

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

KEILA MARA BORSARI LUIZ

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE TOMATES
(*Lycopersicum esculentum Mill*) ARMAZENADOS EM
REFRIGERADORES DOMÉSTICOS

FLORIANÓPOLIS – SC

AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

KEILA MARA BORSARI LUIZ

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
SENSORIAIS DE TOMATES (*Lycopersicon esculentum Mill*)
ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES DOMÉSTICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia de Alimentos
como requisito parcial à obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Alimentos.

*Área de concentração: Desenvolvimento de
Processos da Indústria de Alimentos*

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mara Gabriela Novy Quadri

Florianópolis, agosto de 2005.

Avaliação das Características Físico-Químicas e Sensoriais de Tomates
(*Lycopersicon esculentum Mill*) Armazenados em Refrigeradores
Domésticos

Keila Mara Borsari Luiz

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, na área de Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof^a. Dr^a. Mara Gabriela Novy Quadri
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Gláucia M. F. de Aragão
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Mara Gabriela Novy Quadri

Prof. Dr. Haiko Hense

Prof^a. Dr^a. Renata D.M.C. Amboni

*“O valor das coisas não está no tempo
que elas duram, mas na intensidade com
que acontecem. Por isso existem
momentos inesquecíveis, coisas
inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.*

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus e ao Espírito Santo, por preservar minha saúde e guiar meu caminho.

À minha mãe Maria Irene, pelo apoio incondicional em toda a minha vida.

Agradeço aos meus familiares principalmente as minhas irmãs Cristiane e Gislaine, por acreditarem que valia a pena.

Aos meus sobrinhos Guilherme, Gustavo e Ana Clara, por compreenderem minha ausência.

Ao meu companheiro Luiz Claudio, pela paciência, pelas críticas construtivas e principalmente pelo carinho nos momentos de angústia.

À minha amiga Joelma, pelos momentos de descontração e desabafo.

Agradeço à Professora Mara Gabriela Novy Quadri pela orientação, ensinamentos e paciência durante toda esta jornada.

Um agradecimento especial às amigas do Proali, em especial à Juliana, pela colaboração na execução dos testes.

À todos os professores deste Programa de Pós-Graduação pelo aprendizado e convívio ao longo destes anos.

À todos aqueles que, de diferentes formas, contribuíram para a concretização deste trabalho. Vocês foram fundamentais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS.....	17
2.2. IMPORTÂNCIA SÓCIO-ECONÔMICA DO TOMATE	18
2.3. ORIGEM E BOTÂNICA DO TOMATE.....	20
2.4. TAXONOMIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TOMATE.....	21
2.5. CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES CELULARES.....	26
2.6. RESPIRAÇÃO DOS FRUTOS.....	27
2.7. SENESCÊNCIA.....	28
2.8. REFRIGERAÇÃO	30
2.8.1. <i>Operação básica de um refrigerador</i>	31
2.9. A COR.....	34
2.9.1. <i>Escalas de cor</i>	37
2.9.2. <i>Índice de Cor</i>	40
2.9.3. <i>Uso de Software no Estudo da Aparência</i>	41
2.10 ANÁLISE SENSORIAL.....	42
2.10.1 <i>Técnica de Perfil Livre</i>	43
2.10.2 <i>Características Sensoriais do Tomate</i>	44
3. ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE TOMATES ASSOCIADAS AO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO	46
RESUMO.....	46
ABSTRACT	47
3.1. INTRODUÇÃO	48
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	50
3.2.1. <i>Matéria Prima</i>	50
3.2.2. <i>Equipamentos</i>	51
3.2.3. <i>Análises Físico-Químicas</i>	52
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	54

3.3.1. <i>Temperatura e Umidade Relativa dos Sistemas de Refrigeração</i>	54
3.3.2. <i>Análises Físico-Químicas</i>	56
2.4. CONCLUSÕES.....	64
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
4. DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE TOMATES EM REFRIGERADORES DOMÉSTICOS POR MÉTODOS NÃO TRADICIONAIS.....	68
RESUMO.....	68
ABSTRACT	69
4.1. INTRODUÇÃO	70
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS	73
4.2.1. <i>Matéria Prima</i>	73
4.2.2. <i>Equipamentos</i>	73
4.2.3. <i>Avaliação dos tomates</i>	74
4.2.3.1. <i>Firmeza</i>	74
4.2.3.2. <i>Análise de Cor</i>	75
4.2.3.3. <i>Análise Sensorial</i>	76
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
4.3.1. <i>Medida Instrumental da Firmeza</i>	77
4.3.2. <i>Avaliação do Efeito da Área Digital</i>	78
4.3.3. <i>Análise da cor</i>	79
4.3.4. <i>Análise Sensorial</i>	83
4.4. CONCLUSÕES.....	91
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
5. CONCLUSÕES.....	96
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	98
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - ESTRUTURA QUÍMICA DE CAROTENÓIDES TÍPICOS EM PLANTAS.....	25
FIGURA 2.2- ESTRUTURA GERAL DA PAREDE CELULAR DE VEGETAIS.....	27
FIGURA 2.3 – SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DOMÉSTICO: (A) PRINCIPAIS ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO; (B) FLUXO NATURAL DO AR FRIO DENTRO DO REFRIGERADOR.....	32
FIGURA 2.4 – FLUXOGRAMAS DE POSSÍVEIS CONFIGURAÇÕES DE UM REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	33
FIGURA 2.5 – FOTOS ILUSTRATIVAS DE REFRIGERADORES DOMÉSTICOS: (A) <i>ALL REFRIGERATOR</i> ; (B) <i>DIRECT COOL</i> ; (C) <i>FROST FREE</i>	34
FIGURA 2.6 – GEOMETRIAS PARA VISUALIZAÇÃO DE BRILHO E COR.	35
FIGURA 2.7 – DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA ESPECTRAL.	36
FIGURA 2.8 – COMPRIMENTO DE ONDA DE FONTES LUMINOSAS.....	37
FIGURA 2.9- COORDENADAS DO SISTEMA CIELAB NO PLANO.	38
FIGURA 2.10 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA CIELAB (COMISSION INTERNATIONALE DE L’ECLAIRAGE - CIE)...	39
FIGURA 3.1 – ESQUEMAS ILUSTRATIVOS DOS REFRIGERADORES DOMÉSTICOS UTILIZADOS: (A) TRATAMENTO 1 - <i>ALL REFRIGERATOR</i> ; (B) TRATAMENTO 2 - <i>DIRECT COOL</i> ; (C) TRATAMENTO 3 - <i>FROST FREE</i>	52
FIGURA 3.2 – EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA NO SISTEMA AR.....	55
FIGURA 3.3 – VALORES AJUSTADOS VERSUS VALORES OBSERVADOS TENDO A FIRMEZA COMO VARIÁVEL DEPENDENTE.....	63
FIGURA 4.1 – ESQUEMAS ILUSTRATIVOS DOS REFRIGERADORES DOMÉSTICOS UTILIZADOS: (A) TRATAMENTO 1 - <i>ALL REFRIGERATOR</i> ; (B) TRATAMENTO 2 - <i>DIRECT COOL</i> ; (C) TRATAMENTO 3 - <i>FROST FREE</i>	74
FIGURA 4.2 - ESQUEMA DO SISTEMA UTILIZADO PARA REALIZAR AS FOTOGRAFIAS COM CÂMARA DIGITAL.	75
FIGURA 4.3 - CONFIGURAÇÃO CONSENSO DOS PROVADORES.	83
FIGURA 4.4 – VARIÂNCIA RESIDUAL DA CONFIGURAÇÃO CONSENSO DOS PROVADORES.....	84
FIGURA 4.5 – VARIÂNCIA DO CONSENSO POR DIMENSÃO, UTILIZANDO NOVE DIMENSÕES.	85
FIGURA 4.6 – CONFIGURAÇÃO CONSENSO DAS AMOSTRAS DE TOMATES DÉBORA PARA O ATRIBUTO DE FIRMEZA EM: (A) 0 DIAS; (B) 7 DIAS E (C) 14 DIAS DE ARMAZENAMENTO.	88
FIGURA 4.7 - CONFIGURAÇÃO CONSENSO DAS AMOSTRAS DE TOMATES DÉBORA PARA O ATRIBUTO DE INTENSIDADE DE COR EM: (A) 0 DIAS; (B) 7 DIAS E (C) 14 DIAS DE ARMAZENAMENTO.....	89
FIGURA 4.8 - CONFIGURAÇÃO CONSENSO DAS AMOSTRAS DE TOMATES DÉBORA PARA O ATRIBUTO DE UNIFORMIDADE DA COR EM: (A) 0 DIAS; (B) 7 DIAS E (C) 14 DIAS DE ARMAZENAMENTO.	90
FIGURA 4.9 - ÍNDICE MÉDIO DE INTENÇÃO DE COMPRA DOS TOMATES E CONSUMO EM MOLHO E SALADA APÓS 14 DIAS DE ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - TOMATE – ÁREA PLANTADA E QUANTIDADE PRODUZIDA NOS PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL – 2000 - 2002.....	19
TABELA 2.2 – TOMATE – ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO OBTIDA E RENDIMENTO MÉDIO NAS MICRORREGIÕES GEOGRÁFICAS DE SANTA CATARINA – 2000 - 2002.....	20
TABELA 2.3 – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO TOMATE EM 100G	23
TABELA 3.1 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA GAVETA DE LEGUMES DURANTE O EXPERIMENTO.....	54
TABELA 3.2 – VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE TOMATES ÁGORA (LONGA VIDA) ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES.....	57
TABELA 3.3 - VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE TOMATES DÉBORA (DURABILIDADE NORMAL) ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES	58
TABELA 3.4 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO.....	59
TABELA 3.5 –TESTE DE DUNCAN (p<0,05) PARA AS ANÁLISES DO °BRIX.....	59
TABELA 3.6 – TESTE DE PROBABILIDADE TIPO 3 DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL (p<0,05) PARA TOMATES DÉBORA	63
TABELA 4.1 - FIRMEZA (KGF) DE TOMATES DÉBORA ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES DOMÉSTICOS ¹	77
TABELA 4.2 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DA FIRMEZA DE TOMATES DÉBORA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO.....	77
TABELA 4.3 - TESTE DE DUNCAN (p<0,05) PARA AS ANÁLISES DA FIRMEZA	77
TABELA 4.4 - ÁREAS DOS TOMATES LONGA VIDA SELECIONADAS A PARTIR DAS FOTOS DIGITAIS PARA O TRATAMENTO <i>ALL REFRIGERATOR</i>	78
TABELA 4.5 - DIMENSÕES DE COR DOS TOMATES DÉBORA EMPREGANDO CÂMARA DIGITAL.....	79
TABELA 4.6 - DIFERENÇA GERAL E ÍNDICE DE COR DOS TOMATES DÉBORA.....	81
TABELA 4.7 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DE ΔE^* E IC DE TOMATES DÉBORA.....	82
TABELA 4.8 - TESTE DE DUNCAN (p<0,05) PARA OS RESULTADOS DE ΔE^* E IC	82
TABELA 4.9 – PROVADORES MAIS ALTAMENTE CORRELACIONADOS COM A DIMENSÃO 1 DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO	85
TABELA 4.10 - PROVADORES MAIS ALTAMENTE CORRELACIONADOS COM A DIMENSÃO 2 DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO	86

RESUMO

O equilíbrio alimentar aparece cada vez mais valorizado pela conscientização da importância da alimentação e da manutenção da saúde. É a busca pela qualidade dos alimentos que reflete, além do seu valor nutricional, as preocupações com processos de produção e conservação dos mesmos. Estudos realizados constatam que no Brasil os níveis médios de perdas pós-colheita para hortaliças são de 35%, enquanto em países desenvolvidos não passam de 10%. Frente aos altos índices de perdas pós-colheita e a falta de informações da indústria de refrigeração doméstica sobre produtos *in natura*, realizou-se ensaios de refrigeração com tomates longa vida e de durabilidade normal. Através dos cultivares Ágora (longa vida) e Débora foi possível determinar parâmetros de qualidade para o acompanhamento da vida de prateleira mediante análises físico-químicas de pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, perda de peso, açúcares redutores e firmeza da polpa. As condições ambientais foram impostas por sistemas de refrigeração doméstica *All Refrigerator* (AR), *Direct Cool* (DC) e *Frost Free* (FF), e os resultados coletados semanalmente, expressos pela média obtida a partir das repetições. O tratamento AR proporcionou a temperatura e a umidade relativa (12,68°C e 51,53%) mais próximas das condições consideradas ideais para conservação de tomates, ficando a umidade relativa, em média, 50% abaixo do valor ideal. Os resultados das análises físico-químicas dos tomates Ágora mostraram diferença significativa de pH e perda de peso durante os 21 dias de armazenamento. Nenhum dos outros parâmetros estudados apresentou mudança significativa, a um nível de 5%, para os diferentes tratamentos. Para a variedade Débora, observou-se diferenças para o °Brix e marginalmente significativas para o pH entre os tratamentos. O tempo de armazenamento de 14 dias afetou ($p < 0,05$) todas as propriedades estudadas, com exceção da acidez titulável. Os atributos mais importantes que indicam a qualidade do tomate, cor e firmeza, estão relacionados com o amadurecimento e vida-útil. A firmeza indica maturidade, frescor, injúria e podridão interna. A cor do fruto tem um forte efeito na percepção do consumidor pela qualidade e é um índice aceitável de maturidade de muitas frutas, como é o caso do tomate. O presente trabalho propôs, também, o uso de métodos alternativos e de baixo custo, para medidas instrumentais de firmeza e cor de tomates da variedade

Débora, armazenados em diferentes refrigeradores, bem como análises sensoriais pela técnica de Perfil Livre. Os resultados instrumentais da firmeza da polpa mostraram uma redução significativa ao longo do tempo de armazenamento, mas não tiveram o mesmo comportamento para os diferentes tratamentos. As medidas instrumentais de cor foram feitas através de um sistema de captura de imagem digital e posteriormente convertidas em valores de CIELab. Todas as coordenadas estudadas mostraram variações significativas para o tempo de armazenamento e sistemas de refrigeração. Apenas o parâmetro tonalidade de cor não reduziu significativamente aos diferentes sistemas. Os valores da diferença global (ΔE^*) e índice de cor (IC) aumentaram significativamente para os tempos de estocagem. Enquanto o IC aumentou significativamente para os diferentes sistemas de refrigeração, o ΔE^* teve este comportamento apenas no tratamento AR. A análise sensorial de Perfil Livre, avaliada pela Análise Procrustes Generalizada – GPA, foi explicada com 66% de variabilidade entre as amostras para as duas primeiras dimensões. Assim como nas medidas instrumentais, o tempo de armazenamento influenciou nos atributos estudados, e somente para o atributo intensidade da cor observou-se diferença no sistema AR. Mesmo na ausência de um padrão para comparação, os resultados mostraram, no caso da intensidade da cor, uma perfeita comparabilidade entre os resultados instrumentais e sensoriais.

Palavras-chave: refrigeração; tomates; armazenamento; firmeza; cor; perfil livre.

ABSTRACT

Food balance is increasingly more valued through the awareness of the importance of nutrition and health maintenance. It is the search for food quality that reflects, beyond its nutritional value, the concerns with production and preservation processes. Studies put in evidence that the average level of after-harvest losses of vegetables in Brazil is 35%, while in developed countries they do not pass 10%. The high indices of after-harvest losses and the lack of information of the household refrigeration industry about products "in natura" motivate to carry out refrigeration experiments with "normal" and "long life" tomatoes. Through the species *Ágora* (long life) and *Débora* it was possible to determine quality parameters for the assessment of the shelf life by means of physical-chemical analyses of pH, soluble solid content, titratable acidity, weight loss, reducing sugars and firmness of the pulp. The ambient conditions have been provided by household refrigeration systems All Refrigerator (AR), Direct Cool (DC) and Frost Free (FF), and the results collected weekly, expressed by the average obtained from the repetitions. The treatment AR provided the temperature and the relative humidity (12,68 °C and 51.53%) closer to the ideal conditions considered for conservation of tomatoes, being the relative humidity, in average, 50% below of the ideal value. The physical-chemical results of the *Ágora* tomatoes had shown significant difference of pH and weight loss during 21 days of storing time. None of the other parameters presented significant change, to a level of 5%, for the different treatments. For the *Débora* variety, one observed differences for °Brix and marginally significant for pH between the treatments. The storage time of 14 days affected ($p < 0,05$) all the studied properties, with exception of the titratable acidity. The most important attributes that indicate the quality of the tomato, color and firmness, are related with the shelf-life and ripeness. The firmness indicates maturity, freshness, injuries and internal spoiling. The color of the fruit has a strong effect in the perception of the consumer for the quality, and is an acceptable index of maturity of many fruits, as it is the case of the tomato. The present work considers the use of alternative low cost methods for instrumental measurement of firmness and color of tomatoes of the *Débora* variety, stored in different refrigerators, as well as sensorial analyses by the Free Profile technique. The instrumental results of the firmness of the pulp have shown a significant reduction with the storing time, but they did not

have the same behavior for the different treatments. The instrumental measures of color have been made through a system of capture of digital image and later converted into values of CIELab. All the studied coordinates had shown significant variations for the storage time and refrigeration systems. But the parameter color tonality did not reduce significantly with the different systems. The calculations of the global difference and color index had increased significantly with the storing times. While the IC increases significantly for the different refrigeration systems, the ΔE^* has this behavior only the treatment AR. The Free Profile sensorial analysis, evaluated through Generalized the Procrustean Analysis - GPA, was explained with 66% of variability among the samples for the two first dimensions. As in the instrumental measures, the storing time influenced the studied attributes, and a difference was observed for the attribute intensity only for the system AR. Even in the absence of a standard for comparison, the results show, in the case of the intensity of the color, a perfect comparability between the instrumental and sensorial results.

Key Words: refrigeration; tomatoes; storage; firmness; color; free choice profile.

1. INTRODUÇÃO

Um grande desafio para os países em desenvolvimento, é o aumento constante da produção de alimentos hortifrutícolas, que ainda não pode ser considerado competitivo com países desenvolvidos. Além disso, outro grande desafio é a perda pós-colheita estimada em até 50% para alguns produtos (CHITARRA & CHITARRA, 1990). As perdas pós-colheita geram graves conseqüências econômicas e sociais, por proporcionarem variação no comportamento do mercado, induzindo mudanças em importantes parâmetros econômicos (VILELA et al., 2003)

Dessa forma, atributos físicos, sensoriais e a composição química, devem ser considerados e associados com medidas objetivas e subjetivas, para um melhor entendimento das transformações que ocorrem nos vegetais e que afetem ou não a qualidade do produto (CHITARRA, 1994).

Sendo uma das mais importantes hortaliças cultivadas no mundo, a segunda em volume de produção, o tomate ocupa em Santa Catarina, o terceiro lugar em horticultura, com uma produção de mais de 127 mil toneladas somente no estado (ICEPA, 2003).

Assim como as demais hortaliças, o tomate (*Lycopersicum esculentum*), representa uma importante fonte de nutrientes indispensáveis para o homem (SANINO et al., 2003).

Em frutos climatéricos como o tomate, a senescência e a capacidade de armazenamento podem ser governadas por mutantes de amadurecimento que controlam a síntese do etileno, o desenvolvimento da cor, a perda de firmeza e vários outros padrões fisiológicos. Estes frutos são popularmente conhecidos como tomates longa vida (FIGUEIRAS, 1996). Entretanto, os frutos denominados de durabilidade normal, necessitam de meios que ajudem a prolongar sua vida de prateleira.

Segundo KLUGE et al. (1998) e Evangelista (1998), a refrigeração tem sido considerada como o método mais efetivo de preservação da qualidade de muitos produtos hortifrutícolas, embora não tenha ação esterilizante sobre o microorganismo, consegue retardar o progresso de atividades contaminantes já instaladas e impedir o surgimento de novos agentes deteriorantes.

O tomate é sensível aos danos causados pelo frio, entretanto, sua vida de prateleira aumenta quando os frutos são mantidos a baixas temperaturas. O controle da umidade relativa durante o armazenamento também é importante, uma vez que uma umidade alta favorece a proliferação de microorganismos patogênicos, enquanto que muito baixa promove a desidratação (KLUGE, 2004).

Durante o amadurecimento, a maioria das frutas apresenta uma mudança substancial na firmeza de suas polpas causada pela ação de enzimas. Essa diferença na firmeza influencia na aceitação pelo consumidor, uma vez que é um indicador do estágio de maturação (SUGAI, 2002).

A cor vermelha do tomate não é importante do ponto de vista alimentar, mas é o critério mais importante de maturidade e decisivo em sua utilização em saladas e molhos. A venda em supermercados de frutos em pacotes fechados por exemplo, sem possibilidade de manipulação, impõe a cor como o único critério disponível para orientar a escolha do comprador.

O sistema CIELab baseia-se na teoria da percepção de cores opostas e é descrito por um diagrama tridimensional, onde o espaço é definido pelas coordenadas retangulares luminosidade (L^*), componente vermelho-verde (a^*) e componente amarelo-azul (b^*), e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço, croma (C) e tonalidade cromática (h) (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Por meio das três primeiras coordenadas podemos posicionar uma cor no espaço, ou seja, são números que expressam o endereço da cor. A combinação de L^* , a^* e b^* , definem a cor de um objeto onde a variação de cor ΔE^* , é um número que determina a diferença total de cor entre o padrão e a amostra e, poderíamos usá-la como parâmetro de aprovação ou reprovação de cores (FARKAS, 2000).

Apesar da importância da avaliação da cor e da firmeza, muitas vezes estes parâmetros não são devidamente estudados em decorrência da necessidade de equipamentos específicos e de preço elevado (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Em contrapartida aos métodos instrumentais, a análise sensorial busca a resposta humana sobre um determinado produto através dos cinco sentidos (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002). O Perfil Livre é a mais recente técnica de análise sensorial descritiva, possui uma grande vantagem sobre os outros métodos pois, o julgador tem a liberdade de utilizar os termos descritivos na quantidade e da maneira que desejar, eliminando o treinamento da equipe. A única técnica estatística que

pode ser aplicada aos dados obtidos com o Perfil Livre é a Análise Procrustes Generalizada (GPA) (BENASSI et al., 1998).

Buscando contribuir para a redução dos altos índices de perdas pós-colheita e para a necessidade da indústria de refrigeração doméstica em estudar a vida de prateleira de produtos *in natura*, um dos objetivos deste trabalho foi estudar as alterações nos parâmetros de qualidade dos tomates armazenados em refrigeradores domésticos.

Visando obter alternativas aos métodos tradicionais, pretendeu-se verificar a viabilidade da medida instrumental da cor e da firmeza de tomates, bem como investigá-los sob a técnica de Perfil Livre, permitindo assim análises versáteis e de baixo custo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS

A qualidade pós-colheita dos frutos relaciona-se com o conjunto de atributos ou propriedades que, entre outros, os tornam apreciáveis como alimento. De modo abrangente, a qualidade pode ser definida como um conjunto de características que permitem diferenciar um produto de outro e que tem influência na determinação do grau de aceitação pelo consumidor. Dentre estes componentes, devem ser considerados os atributos físicos, sensoriais e a composição química, com os quais devem ser realizadas associações ou observadas relações entre as medidas objetivas e subjetivas, para um melhor entendimento das transformações que ocorrem, e que afetam ou não a qualidade deste produto (CHITARRA, 1994).

De acordo com Lampkin (1990) citado por Borguini (2002), a qualidade dos alimentos não pode ser definida exclusivamente como uma característica individual mensurável. Usualmente avalia-se a qualidade adotando-se três critérios, considerados principais: 1) aparência, que se refere a tamanho, forma, cor, isenção de injúrias e um sabor especialmente associado com o produto individual; 2) conveniência tecnológica, que são os atributos específicos que determinam a conveniência do gênero alimentício para processamento e estocagem; 3) valor nutricional, concernente ao conteúdo de nutrientes essenciais para os seres humanos, como é o caso de proteínas e vitaminas e ausência de substâncias prejudiciais como nitratos, toxinas naturais, resíduos de pesticidas e metais pesados.

O valor nutritivo, por não afetar a aparência e também a qualidade organoléptica, é o atributo de qualidade menos considerado na cadeia de comercialização de frutos, seja pelos produtores, seja pelos consumidores (CHITARRA, 1994). Portanto, os atributos de qualidade dos produtos dizem respeito à sua aparência, sabor, odor, textura, valor nutritivo e segurança. Esses atributos têm importância variada, de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização, ou seja, do produtor até o consumidor.

2.2. IMPORTÂNCIA SÓCIO-ECONÔMICA DO TOMATE

O tomate é uma das mais importantes hortaliças cultivadas no mundo, sendo a segunda em volume de produção, superada apenas pela quantidade produzida de batatas (ICEPA, 2003).

A produção mundial em 2002 atingiu cerca de 108 milhões de toneladas, volume 7,7% superior ao do ano anterior e 5,9% maior que a produção de 2000. A área plantada aumentou 6,8% em 2002, se comparada com a do ano anterior e 6,6% superior à de 2000, conforme relatório do ICEPA (2004).

O crescimento da área e do volume produzido no Brasil em 2002 (3,6 milhões de toneladas), representando mais de 50% da produção da América do Sul e três vezes a do segundo produtor (Chile, com 1,2 milhão de toneladas), credencia o Brasil como fornecedor potencial do produto para os diversos mercados, principalmente para os países do Mercosul.

Na safra fevereiro de 2003, o Brasil estabelece mais um recorde, no limiar dos 120 milhões de toneladas. Contribuiu para isso uma seqüência de normas que vêm sendo melhoradas, especialmente pelos programas de investimento que foram retomados depois da metade da década de noventa.

Na Tabela 2.1 constam os dados referentes à área plantada e à produção obtida nos diversos países da América do Sul nas safras 2000-2002.

