



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PIMENTÃO AMARELO
'ZARCO HS'.**

SILVIA ANTONIALI DO CARMO

CAMPINAS – SP
OUTUBRO DE 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PIMENTÃO AMARELO
'ZARCO HS'.**

Tese submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Agrícola na área de
concentração em Tecnologia de Pós-
colheita.

SILVIA ANTONIALI DO CARMO

Orientador: Prof. Dr. Paulo A. Martins Leal

CAMPINAS – SP
OUTUBRO DE 2004

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

C213c Carmo, Silvia Antoniali do
Conservação pós-colheita de pimentão amarelo
'Zarco HS' / Silvia Antoniali do Carmo.--Campinas, SP:
[s.n.], 2004.

Orientador: Paulo Ademar Martins Leal.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Pimentão - Conservação. 2. Pimentão - Fisiologia
pós-colheita. 3. Resfriamento. 4. Análise de
componentes principais. I. Leal, Paulo Ademar Martins.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Aos meus pais, Antonio e Célia, pelo apoio incondicional e
palavras de ânimo e coragem nos momentos mais difíceis de
minha vida,

DEDICO

Ao meu marido, Ruy Roberto, pelo amor, carinho, paciência e
cumplicidade sempre, e à minha filha, Lívia, razão do meu viver,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador de todas as coisas;

Aos membros da banca examinadora, prof. Dr. José Fernando Durigan, prof. Dr. Vivaldo Silveira Júnior, prof. Dr. Marcos David Ferreira, prof. Dr. Sylvio Luís Honório e prof. Dr. Paulo Leal, pelas críticas, sugestões e elogios;

Ao meu orientador, prof. Dr. Paulo Leal, pela amizade, profissionalismo e cumplicidade, mas principalmente pelo espírito de equipe que nos ensinou e que levarei para a minha vida profissional;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida;

À empresa Rigesa, pelas embalagens de papelão cedidas para o trabalho, em especial para o engenheiro agrônomo Lucas Gutierrez;

Aos funcionários do Laboratório de pós-colheita, Francisco e Dona Laura e, principalmente a Rosália, obrigada;

Ao José Benedito, do Laboratório de Controle Ambiental, pelos serviços prestados em relação à câmara frigorífica;

Aos alunos de iniciação científica, Ana Maria e Rogério, pela amizade, apoio, cumplicidade e muita ajuda;

Aos funcionários: Vanessa, Susy, Terezinha, Dona Cida, Marta, Rosângela, pelo convívio, amizade e prestação de serviços;

Aos funcionários do Labin, Enzo, João Bergamo, Clóvis e André pela paciência e ajuda na informática;

Aos meus queridos amigos de sempre, Christiane, Dudu, Juliana, Maristela, Patrícia, Adriana, Dani Pirozzi, pela cumplicidade, amor e ajuda nos momentos difíceis; amo vocês;

Aos amigos da “cozinha” (lugar que almocei todos os dias), Dona Cida, Marivone, Tuca, Terezinha, Vanessa, Marta, Cidinha, Chris, Ju, Susy e Leal, pelo convívio;

Às pessoas que fizeram parte da avaliação sensorial;

A todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho,

Meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE EQUAÇÕES	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. CAPÍTULO 1:.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
2. CAPÍTULO 2:.....	3
REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características gerais da espécie.....	3
2.2. Colheita.....	4
2.3. Classificação	4
2.4. Qualidade do produto	5
2.4.1. Introdução.....	5
2.4.2. Composição Química	6
2.4.3. Injúrias Mecânicas.....	7
2.4.4. Análise Sensorial	8
2.4.5. Doenças	9
2.4.6. Respiração	10
2.4.7. Temperatura.....	11
2.4.8. Resfriamento.....	13
2.4.9. Tipos de Resfriamento.....	14
2.4.10. Perda de Massa Fresca.....	16
2.5. Embalagens.....	17
Filmes Plásticos	18
Embalagens Contentoras	19
3. CAPÍTULO 3:.....	24
RELAÇÃO ENTRE A COLORAÇÃO EXTERNA E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM PIMENTÕES AMARELOS ‘ZARCO HS’	24
3.1. Introdução.....	24

3.2.	Material e Métodos	25
3.3.	Resultados e Discussão.....	27
3.4.	Conclusão	29
4.	CAPÍTULO 4:.....	30
	RESPIRAÇÃO DE PIMENTÃO AMARELO ‘ZARCO HS’ SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS	30
4.1.	Introdução.....	30
4.2.	Material e Métodos.....	31
4.2.1.	Fluxômetro	31
4.2.2.	Frascos	33
4.2.3.	Tubulações.....	33
4.2.4.	Cálculos da taxa respiratória	33
4.2.5.	Experimentos.....	34
4.3.	Resultados e Discussão.....	35
4.4.	Conclusões.....	38
5.	CAPÍTULO 5:.....	39
	AVALIAÇÃO DE METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FIRMEZA EM PIMENTÕES AMARELOS.	39
5.1.	Introdução.....	39
5.2.	Material e Métodos.....	40
5.3.	Resultados e Discussão.....	42
5.4.	Conclusão	45
6.	CAPÍTULO 6:.....	46
	AVALIAÇÃO DE DUAS EMBALAGENS NO RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PIMENTÃO AMARELO	46
6.1.	Introdução.....	46
6.2.	Material e Métodos.....	47
6.2.1.	Dimensionamento do Sistema	47
6.2.2.	Matéria Prima	48
6.2.3.	Embalagens.....	48
	Caixa Plástica	48

Caixa de Papelão	50
6.2.4. Sensores e Aquisição de Dados	50
6.2.5. Medição da Temperatura	51
6.2.6. Resfriamento rápido com ar forçado	51
6.2.7. Avaliações físico-química e sensorial	51
6.2.8. Delineamento Estatístico	52
Avaliação de 7/8 do tempo de resfriamento	52
Avaliação da perda de massa.....	52
Avaliação física, química e sensorial	52
6.3. Resultados e Discussão.....	54
6.3.1. Avaliação do $7/8$ do tempo de resfriamento	54
6.3.2. Monitoramento da temperatura da câmara ao longo do período de armazenagem.....	57
6.3.3. Avaliação da perda de massa.....	58
6.3.4. Avaliação física, química e sensorial	60
6.4. Conclusão	67
7. CAPÍTULO 7:.....	68
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PIMENTÃO AMARELO ‘ZARCO HS’ SUBMETIDO AO RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO E CONSERVADO POR 30 DIAS E SUA COMPARAÇÃO, POR ANÁLISE SENSORIAL, COM O PRODUTO DE SUPERMERCADO.	68
7.1. Introdução.....	68
7.2. Material e Métodos.....	69
7.3. Resultados e Discussão.....	72
7.3.1. Avaliação do $7/8$ do tempo de resfriamento	72
7.3.2. Monitoramento da temperatura ao longo do período de armazenamento.	73
7.3.3. Avaliação física, química e sensorial	74
7.4. Conclusão	83
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

Apêndice 1 – Valores das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada característica analisada (Capítulo 1).....	99
Apêndice 2 – Valores das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada dia de análise dos pimentões amarelos (Capítulo 3).	102
Apêndice 3 – Porcentagem de perda de massa das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada dia de análise dos pimentões amarelos (Capítulo 3).	104
Apêndice 4 – Dados referentes ao tipo e finalidade dos sensores instalados (Capítulo 4).....	105
Apêndice 5 – Modelo da ficha sensorial utilizada nas avaliações semanais (Capítulo 4).....	106
Apêndice 6 – Médias e desvios padrões das variáveis físico-químicas e sensoriais dos tratamentos ao longo do período de armazenamento para pimentões amarelo (Capítulo 4).....	107
Apêndice 7 – Dados referentes ao tipo e finalidade dos sensores instalados (Capítulo 5).....	108
Apêndice 8 – Modelo da ficha sensorial utilizada na avaliação final (Capítulo 5).	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coloração de pimentões amarelos ‘Zarco HS’ com diferentes graus de amadurecimento.....	26
Figura 2 – Taxa respiratória de pimentões amarelos ‘Zarco HS’ sob diferentes temperaturas, em duas épocas climáticas, verão (A) e inverno (B).....	36
Figura 3 – Taxa respiratória para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ em diferentes estádios de maturação, a 10°C.	38
Figura 4 – Área utilizada da curva força deformação para o cálculo da energia.	41
Figura 5 – Energia de deformação (N.mm) em pimentões ‘Zarco HS’, durante o armazenamento por 10 dias sob condições de ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Apêndice 2).	42
Figura 6 – Curvas força-deformação da compressão de espécimes cilíndricos extraídos do pericarpo de pimentões. Para os trechos lineares, indicados nas figuras, foi calculado o módulo de elasticidade utilizado com índice de firmeza.....	43
Figura 7 – Perda de massa média durante os dias de armazenagem e a temperatura média no período, $27 \pm 1^\circ\text{C}$ (Apêndice 3).	45
Figura 8 – Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo “túnel californiano”.	47
Figura 9 – Foto demonstrativa da embalagem plástica (A – face de entrada do ar; B – aberturas laterais).	49
Figura 10 – Detalhe da abertura indesejada das caixas plásticas e a vedação com fita adesiva.....	49
Figura 11 – Embalagem de papelão utilizada no experimento (A – face de entrada do ar frio, área A).	50
Figura 12 – Curva do resfriamento rápido com ar forçado de pimentões embalados em caixas plásticas e caixas de papelão. Temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento e o tempo para atingir esta temperatura para a polpa e ar interno do produto para as duas embalagens.	54
Figura 13 – Curva da temperatura durante a armazenagem para determinação da vida de prateleira para pimentões amarelos ‘Zarco HS’, resfriados pelo método de ar forçado em duas embalagens distintas.	58

Figura 14 – Perda de massa para pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 28 dias.	58
Figura 15 – Comportamento da firmeza, coloração, murchamento e machucados, através de análise sensorial para o pimentão amarelo ‘Zarco HS’ armazenado sob refrigeração por 28 dias.	60
Figura 16 – Valores de acidez total titulável para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenamento.	61
Figura 17 – Valores de ácido ascórbico para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenamento.	62
Figura 18 – Valores de teor de umidade em porcentagem para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenamento.	63
Figura 19 – Relação entre os dois componentes principais para as variáveis físico-químicas e sensoriais dos tratamentos ao longo do período de 28 dias de armazenamento.	65
Figura 20 – Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo “túnel californiano”.	70
Figura 21 – Curva do resfriamento rápido com ar forçado para pimentões embalados em caixas plásticas e caixas de papelão. Temperatura de $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento e o tempo para atingir esta temperatura para a polpa e ar interno do produto para as duas embalagens.	72
Figura 22 – Curva da temperatura durante a armazenagem para avaliação a qualidade do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ armazenado por 30 dias sob refrigeração a $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$ em duas embalagens distintas.	74
Figura 23 – Perda de massa para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.	75
Figura 24 – Teor de umidade para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.	75

Figura 25 – Índice de firmeza para pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e expresso em energia (N.mm).....	76
Figura 26 – Índice de firmeza para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e expresso através do módulo de elasticidade (MPa).	77
Figura 27 – Teste de preferência para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.....	80
Figura 28 – Avaliação da coloração para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.....	80
Figura 29 – Avaliação da firmeza para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.....	81
Figura 30 – Teste de intenção de compra para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias dos teores de acidez titulável (AT), sólido solúveis totais (SST), ácido ascórbico (AA), umidade e pH em pimentões amarelos ‘Zarco HS’ colhidos em diferentes porcentagens de coloração amarela.....	27
Tabela 2 – Índice de firmeza analisada através do módulo de elasticidade obtido com o ensaio de compressão.....	44
Tabela 3 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa plástica.	55
Tabela 4 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa papelão.	55
Tabela 5 – Teste de Tukey para as médias do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa plástica.	55
Tabela 6 – Teste de Tukey para as médias do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa papelão.	55
Tabela 7 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para as duas embalagens e os dois pontos testados.	56
Tabela 8 – Teste de Tukey para as médias do $7/8$ do tempo de resfriamento para as duas embalagens e dois pontos testados.....	57
Tabela 9 – Quadro de Análise de Variância da perda de massa dos pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado e conservados por 28 dias nas duas embalagens testadas.....	59
Tabela 10 – Correlações, proporção da variância e proporção acumulada da variância entre as variáveis iniciais e os componentes principais, ao longo do período de armazenamento para pimentões amarelo.	64
Tabela 11 – Quadro de Análise de Variância do Componente 1, ao longo do período de armazenamento.	66
Tabela 12 – Quadro de Análise de Variância do componente 2 ao longo do período de armazenamento.	66
Tabela 13 – Características químicas para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.	78

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Determinação do fluxo utilizado em cada frasco com produto.	32
Equação 2 – Cálculo da taxa respiratória através de fluxo contínuo.....	34
Equação 3 – Equação para determinação do índice de firmeza através do módulo de elasticidade.....	42

RESUMO

O uso de tecnologias adequadas na pós-colheita é tão fundamental quanto à produção e as práticas culturais, pois o aumento na produção deve vir, necessariamente, acompanhado de redução nas perdas e da preservação da qualidade inicial do produto hortícola. O que adianta o emprego de tecnologias para aumentar a produção se nada é feito para reduzir as perdas pós-colheita, que atingem segundo dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) do Estado de São Paulo cerca de 30% do produto colhido, contabilizando uma perda anual de US\$ 5,1 bilhões. Entre as principais causas de perdas pós-colheita estão a falta de transporte adequado, o uso de embalagens impróprias e a não utilização adequada de frio para a armazenagem. A melhora nas operações do manejo visando reduzir as perdas pós-colheita, dada a complexidade do problema e as restrições econômicas, não será rápida como se deseja, nos países em desenvolvimento, contudo, essa é uma meta valiosa, necessária e possível de ser alcançada. Visando contribuir com a redução das perdas, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de conservação pós-colheita de pimentões amarelos 'Zarco HS'. Realizou-se uma série de ensaios para avaliar a qualidade em diferentes graus de maturação, determinar a melhor temperatura para armazenagem através da taxa respiratória do produto, utilizar o resfriamento rápido com ar forçado em produtos embalados em duas embalagens, estudar uma metodologia para avaliar a perda de resistência à compressão durante o período de armazenagem e comparar sensorialmente produtos armazenados com produtos de supermercado. Verificou-se que o melhor método para o resfriamento do pimentão 'Zarco HS' é o resfriamento com ar forçado dos frutos embalados em caixas com até 7 quilos, a qual deve conter área adequada de aberturas para proporcionar uma boa troca de calor entre o ar frio e o produto, seguido de armazenamento a 5°C e umidade relativa acima de 95%. Preservaram-se suas características por até 30 dias sem comprometer sua qualidade comercial.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum annuum* L., pós-colheita, resfriamento.

YELLOW BELL PEPPERS 'ZARCO HS' POSTHARVEST CONSERVATION

ABSTRACT

The use of a good and proven post-harvest technology is as fundamental as production and culture practices. Therefore we should not only be looking at increased production, but a reduction in losses of the initial qualities of the product concerned. There is little advantage to be gained, if nothing is done to reduce postharvest losses. Accordingly, data from the Economical Agricultural Institute (IEA) in São Paulo State indicates a loss of 30% of the product harvested and would amount to an annualized loss of approx. \$US 5.1 Billion. The main reasons for post-harvest losses are lack of adequate transportation, the use of unsuitable packaging and inadequate cooling while in transit or storage. Due to difficulties associated with transport, storage and handling in developing countries, including economic limitations, progress will not be as fast as one would wish. However it is possible, indeed necessary to reduce those losses. The objective of this work is to reduce loss and to evaluate the potential postharvest gains in better transport, storage and handling thereby reducing losses and an increase in saleable product. The product in this case study is "Zarco HS" yellow pepper. Several studies have evaluated the benefit of different degrees in ripening, in addition to determine the best storage temperature product respiratory tracks, to introduce fast cooling with forced air for packaged products in two packages to study a methodology determine and evaluate compression resistances loss during periods of storage and to compare product sensorial storage with products from supermarket shelves. Evaluations established that the best method for "Zarco HS" peppers is forced cooling air on packaged fruit in boxes with a maximum weight of 7 kg, with sufficient area to allow a good heat exchange between cold air and product. Storage of the product should be at 5°C and a relative humidity of over 95%. The product retained it's characteristics for a maximum of 30 days without depletion of it's commercial quality.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L., cooling, postharvest.

1. CAPÍTULO 1:

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) está entre as 10 hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro. No Brasil, em 2000, a área cultivada com pimentões atingiu 13,1 mil hectares. A produtividade média brasileira, no período de 1996 a 2000, teve um aumento de 300%, passando de 10,4 para 32,6 toneladas por hectare (Marchizeli *et al.*, 2003).

Nos últimos 10 anos, no Estado de São Paulo a área para produção de pimentão aumentou 68% enquanto que na produção este aumento foi de 116%. Neste estado, é onde se concentra a produção brasileira, sendo o maior produtor com 8.291 hectares para uma produção 70 mil toneladas e gerando 4.543 empregos (Agrianual, 2002; Marchizeli *et al.*, 2003).

O cultivo do pimentão, no Brasil, apresenta excelentes perspectivas de expansão, principalmente considerando-se os diferentes mercados que estão surgindo, pois além de serem consumidos frescos têm sido processados industrialmente.

O cultivo em estufa e o uso de híbridos têm sido responsáveis pelo incremento de produtividade. Com o plantio em condições protegidas, sob plástico, aumentou a procura por híbridos com maior produtividade e valor comercial, para que fosse compensatório o investimento na nova infra-estrutura de produção. Inicialmente, havia um diferencial de preço entre o pimentão produzido em estufa e o sem proteção, que posteriormente, com a chegada de híbridos coloridos, com sabor mais leve e adocicado, a rentabilidade para o produtor tornou-se elevada, tanto devido a produtividade de até 240 toneladas/ha, quanto pela valorização do produto (Ribeiro e Cruz, 2002).

Segundo dados coletados na CEAGESP, em 2002 foram comercializadas 3.140,4 toneladas de pimentões neste entreposto, considerando-se somente os verdes, vermelhos e amarelos. Deste total, 9% é o volume de pimentões amarelos e 18% o de pimentões vermelhos, enquanto que o maior volume (73%) é o de verdes, cujo valor equivaleu a 38,5% do valor do pimentão amarelo.

Segundo Ribeiro e Cruz (2002), o diferencial de preço entre os diferentes pimentões ainda é verificado, com os coloridos, atingindo valores 60-100% maiores no atacado. Estes continuam com suas produções restritas às condições protegidas, devido ao alto custo da semente e à necessidade de condução sob condições ambientais adequadas. Outro fator que

altera o valor da produção é a embalagem para a comercialização. Os híbridos coloridos são, preferencialmente, comercializados em caixas de papelão ou bandejas de poliestireno com 3-4 frutos embalados com filme plástico, enquanto que para os pimentões verdes ainda são utilizadas as antigas caixas tipo K, de madeira, que apesar do menor custo, depreciam o produto no mercado.

O uso de tecnologias adequadas na pós-colheita, durante o manuseio, processamento, armazenamento e transporte, é tão fundamental quanto para sua produção, cujo aumento deve vir, necessariamente, acompanhado de redução nas perdas e da preservação da qualidade inicial do produto pois de que adiantam tecnologias para se aumentar a produção, se nada é feito para se reduzir as perdas pós-colheita, que segundo o Instituto de Economia Agrícola (IEA) do Estado de São Paulo, representa cerca de 30% do produzido, o que equivale a U\$ 5,1 bilhões.

Entre as principais causas de perdas na pós-colheita estão a falta de transporte adequado, o uso de embalagens impróprias e a não utilização adequada do frio para a armazenagem. Segundo Camargo (2002), as perdas na pós-colheita ocorrem em qualquer etapa do processo, iniciando-se na colheita, ocorrendo durante a distribuição e, completando-se, quando o consumidor compra e utiliza o produto.

Este autor também salienta que a melhora nas operações de manejo, visando reduzir as perdas pós-colheita, dada à complexidade do problema e às restrições econômicas, não será rápida, como se deseja, nos países em desenvolvimento, contudo, essa é uma meta valiosa, necessária e possível de ser alcançada.

Visando atingir esta meta, este trabalho tem como **objetivo principal**, avaliar o potencial de conservação pós-colheita de frutos de pimentões amarelos e foi direcionado para se verificar o melhor método e técnicas de armazenagem, através de análise do produto na fase pós-colheita.

Realizou-se uma série de ensaios para avaliar a qualidade em diferentes estádios de maturação, determinar a melhor temperatura para armazenagem através da taxa respiratória do produto, utilizar resfriamento rápido com ar forçado em produtos embalados em duas embalagens, estudar uma metodologia para avaliar a perda de resistência à compressão durante o período de armazenagem e comparar sensorialmente os produtos armazenados com produtos de supermercado.

2. CAPÍTULO 2:

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características gerais da espécie

O pimentão é originário da região tropical da América, que inclui o México, a América Central e a América do Sul, e tornou-se alimento apreciadíssimo em todo o mundo europeu e asiático. O formato e o tamanho dos frutos variam muito em função das cultivares plantadas. Existem frutos cônicos, quadrados e alongados cuja coloração pode ser amarelo, vermelho, creme e até arroxeado (Silva *et al.*, s/d).

