPINOZA, W. Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco. Brasília: IICA, 301p., 1991.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P.; ARTÉS, F. Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie /FST**. v.31, n.1, p. 38-43, 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2º ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 357p., 1982.

GAYET, J. P.; BLEINDROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. Tomate para Exportação: Procedimentos de Colheita e Pós-Colheita. In: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas,

Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais – Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 34p. Série Publicações Técnicas FRUPEX, 13.

GIORDANO, L.B. de; RIBEIRO, C.S.C.. Origem, Botânica e Composição Química do fruto. In: Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa / Comunicação para Transferência de Tecnologia / (Embrapa Hortaliças), 2000. p.12-17.

GOULD, W.A. Tomato production, processing & technology 3ª Edição, 1991.

GRIERSON, D.; KADER, A.A. (1986) Fruit ripening and quality. In: The tomato crop: a scientific basis for improvement (Atherton J.C. and Rudich J., eds), p.241-275. New York: Chapman and Hall apud NYALALA, S. P. O.; WAINWRIGHT, H. The shelf life of tomato cultivars at different storage temperatures. **Tropical Science**. v.38, n.3, p.151-154, 1998.

HAKIM, A.; VOIPIO, I.; KAUKOVIRTA, E. Heat stress and chilling sensitivity of different ripening of tomatoes. **Acta Horticulturae**, v.412, p. 209-215, 1995.

HORWITZ, W. Washington the city **Official methods of analysis**. 13ed. p.746-747, 1997

HOBSON, G.E. The short-term storage of tomato fruit. **Journal of Horticultural Science**, v.56, n.4, p.363-368, 1981.

HONÓRIO, S.L. Fisiologia Pós-colheita de frutos e hortaliças In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, 1998. p.1-8.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Secon Edition, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 1992, 296p.

KLUGE, R.A., RODRIGUES, D.S.; MINAMI, K. Aquecimento intermitente de tomates: efeitos sobre injúrias pelo frio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.4-6, 1998a.

KLUGE, R.A.; MODOLO, V.A.; JACOMINO, A.P.; SCAPARE FILHO, J.A.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K. Comportamento de três hortaliças de fruto submetidas ao aquecimento intermitente durante a frigoconservação. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.1-10, 1998b.

KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B.; FACHINELLO, J.C. Aquecimento intermitente em pêssegos 'Br-6' frigoconservados. *Pesquisa Agropecuária*, v.31, n.18, p.543-547, 1996.

LURIE, S.; SABEHAT, A. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.11, p.57-62, 1997.

LYONS, J.M. Chilling injury in plants **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v.24, p.445-466, 1973.

MCDONALD, R.E.; MCCOLLUM, T.G.; BALDWIN, E.A. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.16, n.2, p.147-155, 1999.

MOLISH, H. 1896 Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien., Math. – Naturwiss. Kl. 105:82-95 apud LYONS, J.M. Chilling injury in plants **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v.24, p.445-466, 1973.

NYALALA, S. P. O.; WAINWRIGHT, H. The shelf life of tomato cultivars at different storage temperatures. **Tropical Science**. v.38, n.3, p.151-154, 1998.

NEVES FILHO, L. C.; VISSOTTO, F. Z.; ALVES, C. R. G. Resfriamento rápido de frutas e hortaliças. Suplemento Técnico. **Revista ABRAVA**, São Paulo, n.33, p.12-19, 2000.

NEVES FILHO Sistema Frigorífico. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp. p. 49-80, 1998.

RESENDE, J.B. O preço da refrigeração é alto no Brasil? Técnica exige acréscimo no preço de venda. **Suplemento Técnico**. Campinas, Ano 17, maio/junho de 1993, p.12.

SALTVEIT Jr., M.E.; CABRERA, M. Tomato fruit temperature before chilling influences ripening after chilling. **HortScience**, v.22, n.3, p.452-454, 1987.

SIGRISTI, J.M.M. Perdas de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. In: Curso de Pós-colheita e armazenamento de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1990, p.9-18.

TERUEL, M.B.J.; CORTEZ, L.A.B; NEVES FILHO, L. Estudo comparativo do resfriamento de laranja valência, em três sistemas de resfriamento. **Revista Brasileira Agrícola e Ambiental**. v.5, n.3, p.481-486, 2001.

TERUEL, M.B.J.; ODININO, L.G.; CORTEZ, L.A.B.; NEVES FILHO, L. Resfriamento de goiaba branca variedade Kumagai com ar forçado e acondicionada em diferentes tipos de embalagens. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, VENTILAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE AR, CONBRAVA, 2003, São Paulo. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Refrigeração, Ventilação e Acondicionamento de Ar, CONBRAVA. São Paulo: ABRAVA, 2003. v.1, p.20-26.

WANG, C.Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, v.29, n.9, p. 986-988, 1994.

WHITAKER, B.D., A reassessment of heat treatment as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. **Postharvest Biol. Technol.** v.4, p. 75-83, 1994.