Tabela 2.1 - TOMATE – ÁREA PLANTADA E QUANTIDADE PRODUZIDA NOS PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL – 2000 - 2002

PAÍS	ÁREA PLANTADA (ha)			PRODUÇÃO OBTIDA (t)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Brasil ⁽¹⁾	56.866	57.606	61.633	3.004.797	3.103.293	3.608.367
Chile	20.249	19.475	20.000	1.217.100	1.157.000	1.200.000
Argentina	20.500	20.800	20.800	675.193	700.000	700.000
Colômbia	17.264	16.582	16.872	375.082	399.989	394.136
Venezuela	11.000	11.500	11.500	231.064	215.000	215.000
Peru	7.957	7.319	7.400	250.429	188.713	190.000
Bolívia	7.385	8.526	8.832	97.728	137.816	153.389
Equador	7.401	7.178	7.178	65.819	70.431	70.431
Paraguai	1.803	1.634	1.700	61.304	55.175	55.500
Uruguai	2.000	2.200	2.200	36.000	37.000	37.000
Guiana Francesa	130	130	130	3.770	3.770	3.770
Guyana	240	500	500	1.000	2.500	2.500
Suriname	77	80	80	960	1.090	1.090
Total	152.872	153.530	158.825	6.020.246	6.071.777	6.631.183

FONTE: FAO.
⁽¹⁾ Fonte IBGE.

Em Santa Catarina, a cultura do tomate se destaca como a terceira ocupação em horticultura, sendo uma atividade desenvolvida basicamente por pequenos e médios produtores rurais (ICEPA, 2003; 2004).

A produção estadual em 2002 aumentou 12,9% em relação a 2000, e 4,5% em relação ao ano anterior, passando a figurar como o sexto produtor nacional, apesar de a participação na produção brasileira ter passado de 4% em 2001 para 3,5% em 2002.

Ainda em 2002, o rendimento por área cultivada foi 8,3% superior ao do ano anterior e 12,8% em relação a 2000, como resultado do aumento do uso da tecnologia disponível nas diversas regiões produtoras do estado. A atividade está se tornando importante, fazendo com que, em maior ou menor escala, o plantio comercial seja adotado em todas as regiões (ICEPA, 2003).

Os destaques na produção estadual, como se pode observar na Tabela 2.2, foram as microrregiões de Joaçaba, Florianópolis, Tabuleiro, Campos de Lages e Tubarão, as quais, juntas, produziram 84,1% do total estadual. A microrregião de Canoinhas se sobressai pela produtividade média das lavouras (71.538 kg/ha), que em 2002, em razão da prática do cultivo protegido, foi 40% superior à média estadual.

Uma característica importante no contexto nacional desta cultura no Estado, é a possibilidade de seu cultivo em todos os meses do ano, bem como sua colheita.

Tabela 2.2 – TOMATE – ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO OBTIDA E RENDIMENTO MÉDIO NAS MICRORREGIÕES GEOGRÁFICAS DE SANTA CATARINA – 2000 - 2002

MICRORREGIÃO GEOGRÁFICA	ÁREA PLANTADA (ha)			PRODUÇÃO OBTIDA (t)			RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha)		
	2000	2001	2002 ⁽¹⁾	2000	2001	2002 ⁽¹⁾	2000	2001	2002 ⁽¹⁾
Blumenau	85	87	73	2.585	3.385	2.875	34.412	38.908	39.384
Campos de Lages	152	170	132	6.848	9.334	7.450	45.053	54.906	56.439
Canoinhas	55	55	26	3.315	4.060	1.860	60.273	73.818	71.538
Chapecó	34	34	53	1.825	1.492	1.965	53.676	43.882	37.076
Concórdia	13	13	7	571	621	248	43.923	47.769	35.429
Criciúma	35	27	27	825	955	1.205	23.571	35.370	44.630
Curitibanos	50	55	48	1.850	2.200	1.920	37.000	40.000	40.000
Florianópolis	536	533	530	22.802	26.350	28.770	2.541	49.437	54.283
Itajaí	18	16	0	670	680	0	7.222	42.500	0
Ituporanga	68	70	70	3.039	4.051	3.875	44.691	57.871	55.357
Joaçaba	624	799	865	37.515	38.015	44.603	60.120	47.578	51.564
Joinville	54	26	10	1.718	948	418	1.815	36.462	41.800
Rio do Sul	40	40	38	1.685	1.900	1.720	2.125	47.500	45.263
São Bento do Sul	17	17	13	680	680	520	40.000	40.000	40.000
Tabuleiro	510	480	437	20.780	22.300	21.000	40.745	46.458	48.055
Tijucas	93	81	75	3.660	3.220	3.375	9.355	39.753	45.000
Tubarão	135	110	111	4.970	5.010	5.306	36.815	45.545	47.802
Xanxerê	1	0	6	64	0	240	64.000	0	40.000
Santa Catarina	2.520	2.613	2.521	112.817	121.816	127.350	44.769	46.620	50.516

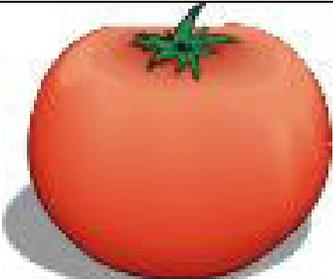
Fonte: IBGE
⁽¹⁾ Dados preliminares.

2.3. ORIGEM E BOTÂNICA DO TOMATE

Segundo Espinoza (1991), citado por Borguini (2002), o centro primário de origem do tomate e de espécies silvestres é o Geocentro Sul-Americano, que abrange as regiões situadas ao longo da Cordilheira dos Andes. Estudiosos acreditam que o tomate, tendo-se originado na Bolívia e no Peru, foi posteriormente levado pelos povos Incas até a região do Sul do México, onde habitavam os Astecas. Exploradores espanhóis levaram o tomate para o Sul da Europa, que aos poucos, foi disseminado para o Norte desse Continente. Os imigrantes franceses levaram-no para o Canadá, com o início da indústria em 1908.

O tomate foi trazido ao Brasil nos anos que se seguiram ao descobrimento. Assim, gradativamente, a cultura do tomate foi sendo introduzida em quase todos os estados, em maior ou menor escala (PAZINATO e GALHARDO, 1997).

Segundo a cartilha de classificação da Federação da Agricultura do Paraná (2004), existem dois grupos quanto ao formato do fruto, oblongo ou redondo e de acordo com o maior diâmetro equatorial ou longitudinal, os tomates podem ser divididos nas seguintes classes ou calibres:

	Formato oblongo Calibre pequeno: 40 mm a 50 mm Calibre médio: 50 mm a 60 mm Calibre grande: maior que 60 mm
	Formato redondo Calibre pequeno: 50 mm a 65 mm Calibre médio: 65 mm a 80 mm Calibre grande: 80 mm a 100 mm Calibre gigante: maior que 100 mm

O ciclo vital dos frutos inicia-se com a fertilização, que é seguida pelas etapas de formação, crescimento, maturação e senescência (CHITARRA & CHITARRA, 1990). O tempo necessário para que o ovário fecundado se desenvolva a um fruto maduro é de aproximadamente 9 semanas, podendo variar em função do cultivar, da posição do rácimo e das condições ambientais (SALFIELD, 1977).

2.4. TAXONOMIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TOMATE

Sendo um fruto de origem tropical, o tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), é uma planta dicotiledônea pertencente a família das solanáceas. Compreende esta família 85 gêneros distribuídos em todo o mundo, sendo especialmente abundante nas Américas (JOLY, 1979).

Segundo Rosa (1999), a classificação taxonômica geralmente aceita é:

- **Classe:** Dicotiledônes
- **Ordem:** Personatae
- **Família:** Solanaceae
- **Subfamília:** Solanoideae
- **Tribo:** Solaneae
- **Gênero:** *Lycopersicum*
- **Espécie:** *esculentum*

O teor de cada componente químico depende da variedade, nutrição e condições de cultivo, o que dificulta a apresentação de valores precisos. O fruto fresco do tomateiro é rico em vitamina C e seu poder calórico é bastante modesto, devido a seu escasso conteúdo em matéria seca e gordura (SALFIELD, 1977).

Segundo divulgado pela California Tomato Growers Association (CTGA, 2004), estudos científicos recentes mostram que os tomates não são somente deliciosos e versáteis, mas carregados de benefícios à saúde. Recentemente tem sido recomendado o seu consumo, principalmente em decorrência de pesquisas que revelam a presença de substâncias em sua composição que exercem papel preventivo, especialmente contra doenças crônicas (BORGUINI, 2002).

A identificação de sua notável riqueza nutricional, especialmente quanto a presença de vitaminas, aliado ao seu agradável sabor e cor, contribuiu para a rápida popularização de seu consumo. O tomate é consumido *in natura* como o ingrediente preferido das saladas, sob a forma de suco, desidratado como integrante de sopas, em conservas, em extrato, coado e condimento tipo *ketchup*, ou na forma de picles. Os frutos verdes em alguns países são utilizados inclusive para o preparo de doces (ESPINOZA, 1991).

O fruto do tomateiro é a parte comestível, apresentando também, excelente palatabilidade. O seu baixo valor energético torna-o recomendável àqueles indivíduos que desejam se submeter a dietas hipocalóricas ou que necessitam consumir um alimento de fácil digestão (BORGUINI, 2002). Na Tabela 2.3 encontram-se os valores nutricionais do tomate.

Tabela 2.3 – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO TOMATE EM 100g

Composição Nutricional	Quantidade em 100g
Fibra g	1
Calorias kcal	0
Água g	95,2
Vit A retinol µg	60
Vit B1 tiamina µg	80
Vit B2 riboflavina µg	113
Vit. B3 niacina µg	0,45
Vit C ac ascorbico mg	34,3
Cobre mg	0,2
Enxofre mg	14
Magnésio mg	13
Manganês mg	0,1
Zinco mg	0,2
Potássio mg	209,4
Sódio mg	42
Cálcio mg	9
Ferro mg	1,67
Fósforo mg	43

Fonte: EMBRAPA, 2004.

Os tomates verdes têm concentrações relativamente elevadas de amido, que podem superar 1% do peso fresco, mas decrescem a 0,1% nos frutos maduros (BORGUINI, 2002).

Os compostos nitrogenados diminuem desde a formação do fruto até o início da maturação, aumentando com a fertilização. Durante a maturação, os aminoácidos livres totais permanecem relativamente constantes, mas a concentração em ácido glutâmico, que surge predominante no tomate maduro, aumenta (LAPUERTA, 1995). Sua acidez é composta principalmente pelo ácido cítrico e em menor quantidade pelo málico. A acidez concentra-se fundamentalmente na cavidade locular e é relativamente baixa no mesocarpo externo. A acidez máxima durante a maturação coincide com a aparição da cor rosada, decrescendo progressivamente, dependendo, em grande medida, da variedade (BALDWIN et al., 1998).

O sabor dos tomates resulta de uma interação complexa entre açúcares, ácidos orgânicos, minerais e componentes do aroma. A fração volátil do tomate está constituída por mais de 400 substâncias, entre as quais se encontram hidrocarbonetos, éteres, aminas e uma ampla gama de moléculas heterocíclicas. Desses componentes, menos que 30 são considerados de importância para o odor e

estão incluídos etileno, hexanal, cis-3-hexanal, trans-2-hexanal, acetaldeído, 6-metil-5-hepteno, geranilacetona, β -ionona, trans-2-heptenona, trans-2-heptenal, acetona, etanol, 2+3-metilbutanol, cis-3-hexanol, 2-isobutiltiazol e 1-nitro-2-feniletano (BALDWIN et al., 1998).

Os açúcares constituem a maioria dos sólidos solúveis nas variedades comerciais de tomate, com valores de 1,5 a 4,0% do peso seco, o que equivale a 65% dos sólidos solúveis totais. Os açúcares livres mais abundantes são a glicose e a frutose, que se encontram em proporções similares. O teor de açúcares aumenta significativamente quando o fruto alcança uma cor amarelo-rosada e aumenta paulatinamente durante a maturação (LAPUERTA, 1995). Polissacarídeos são encontrados como constituintes das paredes vegetais e dentre eles estão a celulose, hemicelulose e as substâncias pécticas.

A concentração de lipídios no tomate é baixa, variando de 10 a 20mg de lipídios insaponificáveis por grama de matéria seca (BORGUINI, 2002).

O potássio é o mineral mais abundante e o que tem maior influência na qualidade do fruto e, junto com nitratos e fosfatos, constitui 93% das substâncias minerais do tomate. O cálcio deve estar por volta de 0,12% para evitar o risco do aparecimento de podridão apical. O magnésio se distribui de maneira uniforme nas folhas e frutos e tem efeitos benéficos sobre as alterações da maturação especialmente quando os níveis de potássio são baixos (BALDWIN et al., 1998).

A coloração do fruto maduro se deve à presença de carotenóides, particularmente licopeno (vermelho) e caroteno (amarelo). A proporção em que se encontram determina a intensidade de cor dos frutos. A distribuição dos pigmentos é diferente na pele e na polpa e pode ser influenciada pela intensidade e qualidade da luz. Uma sombra moderada favorece a formação do licopeno, enquanto que o caroteno ocorre de forma mais abundante se o fruto for exposto à luz intensa (SALFIELD, 1977).

Os carotenóides compõem um dos grupos de pigmentos naturais mais largamente encontrados na natureza. São responsáveis por colorações do amarelo ao vermelho de flores, folhas, frutas, algumas raízes, gema de ovo, lagosta e outros crustáceos, alguns peixes, pássaros, etc. Estima-se que a natureza produz mais de 100 milhões de toneladas de carotenóides por ano. Atualmente já são conhecidos as estruturas de mais de 300 carotenóides. (AMAYA et al., 1984).

A Figura 2.1 mostra a estrutura química de alguns carotenóides encontrados na natureza.

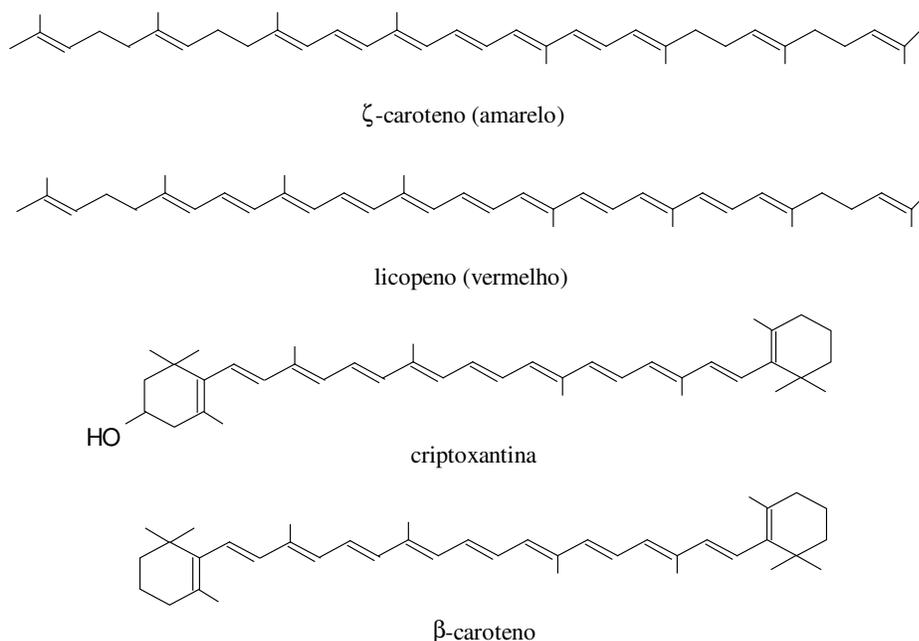


Figura 2.1 - Estrutura química de carotenóides típicos em plantas.

São necessárias pelo menos 7 ligações duplas conjugadas, para o aparecimento de coloração como no caso de ξ -caroteno que é amarelo. Os carotenóides fitoeno e fitoflueno, com 3 e 5 ligações duplas conjugadas, respectivamente são incolores. Na medida que o número de ligações duplas conjugadas aumenta, a coloração também se intensifica. Portanto, o licopeno que possui 11 ligações duplas conjugadas, apresenta cor vermelha. O β -caroteno e a criptoxantina, mesmo tendo também 11 ligações duplas conjugadas, apresentam cor amarela tendendo para laranja, devido a ciclização que diminui a contribuição das ligações duplas situadas no anel (FARKAS, 2000).

Com todas as suas propriedades desejáveis, os carotenóides sofrem de um grande problema: a sua fácil degradação com conseqüente perda de cor e da atividade provitamina A.

A estabilidade dos carotenóides depende da disponibilidade de oxigênio, temperatura, exposição à luz, atividade de água, presença de metais, acidez e a própria estrutura. Devido ao seu alto grau de insaturação, os carotenóides são extremamente susceptíveis à oxidação (FARKAS, 2000).

Como o licopeno é o principal pigmento do tomate, a degradação deste tem sido objeto de várias investigações. Amaya et al. (1984), estudou a degradação do licopeno em solução de hexano ou éter de petróleo na presença de oxigênio, e demonstrou a importância da temperatura no processo. Perdas de 15% e 25% foram observadas durante 3 horas a 65°C e 100°C, respectivamente.

A cor verde dos tomates não maduros se deve à presença de clorofila *a* e *b*. No início a cor muda gradualmente de verde-escuro para verde-claro e em seguida ocorre o surgimento de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos. A perda da cor verde resulta da quebra da estrutura de clorofila causada, principalmente, pelas mudanças de pH, resultantes da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases.(AWAD, 1993).

2.5. CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES CELULARES

A parede celular, composta de fibras de celulose e de pectinas, tem como função essencial conter o protoplasma da célula e evitar sua ruptura sob o efeito da pressão de turgescência (AWAD, 1993).

Em todas as paredes celulares vegetais existem duas camadas, denominadas lamela média (substância intercelular) e parede primária. A lamela média situa-se entre as paredes primárias de células adjacentes. A parede secundária, se presente, é depositada pelo protoplasto sobre a superfície interna na parede primária. A lamela média compõe-se principalmente de substâncias pécticas e freqüentemente é difícil distingui-la da parede primária, principalmente nas células que formam paredes secundárias grossas (AWAD, 1993).

A Figura 2.2 mostra as camadas de uma célula vegetal e seus principais constituintes.

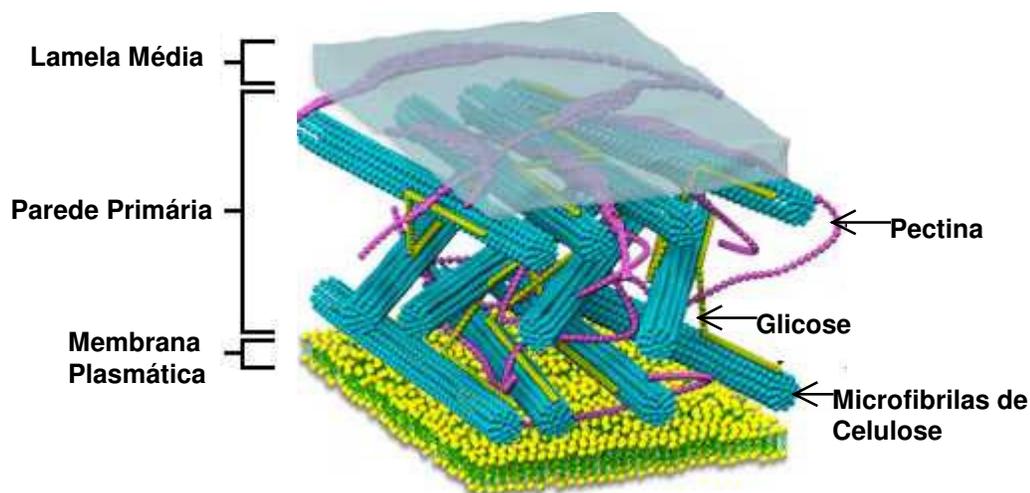


Figura 2.2– Estrutura geral da parede celular de vegetais.

A pectina é o polissacarídeo que, junto com a celulose e hemicelulose, forma o material estrutural das paredes celulares dos vegetais. A combinação de pectina com a celulose e hemicelulose por ligações covalentes dá origem à chamada protopectina. Com o envelhecimento do vegetal, a pectina é enzimaticamente degradada com perda de rigidez do material estrutural (BORGUINI, 2002).

2.6. RESPIRAÇÃO DOS FRUTOS

O tomate é um fruto climatérico e como tal, amadurece após a colheita. A melhor qualidade do fruto para consumo *in natura* é atingida na proximidade do pico climatérico.

No decorrer da maturação ocorre uma longa série de reações bioquímicas, controladas por enzimas e dependentes da temperatura, que resultam na oxidação e quebra de substratos relativamente complexos, como açúcares e ácidos orgânicos e na liberação de moléculas mais simples. A energia química liberada das reações é utilizada para sintetizar, a partir de moléculas simples, os compostos que aparecem pela primeira vez durante a maturação do fruto, tais como pigmentos, açúcares, ácidos, proteínas (enzimas) e substâncias voláteis (AWAD, 1993).

A maioria dos cultivares de tomates possuem uma baixa capacidade de armazenamento, devido principalmente às perdas de peso, amolecimento excessivo e incidência de podridões. Um dos fatores que contribuem para a observação deste

quadro é a colheita de tomates no ponto inadequado, que pode resultar não só na perda em peso colhido do produto, como também na aceleração da senescência em pós-colheita (WOODS, 1990).

Para aumentar a vida de prateleira é necessário além de inibir o metabolismo respiratório e adiar a ocorrência do climatério, evitar a perda de água pelo fruto. Uma perda de água de apenas 5% resulta não só na perda de peso, mas também no murchamento e na perda de firmeza, fatores que afetam a aparência, fundamental para o consumo de muitos frutos (AWAD, 1993; KLUGE, 2004).

Durante o armazenamento, a manutenção de baixas temperaturas e uma umidade relativa alta é o meio mais eficaz de reduzir a perda de água. Contudo, a umidade relativa alta favorece a multiplicação de microorganismos (AWAD, 1993).

2.7. SENESCÊNCIA

A seleção de genótipos que sofrem senescência mais lenta tem sido útil sob o ponto de vista de otimização do manuseio. Em frutos climatéricos como o tomate, a senescência e a capacidade de armazenamento podem ser governadas por mutantes de amadurecimento, que controlam a síntese do etileno, o desenvolvimento da cor, a perda de firmeza e vários outros padrões fisiológicos (FIGUEIRAS, 1996).

Atualmente são comercializados tomates denominados longa vida, que são híbridos que possuem o gene *rin* (*ripening inhibitor*). Ele inibe de maneira irreversível o amadurecimento do tomate, que não fica vermelho, não perde firmeza, não tem o pico climatérico de produção de dióxido de carbono e de etileno e não atinge qualidade para comercialização. O gene *rin* afeta pouco o amadurecimento, mas causa um leve prejuízo sobre a cor e prejudica moderadamente o sabor. Os efeitos favoráveis do gene *rin* têm sido observados após o completo amadurecimento.

O desenvolvimento da tecnologia de genes tem permitido o desenvolvimento de linhas de plantas em que genes específicos foram permanentemente inativados. Genes têm sido incorporados em frutos para diminuir a ação de enzimas importantes, dentre elas, as enzimas que degradam as paredes celulares como a poligalacturonase (PG) (LUENGO e CALBO, 2001).

Muitos experimentos indicaram existir uma correlação positiva entre os níveis de PG e a taxa de amolecimento. Outros estudos provam que os frutos mutantes de tomate *rin* (inibidor de amadurecimento) e *nor* (nunca amadurece), ambos recessivos, não produzem PG e não amolecem nem amadurecem normalmente. Nestes frutos a síntese de etileno é muito reduzida ou nula, a síntese de licopeno é reduzida, porém os níveis de pectinametilesterase (PME) e de celulase são normais (AWAD, 1993).

Após a mudança de cor, o amolecimento do fruto é a transformação mais característica que ocorre durante sua maturação. É muito importante do ponto de vista econômico, já que afeta sua qualidade, resistência ao transporte, conservação e resistência ao ataque de microorganismos (AWAD, 1993). A firmeza influencia consideravelmente na aceitação pelo consumidor, uma vez que é um indicador do estado de maturação. Para os produtores, ela está relacionada à vida de prateleira das frutas e para as indústrias, a comparação da textura de frutas de variedades diferentes pode ser de vital importância (SUGAI, 2002).

A firmeza dos produtos agrícolas se desenvolve por uma combinação de forças físicas originadas a partir dos seguintes processos:

- Pressão de turgor dentro da célula intacta, criando uma tensão no tecido;
- Forças coesivas dentro da célula, geradas pela composição química e propriedades físicas de cada parede celular;
- Forças adesivas entre células, geradas pela composição química e propriedades físicas da lamela média e das cadeias de pectina;
- Estrutura e forma externa de separar as células (dimensão das células e área de contato);
- Estrutura e forma externa do tecido, como força e distribuição do tecido vascular.

Os primeiros três itens representam as forças químicas e físicas e os dois últimos itens representam a morfologia e a histologia. Cada processo e cada propriedade mencionada pode e tem efeito sobre a firmeza (TIJSKEUS, 2004).

O amolecimento pode ser determinado de maneira subjetiva, aplicando-se a pressão dos dedos, ou objetiva, utilizando-se instrumentos como o penetrômetro, que indicam a força necessária para vencer a resistência dos tecidos vegetais (COELHO, 1994).

A estrutura e alguns componentes intracelulares são os responsáveis pelo tipo e nível de firmeza em uma fruta ou vegetal, mas sua alteração durante a estocagem depende muito da forma e elasticidade da parede primária da célula. A pectina pode ser degradada pela ação enzimática da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG). A atividade da PME diminui o grau de metilação da cadeia de pectina e, a PG diminui o comprimento da cadeia de pectina. Assim, ambas as enzimas afetam primariamente a lamela média e conseqüentemente a força de adesão entre as células. A perda de água afetará o turgor e a tensão do tecido (TIJSKEUS, 2004).

Estudos recentes mostraram que o amolecimento do tomate poderia ser também o resultado da reciclagem de alguns componentes da parede celular e da lamela média. Nesse processo ocorreria, durante a maturação do fruto, a síntese e incorporação de novos polímeros e a retirada simultânea de outros polissacarídeos. O resultado dessa permuta seria uma parede celular e uma lamela média menos rígidas (AWAD, 1993).