Da Família *Solanaceae*, é tido como derivado de pimentas, com frutos graúdos e sem ardume. É uma cultura anual, os frutos possuem formas diversas, com um pericarpo um tanto carnosos, sendo o epicarpo de cor verde escura, tornando-se colorido (amarelo, vermelho, roxo ou creme) quando amadurece. É sempre oco, com sementes brancas, achatadas, reniformes, de 3 a 5 mm de comprimento, ligadas a cordão existente no interior do fruto (Camargo, 1992). Por ser rico em vitamina A, C, E e sais minerais, cálcio, sódio, fósforo e ferro é usado como vitalizantes.

Cultivado em estufa, esta olerácea possui ciclo produtivo longo, entre 8 a 10 meses, e pode ter produtividade superior a 800 caixas K.100⁻¹ pés (Yoshimura *et al.*, s/d).

Dentre as cultivares que possuem coloração amarela e são cultivadas em ambiente protegido tem-se a Zarco, a Sidor, a Helder, a Marengo e a Amador.

Segundo Melo (1997), a cultivar comercial Zarco HS desenvolvida pela Rogers NK, EUA, é um híbrido simples, cujas plantas são altas e vigorosas e resistentes a viroses, seus frutos são retangulares, com 14 – 16 cm de comprimento e 8 – 10 cm de largura, possui de 3 a 4 lóculos, peso entre 240g e 260g e são amarelos quando maduros. A colheita inicia-se entre 130 e 150 dias após a semeadura para obtenção de frutos amarelos, prolongando-se por quase um ano.

Este pimentão amarelo cru apresenta composição, expressa por 100g de polpa, valores relativamente altos de vitamina C (334,1mg de ácido ascórbico), 1,07g de proteína, 43mg de fenilalanina, 4µg de vitamina A com a separação dos isômeros e 5,2µg sem a separação de isômeros, 6,17g de umidade, 1,73kcal de energia, 8mg de proteína, 17mg de lipídeos, 370mg de carboidratos totais, 33mg de cinzas e 57mg de fibras alimentares (TBCA-USP, 2001). Na

medicina popular é recomendado para escorbuto, bom funcionamento do aparelho digestivo e para se evitar afecções da pele.

2.2. Colheita

O êxito da exploração agrícola depende fundamentalmente da tecnologia empregada na fase de seu estabelecimento e da época em que se realizam as práticas culturais, as quais devem ser realizadas utilizando-se insumos adequados. Estes aspectos são de grande importância para que se obtenha um fruto com boa qualidade no momento da colheita. Os cuidados na pós-colheita apenas preservam a qualidade dos frutos, sem ser capaz de melhorá-la.

De modo geral, a colheita de frutos de pimentão pode ser iniciada aos 120 – 150 dias da sementeira e, dependendo das condições de clima e tratos culturais, pode ter uma duração de três a seis meses. Após a colheita os frutos são, usualmente, classificados e embalados.

O pimentão amarelo deve ser colhido quando se apresenta com um máximo de desenvolvimento e fisiologicamente maduro. O mercado consumidor dá preferência ao pimentão amarelo com coloração 100% amarela, brilhante e firme ao tato.

Segundo Bleinroth *et al.* (1982), durante o processo de colheita, deve-se eliminar os frutos com moléstias e os amassados e ela é feita, cortando-se o pedúnculo do fruto o mais curto possível, com tesoura, colocando-se em um cesto para transporte até o balcão de embalagem.

2.3. Classificação

Havendo a necessidade de melhoria na comercialização do produto agrícola brasileiro, o Conselho Regional de Desenvolvimento Rural, juntamente com Câmaras Setoriais de frutas e hortaliças lançaram o **“Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros”** (PBMPCEH), elaborado pelo Centro de Qualidade em Horticultura do CEAGESP, que tem por objetivo aumentar a competitividade dos agronegócios hortifrutícolas, através de classificação dos produtos, melhoria dos padrões de qualidade e embalagens, bem como das formas práticas de comercialização para uma variedade de produtos estando o pimentão incluso.

Além disso, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 25 de maio de 2000 foi assinada a nova Lei classificação número 9.972, a qual diz que em todo território

nacional, a classificação é obrigatória para os produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico.

Com isso, a adoção de classificação, o uso de embalagens adequadas e de rótulos com perfeita identificação do produto, completam o processo de modernização e beneficiam toda a cadeia de produção.

A classificação do pimentão segundo PBMPCEH, separa o produto em grupos relacionados com o formato; sub-grupos em função da coloração; classe, em relação ao comprimento; sub-classe, calibre. Quanto à qualidade estes devem estar isentos de defeitos que depreciam o produto, tais como defeitos graves (podridão, murcha, queimadura e dano não cicatrizado) e defeitos leves (dano cicatrizado, estria, falta de pedúnculo, deformação e manchas). Os pimentões devem apresentar as características da cultivar bem definidas, e serem sãos, inteiros, limpos.

2.4. Qualidade do produto

2.4.1. Introdução

Atualmente o mercado exige produtos com alta qualidade, que se define como uma série de características que interferem no grau de excelência ou superioridade dos produtos.

A qualidade de frutas e hortaliças corresponde ao conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciados como alimentos. Do ponto de vista da Ciência dos Alimentos, a qualidade é composta pelas características que diferenciam unidades individuais de um produto, sendo significante na determinação do grau de aceitabilidade pelo comprador. Devem ser considerados os atributos físicos, sensoriais e a composição química, bem como devem ser realizadas associações ou relações entre as medidas objetivas e subjetivas, para um melhor entendimento das transformações que ocorrem, afetando ou não a qualidade do produto (Chitarra e Chitarra, 1990).

Após a colheita, as perdas na qualidade nutricional aumentam com os danos fisiológicos, armazenamento prolongado e sob altas temperaturas, umidade relativa baixa e injúria pelo frio. Em muitos casos, a taxa de deterioração da qualidade nutricional está relacionada com modificação no sabor, perda de firmeza, e mudanças na textura e na aparência (Kader, 1992).

Entre os principais fatores que influenciam a qualidade estão os fatores genéticos (seleção de cultivares), os fatores ambientais na pré-colheita (condições climáticas e práticas culturais); a maturidade na colheita; o método de colheita e o manuseio pós-colheita. A maturação é um dos fatores que mais influencia na qualidade de frutas e hortaliças.

Em vista disto, o estudo de uma relação entre a coloração da casca e as características físico-químicas do pimentão amarelo contribuiria para a compreensão das reações metabólicas que ocorrem durante o amadurecimento do produto e em qual fase do amadurecimento a colheita do produto favoreceria uma melhor conservação pós-colheita minimizando as perdas na qualidade nutricional que, como já citado pela literatura, está relacionada com modificação no sabor, perda de firmeza, e mudanças na textura e na aparência do produto.

2.4.2. Composição Química

Os sólidos solúveis são compostos, principalmente por sacarose, frutose e glucose. Os polissacarídeos da parede das células são quebrados durante o amadurecimento, observando-se assim a diminuição deste parâmetro durante o processo de amadurecimento de frutas e hortaliças. A maioria dos carboidratos solúvel é completamente metabolizados enquanto o fruto amadurece (Mattoo *et al.*, 1995).

Ao estudar pimentões da cultivar Valdor, Vicentini *et al.* (1999b) verificaram que o teor de sólidos solúveis passou de 6,54°Brix após três dias de armazenagem para 6,94° Brix no 6° dia, que diminuiu para 6,23° Brix no 12° dia.

Segundo Cochran (1964), o pH do pimentão atinge 6,52 no fruto verde imaturo e depois tende a diminuir com o amadurecimento, atingindo valores de 5,02 no fruto vermelho. Vicentini *et al.* (1999b) verificaram que durante os 12 dias de armazenamento ao ambiente, os pimentões da cultivar Valdor, (vermelho), não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao valor médio do pH, que foi de 4,40.

O teor de vitamina C em frutas e hortaliças pode ser influenciado por vários fatores: condições climáticas na pré-colheita e práticas culturais, ponto de maturação e métodos da colheita e tratamento pós-colheita. O controle da temperatura após a colheita é muito importante para manter a vitamina C de frutas e hortaliças, pois altas temperaturas e longos períodos de estocagem aceleram a perda desta vitamina (Lee *et al.*, 2000).

Geralmente os pimentões vermelhos apresentam um teor de vitamina C 30% maior do que os verdes (Howard *et al.*, 1994).

2.4.3. Injúrias Mecânicas

Segundo Mohsenin (1986) as injúrias mecânicas podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e destruição dos tecidos vegetais, provocadas por forças externas e que levam a modificações físicas e ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas na cor, aroma, sabor e textura.

Estas podem ser agrupadas em injúrias por compressão, impacto ou corte. A injúria por compressão é causada pela imposição de uma pressão variável contra a superfície externa do fruto, quer seja por um fruto adjacente ou pela própria parede da embalagem em que está acondicionado o produto. A injúria de impacto é geralmente causada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. A injúria por corte é geralmente atribuída a colisão da superfície fruto contra uma muito menor que a primeira ocasionando a ruptura da epiderme, ou pela imposição de uma pressão sobre o fruto contra superfícies também desiguais, como as arestas de uma embalagem. Existem informações indicando que tais injúrias ocasionam danos irreparáveis em frutos como cerejas, tangerinas, melões e maçãs, provocando aumentos na atividade respiratória e alterações químicas, reduzindo sua vida útil (Burton e Schulte-Pason, 1987; Iwamoto *et al.*, 1984; MacLeod *et al.*, 1976; Parker *et al.*, 1984). Miller *et al.* (1987) observaram aumento na atividade das enzimas relacionadas com a degradação de parede celular no pericarpo de pepinos submetidos à injúria mecânica de impacto.

As injúrias mecânicas em frutos são geralmente acompanhadas por elevado número de respostas fisiológicas. Essas injúrias promovem freqüentemente o rompimento das células da epiderme, causando o desenvolvimento de reações enzimáticas e, com isso, o surgimento de compostos de coloração marrom, responsáveis pela depreciação do produto (Radi *et al.*, 1997; Samim e Banks, 1993).

O amaciamento dos tecidos é uma das principais transformações no amadurecimento de frutos, tendo influência acentuada tanto na qualidade como no período de conservação. Tem relação direta com os componentes químicos da parede celular, notadamente com as pectinas presentes na lamela média, que atuam como material cimentante, mantendo a coesão entre as células (Chitarra, 1998).

A protopectina, ligação da pectina com cálcio, predomina nos tecidos vegetais imaturos. Com a evolução da maturação dos frutos ocorre a liberação do cálcio e a

solubilização da pectina pela ação de duas enzimas específicas. O processo de solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células (Chitarra, 1998).

Segundo este autor, além das pectinas, a decomposição de outros componentes das paredes celulares (celulose e hemicelulose), bem como a hidrólise do amido e o grau de hidratação dos tecidos (tugor celular) têm influência no processo de amaciamento durante a maturação.

Segundo Chitarra (1998), a medição da firmeza da polpa visa o estabelecimento indireto das transformações na estrutura celular, tamanho das células e alterações bioquímicas na parede celular, responsáveis pela textura, a qual é definida como o “conjunto de propriedades do alimento, composta por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo de alimento, sob a aplicação de uma força”.

Assim, os materiais biológicos, incluindo frutas e hortaliças, são freqüentemente submetidos a forças mecânicas de diferentes tipos durante a produção, processamento e armazenamento. Nestes produtos, a falha é usualmente observada na forma de ruptura de sua estrutura celular interna e externa. As propriedades mecânicas de materiais biológicos submetidas a condições de tensão, compressão e cisalhamento, devem ser conhecidas para facilitar a determinação da condição máxima permissível de tensão antes do ponto de ruptura (Linhares, 1996).

Devido à irregularidade do pimentão, em específico do pimentão amarelo ‘Zarco HS’, as metodologias atualmente utilizadas não demonstram esta condição máxima permissível de tensão. O estudo de uma metodologia, utilizando uma prensa mecânica com uma velocidade de deformação constante, permite a determinação da força máxima que o fruto pode ser submetido durante os processos conservação pós-colheita. Permitindo avaliar os aspectos de preservação da qualidade.

2.4.4. Análise Sensorial

Como a qualidade é um instrumento fundamental para se obter vantagens no mercado, pois é ela que influencia o comportamento do consumidor, é necessário ter informações acerca do produto, de modo que este possa satisfazer as necessidades do consumidor.

A análise sensorial é um campo muito importante da indústria de alimentos, pois contribui direta ou indiretamente para inúmeras atividades, como desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, reformulação e redução de custos de produtos, relações entre condições de processo, ingredientes, aspectos analíticos e sensoriais (Pal *et al.*, 1985).

A análise sensorial de frutos, dos cultivares e híbridos, deve ser realizada, a fim de se verificar a aceitação dos mesmos pelos consumidores. Essa análise é feita mediante a utilização dos sentidos humanos: visão, gustação, olfato, audição e sensibilidade-cutânea. Desta forma, as sensações que resultam da interação dos órgãos dos sentidos com os alimentos são usadas para avaliar sua qualidade, aceitabilidade pelos consumidores e nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos (Teixeira *et al.*, 1987; Moraes, 1988).

Esta análise serve como um auxílio para verificação da aceitabilidade das tecnologias de conservação pós-colheita de frutos e hortaliças. O estudo de tratamentos que interfere na qualidade sensorial do produto e diminui sua aceitação comercial, não serve como contribuição para o aumento da vida útil deste produto, portanto, a análise sensorial deve ser utilizada com o intuito de garantir a aceitabilidade do produto conservado com tecnologias pós-colheita sem a mudança de suas características sensoriais.

2.4.5. Doenças

O consumidor está exigindo cada vez mais, maior qualidade dos produtos. Para produtos frescos, como frutas e hortaliças, exige cuidados na colheita e principalmente no manejo pós-colheita. Um manejo inadequado provoca danos, principalmente podridões, que ocorrem desde a fase de cultivo até o manuseio na residência do consumidor.

As principais causas das perdas pós-colheita e a má qualidade do pimentão são, o super amadurecimento na colheita, a perda de água (murchamento), as esfoladuras e outros danos mecânicos, os distúrbios fisiológicos pelo frio e a deterioração microbiana (Bleinroth *et al.*, 1983).

Segundo Sargent (1998) algumas perdas pós-colheita de pimentões pode ser causada pela podridão mole, cuja solução não é fácil e cuja ocorrência está associada às práticas de colheita e manejo, que devem ser cuidadosas para minimizar o risco de inoculação dos frutos e expansão do agente causal, a bactéria *Erwinia carotovora* (L.R. Jones) Holland.

A podridão mole bacteriana, a mancha por *Alternaria* (pinta-preta), a pústula bacteriana, antracnose, a podridão mole e aquosa, a podridão por *Rhizopus*, a podridão do

algodão e a requeima são consideradas as principais moléstias na pós-colheita do pimentão (Bleinroth *et al.*, 1982).

2.4.6. Respiração

Depois da colheita, então, a respiração assume papel principal, pois é a responsável pelas transformações bioquímicas que ocorrem durante a maturação. De maneira geral, quando as transformações provocam grandes alterações durante o amadurecimento, os produtos são denominados climatéricos, ou seja, apresentam elevada atividade respiratória, caso contrário se as transformações forem reduzidas e com baixa atividade respiratória, os frutos são denominados não climatéricos (Biale, 1960).

A respiração é um dos principais processos fisiológicos, que continua ocorrendo após a colheita. Nesta etapa, a respiração se realiza graças às reservas acumuladas pelo fruto, uma vez que, ela não depende mais da absorção de água e nutrientes realizados pelas raízes e da atividade fotossintética das folhas da planta-mãe. Em síntese, a respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células, como amido, açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples, CO₂ e H₂O, com produção de energia. Portanto, após a colheita, o fruto tem sua vida independente e usa como substrato para suas funções vitais as reservas acumuladas, durante o crescimento e maturação (Kluge *et al.*, 2002).

A intensidade ou taxa respiratória é um dos determinantes do potencial de longevidade das hortaliças de frutos em pós-colheita e está intimamente ligada à temperatura, pois, dentro de certos limites, a respiração é maior à medida que aumenta a temperatura.

A taxa de respiração determina a quantidade de oxigênio disponível por unidade de tempo e as quantidades de gás carbônico e calor liberadas no mesmo período de tempo (Bleinroth *et al.*, 1982). A atividade respiratória do pimentão é considerada moderada 10-20mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 5°C e 55mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ em temperatura ambiente (25 - 27°C) (Hardenburg, 1986).

A velocidade com que se processa a respiração é um bom índice de tempo para avaliar a conservação de frutas e hortaliças após a colheita, ou seja, altas taxas respiratórias estão, geralmente, associados à vida curta no armazenamento.

Segundo a Lei de Van't Hoof, a velocidade de uma reação aumenta a razão de 2 a 2,5 vezes, a cada 10°C de elevação da temperatura (Phan *et al.*, 1975).

2.4.7. Temperatura

As diminuições da ação metabólica e enzimática colaboram com a diminuição do amadurecimento e perda de água do fruto, mantendo suas qualidades desejáveis como o sabor, a cor, a textura e o odor. Este processo é possível com a estocagem sob temperaturas ideais para cada produto, que, em geral, são abaixo da ambiente. Umidade relativa alta colabora com a diminuição da perda de água por parte do produto.

Quanto mais rapidamente a hortaliça for resfriada, maior será sua vida de prateleira e menores serão as perdas durante sua comercialização. Portanto, a espera após a colheita, no pomar ou no galpão, antes da estocagem a frio irá reduzir o tempo de estocagem de hortaliças mesmo que elas sejam posteriormente estocadas sob baixa temperatura.

A estocagem frigorificada além de diminuir o processo da respiração, pode reduzir a ação das enzimas, diminuir a perda de água, diminuir a ação dos microrganismos que provocam deterioração e aumentar a vida útil de comercialização (Gast e Flores, 1991).

Kluge *et al.* (2002) consideram que as respostas primárias dos frutos às baixas temperaturas têm sido consideradas como de natureza física, incluindo fenômenos como alteração na membrana lipídica e na atividade enzimática.

As respostas secundárias de frutas e hortaliças submetidas a condições de danos pelo frio são o extravasamento de solutos, a elevação na respiração, o acúmulo de toxinas, o desenvolvimento de sintomas, o desbalanço metabólico, a perda de compartimentação, a perda da integridade da membrana, o incremento na produção de etileno, a desorganização ultraestrutural, o decréscimo na taxa de fotossíntese, a parada do fluxo protoplasmático, a redução no suprimento e uso de energia, o decréscimo na atividade oxidativa mitocondrial e o aumento na energia de ativação das enzimas ligadas à membrana.

No caso do pimentão, autores identificam uma faixa semelhante de temperatura e umidade para o pimentão, para um mesmo período de estocagem, com perdas mínimas de qualidade.

Segundo Sargent *et al.* (1991b), a armazenagem em temperaturas abaixo de 10°C causa desordens fisiológicas chamadas de injúrias, caracterizados por ferimentos na casca e amadurecimento incompleto (pouco sabor, textura, aroma e cor).

O pimentão conserva-se à temperatura ambiente (25°C) por um período muito curto, cerca de 3 dias, e a seguir seus lóbulos começam a avermelhar, caracterizando a maturação (Medina, 1984).

Segundo Hardenburg (1986) a temperatura de estocagem do pimentão varia de 7 a 13°C e que temperaturas abaixo de 7°C provocam sérios problemas de injúrias e acima de 13°C favorecem o amadurecimento e a expansão da podridão mole, causada pela bactéria *Erwinia carotovora*. Além dos efeitos individuais da temperatura, teores de CO₂ e O₂ podem ser somados para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças.

Barros *et al.* (1994), com o objetivo de estudar a conservação de frutos de pimentão, concluíram que os pimentões foram melhores conservados a temperatura de 7°C a 9°C, sendo descartados somente depois de 30 dias por senescência e/ou incidência de doenças.

Henz (1992), ao avaliar o armazenamento de pimentão cultivar Magda, verificou que o armazenamento a 4°C, 8°C e 12°C apresentaram bons resultados durante 16 dias, pois mantiveram a aparência e a qualidade dos frutos, enquanto que os frutos armazenados a 24°C com 16 dias apresentaram 100% de deterioração.

Sargent *et al.* (1991b) indicam a armazenagem em uma faixa de temperatura de 7°C a 13°C e uma umidade relativa alta, 90 – 95%, para diminuir a perda de água do produto, para um período de estocagem de 2 a 3 semanas, com a utilização de pré-resfriamento a ar forçado.

Hartz *et al.* (1996), assim como Hochmuth (1991) e Jobling (2001), também indicam condições de estocagem na faixa de 7°C a 13°C e umidade relativa de 90 – 95%, com a utilização de pré-resfriamento com água, antes da embalagem, ou ar forçado, após acondicionamento, para 14 – 21 dias de estocagem.