2.8. REFRIGERAÇÃO

Os alimentos podem facilmente sofrer modificações ou alterações produzidas por vários agentes, sejam biológicos (microorganismos e enzimas), químicos (oxigênio e água) ou físicos (luz e calor). De todos estes agentes os mais importantes são os microorganismos, pela assiduidade de sua presença, pela variedade de efeitos que originam e pela intensidade e velocidade das alterações que provocam (EVANGELISTA, 1998).

A refrigeração tem sido considerada como o método mais efetivo de preservação da qualidade de muitos produtos hortifrutícolas, pois baixas temperaturas retardam a respiração, a produção de etileno, o amadurecimento dos frutos, a senescência, as mudanças metabólicas indesejáveis e o desenvolvimento de podridões pós-colheita. Para produtos sensíveis ao resfriamento, principalmente os de origem tropical, as baixas temperaturas resultam, freqüentemente, em mais efeitos indesejáveis do que desejáveis. Entretanto, se o produto não é refrigerado, apresenta vida útil pós-colheita curta, ocasionando elevadas perdas quantitativas e qualitativas (KLUGE et al., 1998).

A refrigeração não tem ação esterilizante sobre o microorganismo e, por isso, não pode melhorar o alimento em condições precárias de sanidade, mas consegue sim, retardar o progresso de atividades contaminantes já instaladas, e impedir o surgimento de novos agentes deteriorantes (EVANGELISTA, 1998).

O tomate é sensível aos danos causados pelo frio, entretanto, sua vida útil pós-colheita aumenta quando os frutos são mantidos a temperaturas até 12°C. Os sintomas característicos de danos devidos ao resfriamento em tomates são depressões superficiais, podridões fúngicas e amadurecimento irregular, caracterizado por pouco desenvolvimento da coloração e modificações na textura e no sabor. A intensidade destas injúrias normalmente aumenta quando os frutos são expostos a condições ambientais e, em alguns casos, os danos só aparecem após a transferência dos frutos para temperaturas mais altas (KLUGE et al., 1998).

2.8.1. Operação básica de um refrigerador

As Figuras 2.3a e 2.3b mostram os elementos de um sistema de refrigeração de um refrigerador, uma porta comercialmente disponível no mercado brasileiro e o seu respectivo fluxo natural do ar frio. O sistema compreende quatro elementos principais: compressor (motor), evaporador, tubo capilar ou válvula de expansão e condensador.

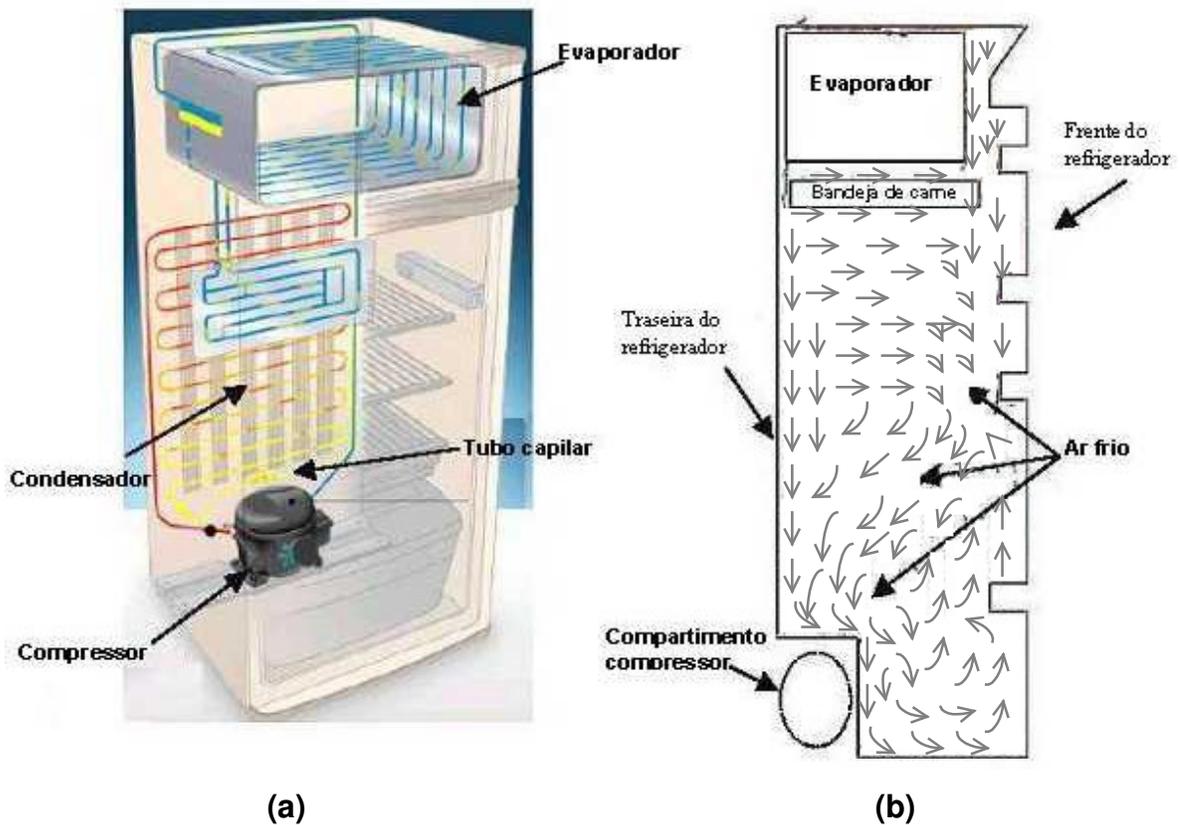


Figura 2.3 – Sistema de refrigeração doméstico: (a) principais elementos de um sistema de refrigeração; (b) fluxo natural do ar frio dentro do refrigerador.

O sistema de refrigeração por compressão mecânica do vapor de um fluido refrigerante é inserido, em refrigeradores domésticos, em um gabinete de aço com superfície exterior lisa e projetada para evitar condensação do vapor d'água do ambiente. O interior tem a superfície adaptada para a instalação de acessórios como prateleiras, lâmpadas, termostatos e gavetas. A maioria dos gabinetes usa espuma de poliuretano como material de isolamento. Nos refrigeradores mais simples, o evaporador fica localizado no topo do interior do gabinete que, por sua vez, é construído com uma forma interna que facilita a circulação natural do ar resfriado no ambiente interno, dispensando o uso de ventiladores. A gaveta de verduras fica geralmente localizada na parte inferior do gabinete. Esta normalmente tem uma cobertura cujo objetivo é manter a umidade do ar que, nesta região, é relativamente maior em relação ao restante do ambiente. Uma gaxeta de borracha em toda a periferia da porta e gabinete veda o sistema do meio ambiente por intermédio de um imã (SEIDEL, 2001).

Diferentes configurações de refrigeradores domésticos podem-se originar através de uma combinação entre o sistema de fluxo de ar, que pode ser natural ou forçado através de ventiladores, e a técnica de degelo, que pode ser manual ou automático, conforme pode ser visto na Figura 2.4 (BJÖRK, 2001).

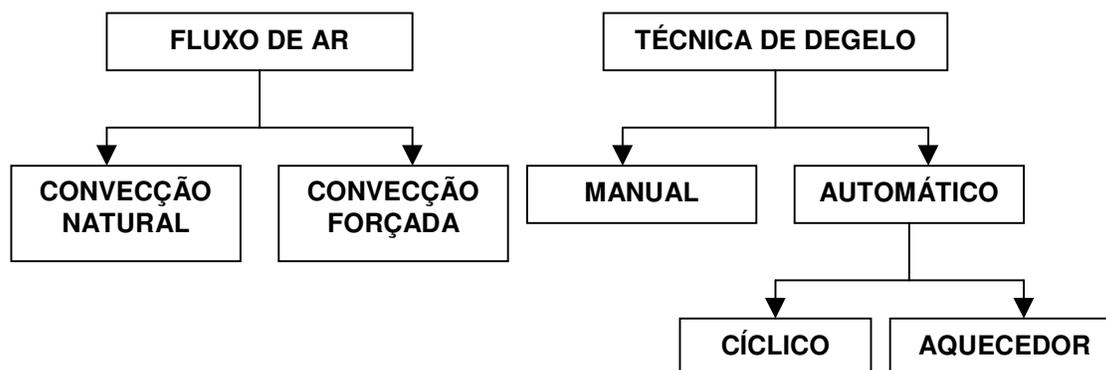


Figura 2.4 – Fluxogramas de possíveis configurações de um refrigerador doméstico.

Um gabinete frio, também chamado de *All Refrigerator* (Figura 2.5a), é um gabinete sem congelador. Estes refrigeradores usam principalmente dois tipos de evaporadores de alumínio: um evaporador plano que é colocado no teto do gabinete e o evaporador em forma de “U” colocado no fundo e laterais do topo do gabinete. Esta configuração pode ou não ter a circulação de ar frio através da convecção forçada, dependendo da distribuição dos componentes internos.

A convecção natural do fluxo de ar frio, é uma característica predominante nos refrigeradores conhecidos como *Direct Cool* (Figura 2.5b). A temperatura mínima no congelador é -6°C , sendo que não possuem alta capacidade de congelamento. Normalmente o degelo é manual, podendo ser encontrado também em uma configuração semi-automática.

Um refrigerador *Frost Free* ou *No-Frost* (Figura 2.5c), possui um projeto de gabinete que utiliza evaporador aletado, não apresentando nenhum congelamento aparente. O evaporador deste sistema é equipado com degelo automático, que é geralmente realizado por um aquecedor elétrico controlado por um temporizador. O fluxo de ar frio no interior do gabinete é feito por convecção forçada.

A Figura 2.5 mostra fotos ilustrativas de três refrigeradores domésticos.

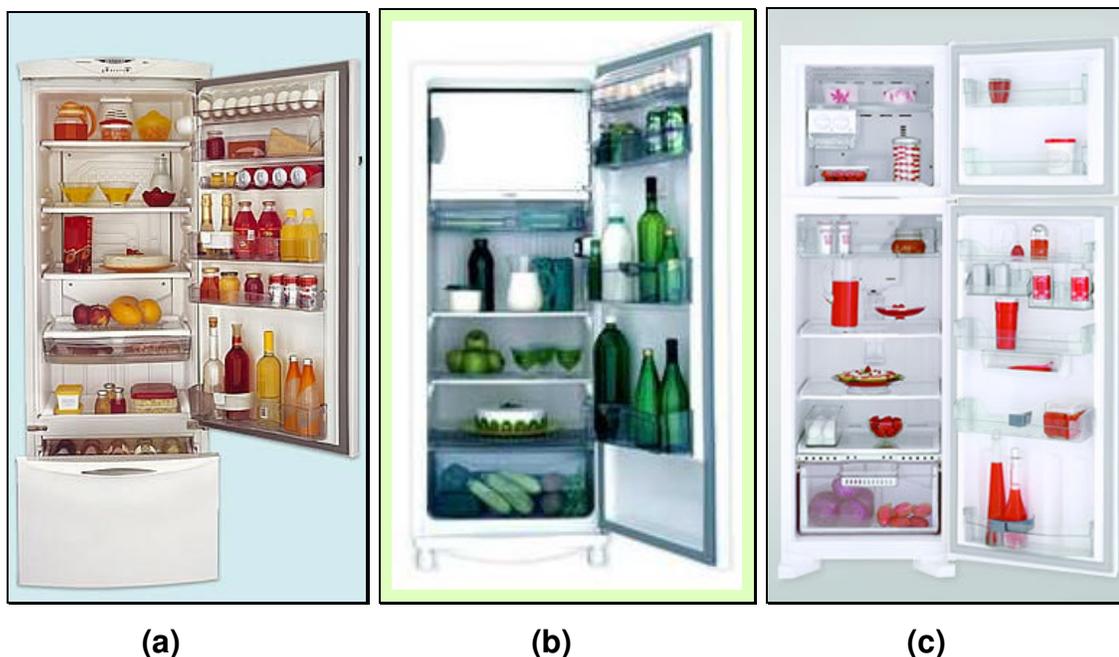


Figura 2.5 – Fotos ilustrativas de refrigeradores domésticos: (a) *All Refrigerator*; (b) *Direct Cool*; (c) *Frost Free*.

2.9. A COR

A mudança de cor que se observa durante a maturação de muitos frutos é uma transformação óbvia e, muito freqüentemente, o critério mais importante utilizado pelo consumidor para julgar sua maturidade. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de várias cores que variam do amarelo ao vermelho (AWAD, 1993).

Reações de escurecimento também ocorrem no tecido vegetal, devido à ação de enzimas quando há ruptura da célula. Este é um dos principais problemas na indústria de alimentos, pois a ação da enzima polifenol oxidase resulta na formação dos pigmentos escuros, as melaninas. Essas mudanças são freqüentemente acompanhadas de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, ocasionando a diminuição da vida de prateleira e do valor de mercado (ARAÚJO, 1995).

Cor é uma palavra que descreve uma distribuição de energia radiante visível que impressiona os olhos, que parte de uma fonte de luz e reflete nos objetos, sob o

ponto de vista físico. É o resultado de uma reação que ocorre com algumas moléculas, originando grupos, que quando excitados eletronicamente emitem radiação característica. A Figura 2.6 mostra geometrias simples usadas para a visualização de brilho e cor.

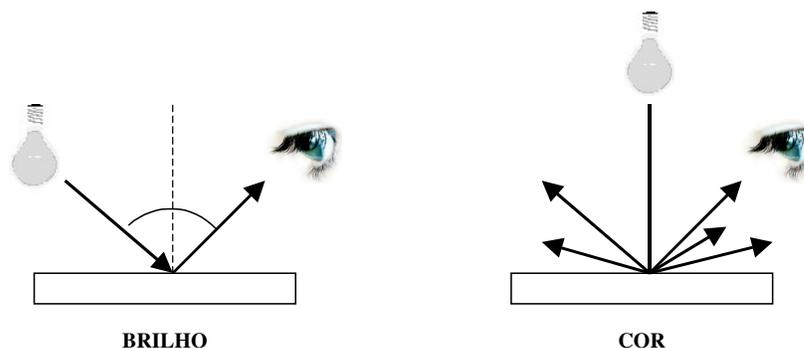


Figura 2.6 – Geometrias para visualização de brilho e cor.

Segundo a Electro Optical Industries (2004), a luz pode ser definida como a parte do espectro de radiação eletromagnética que o olho humano pode ver. Isto ocorre entre 400 e 700 nm.

As cores se apresentam separadas, pois são percebidas em diferentes comprimento de ondas. Esses comprimentos se tornam mais longos à medida em que se examina o espectro, partindo do violeta para o vermelho. O espectro de luz visível, pode então assumir diversas cores em função do comprimento de onda, como mostra a Figura 2.7 (BERTULANI, 2005).

Uma fonte de luz é definida como a origem física da luz, como uma lâmpada de tungstênio. Um iluminante é uma representação numérica da fonte. A quantidade de números usada nesta representação numérica, descreve quanto de luz de cada comprimento de onda a fonte contém (FARKAS, 2000).

Um objeto pode modificar a luz e os pigmentos são grandes causadores deste efeito, pois o objeto seletivamente absorve alguns comprimentos de onda da luz, enquanto reflete ou transmite outros. Nós vemos a cor laranja por que todos os outros comprimentos de onda da luz branca incidente foram absorvidos.

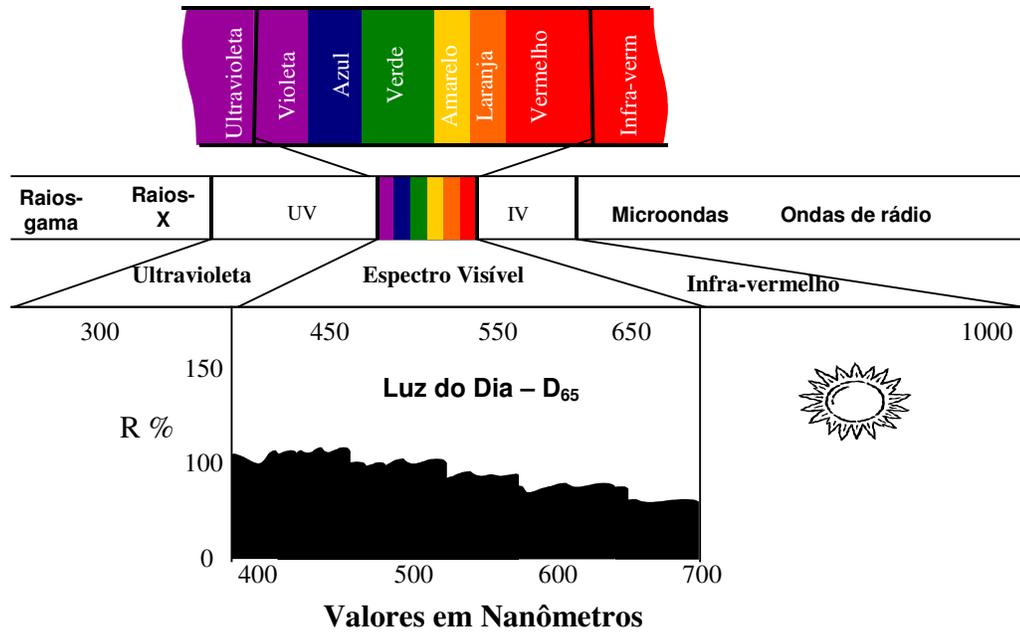


Figura 2.7 – Distribuição da Energia Espectral.

Quatro fenômenos são passíveis de ocorrer quando a luz incide sobre um objeto:

1. Reflexão especular que ocorre na superfície do objeto e está associada com o brilho;
2. A difusão que é observada dentro do material, sendo associado com reflexão difusa e algumas vezes com transmissão difusa;
3. A absorção, dentro do material e largamente responsável pela cor;
4. A transmissão através do objeto, se este é mais ou menos transparente. A transmissão está associada com a claridade.

Quando um feixe de luz encontra a superfície de um objeto não metálico, uma pequena parte é refletida e não penetra no objeto. A quantia real refletida depende, sobretudo, da lisura da superfície, do índice de refração do material e do ângulo no qual o feixe de luz incide na superfície. Esta luz refletida é aquela observada como reflexão especular e é responsável pela aparência brilhante do objeto. Um objeto sem luz não terá cor (FARKAS, 2000).

As fontes luminosas não são somente caracterizadas pelo matiz (*hue*), que é a presença de um comprimento de onda dominante, mas pode-se também definir a intensidade ou brilho (L - amplitude do comprimento de onda) e a saturação, que é a concentração em torno do comprimento de onda dominante (BERTULANI, 2005).

A Figura 2.8 mostra a diferença entre os comprimentos de onda de uma fonte luminosa branca e uma colorida.

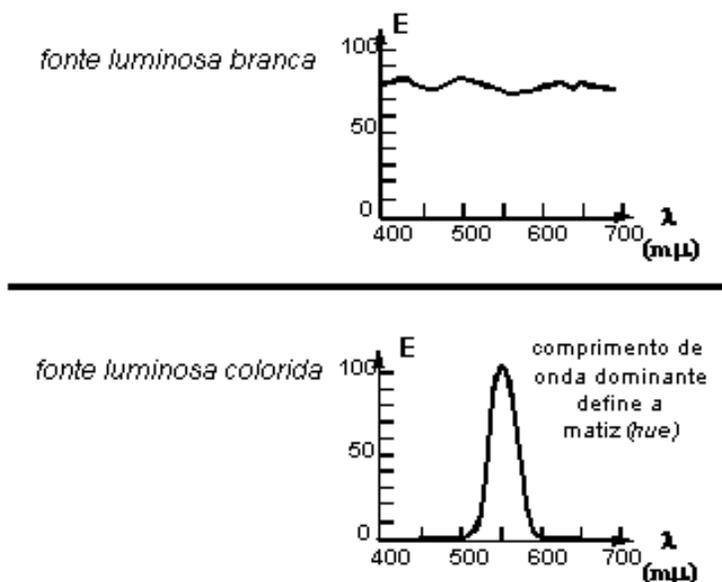


Figura 2.8 – Comprimento de onda de fontes luminosas.

As fontes podem ser “quentes” e “frias”. As fontes “quentes”, assim como todas as fontes de luz incandescentes e algumas das fluorescentes, produzem uma luz branca, mas tem forte predominância nos componentes de onda do vermelho, laranja ou amarelo. As fontes “frias” são fontes de luz claras de vapor de mercúrio e outras fluorescentes, que produzem luz branca com predomínio no azul e verde (FARKAS, 2000).

2.9.1. Escalas de cor

A linguagem CIELab nos dá a diferença de cor calculada pelo uso de escalas de cores oponentes L^* , a^* , b^* . Assim, se estabelece um sistema tridimensional constituído por três coordenadas capazes de descrever a uniformidade da cor:

- L^* , é uma medida da luminosidade de um objeto, e varia do 0 (para o preto) até ao 100 (para o branco);
- a^* , é uma medida do vermelho (a^* positivo) ou do verde (a^* negativo);
- b^* , é uma medida do amarelo (b^* positivo) ou do azul (b^* negativo).

As coordenadas (a^* e b^*) aproximam-se do zero para cores neutras (branco, cinzento e preto) e formam um plano horizontal dentro de um sólido. A Figura 2.9 representa as coordenadas do sistema CIELab no plano.

A combinação de L^* , a^* , b^* , define a cor de um objeto, onde a variação de cor, ΔE^* , depende das variações nos eixos a^* , b^* , e L^* . Estas coordenadas podem ser simétricas, com mesmos valores no sentido positivo ou negativo, ou então assimétricas, quando se pode permitir variações para determinada cor.

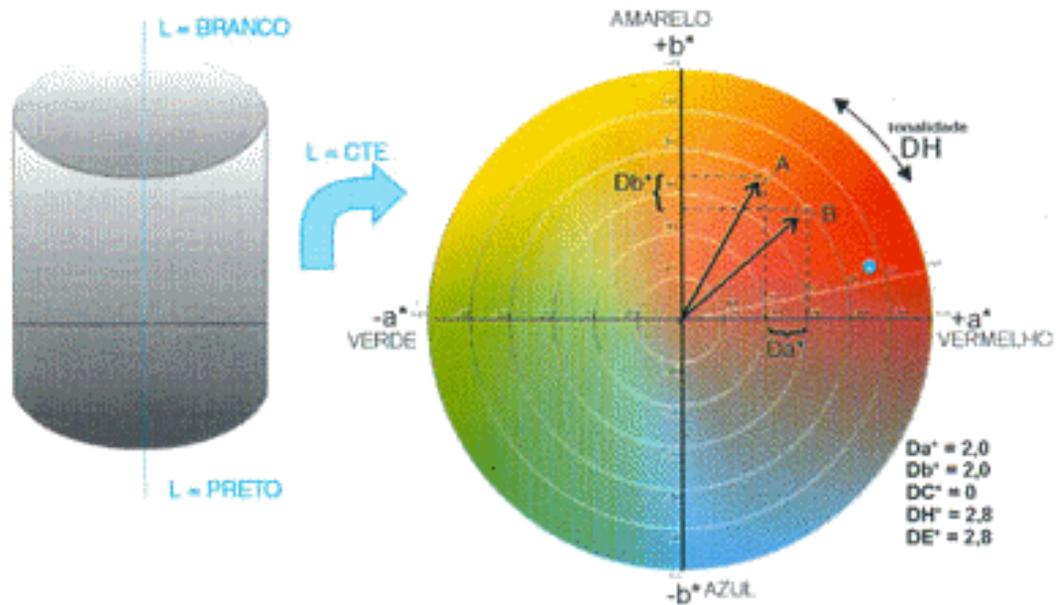


Figura 2.9– Coordenadas do Sistema CIELab no plano.

Por meio destas três coordenadas, podemos posicionar uma cor no espaço, ou seja, estes números expressam o endereço da cor. Ao se obter os valores L^* , a^* e b^* do padrão e L^* , a^* e b^* da amostra, é possível calcular as diferenças entre um padrão e a amostra em cada coordenada, e também uma diferença total, como segue:

$$\Delta L^* = L^*_{amostra} - L^*_{padr\tilde{a}o}$$

$$\Delta a^* = a^*_{amostra} - a^*_{padr\tilde{a}o}$$

$$\Delta b^* = b^*_{amostra} - b^*_{padr\tilde{a}o}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2.1)$$

onde ΔE^* é um número que determina a diferença total de cor entre uma referência e a amostra e que pode ser usado como parâmetro de aprovação ou reprovação de cores (FARKAS, 2000).

O espaço L^* , C , h é um espaço de coordenadas polares, onde temos a coordenada Luminosidade (L^*), que é exatamente a mesma do espaço L^* , a^* , b^* , a coordenada do C que é definida como sendo a Saturação e o h , que é o ângulo total dentro do espaço L^* , C , h .

A Figura 2.10 mostra que podemos descrever este espaço da seguinte maneira: se considerarmos o ângulo de 0° , temos então a cor vermelha; para o ângulo de 90° temos o amarelo; para o ângulo de 180° temos o verde; e para o ângulo de 270° temos o azul. Por meio da especificação angular do tom é possível saber se um padrão, quando comparado com uma amostra, possui ou não mesmo tom. Se realmente foram utilizados os mesmos corantes ou pigmentos no padrão e na amostra, o ângulo total será o mesmo. A saturação, expressa por C , é definida como a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor. No centro do espaço L^* , C , h , estão os valores mínimos de saturação e a medida que se caminha para as extremidades aumentam-se esses valores. A saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante (FARKAS, 2000).

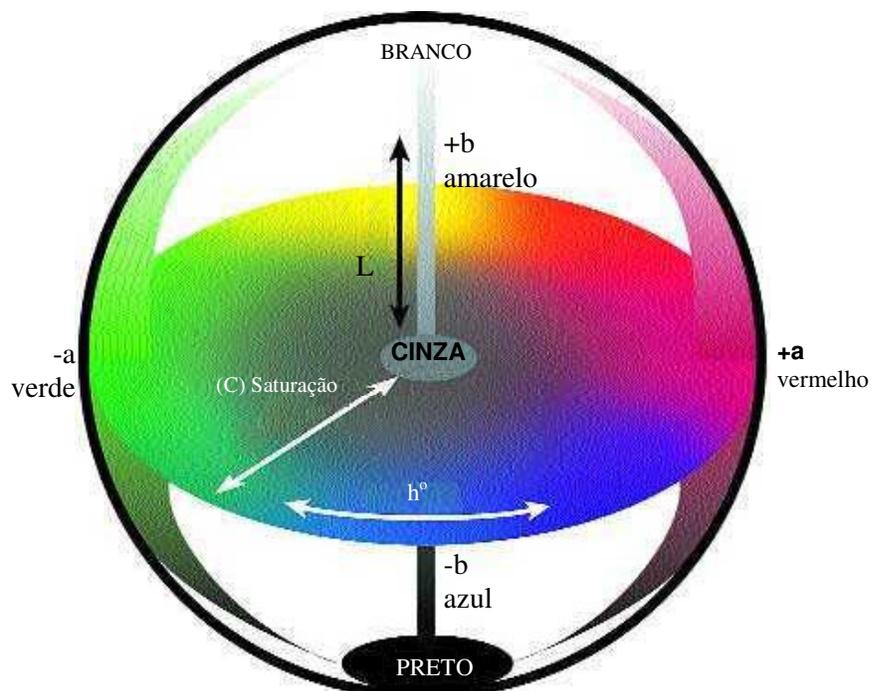


Figura 2.10 - Representação do sistema CIELab (Comissão Internationale de L'Eclairage - CIE).

A cromaticidade é a qualidade que caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. Quando uma cor não está misturada com outra acromática ela é dita pura ou saturada ($L > 0$) e caso contrário, ela é dita pálida ou acinzentada ($L < 0$) (FARKAS, 2000).

Uma das grandes virtudes do espaço L^* , C , h , é a possibilidade da especificação de tolerâncias com pesos diferentes. Se considerarmos que o olho humano tem um maior choque visual para variações de tom do que de saturação e luminosidade, então podemos dizer que no espaço L^* , C , h , é possível restringirmos mais a possibilidade da variação de tom por meio do ângulo tonal e, permitir uma maior variação na saturação e luminosidade nas coordenadas C e L^* (FARKAS, 2000).

Almeida (1995), observou que L^* , h e C correlacionam-se bem com a percepção dos provadores no que se refere à cor subjetiva, sensorial.

2.9.2. Índice de Cor

Yeatmen et al. (1960), ajustou um índice de cor para computar cores de suco de tomate a partir de medidas objetivas de cor.

Discos de Munsell, cuidadosamente preparados com os atributos de cor L , C e h espaçados regularmente, foram usados por observadores treinados como um guia na escala visual das amostras.

Avaliações de escalas de cor visuais e instrumentais determinadas pelas amostras de suco, cobriram uma larga escala de cor no espaço de cor Hunter-Munsell. Somente quando as posições tridimensionais das cores lidas das amostras de suco no sistema, foram visualizadas em relação a uma escala de cores, tornou-se possível ajustar uma equação para descrever a cor de tomates de modo a relatar a avaliação instrumental com escalas de cor visual (YEATMEN et al. 1960).

$$IC = \frac{2000}{L} \times \frac{a^*}{(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}} \quad (2.2)$$

Este trabalho foi repetido em 1959 com outro grupo de observadores treinados. Como resultado desta pesquisa, um instrumento foi desenvolvido para medir a cor do suco de tomate através de um colorímetro tristímulo e automaticamente calculado neste índice por um circuito analógico apropriado. Este instrumento usado nos experimentos de 1959, foi chamado de Colorímetro para Tomates e foi projetado para ser rigoroso e simples de operar (YEATMEN et al. 1960).

2.9.3. *Uso de Software no Estudo da Aparência*

Apesar da importância da avaliação da cor, muitas vezes esse parâmetro não é devidamente estudado, pois os equipamentos necessários têm preço elevado. Além disso, no caso de produtos que apresentem superfícies pouco uniformes, medidas pontuais como as realizadas por colorímetros, podem exigir um grande número de determinações e/ou não representar as características do produto de forma adequada (OLIVEIRA et al., 2003).

Embora no passado estas variáveis tenham sido avaliadas por métodos subjetivos, as mais modernas tecnologias procuram alcançar métodos objetivos de medição instrumental para uma uniformização das metodologias e comparabilidade dos resultados (FARKAS, 2000).

O desenvolvimento tecnológico no processamento digital permitiu o aparecimento, dentre outros periféricos, dos digitalizadores de imagens (escâneres e câmaras), possibilitando o processamento da luz e da cor tanto na forma visível nos monitores, quanto na forma impressa. O processamento digital da imagem cria uma nova unidade de área, o pixel, que corresponde a um ponto no monitor, que pode estar aceso ou apagado, ou em intensidades intermediárias nos sistemas de escala de cinza ou em cores (SACHS & PORTUGAL, 2001).

Numa alternativa aos instrumentos tradicionais, a combinação de câmara digital, computador e software adequado permite uma análise versátil e de baixo custo. Aplicativos para ler, pixel a pixel, cores de uma área pré-selecionada de imagem digitalizada, têm sido desenvolvidos (SACHS & PORTUGAL, 2001; LINDBLOOM, 2004), bastando escanear ou fotografar as amostras em condições padronizadas. Este aplicativo converte as áreas selecionadas das imagens em conjuntos de valores médios nas três cores básicas, vermelho, verde e azul do

sistema RGB (Red-Green-Blue), o sistema de cores desenvolvido pela Microsoft, que é utilizado em monitores de computador.

2.10 Análise Sensorial

Através da Análise Sensorial pode-se determinar a aceitabilidade e a qualidade dos alimentos, com o auxílio dos órgãos humanos dos sentidos (TEIXEIRA et al., 1987).

A avaliação sensorial foi definida pela Divisão de Avaliação Sensorial do IFT – *Institute of Food Technologists* como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e materiais percebidas pelo sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

A preocupação dos homens em relação à percepção de aromas e sabores é bem documentada e datada desde os anos 300 A.C., quando os gregos compilaram um tratado sobre aromas. Técnicas de avaliação sensorial foram desenvolvidas a partir da necessidade de produtores obterem uma classificação para seus produtos como vinho, chá, café, manteiga, peixe, etc, cujos preços eram definidos a partir da classificação de qualidade efetuada por um *expert* no produto (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

A avaliação sensorial proporciona informação integral sobre a qualidade dos alimentos. Quando um consumidor seleciona um alimento, está de alguma forma, julgando se as características do produto satisfazem suas expectativas e se estas correspondem às suas exigências (TEIXEIRA et al., 1987).

Com o crescimento da industrialização de alimentos nos anos 1900 e o desenvolvimento de muitos produtos novos, surgiu o questionamento sobre a capacidade dos poucos *experts* disponíveis cobrirem a avaliação de todos os produtos, e ainda, sobre a significância do julgamento de somente dois ou três indivíduos. Percebeu-se que o nível de qualidade definido pelos *experts* não refletia necessariamente as atitudes dos consumidores, os quais passaram a ser focados como detentores da definição quanto ao fracasso ou sucesso das novas indústrias (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002; MELLO, 2001).

A partir de então, o interesse dos tecnólogos de alimentos em medir a qualidade sensorial dos produtos foi se intensificando, sendo um marco na história da análise sensorial a realização do simpósio “*Flavor in foods*”, em 1937 (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

Pesquisadores atuantes na área têm continuamente desenvolvido, formalizado e estruturado metodologias de avaliação com o objetivo primordial de conduzir testes válidos e confiáveis que forneçam os dados e informações necessárias à tomada de decisão.

Os estudos relacionados à aceitabilidade de alimentos tiveram um impulso marcante na época da Segunda Grande Guerra, quando foram estabelecidos centros de pesquisas incumbidos de esclarecer as causas da não aceitabilidade dos alimentos nutritivos desenvolvidos para os soldados. Como consequência, juntou-se aos analistas sensoriais especialistas em psicologia e em estatística sendo esta uma área de atuação continuamente em desenvolvimento (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002; MELLO, 2001).

2.10.1 Técnica de Perfil Livre

Os métodos descritivos são de grande utilidade na solução de diversos problemas associados à qualidade, estudo da vida útil, desenvolvimento de novos produtos e interpretação das preferências do consumidor. Apresentam certas desvantagens, como a necessidade de um grande número de sessões de treinamento. Além disso, apesar dos esforços realizados para padronizar as técnicas, os julgadores apresentam muitas diferenças de percepção e durante as descrições, freqüentemente, ocorrem discordâncias entre os membros da equipe (PARENTE et al., 2001).

Todas estas desvantagens podem ser superadas pelo uso de uma técnica alternativa, que permite diminuir e até eliminar as sessões de treinamento, a técnica de Perfil Livre (PARENTE et al., 2001).

O Perfil Livre é a mais recente entre as técnicas descritivas de avaliação, tendo sido desenvolvido em 1984 por Williams & Langron como uma solução ao problema de os consumidores utilizarem diferentes termos para descrever um determinado atributo (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

Tem este nome porque desde o início até o final da avaliação, o julgador tem liberdade de utilizar os termos descritivos que desejar, na quantidade que desejar, o que oferece a possibilidade de praticamente eliminar a etapa de treinamento da equipe. Assim, cada julgador desenvolve sua própria ficha de avaliação. Pode-se dizer que essa técnica se baseia no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características nas amostras, mesmo que se expressem de forma diferente (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

Os resultados obtidos da comparação desta técnica com a técnica convencional descritiva na avaliação sensorial do aroma de seis amostras de café (WILLIAMS & LANGRON, 1984; FARIA & YOTSUYANAGI, 2002), concluíram que os resultados obtidos em relação à forma com que as amostras foram agrupadas, foram similares para as duas técnicas, sendo que o Perfil Livre apresentou as seguintes vantagens: exigiu muito menos tempo, contornou problemas de escalas e houve maior repetibilidade na avaliação individual de cada julgador.

A aplicação desta técnica somente se tornou possível com o desenvolvimento da análise dos dados por meio da técnica estatística multivariada, Análise Procrustes Generalizada (*Generalised Procrustes Analysis – GPA*), única forma de tratar os dados obtidos pelo Perfil Livre. Esta técnica permite o ajuste dos dados relativos ao uso de diferentes partes da escala pelos diferentes julgadores, manipulando os dados e combinando termos que aparecem para descrever e medir uma mesma característica sensorial. Esta combinação fornece um único perfil do produto (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

2.10.2 Características Sensoriais do Tomate

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

A qualidade dos produtos hortifrutícolas ofertados ao consumidor constitui um fator de importância crescente para todos os agentes relacionados com seu cultivo, manipulação e comercialização. A melhora da qualidade, em função do

melhoramento da produção, é mais importante que o aumento na quantidade comercializada (ROSA, 1999).

A qualidade do tomate para consumo fresco deve considerar, segundo Ballesteros (1995):

- Aceitação pelo consumidor e ajuste às normas comerciais;
- Adaptação do fruto às condições do sistema: colheita, manipulação, envase, conservação e transporte, alcançando uma vida útil que responda às necessidades comerciais.

A aceitação pelo consumidor se baseia em critérios importantes de seleção, como estado de maturação, frescura, sabor e aparência, seguido em um segundo plano, por valor nutricional e preço.

Os atributos externos que determinam a compra do tomate pelo consumidor, são a cor e firmeza percebidos pela visão e tato, respectivamente. Em seguida, são analisados o equilíbrio entre açúcares e ácido e aroma, que determinam as posteriores compras deste tipo de produto (BALLESTEROS, 1995).

Os mais importantes atributos que indicam a qualidade do tomate, cor e firmeza, são relacionados com o amadurecimento e vida-útil. A firmeza indica maturidade, frescor, injúria e danos ou podridão interna. A cor do fruto tem um forte efeito na percepção do consumidor pela qualidade e é um índice aceitável de maturidade de muitas frutas, entre elas o tomate (ROSA, 1999).

3. ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE TOMATES ASSOCIADAS AO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO

RESUMO

Parâmetros físico-químicos de qualidade de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill), foram obtidos para 3 sistemas de refrigeração domésticos: AR, DC e FF. Os ensaios de refrigeração foram feitos com frutos dos cultivares Ágora, de durabilidade classificada como longa vida e Débora, de durabilidade normal. As amostras foram submetidas a análises físico-químicas semanais de pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, perda de peso, açúcares redutores e firmeza da polpa. O experimento foi inteiramente casualizado. A temperatura e umidade relativa estabelecidas nos sistemas de refrigeração foram cerca de 50% inferiores às condições recomendadas pela literatura para conservação de tomates. A temperatura e umidade mais próxima da recomendada pela literatura foram proporcionadas pelo refrigerador AR para as duas variedades de frutas. Os resultados físico-químicos para a variedade Ágora mostraram diferença significativa, em um nível de 5%, para as medidas de pH e perda de peso durante o tempo de armazenamento. Nenhum parâmetro estudado apresentou diferença significativa para os diferentes sistemas de refrigeração. Para a variedade Débora, os resultados mostraram-se significativos para o tempo de armazenamento, exceto para a acidez titulável. Os tratamentos usados foram significativos nas medidas de sólidos solúveis, e marginalmente para o pH. Observou-se ainda que a firmeza foi mais afetada pela perda de peso do que pela degradação dos polissacarídeos que compõem a parede celular.

Palavras-chave: refrigeração; tomates; armazenamento; qualidade.

ABSTRACT

Quality physico-chemical parameters of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill), were obtained to 3 systems of households refrigeration: AR, DC e FF. The refrigeration tests were performed with Ágora variety tomatoes, whose durability is “long life” and Débora variety with “normal” durability. The samples were submitted weekly to physico-chemical analyses of pH, soluble solids, titrable acidity, weight losses, reducing sugars and firmness. The experiment was completely randomized. The temperature and relative humidity established by refrigeration systems were 50%, in average, below of the recommended conditions in the literature for conservation of tomatoes. The temperature and humidity closer to the recommended in the literature were provided by AR refrigerator for both varieties of tomatoes. The physical-chemical results of the Ágora variety showed significative difference at a level of 5% for the measures of pH and weight loss during the storage time. None of the parameters studied presented significative difference between different refrigeration systems. For Débora variety, significative results were found for the storage time, with exception of titrable acidity. The treatments were significative for soluble solids and marginally significant for pH. It was observed that firmness was more affected by weight loss than by degradation of polysaccharides that is made the cell wall.

Key Words: refrigeration; tomatoes; storage; quality.

3.1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção de alimentos tem sido uma preocupação constante em todos os países. Entretanto, nos países em desenvolvimento, a produtividade para a maioria dos produtos hortifrutícolas ainda não é competitiva como a dos países desenvolvidos e a perda pós-colheita é estimada em até 50% para alguns produtos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

No caso das hortaliças, estudos realizados constatam que no Brasil os níveis médios de perdas pós-colheita são de 35%, chegando a atingir 40%, enquanto em outros países, como os Estados Unidos, os níveis de perda não passam de 10%.

As perdas pós-colheita de hortaliças ocorrem em todo o território brasileiro e têm sido analisados em diferentes fases da produção e/ou canais de distribuição. Ainda são escassas as publicações das pesquisas que quantificam perdas no âmbito do consumo institucional, ou seja, restaurantes, refeitório industriais, redes de *fast-food* e mesmo a nível doméstico (VILELA et al., 2003).

Segundo o IBGE (2003), no âmbito domiciliar esta perda também não é desprezível, observando-se uma taxa de perdas de 20% no consumo final dos produtos hortícolas.

Sendo uma das mais importantes hortaliças cultivadas no mundo, a segunda em volume de produção, o tomate ocupa em Santa Catarina, o terceiro lugar em horticultura, com uma produção de mais de 127 mil toneladas somente no estado (ICEPA, 2003).

Sendo denominados frutos climatéricos, os tomates registram um aumento significativo da respiração durante a fase final do desenvolvimento. A melhor qualidade do fruto para consumo *in natura* é atingida na proximidade do pico climatérico.

Uma perda de apenas 5% resulta não só na perda de peso, mas também no murchamento e na perda de firmeza, fatores que afetam a aparência, fundamental para o consumo de muitos frutos (AWAD, 1993; KLUGE, 2004).

A seleção de genótipos que sofrem senescência mais lenta tem sido útil em algumas espécies de vegetais. Em frutos climatéricos como o tomate, a senescência e a capacidade de armazenamento podem ser governadas por mutantes de amadurecimento que controlam a síntese do etileno, o desenvolvimento da cor, a perda de firmeza e vários outros padrões fisiológicos (FIGUEIRAS, 1996).

Os tomates tipo longa vida, possuem o gene *rin* (*ripening inhibitor*), que inibe de maneira irreversível o amadurecimento, não permitindo que os frutos atinjam o pico climatérico e impedindo o desenvolvimento da cor vermelha e perda da firmeza (LUENGO e CALBO, 2001).

A firmeza dos produtos agrícolas se desenvolve por uma combinação de forças físicas. A parede celular de vegetais como o tomate, constitui de 1 a 3% do seu peso e contém 6 a 7% de cinzas, 16 a 20% de proteínas, sendo o restante constituído por carboidratos, tais como pectinas, hemicelulose e celulose, em uma proporção de 11:6:3 (SALFIELD, 1977; BORGUINI, 2002). Composta de fibras de celulose e de pectinas, a parede celular tem como função essencial conter o protoplasma da célula e evitar sua ruptura sob o efeito da pressão de turgescência (AWAD, 1993).

Durante o amadurecimento, a maioria das frutas apresentam uma mudança substancial na firmeza de suas polpas causada pela ação de enzimas. A pectina é degradada pela ação enzimática da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG). A atividade da PME diminui o grau de metilação da cadeia de pectina e a PG diminui o comprimento da cadeia de pectina. Assim, ambas as enzimas afetam primariamente a lamela média e, conseqüentemente, a força de adesão entre as células. A perda de água, seja devido à respiração ou transpiração, afetará o turgor e a tensão do tecido (TIJSKEUS, 2004). Essa diferença na firmeza influi na aceitação por parte do consumidor, uma vez que é um indicador do estágio de maturação (SUGAI, 2002).

O armazenamento refrigerado é um dos métodos mais empregados para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita, tendo como objetivo retardar e moderar os processos metabólicos envolvidos na maturação, mais precisamente as reações ligadas à respiração, mantendo assim a qualidade dos frutos por um período maior (KLUGE, 2004). As condições ideais de armazenamento dependem do tipo de produto, sendo que para o tomate, a faixa de temperatura é de 12 a 18°C e umidade relativa de 85 a 95%. Temperaturas abaixo de 10°C retardam o desenvolvimento da cor e prejudicam o sabor e a textura (California Tomato Growers Association, 2005; WERNER, 1978).

O controle da umidade relativa durante o armazenamento deve ser cuidadoso, uma vez que uma umidade demasiadamente alta favorece a proliferação

de microorganismos patogênicos, enquanto que muito baixa promove a desidratação (KLUGE, 2004).

O tomate é sensível à baixa temperatura, sendo que sintomas característicos são depressões superficiais, podridões fúngicas e amadurecimento irregular, caracterizado por pouco desenvolvimento da coloração, modificações na textura e no sabor (KLUGE et al., 1998).

Diante dos altos índices de perdas pós-colheita, 20% somente no âmbito domiciliar e da necessidade da indústria de refrigeração doméstica em estudar a vida de prateleira de produtos *in natura*, este trabalho teve como objetivo estudar as alterações nos parâmetros físico-químicos do tomate das variedades Débora e Ágora, armazenados em refrigeradores domésticos.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Matéria Prima

Ensaio de refrigeração foram feitos com frutos de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dos cultivares Ágora, com durabilidade classe longa vida e Débora, de durabilidade normal. As amostras foram obtidas diretamente do produtor no entreposto do CEASA/SC (Central de Abastecimento de Santa Catarina) do município de São José, para a variedade Ágora e, no município de Joinville para o cultivar Débora.

Vinte quilos de cada variedade foram comprados no dia da colheita e transportados em caixa de madeira até o laboratório. As amostras foram visualmente selecionadas de forma que a superfície não apresentava a cor verde.

Os tomates foram separados aleatoriamente em 3 lotes de 20 tomates cada e armazenados na gaveta de legumes de três refrigeradores domésticos, com sistemas de refrigeração dos tipos *All Refrigerator* (AR), *Direct Cool* (DC) e *Frost Free* (FF). Destes lotes foram tiradas amostras semanais.

3.2.2. Equipamentos

As amostras de tomates foram submetidas a três tratamentos refrigerados, cujas condições foram naturalmente impostas pelos refrigeradores domésticos: a) *All Refrigerator*, b) *Direct Cool* e c) *Frost Free*. O refrigerador *All Refrigerator*, modelo BRF36D de 360 litros é dividido em dois compartimentos (Tratamento 1). Na parte superior, a circulação de ar é forçada através de um ventilador e a gaveta de legumes, na região inferior, recebe ar frio do refrigerador através de um duto de ar comum aos dois compartimentos.

O Tratamento 2 consistiu em um refrigerador *Direct Cool*, modelo CRA28B de 280 litros composto por um único compartimento. Este refrigerador possui uma gaveta de legumes na região inferior e mantém seu fluxo de ar através da convecção natural.

Um refrigerador *Frost Free*, modelo BRM40D de 410 litros, foi utilizado no terceiro tratamento. Possui dois compartimentos, sendo o freezer no compartimento superior e o refrigerador no inferior. Um ventilador leva o ar frio do freezer até o compartimento refrigerado onde se localiza a gaveta de legumes.

A Figura 3.1 mostra o esquema dos refrigeradores utilizados no experimento. Como forma de controle, todos os refrigeradores tiveram os termostatos ajustados na posição média e foram usados exclusivamente para os testes.

A aquisição da temperatura e umidade relativa na gaveta de legumes dos refrigeradores e no ambiente externo foram feitas de 2 em 2 minutos através de Data loggers (marca Novus, modelo 2000) e seus resultados analisados no Software LogChart 1.12. Os Data loggers foram previamente calibrados em câmaras de temperatura e umidade relativa controladas.

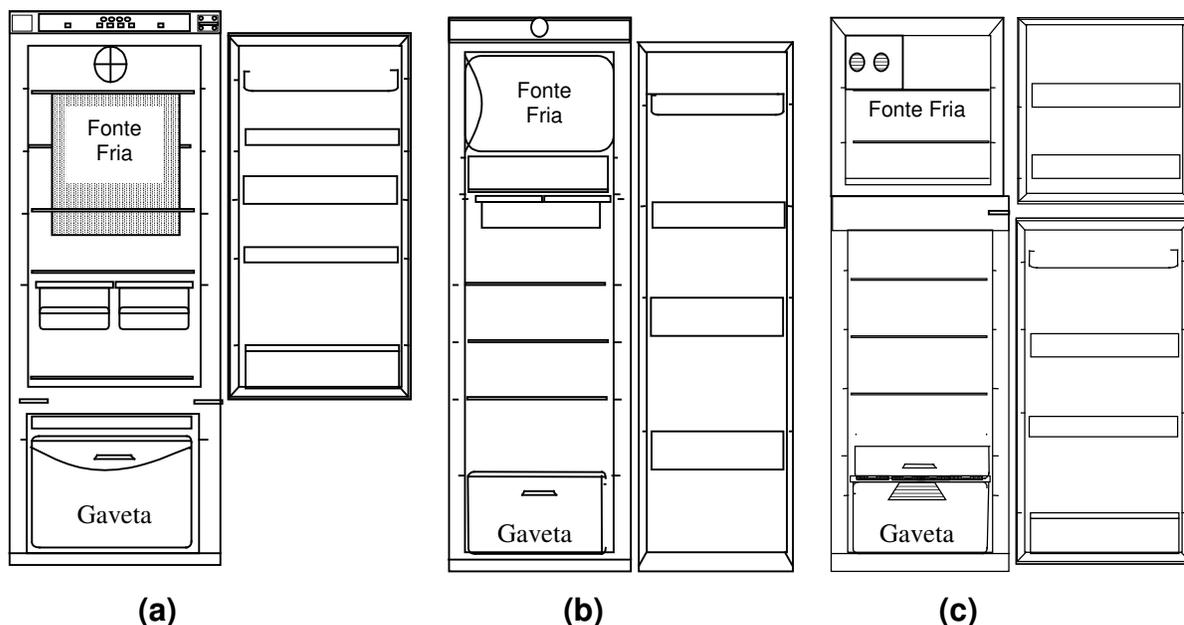


Figura 3.1 – Esquemas ilustrativos dos refrigeradores domésticos utilizados: (a) Tratamento 1 - *All Refrigerator*; (b) Tratamento 2 - *Direct Cool*; (c) Tratamento 3 - *Frost Free*.

3.2.3. Análises Físico-Químicas

Os parâmetros de qualidade dos tomates *Ágora* e *Débora* foram avaliados a partir das análises físico-químicas de pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares, perda de peso e firmeza da polpa.

Todas as análises foram feitas no mesmo dia para todos os tratamentos de modo a eliminar a influência de possíveis variáveis que não o sistema de refrigeração.

Os ensaios seguiram um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, e os resultados foram expressos pela média e desvio padrão obtidos a partir das repetições realizadas para casa análise.

Dois tomates de cada tratamento foram triturados e homogeneizados. Os resultados foram obtidos em duplicata. O pH foi medido diretamente nestas amostras por método eletrométrico (AOAC, 1998) e a obtenção do teor de sólidos solúveis totais foi feita em refratômetro Bausch Blomb, transferindo-se de 1 a 2 gotas da amostra homogeneizada e filtrada para o prisma do refratômetro, calibrando-o

previamente com água destilada. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 1998).

Para a acidez titulável tomou-se 5g do suco de tomate homogeneizado, em balão volumétrico de 100mL, cujo volume foi completado com água destilada. Uma alíquota de 10mL desta solução foi transferida para um erlenmeyer de 50mL e adicionados 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína. A amostra foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,01N até coloração rósea. A concentração de ácido foi calculada de acordo com:

$$\frac{V \times f \times 100}{P \times c} = \text{g de ácido/100g} \quad (3.1)$$

onde:

V = n° de mL da solução de NaOH 0,01N gasto na titulação;

f = fator da solução de NaOH 0,01N (se não for conhecido usar f=1);

P = n° de g da amostra usado na titulação;

c = correção para solução de NaOH 1N (c=100 para solução 0,01N).