Thompson e Kader (1995) também sugerem temperaturas entre 7°C e 10°C e umidade relativa de 85 a 95%, com um nível de etileno abaixo de 1ppm.

Boyete *et al.* (1990), no entanto, sugerem uma faixa de temperatura menor para armazenagem, 5 – 7°C e umidade relativa de 90 – 95%. Cantwel (2000) também afirma que 7,5°C é a melhor temperatura para um período de estocagem de 3 a 5 semanas, com umidade relativa ótima maior que 95%.

O pimentão é um fruto bastante sensível à temperatura abaixo de 7,0°C e os sintomas de injúria pelo resfriamento são manchas escuras e deprimidas na superfície do fruto sobre as quais desenvolvem-se rapidamente fungos, principalmente os dos gêneros *Penicillium*,

Alternaria e Botrytis (Bleinroth *et al.*, 1985; Hardenburg *et al.*, 1986). Outros sintomas de danos pelo frio são o escurecimento interno e/ou externo dos frutos e amadurecimento anormal (Medina, 1984).

Kluge *et al.* (1998), ao estudar pimentões da variedade Maiata, armazenados a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e 90 a 95% UR, verificaram o aparecimento de distúrbios fisiológicos causados pela modificação no metabolismo normal e alterações na aparência.

O resfriamento deve ser o primeiro passo a ser dado após a colheita para a conservação de frutas e hortaliças (Ryall e Lipton, 1972). Um atraso entre a colheita e o resfriamento provoca automaticamente uma deterioração prematura do produto. Esta deterioração se traduz numa perda de “firmeza” e de água nos produtos, causada pela própria respiração (Sastry e Buffington, 1983). Esses fenômenos são função da duração do atraso no resfriamento após a colheita, da temperatura e da natureza do produto (Mitchell, 1992).

As diminuições da ação metabólica e enzimática colaboram com a diminuição do amadurecimento e perda de água do fruto, mantendo certas qualidades desejáveis como o sabor, a cor, a textura e o odor. Este processo é possível com a estocagem em certas temperaturas ideais para cada produto, e estas, em geral, são abaixo da temperatura ambiente. A literatura, porém, indica faixas de temperatura as quais foram estudadas para variedades produzidas e comercializadas em outros países, sendo que, para o Brasil pouco foi estudado.

A determinação de uma temperatura ideal, para o pimentão amarelo ‘Zarco HS’, serve para determinação de faixas de temperaturas a serem utilizadas na conservação pós-colheita, no Brasil, com maior segurança e qualidade.

2.4.8. Resfriamento

De forma a quantificar o processo de resfriamento, tanto em termos de tempo ou temperatura, são utilizados alguns parâmetros, entre eles o mais comum é o tempo de meio resfriamento, que é o tempo necessário para reduzir a metade à diferença de temperatura entre o produto e o meio de refrigeração.

A rápida redução da temperatura do produto colhido, até próximo à temperatura de estocagem, é conhecida como resfriamento ou remoção do calor, e os produtos são usualmente pré-resfriados a até $\frac{7}{8}$ ou 88% da diferença entre a temperatura inicial do produto e a temperatura da câmara frigorífica (Gast e Flores, 1991).

Para que a conservação seja bem sucedida, preservando a qualidade e prolongando a vida de prateleira de produtos hortícolas, é essencial fazer um resfriamento rápido até a temperatura próxima da armazenagem (Bleinroth *et al.*, 1985; Gast e Flores, 1991).

Gast e Flores (1991) explicam que as atividades metabólicas dos produtos produzem calor e o objetivo das condições ótimas de estocagem é limitar a produção, a estocagem e a absorção de calor pelos produtos. A diferença entre a temperatura do produto recentemente colhido e a temperatura ótima de estocagem é o indicador de calor de campo, e a quantidade de calor produzido pelo produto é governada pela temperatura onde este produto está exposto.

O resfriamento rápido (também chamado de pré-resfriamento) dos produtos refere-se à rápida remoção do “calor de campo” dos produtos agrícolas perecíveis após a colheita, antes que eles sejam transportados a longas distâncias ou armazenados. O resfriamento rápido é uma operação distinta da estocagem frigorífica, que requer instalações e equipamentos especiais (Bleinroth *et al.*, 1992).

O resfriamento rápido, que pode ser realizado de três formas, ar, água e vácuo, tem um importante papel na otimização do processo de armazenamento e conservação do produto em função de critérios técnicos e econômicos.

Para exemplificar, considerando que uma carga de pimentão colhida logo pela manhã chega ao local de refrigeração a 25°C e a câmara frigorífica está a uma temperatura de 7°C, a temperatura de $\frac{7}{8}$ do resfriamento será de aproximadamente 9°C, e se a câmara encontrar-se a 13°C, a temperatura para $\frac{7}{8}$ do resfriamento será de aproximadamente 14°C.

2.4.9. Tipos de Resfriamento

O resfriamento rápido é realizado comercialmente por vários métodos, todos envolvendo a rápida transferência de calor do produto para um meio refrigerante, tal como ar, água ou gelo. O tempo requerido para um resfriamento rápido adequado pode variar de 30 segundos ou menos a 24 horas ou mais (Shaw *et al.*, 1987).

O resfriamento rápido em câmaras, com ar forçado, água ou a vácuo devem ser realizados antes que o produto seja transportado para os canais de comercialização. Entretanto, durante o período de transporte, pode-se utilizar o resfriamento rápido em “embalagem com gelo” ou “com cobertura de gelo” (Sigrist, 1983).

Segundo Hardenburg et al. (1986) para o pimentão é essencial o resfriamento rápido após a colheita, para reduzir a perda durante a comercialização, e este pode ser feito com ar forçado, água ou a vácuo.

No resfriamento em câmara frigorífica também conhecido como “room cooling”, o ar refrigerado é simplesmente circulado pela sala, tomando o caminho de menor resistência, não havendo incentivo para que entre na embalagem e resfrie o produto. Por isso, a maioria dos produtos resfriados por este método demora mais tempo para atingir a temperatura ótima para armazenagem (Fraser, 1991). É o método de resfriamento mais conhecido e o produto é disposto em seu interior de forma a permitir a circulação de ar entre os contentores, onde o tempo de resfriamento é função das dimensões das caixas, da área de aberturas nestas caixas e da forma como são distribuídas, além das características do produto.

O resfriamento rápido por ar forçado possibilita que o ar refrigerado passe pelo interior das embalagens devido a uma diferença de pressão criada pela alta capacidade dos ventiladores e, pela ação convectiva, fazendo com que os produtos sejam resfriados mais rapidamente (Fraser, 1991). A maior vantagem deste método é que uma câmara frigorífica pode ser adaptada, aumentando o fluxo de ar através do produto, o que requer menor capital de investimento do que outros métodos (Sargent, 1998).

Baird *et al.* (1988) informam que para a obtenção de um resfriamento rápido com ar forçado eficiente, alguns fatores devem ser levados em consideração, sendo eles: o tamanho do produto, sua forma e suas propriedades térmicas, o arranjo dos mesmos durante o resfriamento, as temperaturas inicial e final do produto, a temperatura da câmara, a taxa de fluxo do ar frio. Respeitando estas variáveis, obter-se-á um resfriamento eficiente e com custos mais baixos. Uma das desvantagens deste tipo de resfriamento é o processo de perda de peso do produto.

Esta tecnologia de conservação e prolongamento da vida útil do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ favorece o produtor rural que, com a aplicação de um resfriamento rápido e conservação em câmaras frigoríficas, pode vir a ter benefícios na qualidade e tempo de comercialização deste produto.

2.4.10. Perda de Massa Fresca

A perda de peso tem importante papel na qualidade comercial dos produtos hortícolas. A evaporação da água é uma das principais causas da perda de peso, esta perda também pode ser devida a alterações de origem biológica ou ainda na liberação de dióxido de carbono (Gac, 1970).

A perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, principalmente pelas alterações na textura. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas aquela responsável pelo murchamento ou enrugamento deve ser evitada. O murchamento pode ser retardado, reduzindo-se a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento do ar e uso de embalagens protetoras (Barros *et al.*, 1994).

A rápida circulação do ar não interfere na perda de peso se a umidade relativa for alta. Entretanto, se esta umidade for baixa, mesmo produtos em câmara sem circulação ou com baixa circulação apresentam murchamento. Isto acontece devido a aumento na transpiração dos produtos (Hardenburg *et al.*, 1986).

O processo de resfriamento rápido com ar forçado provoca uma convecção forçada na transferência de calor e também na transferência de massa. Esta transferência de massa é devido à perda de água dos produtos para o meio ambiente onde ele está exposto (Ashrae, 1997).

Sargent (1998) diz que na utilização do resfriamento rápido cuidados devem ser tomado para minimizar a perda d'água pelos produtos. O sistema de refrigeração com ar forçado, desumidifica o ar da câmara fria condensando seu vapor d'água no evaporador. Esta condensação faz com que a umidade relativa da câmara abaixe, criando um déficit de pressão de vapor entre o produto e o ar ambiente da câmara.

A perda de água pelos produtos armazenados não só resulta em perda de peso, mas também em perda de qualidade, principalmente por alterações na textura. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas aquelas responsáveis por murchamento ou enrugamento devem ser evitadas (Vicentini *et al.*, 1999a).

O murchamento deve ser retardado, reduzindo-se a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento na umidade relativa do ar, diminuição na temperatura, redução no movimento do ar e uso de embalagens protetoras (Barros *et al.*, 1994).

Os pimentões se tornam flácidos e murchos em poucos dias, quando mantidos, em atmosfera com menos de 90% UR. Podem perder cerca de 6,1% do peso sem mostrar sintomas de murcha, mas com 10,2% de perda, mostram sintomas moderados e com 13,7%, severos sintomas de murchamento são verificados, impossibilitando-os para o comércio (Medina, 1984). Para Bussel e Kenisberger (1975), a perda de peso aceitável para comercialização não pode ser superior a 15%.

A perda de peso no armazenamento depende do tipo de vegetal, tamanho, composição e estrutura, da temperatura da fruta, e do ar da câmara, da umidade relativa do ar e em menor grau da velocidade do ar (Ryall e Lipton, 1979).

2.5. Embalagens

De acordo com o Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortifrutigranjeiros, para a conservação da qualidade das frutas e hortaliças é necessária uma embalagem que ofereça proteção, boa apresentação, informação sobre o produto, racionalização do transporte e armazenagem, peso máximo do produto a ser embalado e facilidade para paletização.

Segundo Bordin (1998), a importância das embalagens reside no fato de que são as responsáveis por conter e proteger o produto hortícola contra as adversidades do meio de distribuição, de modo a tornar mais conveniente e eficaz o seu manuseio e comercialização. Para comprovar a importância das embalagens na proteção dos produtos, uma pesquisa com caixas K, em quatro estabelecimentos de São Paulo, constatou que somente na manipulação interna, num período médio de um ano, as perdas por pimentão foram de 18%, por tomate 14% e por cenoura 11% (Radiobras, 2002).

Estudo realizado por Lana *et al.* (1999) para quantificação e caracterização das perdas de pimentão no varejo, verificou que os danos mecânicos foram o principal dano presente. Os danos por compressão são de difícil visualização no fruto túrgido e à medida que o fruto perde água, estas áreas apresentam-se enrugadas, comprometendo a qualidade visual e acentuando os sintomas de murcha. Este foi o tipo de dano mecânico predominante, com exceção dos frutos junto à tampa e no fundo da caixa nos quais predominavam os cortes, devidos a pregos, lascas e aberturas da caixa ou pela tampa.

Altos índices de perdas no mercado brasileiro de frutas e hortaliças são uma indicação da necessidade de sistemas adequados de movimentação e de acondicionamento destes

produtos. Na comercialização de frutas, existe uma demanda crescente por embalagens que ofereçam maior proteção mecânica e fisiológica, diminuindo danos e aumentando a vida-de-prateleira destes produtos, especialmente para exportação.

A especificação de sistemas de embalagem para produtos vivos, como as frutas e as hortaliças, é complexa. Diferentemente de outros alimentos, estes produtos continuam respirando após a colheita e durante o transporte e comercialização. Além de proteção mecânica, as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de uma embalagem para frutas e hortaliças visam retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência e, conseqüentemente, todas as alterações indesejáveis advindas destes processos fisiológicos (Sarantópoulos e Fernandes, 2001).

A otimização e a justificativa da escolha de um tipo de embalagem depende do mercado que o produto irá servir, da compatibilidade do produto a ser acondicionado, do sistema de transporte e dos aspectos sócio-econômicos (Eschke, 1998).

A especificação da embalagem para frutas e hortaliças requer a otimização de parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e ambientais. Dentre os parâmetros físicos devem ser considerados: o tamanho da embalagem em relação ao peso de produto, o volume de espaço livre no interior da embalagem e suas características de permeabilidade a gases e ao vapor d'água. Fatores ambientais como temperatura, luz, severidade do pré-processamento e estresse mecânico de manuseio e transporte, também deverão ser considerados na especificação da embalagem apropriada (Sarantópoulos, 1996).

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a ação conjunta da utilização da cadeia do frio e uma embalagem adequada deve facilitar a conservação da qualidade do produto até que ele chegue a mesa do consumidor.

As operações de acondicionamento do produto não melhoram a sua qualidade, apenas ajudam a conservá-la. Sendo assim só os melhores produtos devem ser embalados. A embalagem não substitui a refrigeração e a qualidade será mantida quando boas condições da embalagem forem associadas com boas condições de tratamento na pós-colheita.

Filmes Plásticos

O uso de filme plástico para a proteção do produto, durante o processo de resfriamento rápido com ar forçado, é uma alternativa favorável, pois este servirá de proteção, controlando, até certo ponto, a perda de peso.

Frutas e hortaliças embaladas em filmes plásticos, especialmente quando tratados quimicamente, constituíram o melhor tratamento para armazenamento dos produtos estudados, mantendo-os frescos e reduzindo a perda de massa (Dobray e Versányi, 1974; Lownds *et al.*, 1994).

O uso de filmes plásticos como embalagem para pimentão levou à ocorrência de condensação de vapor d'água causando a perda da transparência do filme, e sendo acompanhado por significativo aumento na deterioração, onde a podridão mole, causada pela *Erwinia carotovora*, foi a predominante (Bussel e Kenigsberger, 1975).

Em relação ao processo de resfriamento rápido com ar forçado, a utilização dos filmes plásticos é um obstáculo, pois ele impede o contato direto do ar frio com o produto, servindo como uma barreira e conseqüentemente aumentando a tempo de resfriamento dos produtos.

Antoniali (2000) verificou que para o resfriamento rápido de alface com ar forçado, a proteção com filme plástico aumentou o tempo de $\frac{7}{8}$ do resfriamento, mas promoveu a proteção das folhas de alface contra a perda de peso.

Embalagens Contedoras

Fornaguera (1995) diz que a utilização de embalagens adequadas, o desenvolvimento de módulos pós-colheita desde o produtor até o consumidor, e a montagem de infra-estrutura para manejo técnico dos produtos, permitirão aproveitar melhor os recursos, refletindo na redução de custos e no aumento da capacidade de manejar maiores volumes de produtos com excelente qualidade. Existe a necessidade da implementação de um sistema de normalização para estabelecer os parâmetros de qualidade o que permitirá a formação de um mercado mais especializado.

Uma embalagem adequada é aquela capaz de oferecer proteção suficiente ao produto, preservando-lhe as características de qualidade até o consumo final. No acondicionamento dos produtos hortícolas, a embalagem deve ser utilizada com a intenção de absorver impactos, vibrações e resistir a agentes externos capazes de promover a perda da qualidade do seu conteúdo. Estas considerações básicas deverão ser convenientemente observadas para que sejam resguardadas as características de integridade e valor nutritivo das frutas e hortaliças comercializadas *in natura* (Guedes e Madi, 1983).

Do ponto de vista técnico, para a especificação de uma embalagem adequada é imprescindível o conhecimento das características intrínsecas do produto, pois são elas que

deverão ser preservadas e cujas alterações durante a estocagem e distribuição resultarão em perda de qualidade. A escolha do tipo de material a ser utilizado para a embalagem de produtos hortícolas deve ser feita com base nas necessidades do produto e no método de embalagem, além de sua resistência, custo e disponibilidade. Além destes fatores, quando houver resfriamento rápido, a embalagem deverá levar em conta este tratamento (Bordin, 1998).

As embalagens convencionais empregadas no acondicionamento de produtos hortícolas são as caixas de madeira, especialmente as do tipo K, M e os engradados.

Para o pimentão amarelo, comercializado na CEASA – Campinas, as caixas utilizadas são as de madeira tipo K e uma outra conhecida como meia caixa. Os permissionários desta CEASA revestem estas caixas com jornal, tentando evitar os danos que a madeira causa no pimentão, quase sempre sem sucesso. São caixas de aproximadamente 12-13 kg.

Atualmente no Brasil, a embalagem mais usada para pimentão continua sendo a caixa de madeira que era utilizada para o transporte do querosene na Segunda Guerra Mundial, há meio século, conhecida por caixa K. Os aspectos desejáveis da caixa K incluem o fato de ser retornável e resistente. Os aspectos indesejáveis incluem o fato de possuir superfície áspera, aberturas laterais cortantes, e profundidade excessiva, o que leva a grande número de camadas do produto. Essas características favorecem as injúrias mecânicas e comprometem a durabilidade e qualidade das hortaliças, (Ardito, 1986).

Segundo Luengo (1999), "a caixa 'K' é feita de madeira, possui superfície áspera e comporta grande número de produtos, o que contribui o aparecimento de danos nos frutos. Já a nova embalagem foi desenhada anatomicamente para proteger o tomate e o pimentão".

O pimentão amarelo, que é um produto com alto valor comercial, deve ser comercializado em embalagens que não prejudique sua qualidade e com isso as perdas durante a comercialização no varejo são reduzidas. Em nível de atacadista, o uso de caixas plásticas e ou de papelão são as opções mais concretas para um produto delicado e de alto valor.

As caixas plásticas para o acondicionamento de produtos hortícolas são uma opção bastante interessante quando se trata de um sistema com retorno, já que o alto custo destas embalagens pode não viabilizar sua utilização sem retorno. As principais características destas embalagens são a elevada resistência e durabilidade, podendo ser lavadas e higienizadas,

evitando assim, a contaminação do produto, o que não se observa com a utilização das caixas de madeira.

As caixas de papelão ondulados têm como característica uma superfície interna mais lisa que as de madeira, o que minimiza a ocorrência de danos mecânicos aos frutos por abrasão durante o transporte. Além disso, por ser utilizada somente uma vez, esta caixa não acumula resíduos de produtos anteriores, minimizando as contaminações por doenças. O papelão ondulado apresenta ainda um pequeno acolchoamento e uma maior flexibilidade, o que auxilia na proteção do produto contra choques e impactos externos. Como principais desvantagens está o alto custo em relação à de madeira e a perda de resistência quando exposta a condições de alta umidade.

Para a comercialização no varejo, estão sendo utilizadas as bandejas de poliestireno expandido (bandejas de isopor) recobertas com filmes esticáveis, que individualizam a venda e protegem o produto durante a exposição aos consumidores. Sabendo que o manuseio excessivo do produto faz com que sua vida útil diminua, é interessante que o produto ao sair da propriedade já estivesse embalado na forma de comercialização pelos varejistas.

Para Castro (2001), em estudo com tomates, as caixas plásticas provocaram injúrias em sua maior parte na forma de abrasões e cortes enquanto que as de papelão ondulado causaram amassamentos devido à superfície mais lisa e plana. Caixa de papelão com menor capacidade foi a que apresentou os menores percentuais de frutos injuriados. A caixa K foi a que exerceu menor proteção aos tomates, observada pela maior porcentagem de frutos com injúrias mecânicas e podridão.

A partir da constatação de que a utilização da caixa 'K' contribui para o elevado percentual de perdas pós-colheita que atinge a comercialização de tomate e pimentão, pesquisadores da Embrapa Hortaliças e Emater – DF desenvolveram um modelo de caixa plástica que facilita o transporte e a exposição dos frutos nos supermercados, além de protegê-los contra a ocorrência de machucados, amassamentos e sobrecargas de peso (Guazina, 1999).

Esta embalagem permite comportar pequeno número de camadas de produtos, possui uma superfície lisa e dispositivos de encaixe para empilhamento, não é tampada e, por dentro, tem os cantos arredondados para manter íntegra a casca do tomate e do pimentão. Sua capacidade é de 13kg para o tomate e 6,5kg para o pimentão, e as dimensões externas ficaram em 50 cm de comprimento, 30 cm de largura e 23 cm de altura (Guazina, 1999).

A embalagem direcionada para frutas e hortaliças deve facilitar a refrigeração, permitindo que o fluxo de ar atinja os produtos e a temperatura seja mantida em níveis convenientes. Para isso as aberturas laterais da embalagem deverão permitir uma vazão de ar e água e até mesmo conter o gelo no interior da embalagem, se necessário (Vigneault *et al.*, 1997).