A medida de açúcares redutores foi feita pelo método enzimático colorimétrico de glicose (kit Glicose-PP, Gold Analyza Diagnóstica), no sobrenadante de tomates triturados, homogenizados e centrifugados a 1500rpm por 15 minutos. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Unican, modelo Genesys 10vis) a 500nm. Considera-se que o teor de glicose é similar ao de frutose (LAPUERTA, 1995).

A perda de peso foi feita por pesagem em quintuplicata, e os resultados apresentados em valores adimensionais segundo:

$$PP = \frac{M_{t1} - M_t}{M_{t1}} \quad (3.2)$$

onde PP é a perda de peso, t1 é a massa registrada no dia da colheita e M é a massa nos tempos t e t1 (AOAC, 1998).

A firmeza foi avaliada por meio de um penetrômetro Mark TR Turoni modelo FT 327, com ponteira de 8 mm e os resultados expressos em Kgf. Para excluir a influência da casca, removeu-se aproximadamente 2 cm² da mesma, na região

central lateral do fruto. Após medir a firmeza do tomate, o local perfurado foi selado com papel alumínio e filme de polietileno para minimizar a perda de umidade para o ambiente. Após a medição a amostra foi reposta no refrigerador para medidas posteriores.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3.1. Temperatura e Umidade Relativa dos Sistemas de Refrigeração

Na Tabela 3.1 encontram-se as médias dos valores de temperatura e umidade relativa monitoradas ao longo dos testes para os 3 refrigeradores domésticos.

Tabela 3.1 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA GAVETA DE LEGUMES DURANTE O EXPERIMENTO

Tratamentos	Tomates Ágora		Tomates Débora	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
<i>All Refrigerator (AR)</i>	11,54 ± 0,21	48,74 ± 9,52	12,68 ± 2,96	51,53 ± 10,29
<i>Direct Cool (DC)</i>	7,32 ± 0,20	38,30 ± 3,11	9,67 ± 3,66	39,9 ± 5,23
<i>Frost Free (FF)</i>	6,91 ± 0,21	31,95 ± 2,99	8,68 ± 1,34	35,46 ± 4,34
Ambiente Externo	26,97 ± 10,56	73,63 ± 7,39	25,59 ± 11,52	77,93 ± 8,85

Os resultados de T e UR nas gavetas de legumes dos 3 refrigeradores, para as duas variedades de tomate estudadas, foram analisados segundo o teste de Duncan e mostraram diferença entre si a um nível de significância $p < 0,05$.

As diferenças de T e UR entre os refrigeradores se devem à construção de cada uma das unidades. No que diz respeito à gaveta de *All Refrigerator*, apresentou valor alto de T, quase 12°C, seguido dos sistemas DC (7,32°C) e do FF (6,91°C). A estrutura AR, mesmo tendo um ventilador auxiliando a circulação do ar frio, tem ar entrando apenas por um duto. No DC a distribuição de temperatura é feita por convecção natural, sendo a ventilação portanto menor que a do modelo anterior. Entretanto, como sua gaveta não é isolada, a temperatura resultante é mais

baixa. A menor temperatura é observada para o FF, onde um sistema de distribuição de ar forçado mantém a temperatura mais homogênea em todo o compartimento refrigerado, inclusive na gaveta de legumes.

A umidade do refrigerador *Frost Free* é mais baixa (31,95%) quando comparada com os demais tratamentos pois, como o degelo é automático, este sistema está constantemente retirando umidade do ar e eliminando-a através da água do degelo. A umidade relativa medida no refrigerador AR é maior, pois como a gaveta de legumes é separada do restante do refrigerador, sua umidade é modificada apenas pela abertura de porta e pelos alimentos que estão na gaveta. Como as gavetas foram abertas apenas para retirada de amostras, esta troca de UR pela abertura, teve pouca influência sobre o sistema, como ilustra a Figura 3.2.

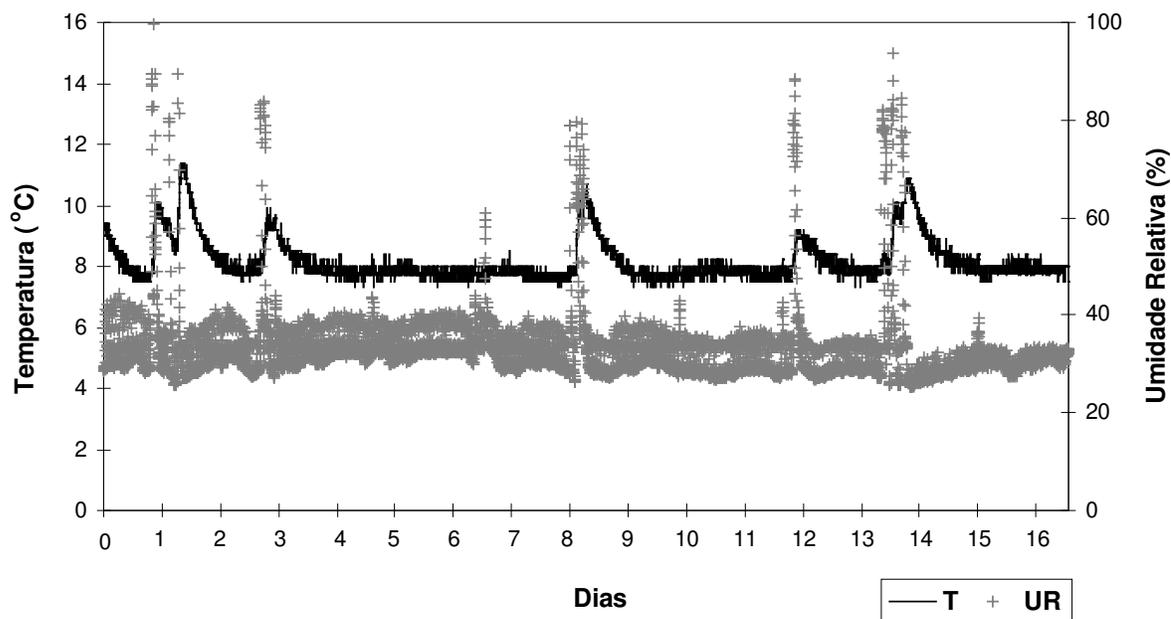


Figura 3.2 – Evolução da temperatura e da umidade relativa no sistema AR.

A temperatura e a umidade relativa naturalmente estabelecidas pelos sistemas de refrigeração nos ambientes testados foram pelo menos 50% inferiores aos valores considerados ideais para conservação de tomates, pois segundo Werner (1978), a faixa de temperatura ideal para armazenar tomates é de 12 a 18°C, com umidade relativa entre 85 e 95%.

Os desvios padrão observados para o ambiente externo foram relativamente altos, devido as mudanças de clima que ocorreram durante as 3 semanas de teste.

As diferenças de T e UR observadas nos refrigeradores para os dois tomates podem ser explicadas pela existência de genes mutantes na variedade Ágora (longa vida), que tem seu amadurecimento inibido e, portanto sofre menos alterações sob o efeito da refrigeração do que o tomate Débora (durabilidade normal). Em consequência, podemos afirmar que os tomates Débora têm uma atividade respiratória mais intensa, alterando a concentração de gases e vapores no interior das gavetas dos refrigeradores e maior desprendimento de energia, o que aumenta mais as T e UR dos sistemas quando armazenam a variedade Débora.

3.3.2. Análises Físico-Químicas

Na maturação ocorrem mudanças nas características do tomate que o tornam mais adequado ao consumo humano, com características próprias de sabor, cor, textura, declínio na acidez e desaparecimento da adstringência, segundo cada tipo e variedade de fruto (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002).

A avaliação da evolução da vida de prateleira de tomates Débora e Ágora, em 3 tipos de refrigeradores domésticos, mostrou que estas variedades apresentam comportamentos bastante diversos. As Tabelas 3.2 e 3.3 mostram as propriedades físico-químicas dos tomates Ágora e Débora, armazenados nos 3 refrigeradores, por 21 e 14 dias respectivamente.

Tabela 3.2 – VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE TOMATES ÁGORA (LONGA VIDA) ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES¹

Análises	0 dia	7 dias	14 dias	21 dias
<i>All Refrigerator</i>				
pH	4,04 ± 0,03	4,07 ± 0,05	4,14 ± 0,07	4,30 ± 0,07
Brix (°Brix)	4,15 ± 0,07	4,15 ± 0,07	4,25 ± 0,07	4,20 ± 0,07
Acidez titulável (mg/100g)	400,0 ± 14,1	390,0 ± 0,0	400,0 ± 14,1	410,0 ± 14,1
Brix/Acidez	0,0104 ± 0,0002	0,0106 ± 0,0002	0,0106 ± 0,0006	0,0103 ± 0,0004
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	2,0 ± 0,7	4,3 ± 1,2	7,4 ± 2,0
Glicose (nmol/L)	35,31 ± 3,25	42,36 ± 2,28	36,04 ± 1,69	47,35 ± 0,89
Firmeza (Kgf)	1,3 ± 0,4	1,7 ± 0,5	1,4 ± 0,6	1,0 ± 0,6
<i>Direct Cool</i>				
pH	4,03 ± 0,01	4,07 ± 0,06	4,14 ± 0,02	4,22 ± 0,02
Brix (°Brix)	4,15 ± 0,07	4,20 ± 0,07	4,25 ± 0,07	4,25 ± 0,07
Acidez titulável (mg/100g)	390,0 ± 14,1	400,0 ± 0,0	410,0 ± 14,1	400,0 ± 14,1
Brix/Acidez	0,0107 ± 0,0006	0,0105 ± 0,0000	0,0104 ± 0,0005	0,0106 ± 0,0006
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	1,3 ± 0,3	3,5 ± 0,6	6,7 ± 1,4
Glicose (nmol/L)	32,75 ± 0,23	45,61 ± 2,97	36,14 ± 1,75	46,16 ± 1,49
Firmeza (Kgf)	1,8 ± 1,0	1,2 ± 0,5	1,2 ± 0,5	1,1 ± 0,6
<i>Frost Free</i>				
PH	4,03 ± 0,03	4,09 ± 0,04	4,18 ± 0,06	4,21 ± 0,06
Brix (°Brix)	4,20 ± 0,07	4,20 ± 0,14	4,20 ± 0,07	4,20 ± 0,07
Acidez titulável (mg/100g)	380,0 ± 0,0	400,0 ± 0,0	410,0 ± 14,1	410,0 ± 0,0
Brix/Acidez	0,0111 ± 0,0000	0,0105 ± 0,0004	0,0103 ± 0,0004	0,0102 ± 0,0000
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	2,4 ± 0,1	4,8 ± 0,1	8,1 ± 0,3
Glicose (nmol/L)	33,85 ± 0,03	46,02 ± 1,38	33,84 ± 1,85	44,70 ± 1,11
Firmeza (Kgf)	1,9 ± 0,6	1,7 ± 0,6	1,6 ± 0,9	1,6 ± 0,9

¹Os valores de pH, brix, acidez e glicose representam médias obtidas a partir de 2 determinações. Os valores de perda de peso representam médias a partir de dados relativos a 3 repetições e a firmeza de 5 repetições.

Tabela 3.3 - VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE TOMATES DÉBORA (DURABILIDADE NORMAL) ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES¹

Análises	0 dia	7 dias	14 dias
<i>All Refrigerator</i>			
pH	4,07 ± 0,03	4,30 ± 0,04	4,17 ± 0,05
Brix (°Brix)	3,90 ± 0,42	5,35 ± 0,21	5,80 ± 0,14
Acidez titulável (mg/100g)	410,0 ± 14,1	500,0 ± 28,3	480,0 ± 28,3
Brix/Acidez	0,0095 ± 0,0014	0,0107 ± 0,0002	0,0121 ± 0,0004
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	4,7 ± 1,1	9,2 ± 2,0
Glicose (nmol/L)	27,07 ± 2,33	21,32 ± 3,36	32,11 ± 1,88
Firmeza (Kgf)	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,0 ± 0,8
<i>Direct Cool</i>			
PH	4,15 ± 0,08	4,22 ± 0,03	4,30 ± 0,04
Brix (°Brix)	4,95 ± 0,21	5,15 ± 0,07	6,10 ± 0,42
Acidez titulável (mg/100g)	380,0 ± 28,3	390,0 ± 70,7	490,0 ± 42,4
Brix/Acidez	0,0130 ± 0,0004	0,0134 ± 0,0026	0,0125 ± 0,0020
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,8	7,5 ± 1,3
Glicose (nmol/L)	30,92 ± 0,84	22,95 ± 1,99	33,57 ± 3,55
Firmeza (Kgf)	2,1 ± 0,3	1,7 ± 0,3	1,1 ± 0,8
<i>Frost Free</i>			
PH	4,10 ± 0,01	4,27 ± 0,02	4,38 ± 0,06
Brix (°Brix)	4,50 ± 0,14	5,60 ± 0,28	6,30 ± 0,14
Acidez titulável (mg/100g)	370,0 ± 14,1	450,0 ± 42,4	370,0 ± 70,7
Brix/Acidez	0,0122 ± 0,0001	0,0125 ± 0,0018	0,0174 ± 0,0037
Perda de Peso (g)	0,0 ± 0,0	4,3 ± 0,3	8,1 ± 0,6
Glicose (nmol/L)	28,97 ± 0,36	27,42 ± 0,14	29,74 ± 1,07
Firmeza (Kgf)	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,1	0,9 ± 0,3

¹Os valores de pH, brix, acidez e glicose representam médias obtidas a partir de 2 determinações. Os valores de perda de peso representam médias a partir de dados relativos a 5 repetições e a firmeza de 3 repetições.

Os resultados físico-químicos foram analisados por Análise de Variância – ANOVA e teste de Duncan a um nível de significância de 5%, sendo que os

resultados significativos são ilustrados, para os sólidos solúveis, nas Tabelas 3.4 e 3.5 nas duas variedades de tomate.

Tabela 3.4 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
Variedade Débora					
Dia	7,8878	2	3,9439	59,655	0,000006
Refrigerador	0,7078	2	0,3539	5,353	0,029404
Dia*Refrigerador	0,8589	4	0,2147	3,248	0,065649
Erro	0,5950	9	0,0661		
Variedade Ágora					
Dia	0,0167	3	0,0056	1,3333	0,309552
Refrigerador	0,0025	2	0,0013	0,3000	0,746215
Dia*Refrigerador	0,0108	6	0,0018	0,4333	0,843031
Erro	0,050	12	0,0042		

Tabela 3.5 –TESTE DE DUNCAN (p<0,05) PARA AS ANÁLISES DO °BRIX

VARIEDADE DÉBORA				VARIEDADE ÁGORA			
Refrigeradores				Refrigeradores			
	AR	DC	FF	AR	DC	FF	
AR		0,029744	0,017425		0,475687	0,705459	
DC	0,029744		0,66415	0,475687		0,705459	
FF	0,017425	0,66415		0,705459	0,705459		
Dias				Dias			
	0	7	14	0	7	14	21
0		0,000343	0,00009		0,662838	0,122707	0,225768
7	0,000343		0,001247	0,662838		0,225768	0,388876
14	0,00009	0,001247		0,122707	0,225768		0,662838
21				0,225768	0,388876	0,662838	

Para a variedade Débora, os refrigeradores têm influência significativa sobre os sólidos solúveis e relação Brix/acidez ($p < 0,05$), sendo que a influência do pH é marginalmente significativa ($0,1 > p > 0,05$). Para a variedade Ágora, os refrigeradores não influem nos parâmetros estudados.

O tempo de armazenamento, por sua vez, influi significativamente para a variedade Débora, sobre os sólidos solúveis, açúcares redutores, pH, firmeza e perda de peso. Para a variedade Ágora, sobre o pH e perda de peso ($p < 0,05$).

O aumento do teor de sólidos solúveis na maturação de frutas deve-se à degradação enzimática de substâncias pécticas, celulose e hemicelulose. As substâncias pécticas presentes na lamela média, estão ligados à celulose e à hemicelulose da membrana celular por pontes de hidrogênio e são os responsáveis pela firmeza do tomate.

Durante a maturação e amolecimento dos frutos há a liberação de vários compostos solúveis que faziam parte da estrutura molecular da parede celular e da lamela média. Os resíduos solúveis mais freqüentemente identificados são os ácidos urônicos em vários graus de polimerização, galactose, arabinose, glicose, xilose e ramnose. O aumento do teor de sólidos solúveis é acompanhado pelo aumento da concentração de glicose e do pH, indicando a degradação não somente da pectina, mas também da celulose e da hemicelulose, polissacarídeos estes formados por unidades glicosídicas em ligações β -1,4 (AWAD, 1993).

Quanto ao teor de sólidos solúveis, este se manteve dentro dos padrões estabelecidos de grau Brix em tomates, que é de 4 a 7° de acordo com Lapuerta (1995), para as duas variedades. Este parâmetro representa uma das melhores formas de avaliação do grau de doçura do produto, sendo que representa de 65% a 85% do teor de sólidos solúveis totais presentes no alimento (CHITARRA & CHITARRA, 1990). O valor do °Brix aumentou significativamente, durante o tempo de armazenamento, para a variedade Débora, assim como os tratamentos, sendo que o AR apresentou a maior variação.

Isto se reflete no aumento do teor de açúcares redutores, que para os tomates da variedade Débora, apresentaram um pequeno decréscimo nos primeiros dias de armazenamento (Tabela 3.3), com um aumento significativo em todos os tratamentos até o final do experimento. Este comportamento de decréscimo é reflexo de uma adaptação do fruto imediatamente após sua colheita (LEAL et al., 2001) e, segundo Chitarra & Chitarra (1990), é um comportamento comumente observado.

Os diferentes sistemas de refrigeração não influenciaram significativamente nesta mudança a um nível de 5%.

Os ácidos orgânicos encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais, ésteres e glicosídeos. Devido a volatilidade não só contribuem para a acidez, como também para o aroma característico que é observado com o amadurecimento dos frutos. Ambos os tomates apresentaram um aumento da acidez titulável nos 3 refrigeradores, no tempo de armazenamento considerado. Devido a presença do mutante *rin*, a máxima variação observada para o tomate Ágora foi de 20mg/100g, enquanto a variedade Débora atingiu variações de até 110mg/100g para o refrigerador *Direct Cool*.

O valor da relação Brix/acidez fornece uma indicação do grau de maturação do fruto (BORGUINI, 2002). Desse modo, quando se obtém um valor baixo para a relação Brix/acidez, há indicação de que se trata de um fruto de maturação incompleta.

Os valores encontrados para a relação Brix/acidez para os tomates Ágora não mostraram diferença significativa para o tempo de maturação estudado e para os tratamentos empregados. Já a variedade Débora mostrou diferença nos tratamentos *All Refrigerator* e *Frost Free* de 7 a 14 dias.

Para os tomates Débora, a Tabela 3.3 mostra os valores encontrados para a relação Brix/acidez nos diferentes tratamentos, de forma que os tomates armazenados no refrigerador *All Refrigerator* mostraram-se menos maduros.

Foi observado que não existe diferença significativa no pH dos tomates Ágora armazenados nos três refrigeradores e a variação observada para os tomates Débora é marginalmente significativa ($0,05 < p < 0,1$). No entanto, o tempo de armazenamento aumentou o pH significativamente para ambas as variedades.

O aumento de pH se deve à diminuição da concentração de ácidos orgânicos no fruto, porque estes são usados como fonte de energia durante a respiração e, como fonte de vitamina C para síntese de açúcares (AWAD, 1993).

De acordo com Lapuerta (1995), os valores considerados padrão para pH em tomates, são de 4,2 a 4,4. Conforme mostrado nas Tabelas 3.2 e 3.3, nenhum tomate apresentou pH padrão no início do processo, porém atingiram estes valores até o final do processo, indicando que apesar dos refrigeradores *Direct Cool* e *Frost Free* imporem temperaturas abaixo das desejadas, não houve prejuízo dos frutos.

A UR medida nos refrigeradores foi cerca de 50% abaixo do que é considerada ideal para o produto (85-95% UR), com conseqüente perda de peso maior que 5% ao final do armazenamento. A diminuição do peso dos tomates pode ser atribuída à transpiração e à respiração no período armazenado, sendo que o tipo de refrigerador utilizado não influi significativamente nos resultados. Ao final dos tratamentos, os tomates perderam, em média, 7,8 g, correspondente a 6,3% de seu peso. Este valor foi atingido em 3 semanas para a variedade Ágora e 2 semanas para a variedade Débora.

Os resultados da firmeza (Tabelas 3.2 e 3.3) mostra que não há diferença significativa entre os refrigeradores para os dois cultivares estudados. No entanto, observa-se uma diminuição significativa da firmeza com o tempo para a variedade Débora, mas não para o Ágora.

De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), a perda progressiva de dureza que ocorre com a maturação é o resultado da solubilização gradual da protopectina das paredes celulares para formar pectinas e outros produtos. A firmeza está fortemente correlacionada ao conteúdo e tipo de pectina presente nas frutas e hortaliças. Por outro lado, sabe-se que a poligalacturonase (PG) possui um papel importante no amolecimento de tomates, de modo a exibir uma correlação positiva entre os níveis de PG e a taxa de amolecimento, como observado para a variedade Débora. Frutos mutantes, como no caso da variedade Ágora (longa vida) não produzem PG e não amolecem ou amadurecem normalmente, pois há um bloqueio da transcrição do gene responsável pela produção da PG (FRIEND e RHODES, 1981). Além disso, a perda de 6% de umidade afeta significativamente a firmeza.

A perda de firmeza do fruto pode resultar de dois fatores. Em primeiro lugar, pode ocorrer devido à perda excessiva de água e à diminuição da pressão de turgescência das células, quando o fruto é conservado em atmosferas com umidade relativa baixa e em segundo lugar pode resultar da decomposição enzimática da lamela média e da parede celular (AWAD, 1993).

Durante o armazenamento, tanto a maturação, expressa em termos da razão Brix/acidez, quanto a perda de peso, influem na diminuição da firmeza. Para saber qual dos dois parâmetros influem mais sobre este processo de deterioração, fez-se inicialmente um estudo da influência através dos Testes χ^2 e nível p.

Tabela 3.6 – TESTE DE PROBABILIDADE TIPO 3 DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL (p<0,05) PARA TOMATES DÉBORA

	Graus de Liberdade	χ^2	p
Brix/acidez	1	0,01224	0,911905
Perda de Peso	1	12,94009	0,000322

O nível p (Tabela 3.6), indica que a perda de peso é significativa para descrever os resultados e o χ^2 indica que há associação apenas entre a perda de peso e a firmeza, sendo que, nos ensaios realizados, a maturação não teve influência significativa sobre esta resposta.

A partir disto, ajustou-se uma equação linear sobre os resultados e observou-se boa descrição dos dados experimentais como mostra a Figura 3.3, com os respectivos limites a 95% de confiança. O valor do coeficiente de correlação foi de 0,9252 e o modelo ajustado é dado por:

$$F = 2,25 - 0,17*PP \quad (3.3)$$

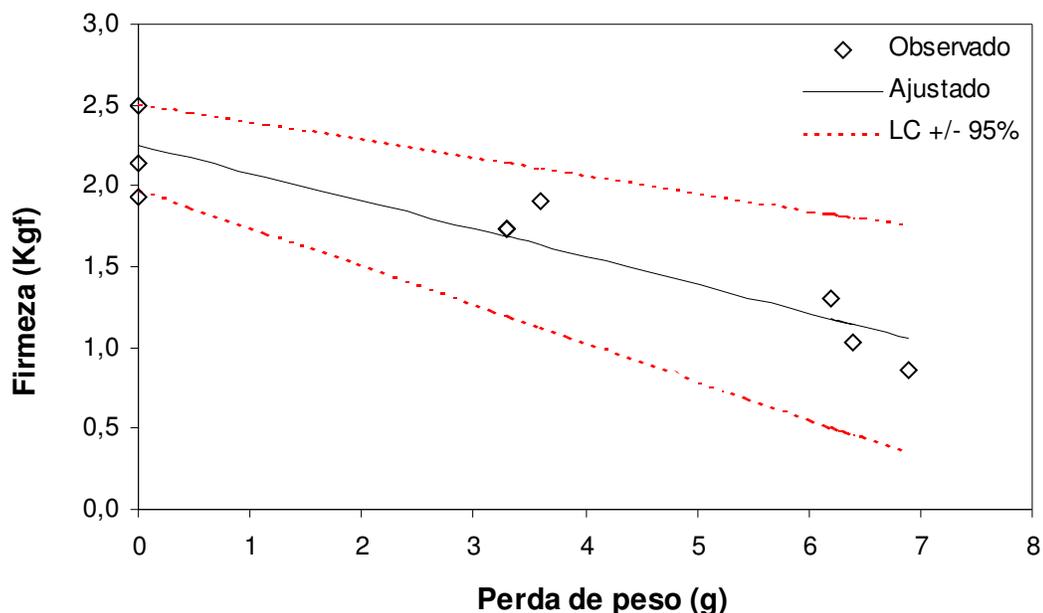


Figura 3.3 – Valores ajustados versus valores observados tendo a Firmeza como variável dependente.

3.4. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou a influência de 3 sistemas de refrigeração doméstica sobre o armazenamento de tomates das variedades Débora e Ágora.

Os tomates Débora sofreram influência dos sistemas de refrigeração e do tempo de armazenamento, o que foi observado pelos aumentos do teor de sólidos solúveis e do pH. Os tipos de sistemas usados não influem sobre os demais parâmetros. Observou-se ainda um aumento do teor de glicose e diminuição da firmeza e perda de peso dos tomates Débora com o tempo de armazenamento.