Um dos critérios mais importantes para obter-se um resfriamento rápido é a utilização de aberturas para a ventilação adequadamente dimensionadas e localizadas. Se uma área de abertura superior a 10% for fornecida à caixa de papelão, de forma a obter-se uma boa circulação do ar bastante uniforme através dos interstícios da carga de produto, as taxas de resfriamento se aproximariam daquelas quando o produto está disposto a granel (Baird *et al.*, 1988).

No resfriamento rápido a ar, o contato do meio de resfriamento com o produto deve ser o mais efetivo possível, sendo recomendado à utilização de embalagens que apresentem de 5 a 10% de área de abertura através da face de entrada do ar (Fraser, 1991). Quanto maior a área disponível para a entrada do frio na embalagem, menor a energia necessária para operar o ventilador e o sistema frigorífico. Baird *et al.* (1988) correlacionaram a percentagem de abertura de caixas de papelão com o custo de resfriamento, e concluíram que abaixo de 3% de aberturas, o custo de resfriamento aumenta significativamente.

Hass *et al.* (1976) dizem que a perda de pressão em um fluxo de ar através das aberturas para a ventilação está diretamente relacionada com a porcentagem de aberturas, sendo pouco influenciada pelo tamanho, forma ou localização destas aberturas.

Além das embalagens comumente utilizadas, também estão sendo desenvolvidas as embalagens ativas. Segundo Sarantópoulos e Fernandes (2001), estas podem ser definidas como embalagens que percebem mudanças no ambiente ao redor do produto e respondem com alterações em suas propriedades. Exemplos são as embalagens com ação de absorção de oxigênio, de etileno, de odores e de umidade.

A utilização de uma embalagem adequada para acondicionamento do pimentão amarelo, em específico o 'Zarco HS', facilitaria a comercialização devido ao seu alto valor comercial e adquirido em pequenas quantidades pelos varejistas. A adequação de uma embalagem na qual o produto possa ser acondicionado desde a colheita, passando pelo

manuseio até a comercialização evitaria perdas causadas principalmente por injúrias mecânicas.

Estudos, com aplicação de tecnologia pós-colheita adequada, fazem necessário, visando uma redução nas perdas, aumentando seu valor de comercialização nos picos e, portanto, aumentando a renda dos produtores agrícolas.

3. CAPÍTULO 3:

RELAÇÃO ENTRE A COLORAÇÃO EXTERNA E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM PIMENTÕES AMARELOS ‘ZARCO HS’.

3.1. Introdução

O pimentão, por ser um produto perecível, apresenta tendência de se deteriorar por razões fisiológicas, pragas e doenças, e em poucos dias, não apresenta qualidade para comercialização.

Segundo o PBMPCEH (Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros, 1998) a cor do pimentão é classificada através do sub-grupo do produto e onde informa que: “os frutos dos sub-grupos vermelho, amarelo e laranja deverão apresentar em sua superfície mais de 80% da coloração característica”.

Durante o amadurecimento, a composição e suas propriedades texturais sofrem alterações com o processo de senescência. Estes fatores de composição e propriedades texturais fazem parte da qualidade de frutas e hortaliças e, portanto da seleção. Isto faz com que seja necessário o correto conhecimento destes fatores, para que, através de testes físico-químicos as tecnologias de conservação, após a colheita, possam ser adequadamente aplicadas.

Durante o amadurecimento do fruto, os polissacarídeos da parede celular são quebrados e ocorre o aumento no teor de açúcares. Há também a diminuição nos teores de sólidos solúveis devido à completa metabolização da maioria dos carboidratos solúveis. O balanço destas atividades faz com que em pimentão, cultivar Valdor, ocorresse um aumento nos teores de sólidos solúveis totais, seguido de queda, após 12 dias de armazenamento, e em tomate, um aumento progressivo no teor de sólidos solúveis (Hanna, 1961; Mattoo *et al.*, 1975; Kader *et al.*, 1977; Vicentini *et al.*, 1999).

Cochran (1964) verificou uma queda do pH do pimentão durante sua transformação de verde imaturo para vermelho, enquanto que Vicentini *et al.* (1999) não comprovou que esta diferença fosse significativa. Tomates, nos estádios *breaker* e *mature green*, apresentam pH mais baixo que os maduros (Kader *et al.*, 1977) e em temperatura ambiente esta característica tende a ser mais diferenciada.

Pimentões vermelhos apresentam teor de vitamina C 30% maior que pimentões verdes (Howard *et al.*, 1994).

Este trabalho teve como objetivo analisar o pimentão amarelo ‘Zarco HS’ com vários graus de maturação quanto às propriedades físico-químicas, para conhecimento deste comportamento durante o processo de amadurecimento.

3.2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Foram utilizados frutos de pimentão amarelo ‘Zarco HS’, colhidos no mesmo dia, em estufas da Fazenda Ituaú, localizada em Salto - SP. Foram utilizados 5 frutos por porcentagem de cor amarela presente, 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100%, sendo cada fruto uma repetição. Todos os frutos foram analisados no mesmo dia quanto aos teores de:

Acidez Titulável: determinada através da titulação de 10 g de polpa triturada em liquidificador e homogeneizada com 90 mL de água destilada. Utilizou-se como titulante solução de NaOH a 0,11 N, padronizada (Instituto Adolfo Lutz, 1985). Os resultados foram expressos em gramas de ácido málico por 100 g de amostra.

pH: Através de uso de pHmetro digital, marca Hanna instruments HI 8417, com aplicação do eletrodo diretamente na polpa triturada.

Sólidos Solúveis: para esta determinação utilizou-se refratômetro de bancada marca Lambda 2WAJ tipo ABBE com precisão $\pm 0,0003$, onde pequena amostra da polpa triturada é colocada sobre o prisma para a leitura. A leitura refratométrica ou os °Brix expressam estes teores.

Umidade: tomou-se cerca de 5g de cada para cada repetição cortado em pedaços, que foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem na base úmida.

Ácido Ascórbico: determinada através da titulação de 3 g da polpa triturada e homogeneizada com 50 mL de ácido oxálico a 12%. Utilizou-se como titulante solução de 2,6-diclorofenol indofenol de sódio (DCFI). O resultado foi expresso em mg ácido ascórbico por 100 g polpa.

Devido à semelhança entre a coloração nas porcentagens estudadas, sendo que as mesmas foram separadas visualmente, optou-se em considerar faixas de amadurecimento, obtendo-se assim 5 tratamentos (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Estas faixas de amadurecimentos foram formadas por agregação dos valores relativos as de 0% para obtenção da faixa de 0%; 10%, 20% e 30% para obtenção da faixa de 25% de coloração amarela; 40%,

50% e 60% para a faixa de 50% de coloração amarela; 70%, 80% e 90% para a faixa de 75% de coloração amarela e 100% para obtenção da faixa de 100%.

Para estas três faixas de amadurecimento foi realizada a média aritmética das repetições analisadas anteriormente para cada porcentagem de coloração amarela correspondente, resultando em cinco repetições por tratamento (Apêndice 1).



Figura 1 – Coloração de pimentões amarelos ‘Zarco HS’ com diferentes graus de amadurecimento.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$) através do pacote estatístico ESTAT (s/d).

3.3. Resultados e Discussão

Neste experimento pode-se considerar que os pimentões amarelos, com qualquer porcentagem de coloração amarela, exceto o totalmente verde, já apresentam sua máxima maturação, o que os transforma em frutos atrativos e aptos para o consumo humano em acordo com o citado Chitarra e Chitarra (1990).

Segundo estes mesmos autores, nos diferentes graus de amadurecimento, em que os frutos foram colhidos, foi possível verificar as mudanças ocorridas e que tornam este produto mais palatável, correspondendo basicamente às mudanças nos fatores sensoriais do sabor, odor e textura. Algumas destas mudanças podem ser observadas nos resultados obtidos com a análise ou a observação das transformações físicas visíveis, como a cor verde para a amarela e pelas mudanças nos pigmentos, ácidos, taninos, carboidratos e pectinas, entre outras.

Ao longo do amadurecimento, constatou-se que ocorrem diferenças estatísticas entre as médias dos conteúdos de acidez titulável, sólidos solúveis e teor de umidade.

Tabela 1 – Médias dos teores de acidez titulável (AT), sólido solúveis totais (SST), ácido ascórbico (AA), umidade e pH em pimentões amarelos ‘Zarco HS’ colhidos em diferentes porcentagens de coloração amarela.

Tratamentos (% cor amarela)	AT (g.100g ⁻¹)	pH	SST (°Brix)	AA (mg.100g ⁻¹)	Umidade (%)
0	0,110 ^a	4,8	5,76 ^a	167	92 ^a
25	0,188 ^b	4,8	6,73 ^b	165	91 ^{ab}
50	0,184 ^b	4,8	6,90 ^b	168	91 ^{ab}
75	0,203 ^{bc}	4,7	7,45 ^c	177	91 ^{ab}
100	0,217 ^c	4,8	7,93 ^c	188	90 ^b
Média	0,180	4,77	6,95	173	91
Desvio padrão	0,01	0,05	0,28	24,47	0,68
Coef. Variação (%)	8,20	1,08	4,02	14,13	0,75

Obs.: Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas, para cada variável, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey.

A acidez titulável (AT) dos pimentões amarelos aumentou com o amadurecimento. À medida que o fruto amadurece aumentam as reações metabólicas, aumentando a concentração dos ácidos orgânicos envolvidos no ciclo de Krebs.

Além disso, esses ácidos constituem as reservas energéticas e as reações metabólicas que envolvem a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais e a degradação das pectinas e celulosas, as quais são essenciais para o processo de amadurecimento. Os ácidos orgânicos são substâncias ativas nestas alterações, durante o amadurecimento (Chitarra e Chitarra, 1990). Para os pimentões totalmente verdes, estes ácidos orgânicos estão presentes em pequena quantidade, pois o processo de amadurecimento ainda não se iniciou, apresentando-se estatisticamente diferentes dos demais estádios de amadurecimento.

Este mesmo comportamento foi observado por Molinari *et al.* (1999) quando estudaram pimentões de variedades da Flórida, USA.

A produção desses ácidos orgânicos não interferiu no pH dos pimentões amarelos 'Zarco HS', mesmo estando estes dois parâmetros diretamente relacionados.

Os teores sólidos solúveis totais (SST) nos pimentões amarelos aumentaram à medida que aumentou o amadurecimento devido a maior degradação ou biossíntese de polissacarídeos e acúmulo de açúcares. Para Lyon *et al.* (1992), os processos metabólicos relacionados com o avanço do amadurecimento, provavelmente pela dissociação de algumas moléculas e enzimas estruturais em compostos solúveis, influem diretamente nos teores de sólidos solúveis totais, onde frutos em avançados estádios de amadurecimento apresentam os teores mais elevados de sólidos solúveis. Segundo J.K. Brecht (s/d) *apud* Molinari *et al.* (1999) o conteúdo de açúcares totais em pimentões com $1/3$ e completo amadurecimento é de aproximadamente 30% e 50% maior, respectivamente.

Considerando-se as faixas do amadurecimento, verifica-se que à medida que o pimentão se torna mais amarelo, os teores de acidez titulável e de sólidos solúveis aumentam, impossibilitando relacionar estes dois parâmetros com um indicador de sabor, SST/AT, o qual é um importante parâmetro qualitativo.

O processo de amadurecimento do fruto resulta em mudanças na permeabilidade das membranas celulares (Goodwin e Mercer, 1972), tornando-se estas mais sensíveis à perda de água, portanto pimentões com completo amadurecimento se mostraram com teor de umidade estatisticamente menor que os totalmente verdes.

O ácido ascórbico, conhecido como vitamina C, é um nutriente que precisa ser consumido por meio da alimentação ou de medicamentos, já que o organismo humano não o produz. Segundo Linus Pauling, que ganhou duas vezes o prêmio Nobel, a vitamina C é um micronutriente que participa de quase todas as reações químicas que ocorrem no organismo humano, sendo fundamental em muitas delas (Manela-Azulay, *et al.*, 2003). Sabe-se que o ácido ascórbico é a vitamina menos complexa encontrada nas plantas e é sintetizada a partir da glucose ou de algum outro carboidrato simples (Kays, 1991).

Assim pôde-se observar que durante o amadurecimento do pimentão amarelo os teores de ácido ascórbico (AA) apresentaram tendência de aumento (Tabela 1), conforme aumentou a porcentagem de amarelo do mesmo modo que os teores de acidez titulável e sólidos solúveis totais. Com isso, verifica-se que o pimentão, verde ou totalmente amarelo representa uma fonte importante de vitamina C para o consumo humano apresentando-se com valores superiores aos da manga ($84 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$), goiaba ($67 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$) e laranja ($40 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$) (Toda Fruta, 2004). Sendo o pimentão uma hortaliça, quando comercializada verde, de pequeno valor comercial, a introdução deste fruto na mesa do consumidor reduziria a necessidade de prescrição de medicamento para suprimento deste nutriente para a população de menor renda.

Os valores de ácido ascórbico encontrado para o pimentão amarelo 'Zarco HS' estão em concordância com o indicado pelo USDA, (1984) *apud* Molinari *et al.*, (1999), ou seja, que o teor de ácido ascórbico em pimentões completamente verdes e vermelhos é de 128 e 190 mg por 100 g, respectivamente.

3.4. Conclusão

Com este trabalho concluiu-se que o pimentão amarelo 'Zarco HS', nas condições em que o experimento foi realizado, apresenta maior teor de sólidos solúveis e menor de ácido málico à medida que o percentual de coloração amarela externa aumenta.

A faixa de coloração externa de 50% de cor amarela representa uma faixa importante para a colheita comercial deste produto, pois segundo o PBMPCEH (1998) o pimentão amarelo deve ser comercializado com no mínimo 80% de cor característica. Todavia, a atual falta de uso de tecnologia de conservação pós-colheita, a faixa de 50% de coloração permite que entre a colheita e a comercialização o produto atinja os padrões exigidos.

Pimentões amarelos 'Zarco HS, principalmente os totalmente amarelos, representam uma importante fonte de vitamina C.

4. CAPÍTULO 4:

RESPIRAÇÃO DE PIMENTÃO AMARELO 'ZARCO HS' SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS

4.1. Introdução

Em países de clima tropical, com altas temperaturas, é indispensável o uso da refrigeração para que os produtos não percam sua qualidade, desde o momento em que é colhido até chegar ao consumidor final. Segundo Aguilera e Chirife (1994) a alta perecibilidade de frutas e hortaliças, juntamente com a ausência de condições adequadas na colheita, transporte, embalagem e armazenagem, contribuem para a grande perda pós-colheita.

Em trabalhos relatados por Barros *et al.* (1994), do local de produção até o consumidor, há um grande aumento no preço do produto, e conseqüentemente, qualquer perda após a colheita resultam em acréscimo no custo da comercialização.

A velocidade com que se processa a respiração é um bom índice de tempo para avaliar a conservação de frutas e hortaliças após a colheita, ou seja, altas taxas respiratórias estão, geralmente, associados à vida curta no armazenamento.

Segundo a Lei de Van't Hoof, a velocidade de uma reação aumenta a razão de 2 a 2,5 vezes, a cada 10°C de elevação da temperatura (Phan *et al.*, 1975).

O pimentão está entre as 10 hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro. No Brasil, em 2000, a área cultivada com pimentões atingiu 13,1 mil hectares. A produtividade média brasileira, no período de 1996 a 2000, teve um aumento de 300%, passando de 10,4 para 32,6 toneladas por hectare (Marchizeli *et al.*, 2003).

Nos últimos 10 anos, no Estado de São Paulo a área para produção de pimentão aumentou 68% enquanto que na produção este aumento foi de 116%. O que adianta o emprego de tecnologias para aumentar a produção se nada é feito para reduzir as perdas pós-colheita, que atingem segundo dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) do Estado de São Paulo cerca de 30% do produto colhido, contabilizando uma perda anual de US\$ 5,1 bilhões (Agriannual, 2002; Marchizeli *et al.*, 2003).

Este trabalho teve como objetivo determinar a temperatura para estocagem do pimentão amarelo, 'Zarco HS', levando em consideração sua taxa respiratória, assim como a influência do grau de maturação na colheita na taxa respiratória do produto.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Fluxômetro

O '*flow board*', aqui denominado fluxômetro (controlador de fluxo), é uma unidade de controle de múltiplas saídas. A estrutura do fluxômetro foi feita de madeira, os distribuidores de tubos de PVC perfurados para 25 saídas. Cada perfuração recebeu um segmento de tubo plástico, colado com silicone gel, para funcionar como entrada ou saída. Em cada tubo plástico foi acoplado com uma mangueira de silicone um tubo de vidro para servir como manômetro e todos acoplados a uma coluna de acrílico a qual servia como barostato (controlador de pressão). O barostato possui tampa perfurada, na qual foi acoplado um tubo de vidro obrigatoriamente conectado ao reservatório de água que desta forma, a pressão com que o ar entra no aparato é transmitida a todos os manômetros pelo distribuidor de água. Então, o fluxo foi distribuído nos recipientes a uma pressão de 60 cm de coluna de água (Calbo, 1989). O cálculo do fluxo de ar ambiente é função da temperatura e do calor de respiração de cada produto (Claypool e Keefer, 1942). O fluxo de ar no fluxômetro foi regulado instalando-se um capilar em cada uma das linhas de gás ligadas aos recipientes herméticos. Os capilares foram ajustados medindo-se o fluxo por meio de um bolhometro (medidor do fluxo de ar através do registro do tempo de deslocamento da bolha numa distância pré-determinada).

Os capilares instalados no *flow board* determinavam o fluxo de ar que era levado ao produto. Este fluxo não deve ser menor que o necessário para evitar o acúmulo de no máximo 0,3% de CO₂ no interior do frasco, assim como não deve ser maior e que arraste todo o CO₂ produzido pela respiração do produto para fora do frasco. Sendo assim, a partir do fluxo desejado calculam-se os capilares a serem utilizados.

O fluxômetro ou *flow board* permitiu uma constante passagem de ar ambiente pelo frasco onde estavam os frutos de pimentão, fazendo com que a atmosfera no interior deste frasco não se modifique com a respiração do produto, permitindo, que o cálculo de sua taxa respiratória seja mais correto (Claypool e Keefer, 1942).

O fluxo é calculado usando-se a equação (1).

$$F = \frac{\left(\frac{\text{mLCO}_2}{\text{kg.h}} \right) * 100 * M(\text{kg})}{0,3 * 1000} \quad (1)$$

Equação 1 – Determinação do fluxo utilizado em cada frasco com produto.

Onde:

F = fluxo em L.h⁻¹;

mLCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ = respiração citada em literatura em mLCO₂.kg⁻¹.h⁻¹;

100 e 0,3 = fator de correção para um acúmulo máximo de 0,3%;

M = massa do produto no frasco, em kg;

1000 = fator para transformação de mL para L.

Tabela 2 – Valores do fluxo de ar nos frascos e o fluxo de ar calculado.

Temp. [°C]	R [mgCO ₂ /kg.h]*	ρ [kg/m ³]	R [mlCO ₂ /kg.h]	M [kg]	F [l/h]
5	11,82	1,889	6,26	0,5	1,0433
10	14,00	1,869	7,49	0,5	1,2483
15	23,00	1,837	12,52	0,5	2,0866
20	44,00	1,806	24,36	0,5	4,0600
25	53,00	1,775	29,86	0,5	4,9766

Fonte: *Hardenburg et al. (1986)

Para a determinação do comprimento dos capilares para cada temperatura, utilizaram-se duas barras de vidro com orifícios (0,21 e 0,28mm), que foram cortadas em comprimentos de 10 a 70mm variando de 5 em 5 mm. Depois de cortados estes foram acoplados ao *flow board*, e a vazão determinada com a utilização de rotâmetro da marca Varian com capacidade para 60mL e cronômetro digital. Os resultados permitiram comparar o fluxo encontrado e o calculado, para cada comprimento dos capilares. Os capilares foram manualmente serrados com o auxílio de uma serra de aço da marca Starret.

4.2.2. Frascos

Foram feitos três furos nas tampas de plástico dos frascos de vidro (26 x13 cm, volume 3,5 litros) nas quais foram adaptadas duas tubulações (entrada e saída de fluxo) e um septo para retirada de amostras que eram levadas ao cromatógrafo, para a determinação do conteúdo de CO₂.

4.2.3. Tubulações

Para a realização da identificação da melhor temperatura de acondicionamento do produto, foram utilizados cinco B.O.D.s, nas quais foram colocados cinco tubos de cobre (diâmetro de 5mm e aproximadamente 3m de comprimento) formando uma serpentina, para que o fluxo do ar de entrada nos frascos atingisse a temperatura de armazenagem e cinco tubos plásticos (diâmetro de 8mm) para a saída de gases dos frascos. Então, cada manômetro do *flow board*, ajustado para o fluxo correspondente a temperatura, foi conectado a estes tubos permitindo assim uma entrada e saída do ar dos frascos herméticos proporcionando o fluxo contínuo de ar desejado.

4.2.4. Cálculos da taxa respiratória

O cálculo da taxa respiratória foi determinado através das equações abaixo que envolvem as áreas dos picos produzido pelo cromatógrafo, fluxo utilizado em cada frasco e massa do produto.