Observou-se que a variedade Ágora não mostrou aumento nos parâmetros de medida de amadurecimento para qualquer um dos tratamentos, enquanto que a variedade Débora mostrou um amadurecimento significativo, apesar das temperaturas serem inferiores às recomendadas pela literatura como sendo ideais. Seu tempo de armazenamento foi inferior ao da variedade Ágora em 7 dias porque esta provavelmente possui o gene mutante *rin*.

Os tipos de sistemas de refrigeração empregados influenciaram principalmente sobre a variedade Débora, sendo que o maior aumento da relação Brix/acidez foi encontrado para o sistema FF, que apesar de ter a temperatura mais baixa nas gavetas de legumes quando comparado com os outros sistemas, possui a menor umidade relativa, o que certamente influiu na perda de peso.

Durante o tempo de armazenamento dos tomates Débora observou-se que a perda de peso foi o parâmetro responsável pela diminuição da firmeza. Esta diminuição seguiu a forma linear, com boa descrição dos resultados experimentais.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - Association Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 16 ed. Arlington, Virginia. USA. 1998.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutas*. Ed. Nobel. SP, 1993.

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

CHITARRA, M.I.F. & CHITARRA, A.B.. *Pós-colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e Manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 290 p. 1990.

California Tomato Growers Association, *Health Benefits* - CTGA. Disponível em: <<http://www.tomato.org/health/benefit.html>> Consultado em 21/01/2005.

FARIA, E.V., YOTSUYANAGI, K.. *Técnicas de Análise Sensorial*. ITAL/LAFISE, 116p., 2002.

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UNICAMP - FEAGRI. Disponível em: <<http://www.agr.unicamp.br/tomates/>> Consultado em 05/10/2004.

FIGUEIRAS, H.A.C.. *Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco alcobaça*. Lavras: UFLA, 118p. 1996.

FRIEND, J. e RHODES, M.J.C.; *Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables*. Londres e Nova York: Academic Press, 1981.

IBGE. *Pesquisa de Orçamentos familiar*. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br> > Consultado em 20/12/2003.

ICEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2001-2002*. Disponível em

<<http://www.icepa.com.br/virtualweb/PDF/SINTESE2001.PDF>> 248p. Consultado em 16/06/2003.

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

KLUGE, R.A.. *Pós-colheita de hortaliças de fruto*. Disponível em <<http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/pchort.html>>. Consultado em 04/11/2004.

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

LEAL, P.A.M.; JORGE, J.T.; HONÓRIO, S.L.. *Avaliação da qualidade do tomate de cereja quando submetido a diferentes processos de resfriamento*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.21, n.1, p.82-90, jan. 2001.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.. *Armazenamento de Hortaliças*. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 2001.

ROSA, M.C.. *Processamento Mínimo de Tomates (Lycopersicum esculentem Mill) – Aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais*. Florianópolis, 1999, 136p. Dissertação de Mestrado.

SALFIELD, J.R.. *Praticas de Ciência de Los Alimentos*, Editorial Acribia. España, p.11-18, 1977.

SANINO, A.; CORTEZ, L.B.; MEDEROS, B.T.. *Vida de prateleira do tomate (Lycopersicum esculentum), variedade “Débora”, submetido a diferentes condições de resfriamento*. Workshop de tomates, perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 maio de 2003.

SUGAI, A.Y.. *Processamento descontínuo de purê de manga (Mangifera indica Linn), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para o pronto consumo*. São Paulo, 82p. 2002. Dissertação de Mestrado.

TIJSKEUS, L.M.M. et al.. *Modeling the firmness of Elstar apples during storage and transport*. PhD thesis of Wageningen University. P.113-120, May 2004.

VILELA, N.J. et al.. *O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças*, v.21, no 2, Brasília Abr/Jun 2003.

WERNER, R.A.. *Frutas e hortaliças: como conservar*. 112p. Porto Alegre, 1978.

4. DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE TOMATES EM REFRIGERADORES DOMÉSTICOS POR MÉTODOS NÃO TRADICIONAIS

RESUMO

Certos parâmetros importantes para o estudo da vida de prateleira de vegetais não são devidamente estudados, pois exigem métodos destrutivos, como é o caso da firmeza, ou necessitam de equipamentos específicos e de custo elevado, como é o caso da determinação da cor. Buscando alternativas ao uso de equipamentos tradicionais, foram realizadas medidas instrumentais de firmeza da polpa e de cor de tomates (*Lycopersicon esculentum Mill*) da variedade Débora, armazenados em diferentes sistemas de refrigeração doméstica. Paralelamente, os tomates foram avaliados sensorialmente, através de um teste de escala hedônica e da metodologia de perfil livre. Os resultados instrumentais da firmeza da polpa, analisados por ANOVA e pelo Teste de Duncan, mostraram uma diminuição significativa ($p < 0,05$) ao longo do período de armazenamento. As medidas instrumentais de cor, feitas através de um sistema de captura de imagem digital e, posteriormente, convertidas em valores de RGB médios, mostraram que estes parâmetros variam significativamente com o tempo de armazenamento e os tratamentos usados. As alterações sensoriais dos tomates Débora foram avaliadas por Perfil Livre. Observou-se que as duas primeiras dimensões explicaram 66% da variabilidade entre as amostras e mostraram conformidade com os resultados instrumentais. Uma pesquisa de opinião determinou término do experimento, sendo que mais de 50% das amostras estudadas já não estavam mais próprias para o consumo. Tendo em vista a versatilidade e baixo custo, foi considerado que as técnicas instrumentais e sensorial aplicadas são viáveis para estudos comparativos entre diferentes amostras.

Palavras-chave: refrigeração; tomates; firmeza; cor; perfil livre.

ABSTRACT

Some important parameters to study the shelf life of vegetables are not properly studied, therefore claim destructive methods, as the firmness, or need specific equipment and high investments, as the color determination. Searching alternative to the traditional equipment use, they had been carried out instrumental measures of firmness of the pulp and color of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) for Débora variety, stored in different household refrigeration systems. Parallel, the tomatoes had been evaluated sensorially, through hedonic tests and free choice profile methodology. The instrumental results of the firmness of the pulp, analyzed for ANOVA and Duncan test, had shown a significant reduction ($p < 0.05$) during the storage period. The instrumental measures of color, made through a system of capture of digital image and later converted into average values of RGB, had shown that these parameters vary significantly with the storing time and treatments. The sensorial alterations of Débora tomatoes had been evaluated by Free Choice Profile. It was observed that the two first dimensions had explained 66% of the variability between the samples and it had shown conformity with the instrumental results. An opinion research established the ending of the experiment, which more than 50% of the studied samples already were not proper for consumption. Considering the versatility and low cost, it was considered that the instrumental and sensorial techniques applied are viable for comparative studies between different samples.

Key Words: refrigeration; tomatoes; firmness; color; free choice profile.

4.1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos está constantemente desenvolvendo novos produtos para o consumo em massa. Entretanto, seu êxito, depende da forma com que se apresenta e de como são recebidos pelos consumidores (TEIXEIRA, 1999; MELLO, 2001).

Nos países em desenvolvimento, a produtividade para a maioria dos produtos hortifrutícolas ainda não é competitiva se comparada com a dos países desenvolvidos. Além disso, o volume de produção é baixo e as perdas são estimadas em até 50% para alguns produtos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Os tomates são frutos climatéricos com vida de prateleira curta, devido, principalmente, às perdas de peso, amolecimento excessivo e incidência de podridões (WOODS, 1990).

O armazenamento refrigerado é um dos métodos mais empregados para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita, tendo como objetivo retardar e moderar os processos metabólicos envolvidos na maturação mantendo, assim, a qualidade dos frutos por um período mais longo (KLUGE, 2004).

As condições ideais de armazenamento refrigerado dependem do tipo de produto e representam as condições que mais favorecem a manutenção do sabor, aroma, firmeza de polpa e cor (CHITARRA & CHITARRA, 1990; KLUGE, 2004).

A primeira modificação sofrida pelo fruto no amadurecimento é a mudança de cor, seguida do amolecimento. Do ponto de vista econômico, estas modificações após o climatérico afetam sua qualidade, resistência ao transporte, conservação e resistência ao ataque de microorganismos (AWAD, 1993). A determinação da firmeza de polpa é um parâmetro que pode ser utilizado, em conjunto com a cor, para determinar a vida de prateleira dos vegetais (KLUGE et al., 1999).

A diminuição da firmeza dos produtos agrícolas ocorre devido a dois fatores: degradação enzimática de polissacarídeos que formam o tecido celular e perda de peso, devido a evaporação da água por transpiração ou respiração. A perda de água afeta a tensão e o turgor que atuam sobre o tecido vegetal e a degradação enzimática atua sobre o tecido em si, que se torna menos resistente.

A cor nos alimentos impressiona e ajuda no processo de decisão sobre a aceitação ou rejeição do produto. A maioria dos alimentos apresenta uma coloração própria e característica e quando a cor ou aparência, desviam-se muito do esperado

o consumidor os rejeita. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de várias cores que variam do amarelo ao vermelho.

A perda da cor verde em frutos é resultante da degradação da clorofila, causada principalmente pelas mudanças de pH. Estas mudanças ocorrem devido aos ácidos orgânicos provenientes dos vacúolos, aos sistemas oxidantes existentes nas frutas e atividade de clorofilases (AWAD, 1993).

O vermelho é a cor mais comum dos tomates, devido à presença de carotenóides. Os dois tipos de carotenóides mais abundantes são o licopeno, que é vermelho e o beta-caroteno, que é laranja. Encontram-se também, em menor quantidade, pigmentos como o phytoeno e o phytoflueno, que são incolores e pigmentos como o delta-caroteno e o zeta-caroteno, de cor laranja. Nos tomates vermelhos, a cor é determinada por uma mistura de mais ou menos 50% de licopenos, 7% de beta-carotenos e 43% de carotenos incolores.

A estabilidade dos carotenóides depende da disponibilidade de oxigênio, temperatura, exposição à luz, atividade de água, presença de metais, acidez e da própria estrutura. Devido ao seu alto grau de insaturação, os carotenóides são extremamente susceptíveis à oxidação (AMAYA et al., 1984).

Mesmo que as variações quanto às taxas de pigmentos sejam pequenas, seja no amadurecimento, seja na estocagem, seus efeitos são claramente percebidos sobre a cor (COURTNEY, 2005).

A cor é normalmente descrita por métodos triestímulos. Os sistemas mais comumente usados são os sistemas CIELab e CIELCh (Comission Internationale de L'Eclairage – CIE, 2005).

O sistema CIELab baseia-se na teoria da percepção de cores opostas e é descrito por um diagrama tridimensional, onde o espaço é definido pelas coordenadas retangulares luminosidade (L^*), componente vermelho-verde (a^*) e componente amarelo-azul (b^*). O espaço LCh completa o sistema CIELab com as coordenadas cilíndricas croma (C) e tonalidade cromática (h), no mesmo espaço. A cromaticidade (C) é a qualidade que caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. A tonalidade (h) define a coloração básica das amostras e representa a tonalidade média. Por meio das três primeiras coordenadas podemos posicionar uma cor no espaço. A combinação de L^* , a^* e b^* definem a cor de um objeto onde a variação de cor ΔE^* é

um número que determina a diferença total de cor entre o padrão e a amostra. A cor dos tomates também pode ser expressa pelo índice de cor IC (Yeatmen et al., 1960).

$$IC = \frac{2000}{L} \times \frac{a^*}{(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}} \quad (4.1)$$

Apesar da importância da avaliação da cor, muitas vezes esse parâmetro não é devidamente estudado em decorrência da necessidade de equipamentos específicos, cujo preço é elevado (OLIVEIRA et al., 2003). As mais modernas tecnologias procuram alcançar métodos objetivos de medição instrumental para uma uniformização das metodologias e comparabilidade dos resultados (FARKAS, 2000).

O processamento da luz e da cor por meio de digitalizadores de imagens possibilita a definição da cor tanto em monitores quanto na forma impressa através do pixel, que corresponde a um ponto no monitor. Ele pode estar aceso ou apagado, ou em várias intensidades na escala de cinza ou em cores. Uma aplicação deste sistema foi feita por Sachs & Portugal (2001).

Em contrapartida aos métodos instrumentais, a análise sensorial busca a resposta humana sobre um determinado produto através da visão, olfato, gosto, tato e audição, de forma que se possam tomar decisões quanto ao desenvolvimento, manutenção e posicionamento deste produto no mercado (FARIA & YOTSUYANAGI, 2002; TEIXEIRA et al., 1987). Os métodos descritivos definem os atributos importantes de um alimento e medem a intensidade de tais atributos (MELLO, 2001).

O Perfil Livre é a técnica mais recente de análise sensorial descritiva. O julgador tem a liberdade de utilizar os termos descritivos na quantidade e na maneira que desejar, praticamente eliminando o treinamento da equipe. Cada julgador desenvolve uma lista de atributos e definições para avaliação das amostras (BENASSI et al., 1998). Essa técnica foi descrita pela primeira vez para avaliação de vinhos (Williams & Langron, 1984), e baseia-se no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características no produto mesmo que se expressem de forma diferenciada. A única técnica estatística que pode ser aplicada aos dados obtidos com o Perfil Livre é a Análise Procrustes Generalizada - GPA (BENASSI et al., 1998).

Uma comparação com a análise descritiva convencional mostrou resultados similares, apresentando a vantagem de contornar problemas na utilização de escalas, melhor repetibilidade de julgadores e menos tempo de análise (WILLIAMS & LANGRON, 1984).

Visando obter uma alternativa aos instrumentos tradicionais de modo a permitir uma análise versátil e de baixo custo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da medida instrumental da firmeza e da cor de tomates armazenados em refrigeradores domésticos, comparando-os aos resultados obtidos por Perfil Livre.

4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1. Matéria Prima

Ensaio de refrigeração foram feitos com tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) do cultivar Débora, obtidos diretamente do produtor no entreposto do CEASA (Central de Abastecimento) em Joinville/SC. Os tomates foram visualmente selecionados de modo a não apresentar a cor verde na superfície.

Os tomates foram separados aleatoriamente em 3 lotes com 20 tomates cada e armazenados na gaveta de legumes de três refrigeradores domésticos, com sistemas *All Refrigerator*, *Direct Cool* e *Frost Free*.

As análises instrumentais e sensoriais foram feitas em intervalos regulares e no mesmo dia, de modo que as modificações sofridas pelo fruto fossem devidas somente ao sistema de refrigeração.

4.2.2. Equipamentos

As amostras de tomate foram submetidas a três tratamentos refrigerados, cujas condições foram impostas pelos sistemas de refrigeração utilizados. No Tratamento 1 um refrigerador *All Refrigerator* (BRF36D), circula ar forçado na região superior do compartimento, sendo que a gaveta legumes, no compartimento inferior, recebe ar frio através de um duto de ar comum aos dois compartimentos. O sistema não possui congelador, e a porta do compartimento comum é separada da gaveta de legumes. O Tratamento 2 emprega um refrigerador *Direct Cool* (CRA28B) que

mantém seu fluxo de ar através da convecção natural a partir de um congelador localizado na parte superior do gabinete. A gaveta de legumes está localizada na região inferior do compartimento refrigerado. Um refrigerador duas portas *Frost Free* (BRM40D), foi utilizado no terceiro tratamento. Um ventilador localizado no freezer leva o ar frio do mesmo compartimento até o refrigerador, onde está a gaveta de legumes.

A Figura 4.1 mostra o esquema dos refrigeradores utilizados no experimento, que foram ocupados apenas por tomates durante os ensaios. O termostato dos refrigeradores foram ajustados na posição média

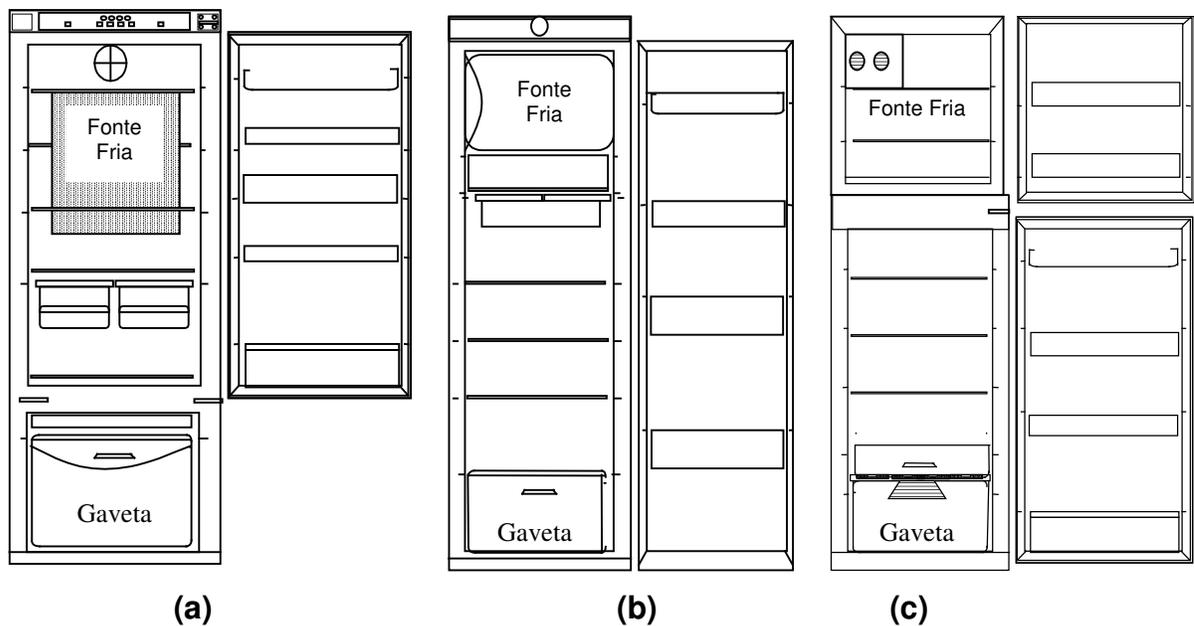


Figura 4.1 – Esquemas ilustrativos dos refrigeradores domésticos utilizados: (a) Tratamento 1 - *All Refrigerator*; (b) Tratamento 2 - *Direct Cool*; (c) Tratamento 3 - *Frost Free*.

4.2.3. Avaliação dos tomates

4.2.3.1. Firmeza

A firmeza foi avaliada por meio de um penetrômetro Mark TR Turoni, modelo FT 327, com sonda de 8 mm e os resultados foram expressos em Kgf. Uma área de 1 cm² foi removida da superfície, na região central lateral do fruto. Após a

elaboração do ensaio, o local descascado foi selado com papel alumínio e filme de polietileno para minimizar a perda de umidade para o ambiente. A amostra foi recolocada no refrigerador para análises posteriores.

Os ensaios de firmeza foram feitos em triplicata.

4.2.3.2. Análise de Cor

A análise de cor foi feita utilizando dispositivos digitais. Foi escolhida uma área da foto, representativa da amostra, que foi transformada em parâmetros de cor média RGB através de um aplicativo de leitura de cor pixel a pixel, usando o software Mathematica 4.0[®] (QUADRI, 2004).

Fotografias dos tomates foram feitas com uma câmara digital Sony, modelo P41, com dispositivo de imagem 1/2.7", resolução 4.1 Megapixel Super HADT CCD. A lente foi posicionada perpendicularmente à superfície da amostra a uma distância de 20cm, ajustando-se o balanço de branco para luz do dia. Para iluminação do objeto utilizou-se um sistema de iluminação com duas fontes D₆₅ (Yellow Star, MD8A-11W luz do dia), incidindo em ângulo de 45° sobre a amostra, que foi colocada sobre um fundo branco (OLIVEIRA et al., 2003).

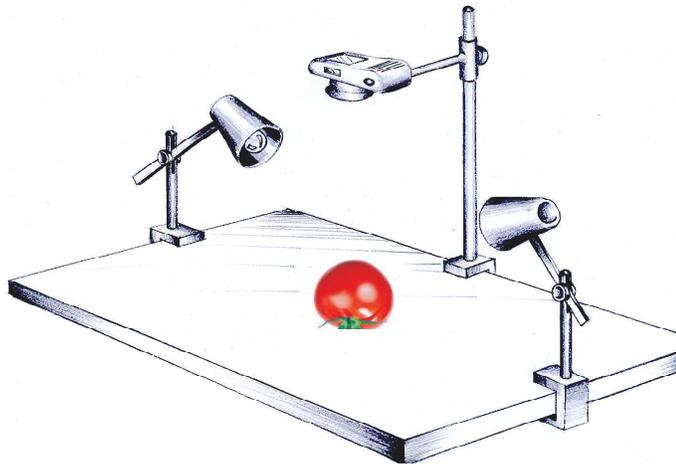


Figura 4.2 - Esquema do sistema utilizado para realizar as fotografias com câmara digital.

Considerando que o brilho pode afetar a definição da cor e que as duas fontes de iluminação imprimem sobre o objeto dois pontos laterais de brilho, estudou-se o

efeito do brilho selecionando-se diferentes áreas para edição das fotos obtidas a partir da imagem digital.

As propriedades de imagem utilizadas para seleção das áreas no software Microsoft Photo Editor 3.0 foram:

- Tipo de imagem: True Color (24 bits)
- Resolução da imagem: 38 Pixels/cm.

Os resultados obtidos no sistema RGB foram convertidos para o sistema CIELab e CIELCh pelo programa CIE Color Calculator (LINDBLOOM, 2004), obtendo-se as dimensões L^* , a^* , b^* , C e h . A partir destes dados, foram calculadas as diferenças de cor $\Delta E^* = \{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}\}$ e os índices de cor IC (YEATMEN et al., 1960), para os três tratamentos.

O experimento foi inteiramente casualizado e as amostras foram obtidas em quintuplicatas. Cada dimensão de cor das amostras foi submetida à análise de variância e a diferença entre as médias avaliadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

4.2.3.3. Análise Sensorial

A análise sensorial foi feita utilizando a técnica de Perfil Livre com 9 provadores não treinados, na faixa etária de 18 a 27 anos.

Uma lista de atributos de cada julgador foi criada pela equipe sensorial, utilizando amostras similares aos tomates. Após discussão e consenso com cada julgador, foram montadas as fichas individuais de avaliação onde foram colocadas escalas não estruturadas de 100mm, para cada atributo.

Os resultados obtidos foram analisados por Análise Procrustes Generalizada (GPA).

Um estudo da intenção de compra dos tomates, para consumo em molho ou salada, foi feito por uma equipe não treinada de 20 provadores após 14 dias de armazenamento. Amostras com intenção de compra inferior a 50% foram consideradas impróprias para qualquer tipo de consumo. Os ensaios foram feitos com 5 amostras de cada refrigerador.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1. Medida Instrumental da Firmeza

A Tabela 4.1 mostra os resultados obtidos para a firmeza instrumental da polpa de tomates Débora, avaliados nos 3 refrigeradores nos tempos zero, 7 e 14 dias de armazenamento. Os resultados foram analisados por Análise de Variância – ANOVA, aplicando-se o teste de Duncan a um nível de significância de 5% (Tabelas 4.2 e 4.3).

Tabela 4.1 - FIRMEZA (Kgf) DE TOMATES DÉBORA ARMAZENADOS EM REFRIGERADORES DOMÉSTICOS¹

Tratamento	0 dia	7 dias	14 dias
<i>All Refrigerator</i>	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,0 ± 0,8
<i>Direct Cool</i>	2,1 ± 0,3	1,7 ± 0,3	1,1 ± 0,8
<i>Frost Free</i>	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,1	0,9 ± 0,3

¹Os valores de firmeza representam médias obtidas a partir de 3 repetições.

Tabela 4.2 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DA FIRMEZA DE TOMATES DÉBORA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
Dia	5,82296	2	2,91148	16,4801	0,000086
Refrigerador	0,18296	2	0,09148	0,5178	0,604429
Dia*Refrigerador	0,65481	4	0,16370	0,9266	0,470360
Erro	3,18000	18	0,17667		

Tabela 4.3 - TESTE DE DUNCAN (p<0,05) PARA AS ANÁLISES DA FIRMEZA

	Dias			Refrigerador			
	0	7	14		AR	DC	FF
0		0,058799	0,000099	AR		0,442786	0,379326
7	0,058799		0,002005	DC	0,4427862		0,8683955
14	0,000099	0,002005		FF	0,379326	0,868395	

Observa-se uma diminuição significativa da firmeza ao longo do tempo de armazenamento ($p < 0,05$). No entanto, o mesmo teste mostrou que os sistemas de refrigeração não influenciaram significativamente no comportamento da firmeza dos tomates Débora.

A diminuição da firmeza está associada não somente com a hidrólise das pectinas que compõem a parede celular (BORGUINI, 2002), como também com a perda de peso do produto armazenado. Estudos anteriores mostraram que a perda de peso, neste caso em estudo, é a principal responsável por este processo de deterioração, variando em torno de 3% e 6% a 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente.

4.3.2. Avaliação do Efeito da Área Digital

As diferentes áreas estudadas para os tomates longa vida podem ser vistas na Tabela 4.4, com os respectivos índices de cor IC.

Tabela 4.4 - ÁREAS DOS TOMATES LONGA VIDA SELECIONADAS A PARTIR DAS FOTOS DIGITAIS PARA O TRATAMENTO ALL REFRIGERATOR

Áreas	Imagens Digitais	Tamanho em Pixel (Largura; Altura)	Tamanho em cm (Largura; Altura)	IC
1		329; 308	8,66; 8,11	$33,463 \pm 1,334$
2		169; 408	4,45; 10,74	$35,179 \pm 1,332$
3		288; 113	7,58; 2,97	$35,406 \pm 1,864$

Foi observado, que apesar dos parâmetros de cor serem diferentes para a foto que apresenta 2 focos luminosos (área 1), a variação, em média, da cor dos tomates tomadas nas amostragens diluiu este efeito.

As diferenças de cor ΔE^* e o IC obtidos a partir da média de 3 repetições para as 3 áreas, foram avaliadas segundo o Teste de Duncan e não mostraram diferença significativa a um nível de $p < 0,05$. Portanto, utilizou-se a terceira área para cálculos posteriores.