- Cálculo da porcentagem de CO₂ nos frascos:

$$\%CO_2 = \frac{(Ap - Aa).padr\tilde{a}o}{Apadr\tilde{a}o} / 10^4$$

Onde:

Ap = área do pico da amostra;

Aa = área do pico do ar de entrada;

Apadrão = área do pico do padrão utilizado;

padrão = concentração em ppm do padrão utilizado.

- Cálculo de CO₂ em mL.h⁻¹:

$$CO_2(mL.h^{-1}) = \left(\frac{\%CO_2 * fluxo}{100} \right) * 1000$$

Onde:

fluxo = fluxo de ar utilizado para cada frasco com o produto em L.h⁻¹;

- Cálculo do CO₂ em mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹:

$$R = \left(\frac{CO_2(mL.h^{-1}) * 1000}{M} \right) * \rho_{CO_2}$$

Onde:

R = respiração do produto em mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹;

M = massa do produto em kg;

ρ_{CO_2} = densidade do CO₂ na temperatura estudada (kg/m³).

Equação 2 – Cálculo da taxa respiratória através de fluxo contínuo.

4.2.5. Experimentos

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, em duas épocas distintas, janeiro (verão) e junho (inverno). Foram utilizados frutos de pimentão amarelo ‘Zarco HS’, colhidos em estufas da Fazenda Ituaú, localizada em Salto – SP, na faixa de coloração de 30% a 50% de cor amarela.

Os pimentões foram colocados nos frascos hermeticamente fechados e acondicionados em B.O.Ds sob diferentes temperaturas: 5°C, 10°C, 15°C e 25°C no verão e 5°C, 10°C, 15°C e 20°C no inverno. Foram utilizados cinco frascos em cada B.O.D., com aproximadamente 0,5 kg de produto. O sistema de fluxo contínuo de ar, dentro dos frascos foi feito com auxílio do fluxômetro (*flow board*), descrito.

As determinações do teor de CO₂ nos frascos foram feitas em cromatógrafo gasoso VARIAN 3400, utilizando-se coluna empacotada “Chromosorb 106 60/80” com vazão de 21,43 ml/min de gás de arraste hélio, por sete dias no verão e 8 dias no inverno. As condições utilizadas no cromatógrafo foram: temperatura de injetor 70°C; temperatura da coluna 40°C,

temperatura do detector TCD 150°C, temperatura auxiliar inicial 200°C; temperatura do filamento 180°C e sensibilidade do detector de 0,05.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 04 tratamentos (5°C, 10°C, 15°C e 25°C no verão e 5°C, 10°C, 15°C e 20°C no inverno) e 05 repetições, sendo cada frasco uma unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Logo após o término do experimento do inverno, as B.O.D.s foram ajustadas para a temperatura de 10°C a massa de produtos estimada em 500g por frasco, fluxo nos frascos internos ajustados a partir da taxa de respiração do produto para a temperatura e regulados pelo *flow board* com o uso dos capilares.

Os pimentões com graus de maturação inicial de 25, 50, 75 e 100%, foram armazenados nas B.O.Ds a 10°C, durante 6 dias.

Periodicamente foi retirada uma amostra gasosa de cada frasco através dos septos utilizando-se uma seringa própria para cromatografia e a leitura do conteúdo de CO₂ no interior do frasco feito utilizando-se o cromatógrafo a gás.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 04 tratamentos (25%, 50%, 75% e 100% de cor amarela) e 05 repetições sendo cada frasco uma unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.3. Resultados e Discussão

Verifica-se através da Figura 2 que a taxa respiratória do pimentão amarelo aumenta com a temperatura, conforme o explicado por Phan *et al.* (1975), através da Lei de Van't Hoof. O produto submetido à temperatura de 5°C apresentou sua taxa respiratória entre 8 e 18 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, no verão e entre 2 e 7 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ no inverno. Para os demais tratamentos, no verão, 10°C, 15°C e 25°C, a taxa respiratória aumentou para 20 a 45 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, 30 a 68 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e 110 a 504 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente. No inverno, a 10°C, 15°C e 20°C, o aumento na taxa variando de 3 a 11,3 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, 5 a 23 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e 9,8 a 41,7 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente.

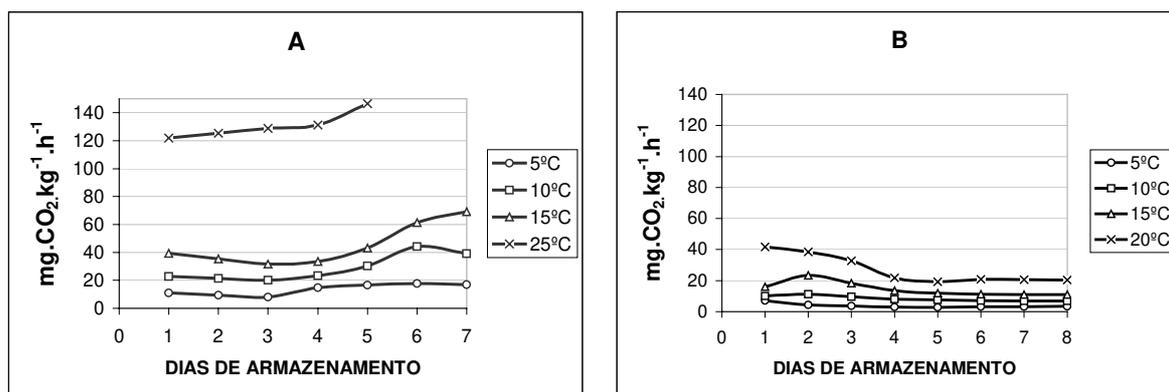


Figura 2 – Taxa respiratória de pimentões amarelos ‘Zarco HS’ sob diferentes temperaturas, em duas épocas climáticas, verão (A) e inverno (B).

A 5°C, os valores encontrados no verão se mostraram aproximados aos encontrados por Scholz *et al.* (1963) *apud* Hardenburg *et al.* (1986) para a mesma temperatura, enquanto que para o inverno, estes valores se mostraram inferiores aos encontrados pelos autores à mesma temperatura. Para os demais tratamentos, no verão, estes valores se mostram bem superiores e no inverno se mostram próximo aos encontrados por Scholz *et al.* (1963) *apud* Hardenburg *et al.* (1986), os quais estudaram este mesmo parâmetro para variedades do Texas, EUA. Isto é facilmente explicável quando se trata de um produto geneticamente americano, segundo Schiavon (2004), gerente de desenvolvimento de produto, hortaliças Rogers no Brasil.

Verificou-se que, em todos os tratamentos do verão, o aumento da taxa respiratória foi altamente significativo ao longo do período de armazenamento, o que confirma (Hardenburg, 1986; Kluge *et al.*, 2002) que à medida que o fruto amadurece suas reações metabólicas aumentam.

Comparando-se os dois gráficos, nota-se que os produtos colhidos no verão apresentaram uma taxa respiratória entre 8,1 mgCO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (5°C) e 146,5 mgCO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (25°C) e para o produto colhido na inverno 2,7 mgCO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (5°C) e 41,7 mgCO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (20°C). Com isso observa-se que o produto no verão, mesmo em baixa temperatura apresenta uma taxa respiratória mais acentuada que o produto de inverno, aumentando seu metabolismo com o decorrer do período de armazenamento.

A partir do teste de Tukey, verificou-se uma maior taxa respiratória nos dois primeiros dias de estocagem e uma diminuição em função do tempo e menor temperatura de armazenamento. Quanto menor a temperatura de estocagem do pimentão, menor foi sua taxa respiratória e conseqüentemente maior seria sua conservação pós-colheita, confirmando o relatos de Gast e Flores (1991).

Verificou-se que a temperatura de 5°C é adequada para estocagem do pimentão amarelo 'Zarco HS' tanto no verão quanto no inverno, discordando de Hochmuth (1991), Sargent *et al.* (1991a), Hartz *et al.* (1996) e Jobling (2001) que, generalizando, afirmam que as condições ideais de estocagem para o pimentão estão na faixa de 7 a 13°C. Deve-se salientar que esta temperatura foi avaliada somente do ponto de vista da respiração do produto, sem alguma avaliação de custo benefício.

Para os experimentos realizados no inverno, as taxas respiratórias se mostraram menores que as obtidas para a mesma variedade estudada no verão. Observou-se, então, que o produto sofre interferência da época do ano em que o mesmo for colhido, acentuando a necessidade de uma rápida retirada do calor de campo do produto logo após a colheita e em especial para os produtos colhidos no verão.

Verifica-se através da Figura 3 que a taxa respiratória de pimentões amarelos em diferentes graus de maturação variou, em experimento realizados no inverno, de 4,24 a 9,19 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ independentemente do estágio de maturação que foi colhido, valores estes próximos aos encontrados para a mesma temperatura na época climática inverno (3 a 11,3 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹).

A análise de variância da taxa respiratória de pimentão amarelo em diferentes graus de amadurecimento durante os dias de armazenamento, mostrou para os graus de amadurecimento de 100%, 75% e 50%, F = 16,04; 21,11 e 9,58, respectivamente, com parâmetros com diferença altamente significativa. Já para a estocagem com grau de amadurecimento a 25% F = 3,67 com parâmetros com diferença significativa.

O teste de Tukey veio confirmar que a respiração diminui no decorrer do armazenamento em temperaturas baixas, 10°C, independentemente do grau de maturação do produto. Verificou-se, então, uma maior taxa respiratória para o primeiro dia e uma maior para o quinto dia de armazenamento.

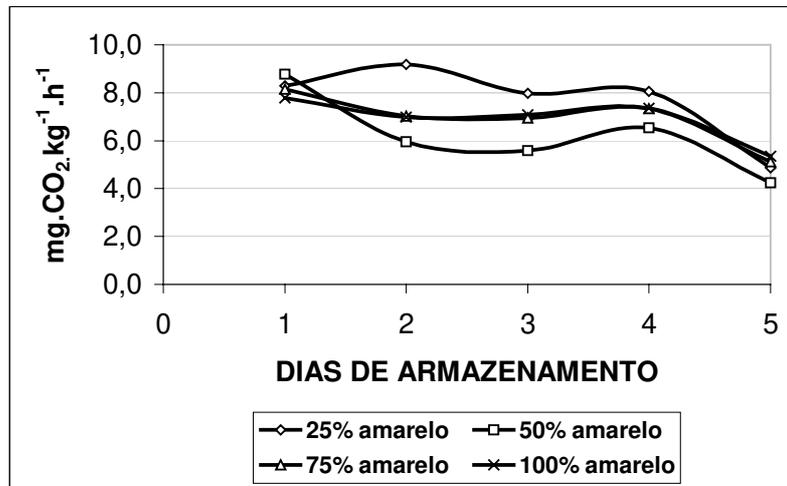


Figura 3 – Taxa respiratória para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ em diferentes estádios de maturação, a 10°C.

Quando se estudou a diferença entre os tratamentos nos dias de armazenagem verificou-se uma diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para o 2^o e 5^o dia, com $F = 3,53$ e $F = 4,16$, respectivamente. A comparação das médias indicou a diferença para os tratamentos 25% e 50% no segundo dia e 50% e 100% para o quinto dia, onde em ambos os casos que pimentões amarelos 50% maduros apresentam uma taxa respiratória menor que os demais. Nota-se que, com 50% de coloração amarela, o pimentão apresenta uma redução na sua taxa respiratória, apresentando-se uma diferença dos graus de maturação de 25% e 100%.

4.4. Conclusões

A temperatura de 5°C para a estocagem do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ apresentou uma menor taxa respiratória, conseqüentemente maior redução nas suas atividades metabólicas, e com isso pode apresentar um maior tempo de armazenagem, mostrando-se, portanto, a melhor temperatura de armazenagem para o produto em estudo, salientando a ausência de estudo de custo benefício em relação às instalações frigoríficas.

A taxa respiratória do pimentão amarelo varia em função da temperatura de armazenagem e não com relação a porcentagem de coloração externa no qual foi colhido.

5. CAPÍTULO 5:

AValiação de Metodologia para Determinação do Índice de Firmeza em Pimentões Amarelos.

5.1. Introdução

A firmeza é um importante atributo de textura em frutas e hortaliças quando no ponto de colheita; a avaliação da qualidade durante a armazenagem de produtos frescos, assim como seu prévio processamento, influencia a correlação entre a qualidade do material *in natura* e correspondente produto processado. Tais correlações são devido ao fato de que as mudanças das propriedades físicas, químicas e estruturais das frutas associadas às mudanças de firmeza do material (Mohsenin, 1986).

Durante a fase de comercialização é necessário que os frutos estejam firmes. Portanto, o conhecimento básico das propriedades mecânicas do fruto é necessário para minimizar a ocorrência de danos mecânicos durante este período (Sarig e Orlovsky, 1974).

Tipicamente, a firmeza diminui durante o amadurecimento de frutos como o pimentão e o tomate. Em materiais vegetais ocorre degradação de componentes da parede celular durante o amadurecimento sendo assim o indicativo da perda da firmeza.

O penetrômetro é o aparelho mais usado para esta determinação, porém não é muito útil para avaliar a variação de firmeza causada por desidratação, visto que a leitura pode aumentar na razão inversa da firmeza percebida, além destes serem na maioria equipamentos importados (Calbo e Moretti, 2003).

Além disso, o penetrômetro apresenta metodologia onde a taxa de deformação não é constante implicando em variação na leitura e dificultando a determinação correta do índice de firmeza.

Medições mais objetivas e precisas, porém, podem ser obtidas quando se utiliza uma máquina universal de ensaios, o ensaio é realizado a uma taxa de deformação constante, importante devido à natureza viscoelástica dos produtos agrícolas, em especial dos hortícolas, resultando na obtenção de curva força-deformação, mais confiável e menos dependente das habilidades do operador.

Segundo Mohsenin (1986) o tipo mais comum a que um fruto esta sujeito é a carga de contato. Forças de contato podem ocorrer durante a colheita, manuseio e armazenamento. Testes de compressão podem ser feitos em frutos inteiros (Thiagu *et al.*, 1993) ou com espécimes extraídos da polpa. Qualquer modificação do material, como a extração de espécimes cilíndricos do fruto, segundo Mohsenin (1986), pode não representar o comportamento real do fruto intacto.

Para determinar o módulo de elasticidade em frutos e hortaliças, utiliza-se comumente, a compressão uniaxial de espécimes cilíndricos entre pratos planos e paralelos (Mohsenin, 1986). A partir da curva tensão-deformação podem ser extraídos vários parâmetros como o módulo de elasticidade, tensão e deformação no momento da ruptura (Rojas *et al.*, 2001; Thybo *et al.*, 2000).

Sendo assim e devido à irregularidade na forma geométrica do pimentão, este trabalho teve como objetivo determinar uma metodologia para avaliação do índice de firmeza para pimentão amarelo “Zarco HS” através de ensaio uniaxial em espécimes cilíndricos retirados do epicarpo dos frutos através de ensaio de compressão com ponteira cilíndrica a uma taxa de deformação constante e analisá-la através de dois índices extraídos do diagrama força-deformação: coeficiente angular (módulo de elasticidade) e energia de deformação.

5.2. Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Propriedades Mecânicas dos Materiais Biológicos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, utilizando frutos de pimentão amarelo ‘Zarco HS’ cultivados em estufa e colhidos, com 30 a 50 % de cor amarela, em propriedade localizada em Salto - SP.

Os pimentões foram divididos em cinco lotes, sendo um lote com quinze pimentões para controle de perda de massa e os outros quatro lotes, com dez frutos cada, sendo que destes, cinco foram utilizados para a realização dos ensaios de resistência à compressão.

Os ensaios de resistência à compressão foram conduzidos no primeiro, terceiro, sétimo e no décimo dia, com os frutos sendo armazenados à temperatura ambiente de $27 \pm 1^\circ\text{C}$. Os frutos também foram pesados nestas datas.

De cada fruto, foram retirados oito espécimes usando-se um anel vazador cilíndrico de metal, e obtendo-se ‘pastilhas’ de pimentão com diâmetro de 13 mm e espessura variada (6 – 8 mm) e determinada através de paquímetro digital.

Cada espécime foi colocado na prensa mecânica, TEXTURE ANALISER Modelo TA 500 da LLOYD INSTRUMENTS, entre os pratos planos e paralelos, comprimindo-se o espécime, uniaxialmente, a uma taxa de deformação constante de 4 mm/min, até a ruptura. Os dados de força e tempo, para cada teste, foram captados pelo “software” NEXYGEN e armazenados em computador.

Com os dados obtidos, em primeira análise, foi traçada uma curva de força (N) por deformação (mm), e calculada a energia (N.mm) para cada espécime extraído do pimentão através da área obtida na curva até uma força de 20N (Figura 4). Para o cálculo destas áreas por integralização foi utilizado o programa ORIGIN 5.0. Elegeu-se o valor da energia como o índice de firmeza, expresso em N.mm.

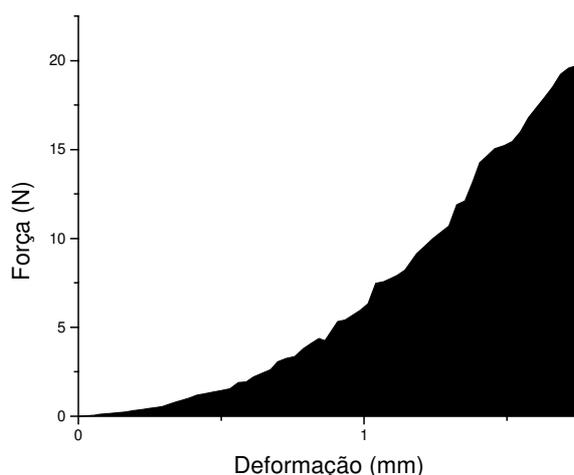


Figura 4 – Área utilizada da curva força deformação para o cálculo da energia.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e para verificação da diferença significativa entre as médias dos índices de firmeza para os pimentões no período de armazenagem foi utilizado o teste de Tukey.

Em segunda análise, novamente foi traçada uma curva de força (N) por deformação (mm) e na primeira parte linear da curva foram escolhidos dois pontos, denominados P1 e P2.

Com os valores de P1 (x_1 e y_1), P2 (x_2 e y_2) e os valores obtidos anteriormente da área, calculada a partir do diâmetro (A) e da espessura (h) de cada espécime encontrou-se o índice de deformação, representado através do módulo de elasticidade do produto, em MPA, através da Equação 3.

$$E = \frac{\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot A}{h} \quad (3)$$

Equação 3 – Equação para determinação do índice de firmeza através do módulo de elasticidade.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e para verificação da diferença entre as médias dos índices de firmeza para os pimentões no início e no final da estocagem foi utilizado o teste de Tukey.

5.3. Resultados e Discussão

Os espécimes obtidos apresentavam formato cilíndrico com diâmetro constante de 13 mm (diâmetro externo do anel vazador) e espessura variando conforme a espessura do mesocarpo do pimentão (6 – 8 mm).

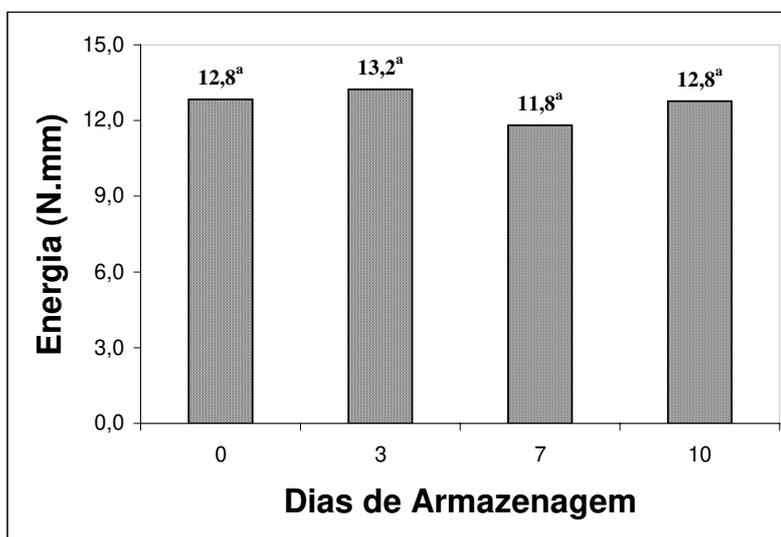


Figura 5 – Energia de deformação (N.mm) em pimentões ‘Zarco HS’, durante o armazenamento por 10 dias sob condições de ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Apêndice 2).

Na primeira análise dos dados, onde se considerou a energia (N.mm) como o índice de firmeza, verifica-se através da Figura 5 que esta não se modificou durante os 10 dias de armazenagem a temperatura ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$). Facilmente explicável quando se trata de um produto totalmente irregular dificultando a retirada de espécimes com mesma espessura e devido à irregularidade da superfície interna do pimentão, o que causou uma acomodação inicial diferente para cada repetição na superfície da prensa, no momento da compressão.

Verificou-se então que a metodologia de determinação do índice de firmeza para pimentões amarelos por meio do ensaio de compressão para os quatro dias de análise, quando analisada pela energia obtida, não demonstra a diferença significativa entre os índices de firmeza para os pimentões armazenados por 10 dias.

No segundo método de análise dos dados onde se considerou o módulo de elasticidade como índice de firmeza, foram trabalhados apenas os dados dos dias inicial e final.

A Figura 6 mostra as relações tensão-deformação características resultantes dos testes uniaxiais. Na Figura 6A, evidencia-se a parte linear da curva e a diferença de duas curvas obtidas no primeiro e no décimo dia (Figura 6B).

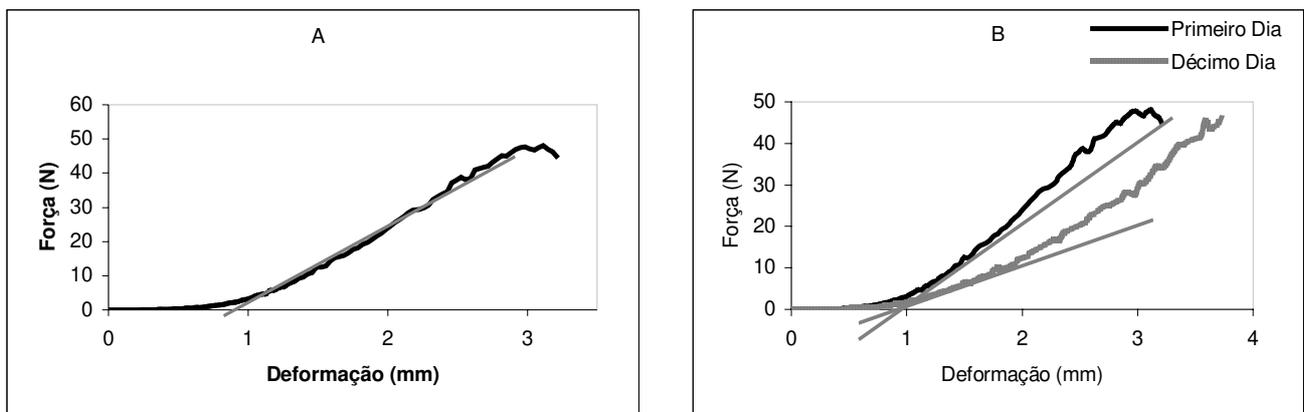


Figura 6 – Curvas força-deformação da compressão de espécimes cilíndricos extraídos do pericarpo de pimentões. Para os trechos lineares, indicados nas figuras, foi calculado o módulo de elasticidade utilizado com índice de firmeza.

Os valores médios obtidos para o módulo de elasticidade para o primeiro dia, $E = 0,75 \pm 0,17\text{MPa}$, e para o décimo dia, $E = 0,42 \pm 0,15\text{MPa}$, mostraram-se diferentes ao nível de 1% de significância, evidenciando que, para um período de 10 dias de armazenagem, a metodologia foi adequada para indicar as variações de firmeza quando analisada através do

módulo de elasticidade. Segundo Luengo *et al.* (2003), quando estudaram a “determinação da compressão em hortaliças e frutas enquanto limite físico da altura da embalagem de comercialização”, obtiveram para o pimentão fresco tanto para a técnica de aplanção (0,856 kgf.cm⁻²) quanto para o firmômetro (0,714 kgf.cm⁻²) valores próximos ao encontrado no dia inicial (produto fresco), quando analisado pelo módulo de elasticidade. Esta semelhança vem assegurar a aplicação desta metodologia.

No Teste de Tukey (Tabela 2), a maior média no índice de firmeza foi para os pimentões na fase inicial, verificando que com o amadurecimento o módulo de elasticidade do pimentão amarelo diminui.

Tabela 2 – Índice de firmeza analisada através do módulo de elasticidade obtido com o ensaio de compressão.

Tratamentos	Médias*
Inicial	0,7488 a
Final	0,3863 b

* médias com mesma letra não diferem entre si.

Decorrido os dez dias de armazenamento verificou-se que, da mesma forma que o módulo de elasticidade diminuiu, ocorreu perda de massa do produto, tornando-se este menos túrgido.

Na Figura 7, observa-se que o pimentão obteve uma perda de massa de 11,9%, no final de 10 dias de armazenamento, o que comprova a diferença obtida no índice de firmeza, através do módulo de elasticidade, para os pimentões que sofreram o ensaio de compressão no primeiro e no décimo dia, com a grande perda de massa os pimentões murcham e apresentam com isso um módulo de elasticidade menor do que o inicial, tornando-se menos firme.

O processo de amadurecimento do fruto resulta em mudanças na permeabilidade das membranas celulares (Goodwin e Mercer, 1972), tornando-se estas mais sensíveis à perda de água, portanto durante o amadurecimento de pimentões, a perda de água se torna acentuada.

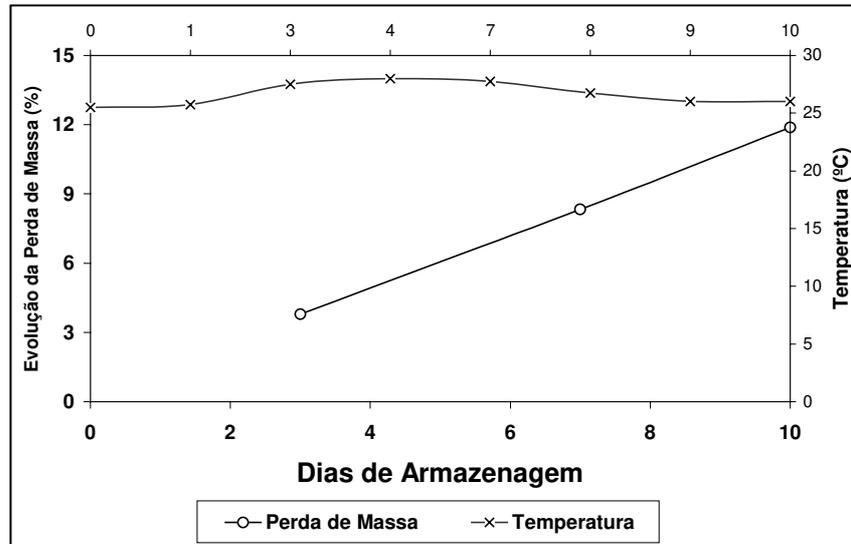


Figura 7 – Perda de massa média durante os dias de armazenagem e a temperatura média no período, $27 \pm 1^\circ\text{C}$ (Apêndice 3).

5.4. Conclusão

A avaliação da metodologia para determinação do índice de firmeza em pimentão amarelo ‘Zarco HS’ armazenado em temperatura ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$) durante 10 dias mostrou-se eficiente quando analisada através do módulo de elasticidade.

Por meio do ensaio de compressão, observou-se que o índice de firmeza do pimentão amarelo diminuiu com o tempo de armazenamento e com a perda de massa.

6. CAPÍTULO 6:

AVALIAÇÃO DE DUAS EMBALAGENS NO RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PIMENTÃO AMARELO

6.1. Introdução

As diminuições da ação metabólica e enzimática colaboram com a diminuição do amadurecimento e perda de água do fruto, mantendo suas qualidades desejáveis como o sabor, a cor, a textura e o odor. Este processo é possível com a estocagem sob temperaturas ideais para cada produto, que, em geral, são abaixo da ambiente. Umidade relativa alta colabora com a diminuição da perda de água por parte do produto.

Quanto mais rapidamente a hortaliça for resfriada, maior será sua vida de prateleira e menores serão as perdas durante sua comercialização. Portanto, a espera após a colheita, no pomar ou no galpão, antes da estocagem a frio irá reduzir o tempo de estocagem de hortaliças mesmo que elas sejam posteriormente estocadas sob baixa temperatura.

A temperatura é um fator ambiental muito importante e afeta diretamente nos processos fisiológicos das hortaliças. A refrigeração é o primeiro passo para a conservação das hortaliças pós-colheita. Quanto mais rapidamente a hortaliça for resfriada, maior será sua vida de prateleira e menores serão as perdas durante sua comercialização.

A rápida redução da temperatura do produto colhido, até próximo à temperatura de estocagem, é conhecida como resfriamento ou remoção do calor de campo, e os produtos são usualmente pré-resfriados a até $\frac{7}{8}$ ou 88% da diferença entre a temperatura inicial do produto e a temperatura da câmara frigorífica (Gast e Flores, 1991).

No resfriamento rápido a ar, o contato do meio de resfriamento com o produto deve ser o mais efetivo possível, sendo recomendado à utilização de embalagens que apresentem de 5 a 10% de área de abertura através da face de entrada do ar (Fraser, 1991).

Este trabalho tem por objetivo determinar o $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento com ar forçado para pimentão amarelo 'Zarco HS' em duas embalagens e a vida de prateleira deste produto.

6.2. Material e Métodos

6.2.1. Dimensionamento do Sistema

Objetivou-se construir um “nicho” e/ou “baia”, onde se pode promover uma “grande” e controlada circulação de ar, de forma a se obter um resfriamento rápido do produto, com um direcionamento eficaz do fluxo do ar, mesmo que o produto estivesse embalado em caixas de papelão ou plástico.

O conjunto foi montado dentro da câmara frigorífica FANEN modelo 095, no espaço existente entre o evaporador e o piso da mesma, constituindo-se então em uma “parede falsa” de forma a criar um grande “nicho” pressurizado. Utilizou-se conjunto moto-ventilador pressurizador e sistema de lona para vedar e/ou isolar a região não utilizada da “janela”.

O conjunto moto-ventilador é composto por: ventilador centrífugo de dupla aspiração, linha leve, modelo BDC 381-286, vazão de ar de $4870\text{m}^3/\text{h}$, pressão estática 10mmCA , 535rpm , velocidade de $9,0\text{m/s}$ e motor acoplado de $0,75\text{CV}$ – trifásico – 220V – 60Hz .

Conjunto de vedação montado diante da “janela” para paletes e/ou caixas foi composto por lona plástica, estruturada e movimentada manualmente na parte frontal da “janela”. A lona esticada elimina o vão entre os paletes ou caixas e o batedor, forçando a circulação do ar através do produto.

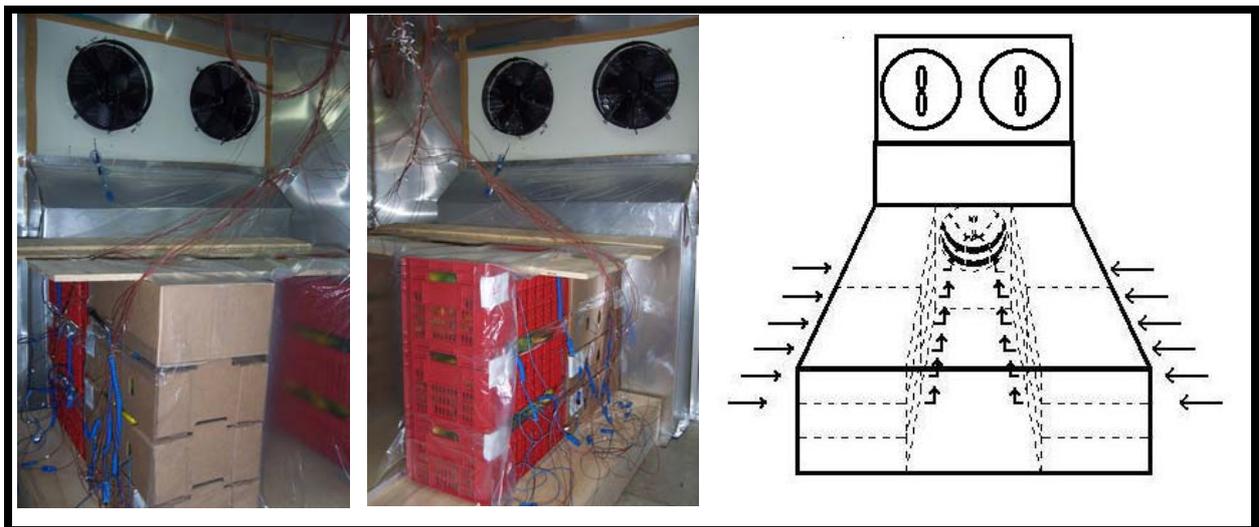


Figura 8 – Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo “túnel californiano”.

6.2.2. Matéria Prima

Foram utilizados frutos de pimentão amarelo ‘Zarco HS’, retangulares e longos, medindo 14 - 16cm de comprimento por 08 - 10cm de diâmetro. As amostras foram colhidas em casa de vegetação na propriedade localizada em Salto - SP. Procurou-se padronizar ao máximo o estágio de maturação dos mesmos, os quais estavam na faixa de 30 a 50% de coloração amarela.

6.2.3. Embalagens

A princípio foi realizada uma visita ao centro de distribuição CEASA – Campinas e através de entrevista com vários permissionários e produtores, verificou-se a dificuldade da utilização da embalagem correta para os pimentões coloridos, os quais apresentam um valor comercial bem mais alto do que o pimentão verde.

Atualmente este produto chega do produtor em caixas de madeira ou papelão com um peso aproximado de 20 kg, mas para sua comercialização, o atacadista acaba dividindo esta caixa em quantidades menores, em torno de 5 kg, as quais se tornam mais acessíveis para os varejistas. Esta pequena quantidade de produto normalmente é comercializada em sacos plásticos, os quais não permitem a correta circulação do ar e diminuindo a vida útil do produto ou em caixas de madeiras destinadas à comercialização de mamão Papaia não adequada para este produto.

Com isso foi realizada uma seleção e foram estabelecidas duas embalagens contentoras (caixas), aplicáveis ao transporte e comercialização deste pimentão amarelo.

Caixa Plástica

Embalagem desenvolvida pela EMBRAPA HORTALIÇAS para comercialização de tomate e pimentão. A nova embalagem permite comportar pequeno número de camadas de produtos, possui superfície lisa e dispositivos de encaixe para empilhamento, não é tampada e tem os cantos arredondados internamente para manter íntegra a casca do tomate e do pimentão.

A capacidade da caixa é de 6,5kg para o pimentão, e suas dimensões externas são em 50 cm de comprimento, 30 cm de largura e 23 cm de altura.

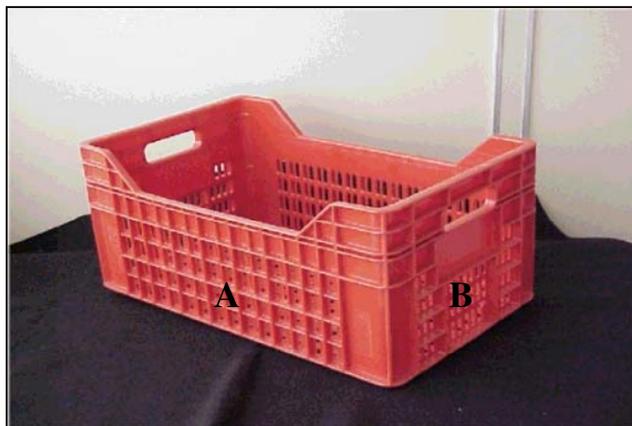


Figura 9 – Foto demonstrativa da embalagem plástica (A – face de entrada do ar; B – aberturas laterais).

Para aplicação do resfriamento com ar forçado, foi necessário fazer uma pequena modificação na embalagem utilizada. Esta possui um rebaixamento lateral acentuado, o qual possibilitaria a passagem do ar com maior facilidade, prejudicando o resfriamento do produto. Com isso, foi necessário o fechamento desta área de abertura na fase de entrada do ar, forçando o mesmo passar pelo produto e promover o resfriamento.

Esta vedação foi realizada com fita adesiva transparente, aplicada somente na abertura indesejada, como mostra a Figura 10, permanecendo ainda com uma área de abertura na face de entrada do ar de 12,7% (A).



Figura 10 – Detalhe da abertura indesejada das caixas plásticas e a vedação com fita adesiva.

Caixa de Papelão

Através de avaliação, junto a empresa RIGESA, das embalagens de papelão atualmente utilizadas para a comercialização de oleráceas, verificou-se a impossibilidade da aplicação do resfriamento rápido com ar forçado, pois as embalagens apresentavam área de abertura insuficiente na face de entrada do ar ou eram completamente desprovidas de qualquer área. Juntamente com os técnicos da empresa RIGESA, redimensionou-se uma destas embalagens visando o resfriamento rápido com ar forçado, onde a embalagem de dimensões internas de 477x276x136mm para 5 kg de pimentão e área de abertura na face de entrada do ar de 5,22% (área A), valor recomendado para aplicação do resfriamento com ar forçado em embalagens de papelão (Figura 11).

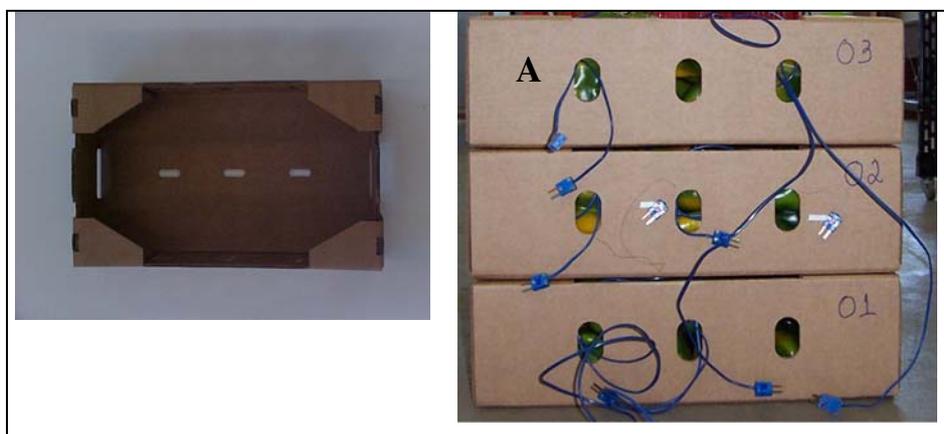


Figura 11 – Embalagem de papelão utilizada no experimento (A – face de entrada do ar frio, área A).

Ainda na propriedade, o produto foi acondicionado nas embalagens, plástica e de papelão e estas transportadas para o Laboratório da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, onde o experimento foi conduzido.

6.2.4. Sensores e Aquisição de Dados

Para as medições da temperatura e umidade relativa, no interior das câmaras e no produto, durante o resfriamento rápido com ar forçado e a estocagem foram utilizados sensores do tipo termopares, acoplados a um sistema de aquisição de dados (INSTA-TREND), que transmite os sinais através de uma placa A/D para um computador.

6.2.5. Medição da Temperatura

A temperatura foi medida através de termopares na câmara, no evaporador, nos frutos e nas embalagens, num total de 48 termopares. Para cada embalagem foram inseridos dois termopares de agulha (no mesocarpo e no interior do fruto) e um termopar na embalagem entre os frutos. Foi escolhido um fruto aleatório dentro de cada embalagem para medição da temperatura. A disposição dos 48 termopares encontra-se em Apêndice 4.

Para a medição indireta da umidade relativa do ar foram utilizados termopares de bulbo seco e bulbo úmido. Foi construído um psicrômetro aspirado e instalado no interior da câmara.

6.2.6. Resfriamento rápido com ar forçado

Após a colocação dos termopares, nas caixas, nos frutos, na entrada e saída do ar das caixas e na saída do evaporador, as caixas foram dispostas na câmara, formando o túnel do sistema de resfriamento rápido com ar forçado. Após o túnel ser montado, foram ligados o sistema de resfriamento rápido e o sistema de aquisição de dados por computador através do software INSTA-TREND.

Durante o tempo do resfriamento rápido, a temperatura foi monitorada pela tela do computador e quando a média das temperaturas atingiu o valor de $7^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ (temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento), o sistema de resfriamento por ar forçado foi desligado. Após ter atingido a temperatura e o sistema de ar forçado ser desligado, as caixas foram mantidas na mesma câmara de armazenagem, dispostas em prateleiras para a determinação da vida útil de cada tratamento. Os termopares tanto das caixas quanto dos frutos, foram mantidos para o monitoramento da temperatura no decorrer da estocagem. A temperatura média neste período foi de $6,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ com uma umidade relativa de $97 \pm 2\%$. O produto permaneceu na câmara por 28 dias.

6.2.7. Avaliações físico-química e sensorial

A avaliação do efeito do resfriamento rápido com ar forçado nas duas embalagens utilizadas e durante o período de armazenagem foi realizada através da análise dos seguintes parâmetros: perda de massa – aleatoriamente 2 frutos de cada caixa compuseram o grupo controle para o peso. Antes do início do resfriamento rápido com ar forçado e no final período de armazenagem estes foram pesados em balança digital com precisão de 0,01g. Os resultados

foram expressos em porcentagem de perda de massa. Para o pH e os teores de ácido ascórbico, acidez titulável, umidade e sólidos solúveis totais, foi realizada uma análise inicial e a cada sete dias, até o final do período. Os procedimentos para cada avaliação são idênticos aos descritos no Capítulo 1.