4.3.3. Análise da cor

A Tabela 4.5 mostra os valores médios de cor L*, a*, b*, C e h para os tomates Débora submetidos a 0, 7 e 14 dias de armazenamento em 3 tipos de refrigeradores: *All Refrigerator*, *Direct Cool* e *Frost Free*. Neste sistema de representação de cor, os valores L*, a* e b* descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional, onde o valor L* corresponde à escala do escuro ao brilhante (0→preto e 100→branco), e representa a leveza relativa da cor. O valor de a* corresponde à escala do verde ao vermelho, onde a* negativo corresponde à cor verde e a* positivo à cor vermelha. O valor de b* corresponde à escala do azul ao amarelo, sendo b* negativo o azul e b* positivo o amarelo. A cromaticidade (C) é a qualidade que caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. A tonalidade h define a coloração básica das amostras e representa a tonalidade média (LINDBLOOM, 2004).

Tabela 4.5 - DIMENSÕES DE COR DOS TOMATES DÉBORA EMPREGANDO CÂMARA DIGITAL¹

Dias	L*	a*	b*	C	h
<i>All Refrigerator</i>					
0	32,540 ± 4,163	38,492 ± 6,548	54,850 ± 6,612	67,359 ± 5,279	0,958 ± 0,114
7	30,211 ± 2,299	53,419 ± 5,375	50,802 ± 4,129	73,933 ± 2,534	0,761 ± 0,086
14	29,736 ± 1,825	79,493 ± 3,156	50,132 ± 3,198	93,985 ± 4,373	0,562 ± 0,011
<i>Direct Cool</i>					
0	34,908 ± 3,434	34,582 ± 6,840	40,871 ± 1,997	53,706 ± 5,321	0,875 ± 0,091
7	27,244 ± 3,759	36,495 ± 3,519	34,787 ± 2,474	50,497 ± 2,934	0,763 ± 0,063
14	23,088 ± 1,258	40,870 ± 1,546	32,119 ± 1,560	51,985 ± 2,066	0,666 ± 0,014
<i>Frost Free</i>					
0	35,249 ± 3,795	36,088 ± 4,028	37,579 ± 3,009	52,113 ± 4,868	0,807 ± 0,025
7	21,885 ± 2,454	39,668 ± 2,639	34,807 ± 4,209	52,889 ± 3,077	0,719 ± 0,074
14	22,048 ± 1,240	41,336 ± 1,217	31,073 ± 1,472	51,716 ± 1,775	0,644 ± 0,014

¹Valores médios (média ± desvio padrão) de cinco repetições.

O teste de Duncan mostrou que a coordenada L^* diminuiu significativamente a um nível de $p < 0,05$, resultando em perda de luminosidade ao longo do período de armazenamento. O tipo de tratamento utilizado também influenciou significativamente na perda de luminosidade (L^*), que foi maior no refrigerador *Frost Free*. O sistema deste refrigerador, possui degelo automático, que retira a umidade relativa do ambiente constantemente eliminando-a através do degelo. Isto faz com que as amostras percam a umidade natural, chegando a cerca de 6,5%, o que pode ter influenciado no valor de L .

Para a coordenada a^* , nota-se um aumento significativo no quadrante positivo com o tempo de armazenamento, indicando um aumento da concentração de licopeno, com conseqüente amadurecimento do fruto quando sob refrigeração doméstica. O tipo de refrigerador influi sobre a^* , sendo a maior variação encontrada para o sistema *All Refrigerator*, cuja temperatura média foi de $11,54 \pm 0,21^\circ\text{C}$, e a umidade relativa ficou em $48,74 \pm 9,52\%$. Todos os refrigeradores foram significativos para as alterações da coordenada a^* , sendo que o tratamento *Frost Free* apresentou a menor variação com $\Delta a^* = 5,248 \pm 2,811$ e o refrigerador *All Refrigerator* apresentou a maior variação com $\Delta a^* = 41,001 \pm 3,392$.

Segundo Kluge et al. (1998), as baixas temperaturas proporcionadas pela refrigeração têm ocasionado, entre outros, a queda nas taxas de respiração e amadurecimento dos frutos. Portanto, apresentando a temperatura mais alta para a gaveta de legumes, observou-se maior maturação nas amostras do tratamento AR durante o período de armazenamento e, com a temperatura mais baixa, uma menor maturação para os tomates do refrigerador FF.

O valor positivo da coordenada b^* indica forte influência do amarelo e a existência significativa de β -carotenos. A diminuição significativa do valor da coordenada no quadrante positivo (amarelo) mostrou que, durante o armazenamento e para os diferentes tratamentos, a contribuição dos β -carotenos para a cor diminuiu. A maior variação ocorreu no refrigerador *Direct Cool* com valor de $\Delta b^* = 8,752 \pm 0,437$.

O parâmetro h define a coloração básica das amostras e representa a tonalidade média dos tomates (McGUIRRE, 1992). Um maior ângulo de cor h significa que a cor do fruto está mais próxima do amarelo e um ângulo menor, a cor se aproxima do vermelho. A diferença de tonalidade entre os tratamentos não se

mostrou significativa a um nível de $p < 0,05$, somente o tempo de armazenamento foi significativo na mudança de tonalidade das amostras.

O parâmetro C de cor, que representa a cromaticidade média das amostras, define a saturação e intensidade da cor definida por h (McGUIRRE, 1992). Quanto maior o croma pode-se dizer que a cor é mais saturada e também mais intensa. Observou-se que para o tratamento *All Refrigerator* (Tabela 4.5), o croma foi significativamente superior quando comparado com os outros refrigeradores. Isso significa, que neste caso, a cor se revela mais intensa nos tomates armazenados no Refrigerador *All Refrigerator*, o mesmo que apresentou o maior valor para a dimensão de cor a^* . O tempo de armazenamento também foi significativo no aumento da cromaticidade dos tomates.

Segundo FARKAS, 2000, a saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante. Pode-se concluir, portanto, que a concentração de licopeno e caroteno, responsáveis pela cor vermelha em tomates, seja mais alta no tratamento AR.

Tabela 4.6 - DIFERENÇA GERAL E ÍNDICE DE COR DOS TOMATES DÉBORA

Dias	ΔE^*	IC
<i>All Refrigerator</i>		
0	0	36,023 ± 9,673
7	17,332 ± 10,750	48,234 ± 7,311
14	41,798 ± 8,039	57,079 ± 3,631
<i>Direct Cool</i>		
0	0	36,964 ± 6,182
7	11,545 ± 4,370	53,958 ± 9,585
14	17,445 ± 5,143	68,299 ± 4,342
<i>Frost Free</i>		
0	0	39,593 ± 4,327
7	14,830 ± 2,612	69,121 ± 6,870
14	16,718 ± 3,413	72,712 ± 4,349

A Tabela 4.6 mostra as diferenças e os índices de cor dos tomates Débora, calculados a partir dos dados coletados das imagens digitais. As diferenças de cor

foram calculadas em relação ao primeiro dia de armazenamento para cada refrigerador.

Analisando os resultados de ΔE^* através da análise de variância e teste de Duncan (Tabelas 4.7 e 4.8), verifica-se diferença global apenas para o tratamento AR, sendo esta significativa a nível de $p < 0,05$. O teste mostra ainda que os dias de armazenamento também são significativos nas diferenças globais de cor.

Tabela 4.7 – ANOVA PARA OS RESULTADOS DE ΔE^* E IC DE TOMATES DÉBORA

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
ΔE^*					
Dia	4844,801758	2	2422,401	89,27869	1,11E-14
Refrigerador	930,9546509	2	465,4773	17,15538	0,000006
Dia*Refrigerador	1190,935547	4	297,7339	10,97312	0,000006
Erro	976,7888184	36	27,13302		
IC					
Dia	6377,043	2	3188,522	72,84002	2,22E-13
Refrigerador	1344,461	2	672,2306	15,35674	0,000015
Dia*Refrigerador	504,2197	4	126,0549	2,879655	0,036251
Erro	1575,875	36	43,77431		

Tabela 4.8 - TESTE DE DUNCAN ($p < 0,05$) PARA OS RESULTADOS DE ΔE^* E IC

ΔE^*				IC		
Refrigeradores				Refrigeradores		
	AR	DC	FF	AR	DC	FF
AR		0,000071	0,000143		0,018603	0,000067
DC	0,000071		0,656821	0,018603		0,004269
FF	0,000143	0,656821		0,000067	0,004269	
Dias				Dias		
	0	7	14	0	7	14
0		0,0001217	0,000064		0,000122	0,000064
7	0,000122		0,000123	0,000122		0,000840
14	0,000064	0,000123		0,000064	0,000840	

Aplicando-se o mesmo teste para os resultados de IC (Tabelas 4.7 e 4.8), verificam-se diferenças entre os tratamentos e os dias de armazenamento, todas sendo significativas a um nível de $p < 0,05$.

4.3.4. Análise Sensorial

Os resultados de cada julgador, quando sob a Análise Procrustes Generalizada (GPA) são considerados coordenadas num espaço multidimensional. Estas coordenadas são transformadas evitando fontes de variação como uso de diferentes partes da escala, diferentes interpretações dos termos descritivos e uso de diferentes intervalos de valores. Algumas fontes de variação não podem ser evitadas, porém os resultados da GPA permitem detectar os provadores que apresentam problemas de diferença de percepção e de falta de repetibilidade (ARNOLD & WILLIAMS, 1986).

A configuração resultante da GPA dos provadores indica se algum deles se distancia dos demais, ou seja, apresenta discordância com a equipe. A Figura 4.3 mostra a configuração dos provadores obtida para os tomates nos 3 refrigeradores. Os provadores 1 e 6 aparentemente estão em discordância do restante da equipe. Porém, é difícil decidir a partir de que distância a discordância de um provador deve ser considerada suficientemente grave para que este seja eliminado da equipe. Para tomar esta decisão examinou-se a variância residual e as configurações das amostras do provador em questão.

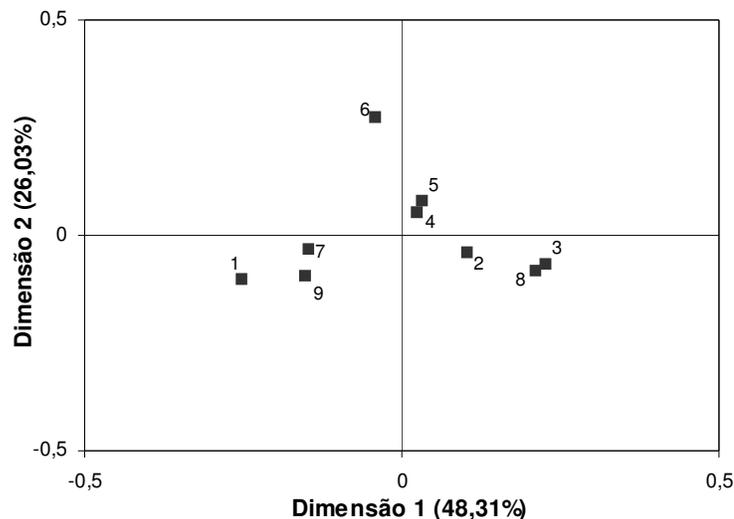


Figura 4.3 - Configuração consenso dos provadores.

O valor da variância residual do provador (Figura 4.4) fornece informações sobre as diferenças entre sua configuração de amostra e a configuração consenso. No experimento estudado, o provador 6 apresentou a maior variância residual (1,864%), entretanto decidiu-se mantê-lo no consenso pois o mesmo não mediu dois dos quatro atributos estudados, o que justifica sua distância do consenso.

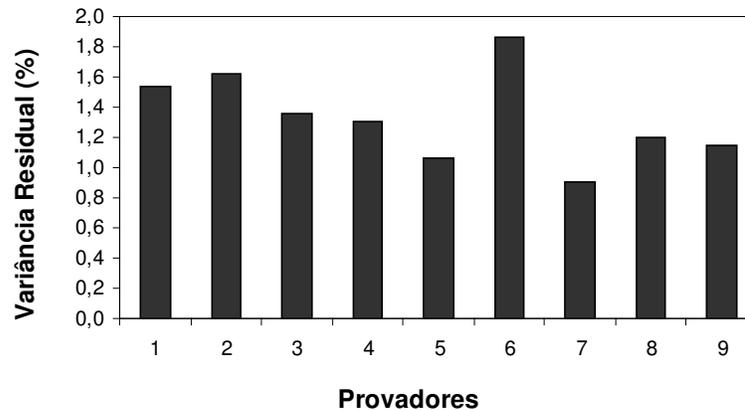


Figura 4.4 – Variância residual da configuração consenso dos provedores.

A porcentagem de variação de cada eixo ou dimensão indica o quanto cada eixo explica da variabilidade entre as amostras, ou seja, fornece uma idéia da quantidade da solução em poucas dimensões (DAMÁSIO, 1999).

Quando se utiliza Perfil Livre, a variabilidade explicada é menor do que a observada na análise descritiva convencional, o que pode ser atribuído ao fato dos provedores não serem treinados (BENASSI et al., 1998). De um modo geral considera-se satisfatório quando a análise mostra a soma da primeira com segunda dimensões maior que 40%, como encontrado por diversos autores (COSTELL et al., 1995). No presente caso a variância do consenso para nove dimensões (Figura 4.5), mostrou que as duas primeiras dimensões explicam 66,38% da variabilidade entre as amostras. Comparando com os dados descritos na literatura considerou-se aceitável analisar as amostras utilizando-se duas dimensões.

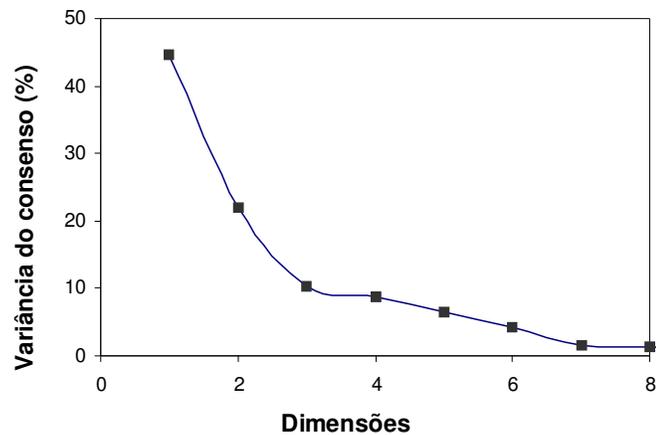


Figura 4.5 – Variância do consenso por dimensão, utilizando nove dimensões.

A interpretação das dimensões em termos dos atributos explica em que características diferem as amostras. Quanto maior for o coeficiente de correlação entre o atributo e a dimensão, maior será a importância deste atributo para explicar esta dimensão.

Tabela 4.9 – PROVADORES MAIS ALTAMENTE CORRELACIONADOS COM A DIMENSÃO 1 DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Provador	0 dias	7 dias	14 dias
1	Uniform. da cor (0,63)	Uniform. da cor (0,47)	Firmeza (0,48)
	Intens. de cor (0,62)	Rugosidade (0,55)	Rugosidade (0,46)
2	Rugosidade (0,63)	Intens. de Cor (0,62)	-
3	Intens. de cor (0,40)	Manchas (0,55)	Firmeza (0,48)
	Rugosidade (0,41)		Brilho (0,41)
4	Uniform. da cor (0,82)	Brilho (0,76)	Rugosidade (0,36)
	Intens. de cor (0,64)	Rugosidade (0,68)	
5	Uniform. da cor (0,73)	Uniform. da Cor (0,70)	Uniform. da cor (0,48)
		Intens. de Cor (0,71)	Brilho (0,46)
6	Uniform. da cor (0,53)	Uniform. da Cor (0,72)	Rugosidade (0,44)
		Rugosidade (0,63)	
7	Uniform. da cor (0,58)	Uniform. da cor (0,35)	Rugosidade (0,51)
	Formato (0,46)		
8	Manchas (0,57)	Rugosidade (0,83)	Firmeza (0,59)
			Rugosidade (0,57)
9	Uniform. de cor (0,75)	Uniform. de cor (0,81)	Manchas (0,88)

A Tabela 4.9 mostra os atributos que apresentaram os maiores coeficientes de correlação para cada provador durante os 14 dias de armazenamento dos tomates. Desta forma, no tempo zero, a dimensão 1 pode ser explicada pelos atributos de uniformidade da cor, intensidade de cor e manchas. Com 7 dias de armazenamento, os atributos que melhor explicam a dimensão 1 são rugosidade, uniformidade da cor e intensidade de cor, e observa-se ainda que o atributo manchas explica a dimensão aos 14 dias.

A mesma análise foi feita a partir da Tabela 4.10, que mostra os atributos e seus respectivos coeficientes de correlação para cada provador. A dimensão 2, portanto, é interpretada pelo atributo da firmeza no tempo zero, firmeza e rugosidade aos 7 dias de armazenamento, e os atributos intensidade de cor, firmeza e uniformidade da cor aos 14 dias.

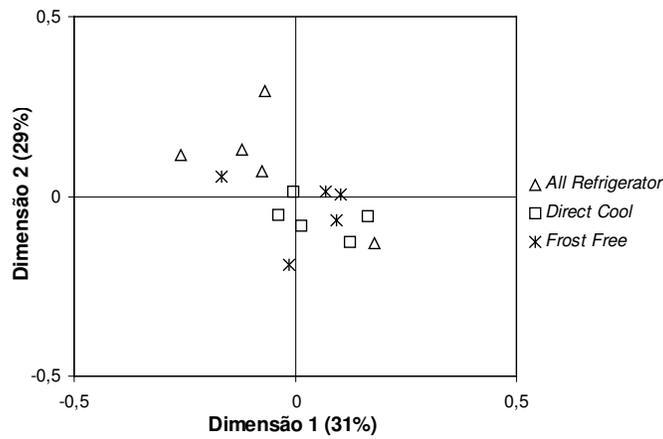
Tabela 4.10 - PROVADORES MAIS ALTAMENTE CORRELACIONADOS COM A DIMENSÃO 2 DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Provador	0 dias	7 dias	14 dias
1	Firmeza (0,82)	Firmeza (0,42) Rigidez da casca (0,34)	Rigidez da casca (0,36)
2	Firmeza (0,39) Intens. de cor (0,37)	Firmeza (0,42)	-
3	Firmeza (0,08)	Firmeza (0,31) Rugosidade (0,42)	Intens. de cor (0,38)
4	Rugosidade (0,26)	Firmeza (0,41)	Uniform. da cor (0,53)
5	Firmeza (0,56)	Manchas (0,20)	Intens. de cor (0,34)
6	Firmeza (0,59) Intens. de cor (0,59)	Firmeza (0,27)	Firmeza (0,68) Intens. de cor (0,67)
7	Firmeza (0,40)	Brilho (0,31) Formato (0,30) Rugosidade (0,30)	Firmeza (0,43)
8	Firmeza (0,10)	Firmeza (0,20)	Intens. de cor (0,19)
9	Firmeza (0,25) Formato (0,23)	Firmeza (0,27) Rugosidade (0,36)	Firmeza (0,22) Rugosidade (0,31)

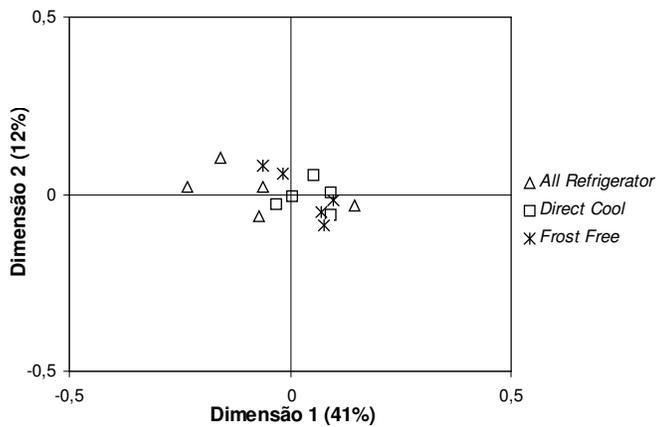
Os resultados sensoriais de cada semana de armazenamento tiveram os atributos firmeza, intensidade de cor e uniformidade da cor, os mais freqüentemente encontrados na lista elaborada pelos provadores. Além disso, estes atributos foram os que mais explicaram as 1ª e 2ª dimensões durante o armazenamento. Portanto, cada um deles foi estudado separadamente com relação à contribuição na qualidade dos tomates. Estes resultados concordam com Ballesteros (1995), que afirma que os

atributos que determinam a compra e o consumo do tomate pelo consumidor são a cor e firmeza seguidos pelos atributos equilíbrio entre açúcares e ácido e aroma.

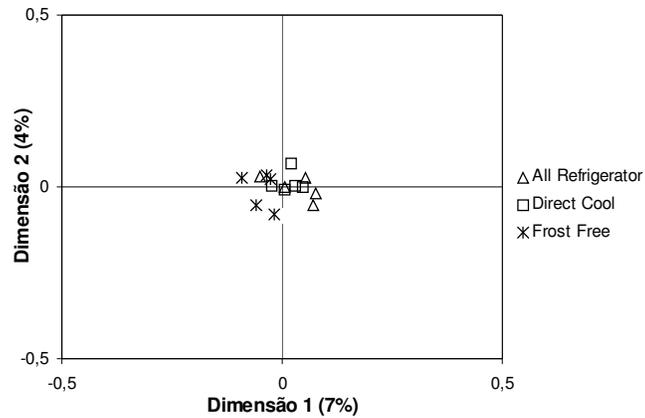
O atributo da firmeza (Figuras 4.6a, b e c), mostrou uma porcentagem de explicação de 60% para a primeira semana (tempo zero), 53% após 7 dias de armazenamento e 11% após 14 dias. Comparando-se os resultados para as diferentes semanas, observa-se que houve diferença entre as amostras com relação ao tempo de armazenamento, porém não se identificou diferença entre os tratamentos. Este resultado foi semelhante ao encontrado nas medidas instrumentais de firmeza da polpa (Sessão 4.3.1).



(a)



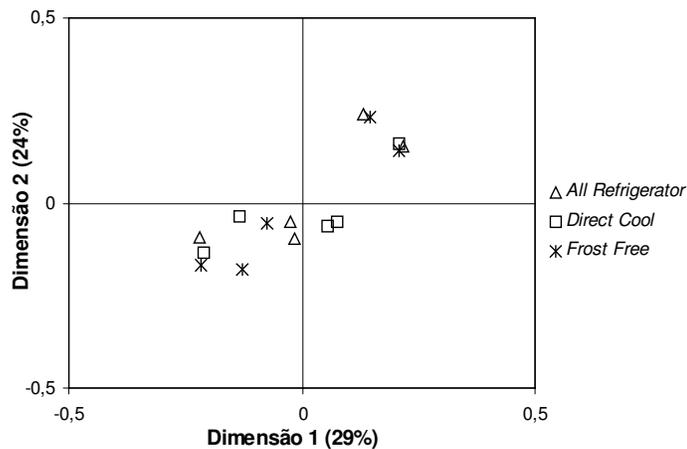
(b)



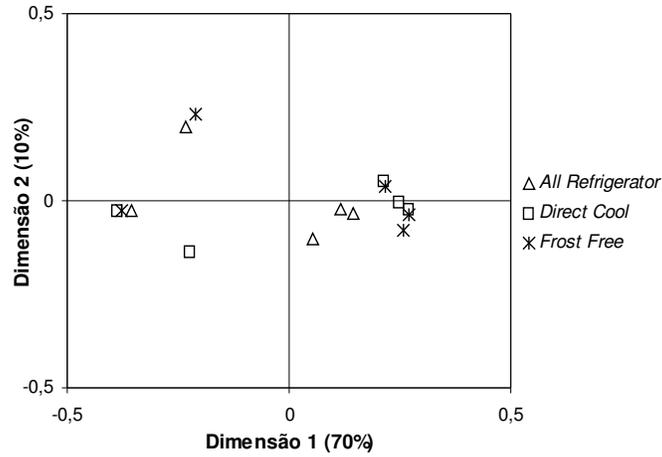
(c)

Figura 4.6 – Configuração consenso das amostras de tomates Débora para o atributo de firmeza em: (a) 0 dias; (b) 7 dias e (c) 14 dias de armazenamento.

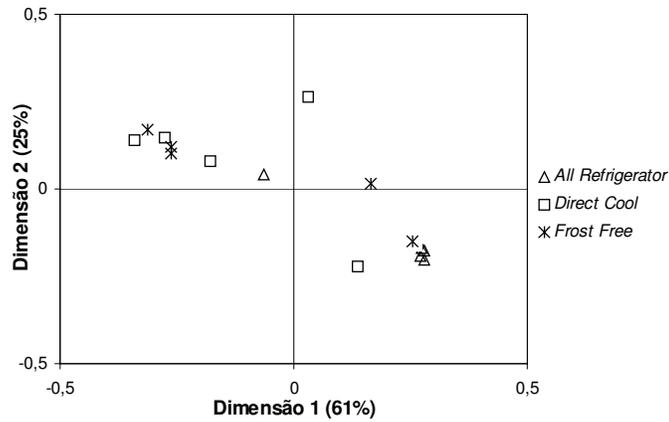
O comportamento do atributo intensidade de cor nas diferentes semanas (Figuras 4.7a, b e c) mostra que o tempo influenciou nas amostras de tomates Débora e o tratamento AR também se mostrou diferente em relação aos tratamentos DC e FF, os quais não mostraram diferença entre si. A variância explicada para este atributo durante o tempo zero foi de 53%, 80% para 7 dias de armazenamento, e 86% após 14 dias. O mesmo comportamento para o resultado intensidade de cor foi encontrado pelo método instrumental e expresso pelo parâmetro croma (C).