Foi realizada também a análise sensorial dos frutos a cada sete dias, para acompanhamento do processo de armazenagem. A análise foi realizada por um painel sensorial previamente treinado para avaliação da firmeza, murchamento, coloração e danos. Foram utilizadas escalas sensoriais não estruturadas (Apêndice 5).

6.2.8. Delineamento Estatístico

Avaliação de 7/8 do tempo de resfriamento

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 02 tratamentos quando se comparou os pontos da mesma embalagem e 04 tratamentos quando se comparou os 02 pontos de leitura da temperatura e as duas embalagens e 05 repetições, tendo cada fruto como a unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Avaliação da perda de massa

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 02 tratamentos 04 repetições sendo um fruto a unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Avaliação física, química e sensorial

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo dois tratamentos, com três repetições para cada tratamento.

Tratamento 1: caixa plástica;

Tratamento 2: caixa de papelão.

Com os resultados dos testes comparou-se a qualidade do produto, através dos parâmetros já citados, após ser submetido ao resfriamento rápido com ar forçado e conservação refrigerada por 28 dias. Para analisar os resultados obtidos com a avaliação das

variáveis físico-químicas e sensoriais e suas variações, ao longo do período de armazenamento do pimentão amarelo, utilizou-se à análise estatística multivariada.

Um método de análise multivariada, chamado análise de componentes principais (ACP), reduz a dimensão de um conjunto de dados multivariados, de forma interpretativa, através de procedimentos matemáticos (determinísticos). Neste caso, um conjunto de variáveis correlacionados ou não, é transformado em um novo conjunto de variáveis não-correlacionadas, chamadas componentes principais. Tendo um dado conjunto de variáveis, os componentes principais são combinações lineares dessas variáveis, construídas de maneira à “explicar” o máximo da variância das variáveis originais (Hoffmann, 1992). Com isso, a estrutura de dados (originalmente os indivíduos estão representados no espaço k), geralmente é simplificada em termos de representação. Muitas vezes, grande parte da informação contida nos dados chega a ser representada em R^3 , ou até, mesmo no plano. A técnica dos componentes principais opera condensando a variância de um conjunto de dados em uns poucos eixos, de modo que se torna possível visualizar a maior parte da variabilidade dos dados originais em duas ou três dimensões (componentes). Esta técnica possui a vantagem das variáveis obtidas serem interpretadas independentemente (Moreira *et al.*, 1994).

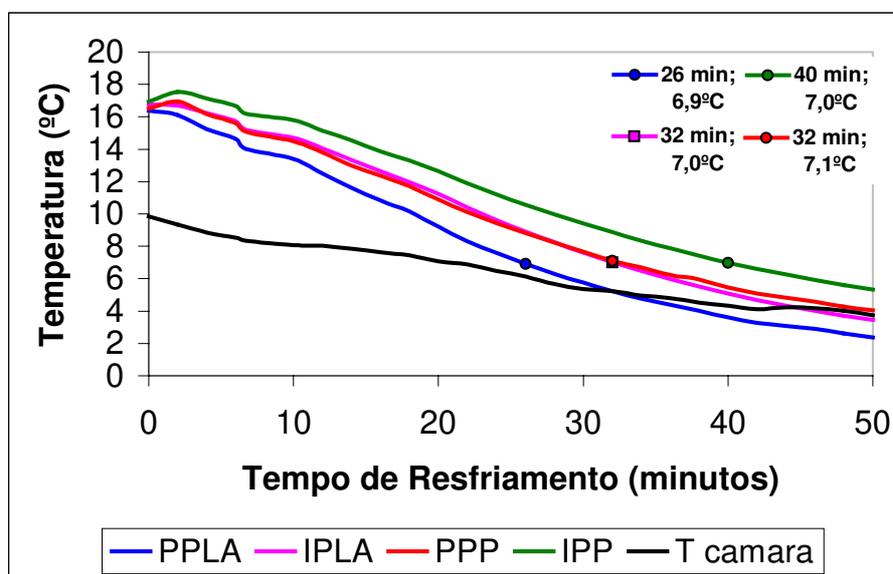
Os dados obtidos neste trabalho foram analisados através de análise multivariada utilizando o método da Análise de Componentes Principais (ACP) através do “software” S-PLUS. Em seguida, a Análise de Variância foi feita sobre o primeiro e segundo componente principal.

As variáveis foram acidez titulável, sólidos solúveis totais, pH, teor de umidade, vitamina C para o 1^o, 5^o, 12^o, 19^o, 26^o dia de armazenagem e firmeza, cor, dano e murchamento para o 6^o, 13^o, 19^o e 27^o dia de armazenagem.

Através da análise dos componentes principais pode-se verificar a diferença ou não das embalagens na conservação da qualidade dos frutos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado e conservados por 28 dias.

6.3. Resultados e Discussão

6.3.1. Avaliação do $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento



Onde: PPLA = polpa caixa plástica; IPLA = interno caixa plástica; PPP = polpa caixa papelão; IPP = interno caixa papelão.

Figura 12 – Curva do resfriamento rápido com ar forçado de pimentões embalados em caixas plásticas e caixas de papelão. Temperatura de $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento e o tempo para atingir esta temperatura para a polpa e ar interno do produto para as duas embalagens.

Para os pimentões resfriados com ar forçado, verifica-se, através da Figura 12, que o tempo de resfriamento variou entre 26 e 40 minutos até que os pimentões atingissem a temperatura para $\frac{7}{8}$ do resfriamento, sendo o primeiro a resfriar a polpa do produto embalado na caixa plástica (6,9°C em 26 minutos) e o último o ar interno do pimentão embalado na caixa de papelão (7,0°C em 40 minutos). Para o ar interno do produto embalado nas caixas plásticas e para a polpa dos da caixa de papelão o tempo foi de 32 minutos para atingir a temperatura de 7,0°C e 7,1°C, respectivamente. Deve-se considerar que para estes tempos as quantidades de pimentão foram experimentais, sendo que para quantidades comerciais este tempo pode variar em função do número de caixas a serem resfriadas ao mesmo tempo.

Observa-se que a temperatura da câmara também apresentou um decréscimo durante o resfriamento e não se manteve constante desde o início do resfriamento. Isto ocorreu devido à

montagem do túnel de resfriamento que no momento da colocação das caixas no interior da câmara, a temperatura tendeu a subir e depois com a carga térmica do pimentão amarelo no interior da mesma fez com que esta temperatura demorasse mais para abaixar.

Através da análise de variância verificou-se que, para os pontos de leitura da temperatura (polpa e ar interno), houve diferença significativa entre estes para cada embalagem estudada (Tabela 3 e 4), sendo que para ambas embalagens, a temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento foi atingida primeiro pela polpa (mesocarpo).

Tabela 3 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa plástica.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}
Tratamentos	1	90,0	90,0	7,63*
Resíduo	8	94,4	11,8	
Total	9	184,4		

Desvio padrão = 3,4351; Erro padrão da média = 1,5362; Média geral = 28,60; Coeficiente de variação = 12,01.

Tabela 4 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa papelão.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}
Tratamentos	1	230,4	230,4	6,0*
Resíduo	8	307,2	38,4	
Total	9	537,6		

Desvio padrão = 6,1968; Erro padrão da média = 2,7713; Média geral = 37,20; Coeficiente de variação = 16,66.

Tabela 5 – Teste de Tukey para as médias do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa plástica.

DMS (Tukey)= 5,0081	
Ar interno do produto	31,6 ^a
Polpa do produto	25,6 ^b

Tabela 6 – Teste de Tukey para as médias do $7/8$ do tempo de resfriamento para os dois pontos da caixa papelão.

DMS (Tukey)= 9,0344	
Ar interno do produto	42,0 ^a
Polpa do produto	32,4 ^b

Isto é claramente explicável quando se baseia nos princípios da transferência de calor. No contato do ar frio com a superfície do produto (epicarpo) ocorre a transferência de calor por convecção a qual é importante principalmente como mecanismo de transferência de energia entre uma superfície sólida e um fluido (Kreith, 1977). No mesocarpo (polpa) ocorre a transmissão por condução a qual é um processo onde o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio (sólido). Na transmissão de calor por condução, a energia é transmitida por meio de comunicação molecular direta, sem apreciável deslocamento das moléculas (Kreith, 1977).

Para o resfriamento do ar interno do produto ocorre novamente o processo de transmissão de calor por convecção, sendo que agora o contato é do endocarpo frio com o ar interno quente, explicando um maior tempo para atingir a temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento para este ponto.

Quando se avaliam as embalagens estudadas, verifica-se que a embalagem plástica apresenta uma maior área de abertura na face de entrada do ar frio (12,7%) enquanto que a caixa de papelão apresenta esta área bem menor (5,22%), favorecendo assim os produtos embalados na caixa plástica em detrimento aos embalados na caixa de papelão. Mesmo com esta diferença, ambas embalagens se apresentam na faixa de abertura recomendada por Fraser (1991) quando relata que para o resfriamento rápido com ar, o contato do meio de resfriamento com o produto deve ser o mais eficiente possível, recomendando a utilização de embalagem com 5 a 10% de área de abertura através da face de entrada do ar.

Tabela 7 – Quadro de Análise de Variância do $7/8$ do tempo de resfriamento para as duas embalagens e os dois pontos testados.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}
Tratamentos	3	690,2	230,1	9,17**
Resíduo	16	401,6	25,1	
Total	19	1091,8		

Desvio padrão = 5,01; Erro padrão da média = 2,2405; Média geral = 32,9; Coeficiente de variação = 15,23.

Quando se compararam os pontos (polpa caixa plástica, interno caixa plástica, polpa caixa de papelão e interno caixa de papelão) foi observada também uma diferença significativa em nível de 1%, porém o teste de Tukey (Tabela 8) mostrou esta diferença apenas para a temperatura do ar interno dos pimentões amarelos embalados na caixa de papelão, atingindo a

temperatura de $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento em 40 minutos. Para os demais, não houve diferença significativa em nível de 5% nos tempos de resfriamento.

Tabela 8 – Teste de Tukey para as médias do $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento para as duas embalagens e dois pontos testados.

DMS (Tukey)= 90,0742	
Ar interno caixa papelão	42,0 ^a
Polpa caixa papelão	32,4 ^b
Ar interno caixa plástica	31,6 ^b
Polpa caixa plástica	25,6 ^b

Mesmo com áreas de aberturas diferentes, quando se compara o tempo de resfriamento da polpa do pimentão amarelo nas duas embalagens estudadas, verifica-se que esta diferença na área de abertura não influenciou, de modo significativo, o tempo de resfriamento do produto bem como sua qualidade ao longo do armazenamento.

6.3.2. Monitoramento da temperatura da câmara ao longo do período de armazenagem

Através da Figura 13 pode-se observar uma elevação da temperatura da câmara nos primeiros dias devido ao tempo de ajuste da câmara por causa das retiradas e colocações das amostras. A temperatura média neste período foi de $6,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ com uma umidade relativa de $97 \pm 2\%$. O produto permaneceu na câmara por 28 dias.

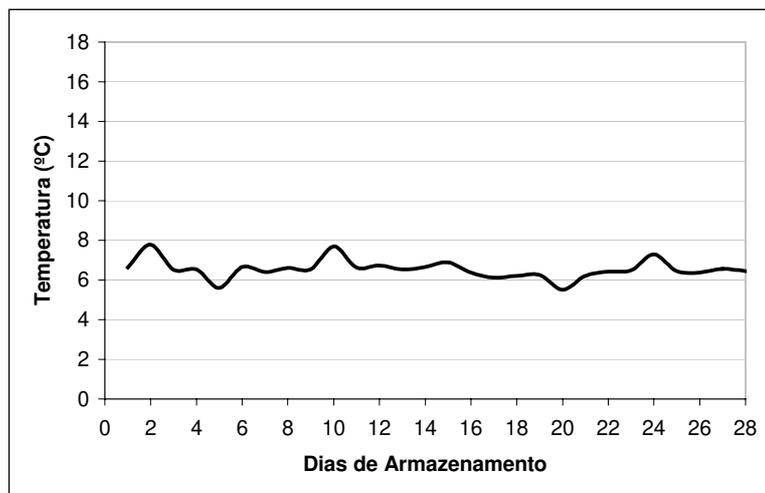


Figura 13 – Curva da temperatura durante a armazenagem para determinação da vida de prateleira para pimentões amarelos ‘Zarco HS’, resfriados pelo método de ar forçado em duas embalagens distintas.

6.3.3. Avaliação da perda de massa

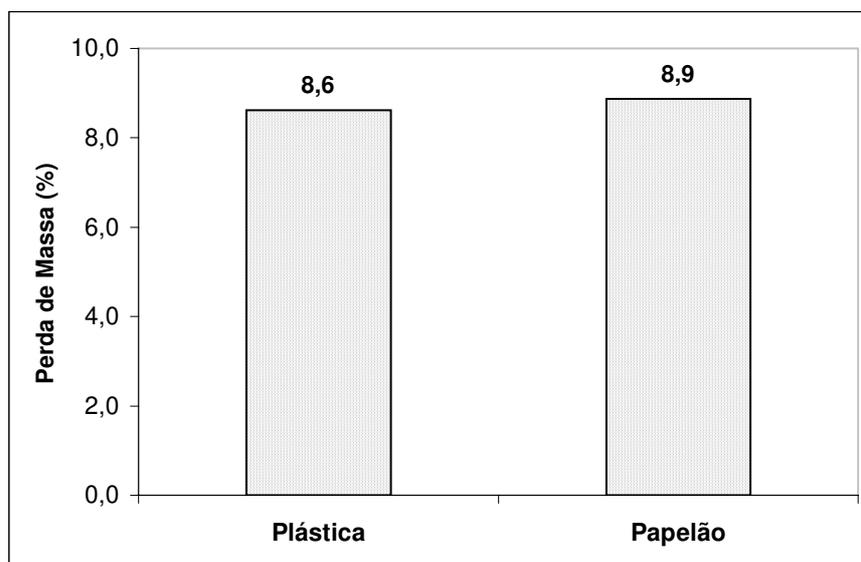


Figura 14 – Perda de massa para pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 28 dias.

Para pimentões amarelos conservados por 28 dias sob refrigeração em duas embalagens distintas, verifica-se através da Figura 14 que a perda de massa atingiu cerca de

8,6% para a caixa plástica e 8,9% para a caixa de papelão, apresentando uma evolução igualmente para os dois tratamentos. Isto se confirma quando submetidos à análise de variância na qual é determinada a não diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para os dois tratamentos em questão (Tabela 9). Desta forma pode-se afirmar que as duas embalagens estudadas interferem igualmente na perda de massa dos pimentões amarelos armazenados sob refrigeração por 28 dias.

A porcentagem de perda de massa encontrada (em média 8,7%) indica uma faixa de alerta para a conservação da qualidade do produto. Segundo Medina (1984) o pimentão pode perder cerca de 6,1% do seu peso sem mostrar sintomas de murcha, entretanto com 10,2% de perda mostra sintoma moderado. Já para Bussel e Kenisgberger (1975) a perda de massa aceitável para comercialização não pode ser superior a 15%.

Tabela 9 – Quadro de Análise de Variância da perda de massa dos pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado e conservados por 28 dias nas duas embalagens testadas.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}
Tratamentos	1	0,98	0,98	0,24 ^{NS}
Resíduo	6	24,20	4,03	
Total	7	25,18		

Desvio padrão = 2,01; Erro padrão da média = 1,0042; Média geral = 8,95; Coeficiente de variação = 22,44.

Vicentini *et al.* (1999a) relatam que a perda de água do produto não só resulta na perda de massa, mas também na perda de qualidade, principalmente pelas alterações na textura, provocando o murchamento ou enrugamento.

Contudo, pode-se observar através da Figura 15, que através da análise sensorial para o produto no 28^o dia de armazenagem, este se apresentava, para ambos tratamentos, firme e com ausência de murchamento. Portanto, a porcentagem de perda de massa encontrada não interferiu na textura do produto conservado após ser submetido ao resfriamento rápido com ar forçado, assegurando uma vida de prateleira para o pimentão amarelo ‘Zarco HS’, em relação à perda de massa, de 28 dias sob refrigeração.

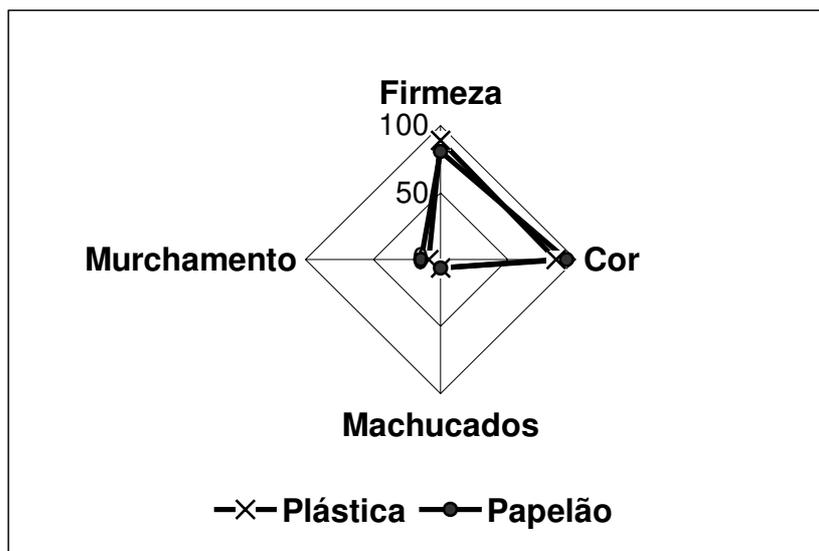


Figura 15 – Comportamento da firmeza, coloração, murchamento e machucados, através de análise sensorial para o pimentão amarelo ‘Zarco HS’ armazenado sob refrigeração por 28 dias.

6.3.4. Avaliação física, química e sensorial

A seguir serão apresentados os gráficos contendo a evolução das análises físico-químicas e sensoriais nas duas embalagens testadas por um período de 28 dias.

Através da Figura 16, verifica-se que ocorreu um aumento nos teores de ácido málico no 12^o dia de armazenagem refrigerada devido ao aumento de ácidos orgânicos envolvidos no amadurecimento do fruto. Para ambos os tratamentos, as curvas apresentaram o mesmo comportamento. Verifica-se também que o comportamento da acidez, durante o período de armazenagem manteve-se entre 0,20 e 0,32 g de ácido málico por 100 g.

Verifica-se que para o pH houve uma pequena oscilação desta característica ao longo do amadurecimento, porém observa-se uma tendência de queda nos valores encontrados. O pimentão amarelo colhido na faixa de 30 a 50% de coloração amarela apresentou pH de 4,99 e após 28 dias de armazenagem este valor caiu para 4,76 para a caixa de papelão e 4,82 para a caixa plástica.

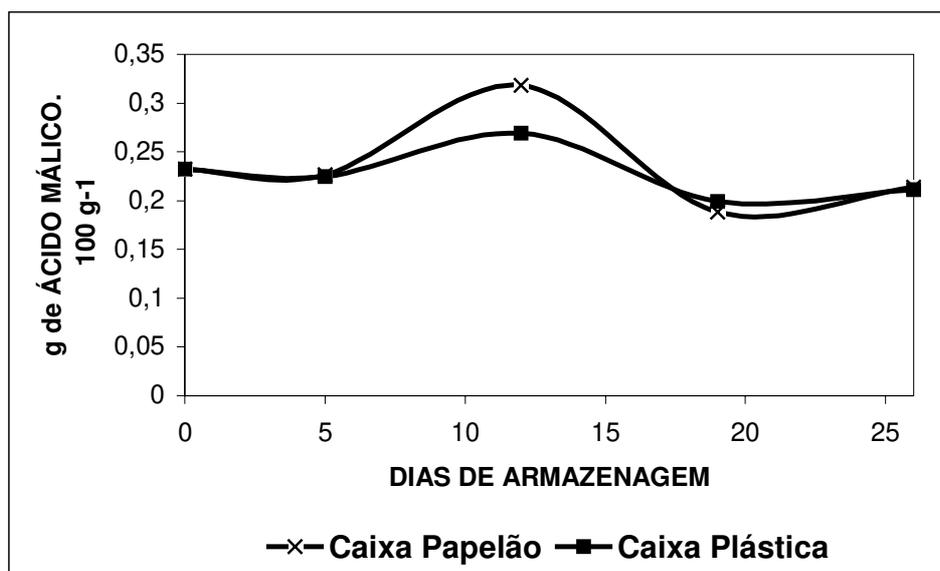


Figura 16 – Valores de acidez total titulável para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenamento.

Quando se compara com os frutos analisados no Capítulo 1, verifica-se que pimentões amarelos colhidos na faixa de 30% e 50% amarelos apresentam valores próximos aos encontrados nesta análise inicial e ao longo do período de conservação pós-colheita os valores encontrados são bem próximos aos relatados naquele capítulo. Com isso verifica-se que durante o amadurecimento do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ seja este completamente na planta mãe ou pós-colheita, o pH não sofre grandes alterações.

Sob este mesmo aspecto, verifica-se que para os frutos colhidos e armazenados ocorre um aumento nos teores de ácido málico durante o amadurecimento atingindo valores de 0,32 g enquanto que para os produtos amadurecidos na planta mãe este valor é de 0,22 g (Capítulo 1).