(a)

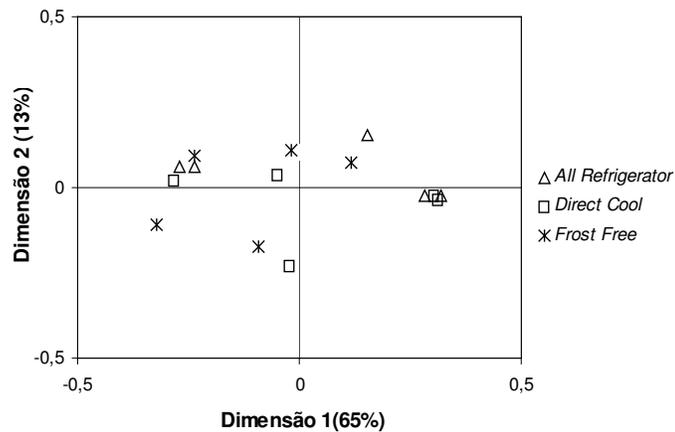


(b)



(c)

Figura 4.7 - Configuração consenso das amostras de tomates Débora para o atributo de intensidade de cor em: (a) 0 dias; (b) 7 dias e (c) 14 dias de armazenamento.



(a)

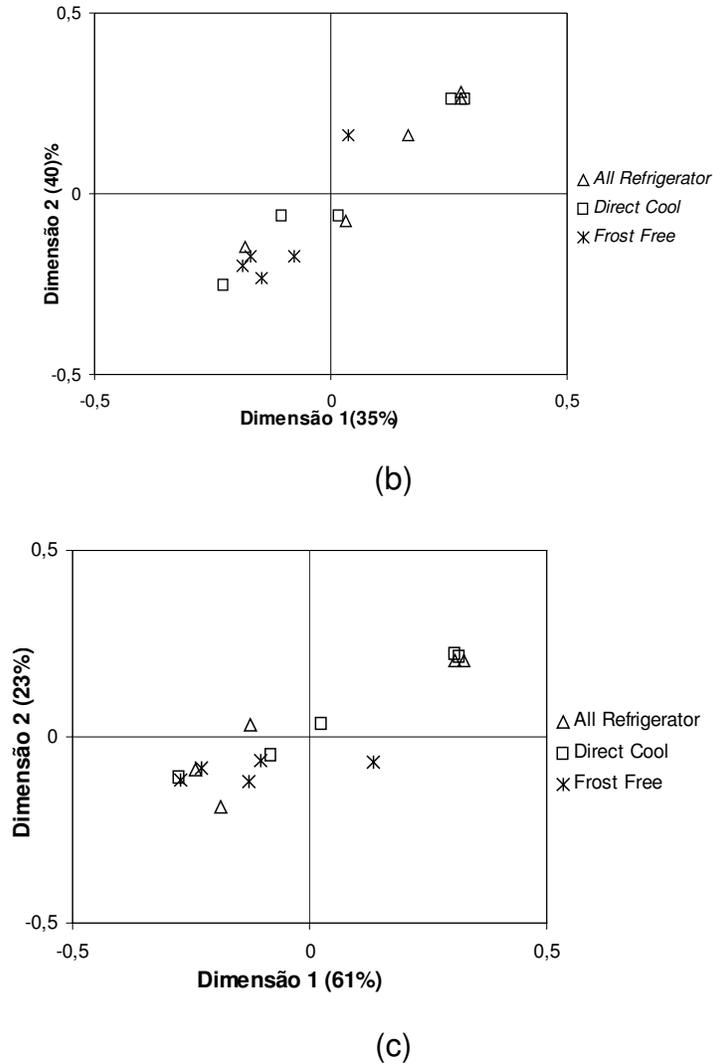


Figura 4.8 - Configuração consenso das amostras de tomates Débora para o atributo de uniformidade da cor em: (a) 0 dias; (b) 7 dias e (c) 14 dias de armazenamento.

O estudo ainda foi feito para o atributo uniformidade de cor que obteve explicações de 78, 75 e 85% para a primeira, segunda e terceira semanas, respectivamente. As Figuras 4.8a, b e c, mostra uma mudança na uniformidade da cor dos tomates ao longo do tempo, sendo que esta diferença não foi observada para os diferentes tratamentos.

As diferenças e índices de cor entre os tomates armazenados nos três refrigeradores foram mostradas na Tabela 4.6. O maior valor de ΔE^* foi percebido para o tratamento AR ($41,798 \pm 8,039$), enquanto que para os outros não foram percebidos valores maiores que $17,445 \pm 5,143$. Por outro lado, o índice de cor

aumentou de 36 até em torno de 65 para todos os refrigeradores. Pode-se dizer que este índice está relacionado com a intensidade de cor e não com sua uniformidade.

Os resultados do estudo de intenção de compra (Figura 4.9) mostraram que menos de 20% das amostras seriam aceitas para compra. Caso já tivessem sido compradas, apenas 8% das amostras armazenadas no refrigerador *Direct Cool* seriam usadas para consumo em salada, e 42% dos tratamentos DC e FF seriam usados para consumo em molhos de tomate. Pode-se observar que as amostras provenientes do AR são, em sua maioria, as menos aceitas, provavelmente devido a um grau de senescência maior causada pela temperatura mais elevada em seu interior. Este resultado foi determinante para o final do experimento após 14 dias de teste.

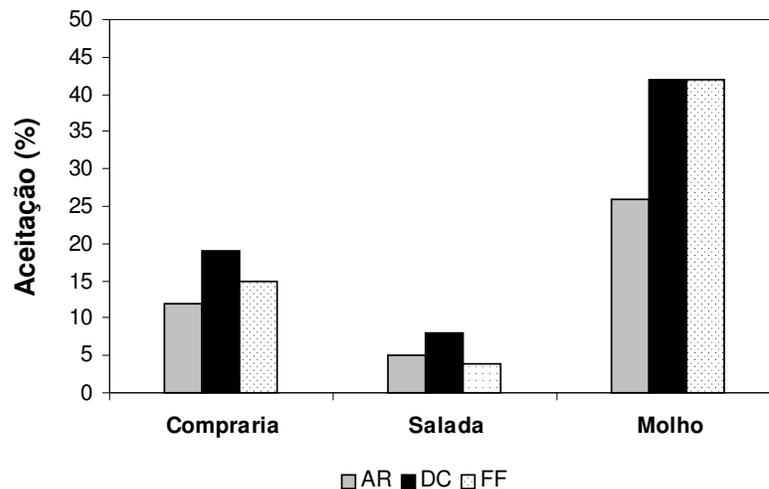


Figura 4.9 - Índice médio de intenção de compra dos tomates e consumo em molho e salada após 14 dias de armazenamento refrigerado.

4.4. CONCLUSÕES

Os resultados instrumentais da firmeza dos tomates Débora se mostraram significativamente menores a longo dos 14 dias de armazenamento. No entanto, os sistemas de refrigeração não influenciaram no comportamento observado para este parâmetro.

Os tipos de tratamentos usados e o tempo de armazenamento influem sobre todos os parâmetros de cor estudados. Observou-se um aumento significativo das coordenadas a^* e C, enquanto as coordenadas L^* e b^* diminuíram. A tonalidade medida apresentou uma redução significativa apenas para o tempo de armazenamento.

Ao final do 14º dia de armazenamento, os tomates do refrigerador AR apresentaram o maior valor para a coordenada a^* , que indica aumento na concentração de licopeno, a maior diferença global de cor, que foi significativa apenas para este tratamento, e o maior valor de croma que define a saturação e a intensidade de cor. O tempo de armazenamento foi significativo nas diferenças globais de cor.

A IC mostrou-se significativo para os sistemas de refrigeração e para o tempo de armazenamento, sendo que o maior valor foi encontrado no tratamento FF após o 14º dia de armazenamento. Seu aumento contínuo durante o tempo de armazenamento sugere representar a intensidade de cor, independente de sua uniformidade.

Os resultados sensoriais de Perfil Livre foram avaliados através da Análise Procrustes Generalizada e apresentaram 66% da variabilidade entre as amostras através das duas primeiras dimensões. Os tomates foram avaliados com base em atributos como uniformidade da cor, rugosidade, manchas, intensidade de cor, firmeza, brilho, etc.

Os atributos firmeza, uniformidade e intensidade da cor, que foram estudados separadamente por explicarem melhor as dimensões 1 e 2, mostraram diferença com o tempo de armazenamento. O refrigerador AR influenciou no atributo intensidade da cor, apresentando diferença significativa relativamente aos outros. O mesmo resultado foi encontrado nas medidas instrumentais relativamente ao croma.

O estudo de intenção de compra revelou que 14 dias foi o tempo adequado para o término do experimento, sendo que mais de 50% das amostras estudadas já não estavam mais próprias para o consumo.

De forma geral, as técnicas sensorial e instrumental proporcionaram resultados rápidos e de baixo custo, para o estudo de parâmetros de qualidade importantes do ponto de vista da indústria e do consumidor.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA, D.R.; BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A.. *In: Curso sobre pigmentos naturais*. Campinas, Junho 1984.

ARNOLD, M.G. & WILLIAMS, A.A.. *The use of generalised Procrustes techniques insensory analysis. In Statistical Procedures in Food Research*, (J.R. Piggot, ed.) pp.233-253, Elsevier Appl. Sci. Publ. Lts., Essex, 1986.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutas*. Ed. Nobel. SP, 1993.

BENASSI, M.T.; DAMÁSIO, M.H.; CECCHI, H.M.. *Avaliação Sensorial de Vinhas Riesling Itálico Nacionais Utilizando Perfil Livre*. Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol. 18, n.3, Campinas, Ago/Out 1998.

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

CALIFORNIA TOMATOES ASSOCIATION. <<http://www.tomato.org>>.

CHITARRA, M.I.F. & CHITARRA, A.B.. *Pós-colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e Manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 290 p. 1990.

Comission Internationale de L'Eclairage – CIE. Disponível em <<http://www.cie.co.at>> Consultado em 30/07/2005.

COSTELL, E.; TRUJILLO, C.; DAMASIO, M.H.; DURAN, L.. *Texture of sweet orange gels by free-choice profiling*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC). Journal of Sensory Studies, v.10, p. 163-179, 1995.

COURTNEY, MIKE. *Determinação botânica*. Pesquisa publicada por “Seed Savers Exchange”, Summer Edition. EUA, 1989. Disponível em:

<http://www.kokopelli-seed-foundation.com/actu/new_news.cgi?id_news=114>

Consultado em 21/03/2005.

DAMÁSIO, M.H.. *Análise descritiva: metodologia do perfil livre versus metodologias tradicionais*. São Paulo, 1999.

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

FARKAS, 2000, CELSO. *In: 9º Encontro Brasileiro sobre Tecnologia Instrumental em Colorimetria e Aparência*.

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

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B.; CANTILLAN, R.F.F.. *Influência do Estágio de Maturação e da Embalagem de Polietileno na Frigoconservação de Ameixa*. Pesq. agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.3, p.323-329, março 1999.

KLUGE, R.A.. *Pós-colheita de hortaliças de fruto*. Disponível em <<http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/pchort.html>>. Consultado em 04/11/2004.

McGUIRRE R.G.. *Reporting of objective color measurements*. Hort Science, v. 17, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MELLO, J.C.. *Vida de prateleira da alface americana (Lactuca sativa L.) minimamente processada sob cultivo orgânico e convencional*. Florianópolis, 2001. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, A.P.V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.. *Medida instrumental de Cor em Sobremesas Lácteas de Chocolate: uma Técnica de Baixo*

Custo e Versátil Utilizando Câmara Digital. Braz. J. Food Technol., v6, n.2, p.191-196, Jun/Dez 2003.

QUADRI, M. B.. *Comunicação pessoal* <m-quadri@enq.usfc.br>. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, USFC, 2004.

SACHS, L.G.; PORTUGAL A.P.. *Leitura de imagem pixel a pixel: III. Determinação de áreas irregulares. In: Livro de Resumos de IV Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimento. p.258, Campinas, 2001.*

SETSER, C.S.. *Color: reflections and transmissions. Journal of Food Quality, n. 6, p. 183-197, 1984.*

TEIXEIRA E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A.. *Análise Sensorial de Alimentos. Ed. da UFSC. 180p., Florianópolis, 1987.*

TEIXEIRA, E.. *Análise Físico-Sensorial. Apostila da disciplina de Análise sensorial, ministrada no curso de Pós-Graduação, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.*

VENDRÚSCOLO, A.T.. *Estudo do Comportamento Reológico e da Estabilidade Física de Polpa de Carambola (Averrhoa carambola L.). Florinópolis, fev.2005. Dissertação de mestrado.*

WOODS, J. L. *Moisture loss from fruits and vegetables. Postharvest News and Information, v.1, no 3, p.195-199, 1990.*

YEATMEN, J.N.; SIDWELL, A.P.; NORRIS, K.H.. *Derivation of a New Formula for Computing Raw Tomato Juice Color from Objective Color Measurement. Food Tehnology, Jan 1960.*

5. CONCLUSÕES

As condições de temperatura e umidade relativa no armazenamento refrigerado foram naturalmente impostas pelo equilíbrio entre três sistemas de refrigeração doméstica e tomates de variedades Débora e Ágora, cujos comportamentos foram estudados à luz de variáveis físico-químicas e sensoriais.

O estudo da influência destes 3 sistemas de refrigeração mostrou que tomates da variedade Ágora não apresentam variações significativas nos parâmetros que medem o amadurecimento, enquanto que a variedade Débora mostrou um amadurecimento significativo. Supõe-se que a variedade Ágora seja um mutante tipo longa vida, com características mais resistentes aos efeitos da refrigeração. Enquanto o tempo de armazenamento foi de 14 dias para a variedade Débora, a variedade Ágora pode ser armazenada adequadamente por 21 dias.

As alterações nos parâmetros físico-químicos do tomate armazenados em diferentes refrigeradores domésticos foi de grande importância para a indústria da refrigeração, uma vez que existe uma tendência do mercado, principalmente o europeu, em desenvolver projetos de produtos que permitam ao consumidor controlar a temperatura e a umidade de compartimentos específicos para frutas e vegetais.

Visando obter alternativas aos métodos tradicionais, avaliou-se a firmeza e a cor de tomates Débora, por métodos instrumentais. Observou-se que perda da firmeza foi significativa com o tempo, mas não para os tipos de refrigeradores. A cor, estudada pelo sistema CIELab, CIELCh, com auxílio do Índice de cor, apresentou mudanças significativas para todas as coordenadas durante o tempo de armazenamento e para os diferentes tratamentos usados, exceto o parâmetro da tonalidade para este último. A determinação da firmeza de polpa, mesmo sendo um método destrutivo, é um parâmetro que pode ser utilizado, em conjunto com a cor, para determinar a vida de prateleira dos vegetais.

Na busca por métodos não convencionais, investigou-se as alterações sensoriais do tomate, sob a técnica de Perfil Livre, nas mesmas condições de

armazenamento citadas anteriormente. A análise foi feita através da Análise Procrustes Generalizada (GPA), sendo que com o estudo das duas primeiras dimensões, os resultados explicaram 66% da variabilidade das amostras. Os atributos que melhor interpretaram as dimensões 1 e 2, isto é, que apresentaram os maiores coeficientes de correlação entre o atributo e a dimensão, sofreram influencia dos sistemas de refrigeração e do tempo de armazenamento de 14 dias.

O objetivo do trabalho foi alcançado, apresentando métodos alternativos, confiáveis e de baixo custo para estudos comparativos da qualidade de produtos *in natura* em armazenamento doméstico.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho pode-se sugerir alguns estudos futuros como:

- ✓ Estudar as variações dos parâmetros de qualidade em outros tipos de vegetais.
- ✓ Estudar o comportamento destes vegetais em condições ideais de conservação.
- ✓ Investigar as alterações na composição química do tomates armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade.
- ✓ Realizar comparativo entre o método instrumental de medida de cor e o método de espectrofotometria.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. *Determinação da firmeza e cor do tomate (Lycopersicum esculentum Mill), visando o estabelecimento de correções entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação*. Campinas, 1995. 102p. Dissertação de Mestrado.

AMAYA, D.R.; BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A.. *In: Curso sobre pigmentos naturais*. Campinas, Junho 1984.

AOAC - Association Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 16 ed. Arlington, Virginia. USA. 1998.

ARAÚJO, J.M.A. *Química de alimentos: teoria e prática*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutas*. Ed. Nobel. SP, 1993.

BALDWIN, E.A.; SCOTT, J.W.; EINSTEIN, M.A.; MALUNDO, T.M.M.; CARR, B.T.; TANDON, K.S.. *Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., v.123, n.5, p. 906-915, 1998.

BALLESTEROS, F.R.. *Postcosecha del tomate para consumo em fresco*. In NÚEZ, F.. *El cultivo del tomate*. Barcelona: Mundi-Prensa, p. 589-623, 1995.

BENASSI, M.T.; DAMÁSIO, M.H.; CECCHI, H.M.. *Avaliação Sensorial de Vinhas Riesling Itálico Nacionais Utilizando Perfil Livre*. Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol. 18, n.3, Campinas, Ago/Out 1998.

BERTULANI, C.A.. *Ensino de Física a distância*. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>> Consultado em 12/05/2005.

BJÖRK, ERIK. *High Efficiency Cooling Systems for Refrigerators and Freezer*. Apostila disponível na biblioteca da Multibras S.A. Eletrodomésticos, Joinville, 2001.

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

CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C.. *Aspectos gerais sobre a vida de prateleira de produtos alimentícios*. Boletim do ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos, v. 17, n. 4, p. 371-439, out/dez 1980.

California Tomato Growers Association, Inc. *Tomatoes & Health Report*. - CTGA Disponível em: <<http://www.ctga.org/newctga/health/healthreport.htm>> Consultado em 16/08/2004.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo - *Diga não ao desperdício*. Disponível: <<http://www.ceagesp.com.br/desperdi.htm>> Consultado em 25/11/2003.

CHAVES, J.B.P.. *Controle de Qualidade para Indústrias de Alimentos – Princípios Gerais*. Universidade Federal de Viçosa, MG, 1980.

CHITARRA, M.I.F. & CHITARRA, A.B.. *Pós-colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e Manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 290 p. 1990.

CHITARRA, M.I.F.. *Colheita e qualidade pós-colheita de frutos*. Informe Agropecuário, v17, n.179, p.8-18, 1994.

COELHO, A.H.R.; *Qualidade Pós-Colheita de Pêssegos*. Informe Agropecuário, v.17, n.180, p.31-39, 1994.

COURTNEY, MIKE. *Determinação botânica*. Pesquisa publicada por “Seed Savers Exchange”, Summer Edition. EUA, 1989. Disponível em: <http://www.kokopelli-seed-foundation.com/actu/new_news.cgi?id_news=114> Consultado em 21/03/2005.

CTGA – California Tomato Growers Association, *Health Benefits*. Disponível em: <<http://www.tomato.org/health/benefit.html>> Consultado em 21/01/2005.

ELECTRO OPTICAL INDUSTRIES, *Inc. Santa Barbara*. Disponível em: <<http://www.electro-optical.com/whitepapers/candela.htm>> Consultado em 10/02/2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - <<http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelahortalicas.htm>> Consultado em 03/11/2004.

ENZYMES. Disponível em: <<http://www.enzymes.com>> Consultado em 15/09/2004.

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

EVANGELISTA, JOSÉ. *Conservação de Alimentos. Tecnologia de Alimentos*. Editora Atheneu, 2a edição, p. 279-380, São Paulo, 1998.

FAEP - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO PARANÁ. Comissão técnica de fruticultura. Disponível em: <<http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/hortalicas/tomate.htm>> Consultado em 22/11/2004.

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

FARIA, J.B. et al.. *Transformações Enzímicas das Substâncias Pécnicas da Manga (Mangifera indica L.) V. Haden no Amadurecimento*. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.14, n.2, p.189-201, jul/dez 1994.

FARKAS, C. In: *9º Encontro Brasileiro sobre Tecnologia Instrumental em Colorimetria e Aparência*, 2000.

FEAGRI - Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Disponível em: <<http://www.agr.unicamp.br/tomates/>> Consultado em 05/10/2004.

FENNEMA, O.R.. *Preservation of Food by Storage at Chilling Temperatures*. In: *Principies of Food Science Part II – Physical Principies of Food Preservation*. New York. Marcel Deckker, Inc, p.133-171, 1975.

FIGUEIRAS, H.A.C.. *Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco alcobaça*. Lavras: UFLA, 118p. 1996.

GRIERSON, W.; WARDOWSKI, W.F.. *Relative humidity effects on the postharvest life in fruits and vegetables*. HortScience, v.13, no 5, p.22-26, 1978.

IBGE. *Pesquisa de Orçamentos familiar*. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br> > Consultado em 20/12/2003.

ICEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2001-2002*. Disponível em <<http://www.icepa.com.br/virtualweb/PDF/SINTESE2001.PDF>> 248p. Consultado em 16/06/2003.

ICEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2002-2003*. Disponível em <http://www.agricultura.sc.gov.br/arquivos/sint_2003.pdf> 285p. Consultado em 01/11/2004.

JOLY, A.B.. *Botânica – Introdução à taxonomia vegetal*. 5a ed. São Paulo, 777p. 1979.

KLUGE, R.A.; RODRIGUES, D.S.. *Influência do estágio de maturação e da cobertura com polietileno na conservação de tomates frigorificados*. Sci. Agric., v.53, n.1, p.1-12, Piracicaba, Jan/Abr 1996.

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

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B.; CANTILLAN, R.F.F.. *Influência do Estágio de Maturação e da Embalagem de Polietileno na Frigoconservação de Ameixa*. Pesq. agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.3, p.323-329, março 1999.

KLUGE, R.A.. *Pós-colheita de hortaliças de fruto*. Disponível em <<http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/pchort.html>>. Consultado em 04/11/2004.

LAMPKIN, N.. *The wider issues*. In: *Organic farming*. Ipswich: Press Books, cap.15, p.557-616, 1990.

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

LEAL, P.A.M.; JORGE, J.T.; HONÓRIO, S.L.. *Avaliação da qualidade do tomate de cereja quando submetido a diferentes processos de resfriamento*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.21, n.1, p.82-90, jan. 2001.

LINDBLOOM, B.J.. *CIE Color Calculator*. Disponível em <<http://www.brucelindbloom.com>> revisado em Abr. 2003. Consultado em 24/10/2004.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.. *Armazenamento de Hortaliças*. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 2001.

MELLO, J.C.. *Vida de prateleira da alface americana (Lactuca sativa L.) minimamente processada sob cultivo orgânico e convencional*. Florianópolis, 2001. Dissertação de Mestrado.

MOLECULARIUM. *Simulações em Química-Física*. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/stereo/moleculas/c40h56.jpg>> Consultado em 30/05/2004.

MOURA, M.L. et al.. *Efeito da Atmosfera Controlada na Conservação de Tomates Colhidos em Estágio Intermediário de Maturidade*, Sci. Agric. v.56, n.1, Piracicaba, 1999.

OLIVEIRA, A.P.V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.. *Medida instrumental de Cor em Sobremesas Lácteas de Chocolate: uma Técnica de Baixo Custo e Versátil Utilizando Câmara Digital*. Braz. J. Food Technol., v6, n.2, p.191-196, Jun/Dez 2003.

PARENTE, M.E.; GÁMBARO, A.; VARELA, P.; GIMÉNEZ, A.; LOMBARDI, R.. *Análisis Descriptivo por Perfil de Libre Elección de Barras com Agentes Acondicionadores*. Sección Evaluación Sensorial. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Revista nº31, 2001.

PAZINATO, B.C; GALHARDO, R.C.. *Processamento artesanal do tomate*. 2a ed. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1997.

PENFIELD, M.P.; CAMPBELL, A.M.. *Experimental Food Science. Evaluating Food by Sensory Methods*. Cap.4, 3a edição, Academic Press, 1990.

QUADRI, M. B.. *Comunicação pessoal*. <m-quadri@enq.usfc.br> Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, USFC, 2004.

ROSA, M.C.. *Processamento Mínimo de Tomates (Lycopersicum esculentem Mill) – Aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais*. Florianópolis, 1999, 136p. Dissertação de Mestrado.

SACHS, L.G.; PORTUGAL A.P.. *Leitura de imagem pixel a pixel: III. Determinação de áreas irregulares. In: Livro de Resumos de IV Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimento*. p.258, Campinas, 2001.

SALFIELD, J.R.. *Praticas de Ciência de Los Alimentos*, Editorial Acribia. España, p.11-18, 1977.

SANINO, A.; CORTEZ, L.B.; MEDEROS, B.T.. *Vida de prateleira do tomate (Lycopersicum esculentum), variedade “Débora”, submetido a diferentes condições de resfriamento*. Workshop de tomates, perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 maio de 2003.

SEIDEL, ROBERTO. *Análise da Performance e da Distribuição de Fluxo de Calor num Refrigerador Doméstico*. Florianópolis, 65p. 2001. Dissertação de Mestrado.

SUGAI, A.Y.. *Processamento descontínuo de purê de manga (Mangifera indica Linn), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para o pronto consumo*. São Paulo, 82p. 2002. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A.. *Análise Sensorial de Alimentos*. Ed. da UFSC. 180p., Florianópolis, 1987.

TIJSKEUS, L.M.M. et al.. *Modeling the firmness of Elstar apples during storage and transport*. PhD thesis of Wageningen University. P.113-120, 2004.

VENDRÚSCOLO, A.T.. *Estudo do Comportamento Reológico e da Estabilidade Física de Polpa de Carambola (Averrhoa carambola L.)*. Florianópolis, fev.2005. Dissertação de mestrado.

VILELA, N.J. et al.. *O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças*, v.21, no 2, Brasília Abr/Jun 2003.

VITALI, A.A.; QUAST, D.G.. *Vida de prateleira de alimentos. Manual do curso reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados*. Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas. Capítulo3, Campinas - SP, Jun, 2002.

WERNER, R.A.. *Frutas e hortaliças: como conservar*. 112p. Porto Alegre, 1978.

WILLIAMS, A.A.; LANGRON, S.P.. *The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports*. J.Sci. Food Agric., v.35, p. 558-568, 1984.

WOODS, J. L.. *Moisture loss from fruits and vegetables*. Postharvest News and Information, v.1, no 3, p.195-199, 1990.

YEATMEN, J.N.; SIDWELL, A.P.; NORRIS, K.H.. *Derivation of a New Formula for Computing Raw Tomato Juice Color from Objective Color Measurement*. Food Tehnology, Jan 1960.