Os sólidos solúveis, para os tratamentos em estudos, mantiveram-se entre 6,2° e 8,13° Brix durante o período de armazenagem, verificando-se somente um leve acréscimo ao longo do período de armazenagem. Este acréscimo deve-se a degradação de polissacarídeos e aumento dos açúcares totais. Em comparação com os produtos analisados no Capítulo 1, esta característica apresentou-se correspondente implicando a não interferência nesta síntese para o produto colhido e amadurecido pós-colheita.

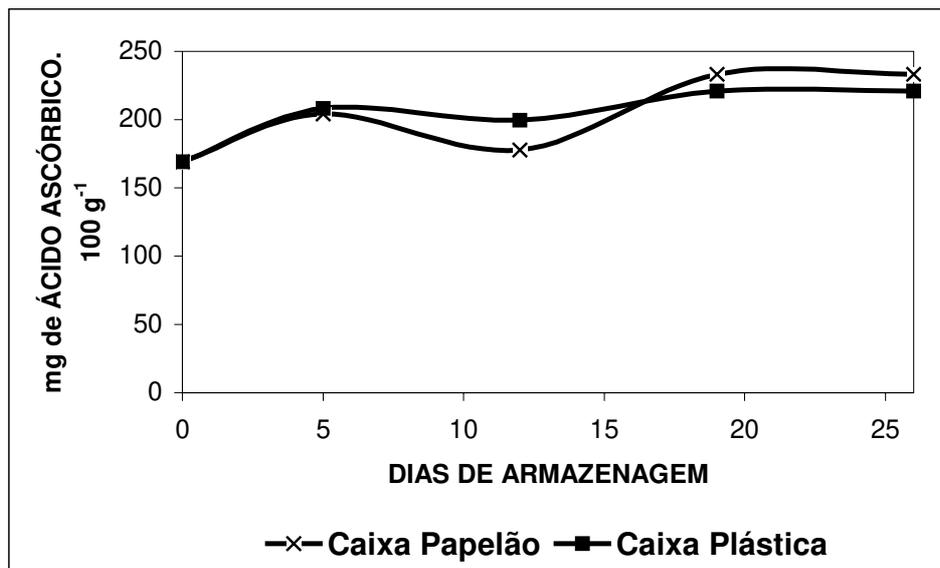


Figura 17 – Valores de ácido ascórbico para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenagem.

Para o teor de ácido ascórbico nos pimentões amarelos, a Figura 17 mostra que durante a armazenagem este teor apresentou um aumento gradativo, com diferença altamente significativa, para os dois tratamentos como verificado anteriormente (Capítulo 1). Verificou-se, como Howard *et al.* (1994), que pimentões com seu completo amadurecimento apresentam maior teor de ácido ascórbico que os parcialmente maduros e que durante o amadurecimento do pimentão amarelo esta característica química tende a aumentar mesmo que em pequenas quantidades.

Observa-se, através da Figura 18, que o teor de umidade dos pimentões amarelos apresentou-se ascendente, devido às amostras serem destrutivas, seguido de queda à medida que o produto amadurecia. Observa-se com isso que o pimentão amarelo conforme vai atingindo o máximo de amadurecimento, seu teor de umidade tende a diminuir, com uma diferença altamente significativa, concordando com os relatos de Goodwin e Mercer (1972), quando dizem que o processo de amadurecimento do fruto resulta em mudanças na permeabilidade das membranas celulares, diferentemente do encontrado para produtos colhidos com completo amadurecimento na planta que devido ao suprimento hídrico não apresenta queda desta característica física.

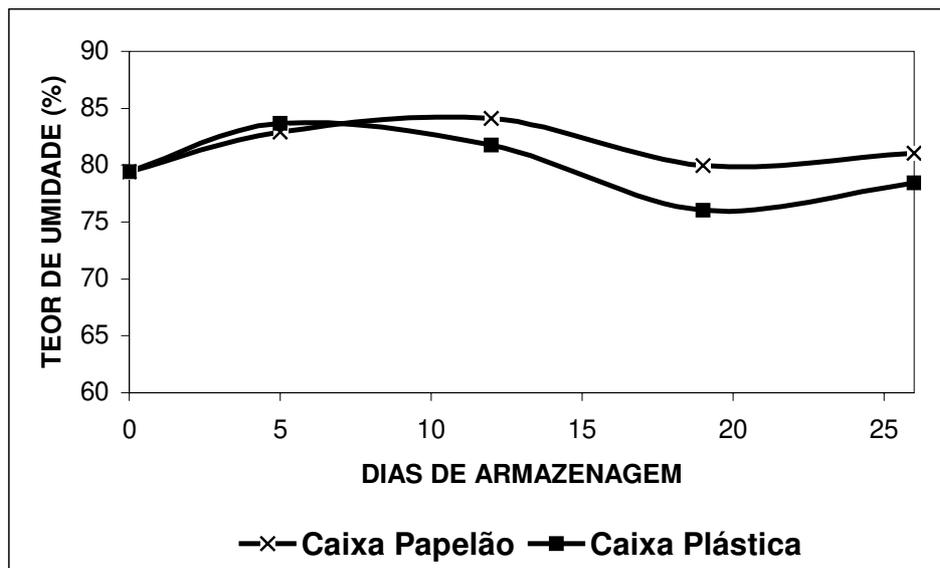


Figura 18 – Valores de teor de umidade em porcentagem para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ nas duas diferentes embalagens ao longo do período de 28 dias de armazenamento.

Por meio da análise multivariada de componentes principais, verifica-se pela Tabela 10 que o primeiro componente principal explica aproximadamente 32% da variabilidade dos dados, sendo que os ponderadores positivos mais significativos são aqueles referentes à vitamina C, pH e dano e a maior contribuição oposta é dada pelos sólidos solúveis, teor de umidade e cor. Já o segundo componente principal, explica 24% da variabilidade, acumulando 56% da variabilidade explicada. Assinala-se que para este segundo componente principal, o maior coeficiente positivo de contribuição é o associado à variável murchamento e a maior contribuição oposta é a da firmeza.

Os valores das médias e desvios padrões das variáveis químicas dos tratamentos ao longo do período de armazenamento pode ser observado no Apêndice 6.

Tabela 10 – Correlações, proporção da variância e proporção acumulada da variância entre as variáveis iniciais e os componentes principais, ao longo do período de armazenamento para pimentões amarelo.

	Comp. 1	Comp.2	Comp. 3
pH 1	0,748804360	0,411793668	0,34551494
pH 5	0,279964680	0,245470128	0,69719552
pH 12	-0,469427898	0,743103226	-0,39497548
pH 19	-0,119042687	0,147771548	-0,34007615
pH 26	0,730781405	-0,330530067	-0,40997827
Sólidos solúveis totais 1	0,748804360	0,411793668	0,34551494
Sólidos solúveis totais 5	-0,524581318	0,785373428	0,12968055
Sólidos solúveis totais 12	-0,526821218	-0,259628103	0,67445941
Sólidos solúveis totais 19	-0,644864067	0,621559750	0,26971247
Sólidos solúveis totais 26	-0,501844064	0,280210238	0,45356946
Teor Umidade 1	-0,572705757	0,516874863	-0,45418964
Teor Umidade 5	-0,430688598	-0,262252844	-0,72035908
Teor Umidade 12	0,058638087	0,367796768	0,75257788
Teor Umidade 19	-0,682493154	0,668059369	0,21540489
Teor Umidade 26	-0,337856497	-0,677848632	0,63997543
Acidez 1	0,006212176	0,740176251	-0,16535772
Acidez 5	-0,172635953	-0,751788845	-0,05227087
Acidez 12	-0,393853590	-0,213790759	0,57047251
Acidez 19	0,289207705	0,203668057	-0,66738296
Acidez 26	-0,401637989	0,433789896	-0,26829688
Vitamina C 1	0,859698724	0,011514097	0,50200438
Vitamina C 5	0,851309032	-0,246794140	0,12891863
Vitamina C 12	0,663176700	0,150699019	-0,58833145
Vitamina C 19	-0,764127515	0,327027934	-0,37245350
Vitamina C 26	-0,762737121	0,332248407	-0,36282460
Firmeza 6	0,279933619	0,722339785	-0,12959390
Firmeza 13	-0,404999727	-0,656632638	0,20406363
Firmeza 19	-0,594488049	-0,137023871	0,06601446
Firmeza 27	-0,393489230	-0,625816540	-0,66032984
Cor 6	0,776613214	0,031840133	-0,21435802
Cor 13	-0,467390921	0,585486811	-0,62337985
Cor 19	-0,661965871	0,227240091	0,58649399
Cor 27	-0,877369204	-0,309537552	0,11490973
Dano 6	0,671774897	-0,625459948	-0,06315146
Dano 13	0,694546332	0,655237227	0,13690516
Dano 19	0,564381405	-0,001437134	-0,70957354
Dano 27	0,698054247	0,537414205	0,28941125
Murchamento 6	0,012279866	-0,819055517	0,03841256
Murchamento 13	0,483787075	0,700894956	-0,31309571
Murchamento 19	0,428933075	-0,201486533	-0,57630850
Murchamento 27	0,538645544	0,571792609	0,61381977
Proporção da Variância	0,3173866	0,2388263	0,1982754
Proporção Acumulada	0,3173866	0,5562129	0,7544882

Onde: 1= primeiro dia de armazenamento; 5= quinto dia de armazenamento; 6=sexto dia de armazenamento; 12= décimo segundo dia de armazenamento; 13= décimo terceiro dia de armazenamento; 19= décimo nono dia de armazenamento; 26= vigésimo sexto dia de armazenamento; 27= vigésimo sétimo dia de armazenamento.

Sabendo-se que a maior contribuição na construção do componente principal 1 é devido ao pH, vitamina C, danos, sólidos solúveis, teor de umidade e cor, pode-se verificar que a qualidade dos frutos foi mantida para as duas embalagens, indicando que a partir do décimo nono dia um ligeiro decréscimo na qualidade do produto, sendo apresentado uma redução dos sólidos solúveis, teor de umidade, cor e vitamina C e aumento no aparecimento de danos, também influenciando na qualidade dos frutos. Podemos também relacionar este componente 1 com o amadurecimento gradativo do pimentão amarelo pelos demais fatores observados antes do décimo nono dia que foi o aumento de vitamina C e pH. Parâmetros estes também verificado pelo experimento realizado e discutido no Capítulo 1.

O segundo componente principal possui alta correlação com a firmeza e o murchamento ao longo do período de armazenamento, e através desse resultado, pode-se verificar que conforme a firmeza dos frutos analisados sensorialmente diminuía os sintomas de murchamento se tornavam mais evidentes, indicando perda da qualidade dos frutos ao longo do período de armazenamento, porém não atingindo níveis de descarte.

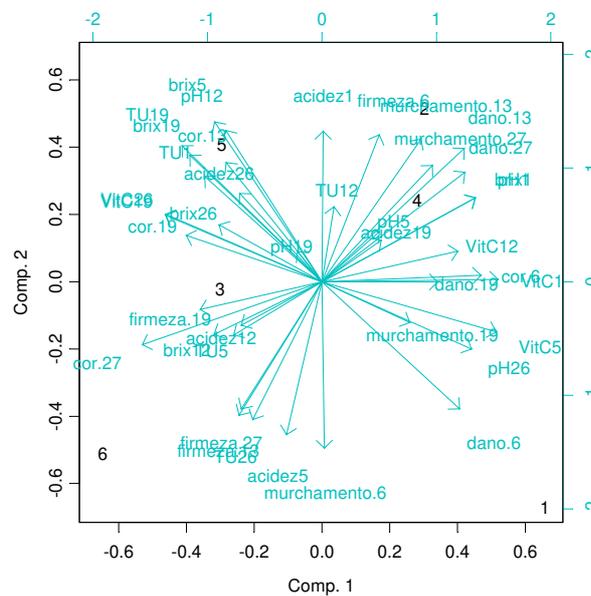


Figura 19 – Relação entre os dois componentes principais para as variáveis físico-químicas e sensoriais dos tratamentos ao longo do período de 28 dias de armazenamento.

Na tentativa de precisar o comportamento das variáveis de maior contribuição na determinação destes dois componentes principais e quantificar uma possível influência das embalagens utilizadas no amadurecimento dos frutos de pimentão amarelo foi analisado o gráfico representado pela Figura 19. Não se observou qualquer indicativo de diferença das embalagens utilizadas entre as variáveis químicas, físicas e sensoriais. Este comportamento reforça a associação entre os métodos de conservação, variáveis e tempo para a evolução ou retardamento do amadurecimento de pimentão amarelo.

Tentando corroborar os resultados mencionados acima, foi realizada a análise de variância do componente 1, ou seja, grau de maturação, que explica cerca de 32,0% da variabilidade total dos dados para as embalagens testadas no resfriamento rápido com ar forçado e submetidas ao armazenamento refrigerado por 28 dias.

Tabela 11 – Quadro de Análise de Variância do Componente 1, ao longo do período de armazenamento.

C. V.	G.L.	S.Q	Q.M.	F
Embalagens	1	18,96	18,96	1,28 ^{NS}
Resíduo	4	59,12	14,78	
Total	5	78,10		

Desvio padrão = 3,85; Erro padrão da média = 2,22.

Como o valor de $F_{Tab.; 0,05;1;4} = 7,71 > F_{Calc.} = 1,28$, aceita-se a hipótese de que as embalagens apresentem o mesmo comportamento durante o resfriamento rápido com ar forçado e durante a conservação do pimentão amarelo sob refrigeração por 28 dias, em relação às variáveis do componente 1, em nível de 5% de significância. Com isso pode-se afirmar que as embalagens apresentam comportamentos iguais, em relação à qualidade dos frutos para o método de resfriamento rápido e conservação pós-colheita estudados (Tabela 11).

Tabela 12 – Quadro de Análise de Variância do componente 2 ao longo do período de armazenamento.

C. V.	G.L.	S.Q	Q.M.	F
Embalagens	1	0,80	0,80	0,06 ^{NS}
Resíduo	4	57,95	14,49	
Total	5	58,75		

Desvio padrão = 3,80; Erro padrão da média = 2,20.

Do mesmo modo, para o componente 2, o valor de $F_{\text{Tab.}; 0,05;1;4} = 7,71 > F_{\text{Calc.}} = 0,06$, aceita-se a hipótese de que as variáveis (firmeza e murchamento) do componente 2, não foram influenciadas pelas embalagens testadas, a um nível de 5% de significância (Tabela 12). Com isso pode-se afirmar que a degradação da firmeza e a evolução do murchamento foram uniformes para as duas embalagens testadas sendo que o mesmo observado para a perda de massa.

6.4. Conclusão

Com a utilização do resfriamento rápido com ar forçado, determinou-se o $7/8$ do tempo de resfriamento para pimentão amarelo ‘Zarco HS’ sendo 32 minutos para a embalagem plástica e 40 minutos para a embalagem de papelão. Detectou-se uma diferença de 8 minutos no $7/8$ do tempo de resfriamento para embalagem de papelão por apresentar menor porcentagem de área de abertura na face de entrada do ar frio.

Deve-se salientar que as embalagens plásticas utilizadas foram modificadas para a aplicação do resfriamento rápido com ar forçado, havendo a necessidade de uma análise de custo benefício para a real utilização destas embalagens.

Foi observado que no 19º dia de armazenamento ocorreu uma perda na qualidade do produto, porém não o bastante para finalizar o armazenamento. Aos 28 dias de armazenagem, o pimentão ‘Zarco HS’ se apresentava com qualidade comercial adequada.

As embalagens estudadas interferiram igualmente na vida de prateleira de pimentão amarelo submetido ao resfriamento rápido com ar forçado e conservado por 28 dias mesmo apresentando a diferença entre o $7/8$ do tempo de resfriamento.

7. CAPÍTULO 7:

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PIMENTÃO AMARELO ‘ZARCO HS’ SUBMETIDO AO RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO E CONSERVADO POR 30 DIAS E SUA COMPARAÇÃO, POR ANÁLISE SENSORIAL, COM O PRODUTO DE SUPERMERCADO.

7.1. Introdução

Como todos os organismos vivos, as frutas e hortaliças desenvolvem processos essenciais para sua manutenção a partir das reservas acumuladas durante o período em que permaneceram ligadas às plantas. Este processo, em que tais reservas são convertidas em energia, é chamado respiração e, durante a mesma acontece a liberação de calor, CO₂ e vapor d'água (Chitarra e Chitarra, 1990).

A armazenagem frigorificada além de diminuir o processo da respiração, reduz a ação das enzimas, diminui a perda de água, diminui a ação dos microrganismos que provocam a deterioração e aumenta a vida útil de comercialização (Gast e Flores, 1991).

O armazenamento em baixas temperaturas, dentro da faixa recomendada para cada produto, tem sido considerado como o método mais eficiente para manter as qualidades da maioria dos produtos hortifrutícolas, devido aos seus efeitos na redução da respiração, transpiração, produção de etileno, amadurecimento, senescência e desenvolvimento de podridões (Hardenburg *et al.*, 1986).

O resfriamento rápido, também chamado de pré-resfriamento dos produtos refere-se à rápida remoção do “calor de campo” dos produtos agrícolas perecíveis após a colheita, antes que eles sejam transportados a longas distâncias ou armazenados. O resfriamento rápido é uma operação distinta da estocagem frigorífica, que requer instalações e equipamentos especiais (Bleinroth *et al.*, 1992).

Este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade do pimentão amarelo submetido ao resfriamento rápido com ar forçado e armazenado por 30 dias sob refrigeração e, posteriormente, verificar sua aceitação, por meio de análise sensorial baseado num teste com consumidor, junto ao pimentão amarelo de origem desconhecida, exposto nos balcões de comercialização de um supermercado.

7.2. Material e Métodos

Para realização do resfriamento rápido com ar forçado foram utilizados frutos de pimentões amarelos colhidos com coloração dos frutos na faixa de 30 a 50% de cor amarela. Após a colheita os pimentões foram acondicionados em seis caixas plásticas desenvolvidas pela Embrapa Hortaliça e em seis caixas de papelão, após o acondicionamento dos frutos eles foram transportados para o Laboratório de Controle Ambiental da Faculdade de Engenharia Agrícola onde foram realizados os experimentos.

O sistema de ar forçado foi montado dentro da câmara frigorífica FANEN modelo 095. Utilizou-se um conjunto moto-ventilador pressurizador e sistema lona para vedar a região não utilizada da “janela” (Figura 20).

O conjunto moto-ventilador (em aço galvanizado a fogo) é composto por: ventilador centrífugo de dupla aspiração, linha leve, modelo BDC 381-286, vazão de ar de $4870\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, pressão estática 10mmCA, 535rpm, velocidade de $9,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e motor acoplado de 0,75CV – trifásico – 220V – 60Hz.

Para as medições de temperaturas e umidades relativas, no interior da câmara e no produto, durante o resfriamento rápido com ar forçado e a armazenagem refrigerada, foram utilizados sensores do tipo termopares, acoplados a um sistema de aquisição de dados (INSTA-TREND), que transmite os sinais através de uma placa A/D para um computador.

A temperatura foi medida através de termopares na câmara, no evaporador, nos frutos e nas embalagens, num total de 48 termopares. Para cada embalagem foram inseridos termopares de agulha (no interior do produto e no mesocarpo) e termopares na embalagem entre os frutos. Foi escolhido um fruto aleatório dentro de cada embalagem para medição da temperatura. A disposição dos 48 termopares encontra-se no Apêndice 7.

Para a medição da umidade relativa do ar foram utilizados termopares de bulbo seco e bulbo úmido, através de um psicrômetro aspirado e instalado no interior da câmara.

Após a colocação dos termopares nas caixas, nos frutos, na entrada e saída do ar das caixas, na saída do evaporador e feita a vedação da abertura indesejável das embalagens plásticas as caixas foram dispostas na câmara, formando o túnel do sistema de resfriamento rápido com ar forçado. Após o túnel ser montado, foram ligados o sistema de resfriamento rápido e o sistema de aquisição de dados por computador através do software INSTA-TREND.

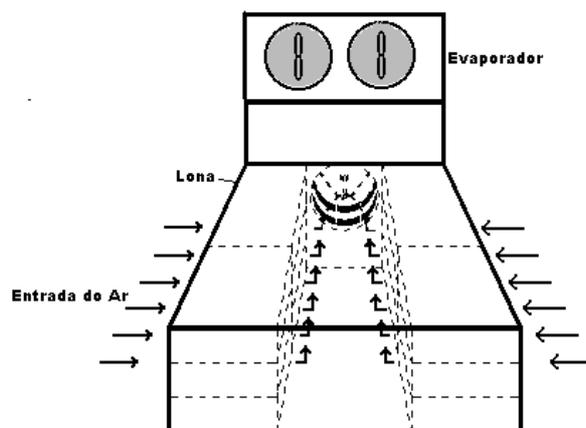


Figura 20 – Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo “túnel californiano”.

Durante o tempo do resfriamento rápido, a temperatura foi monitorada pela tela do computador e quando a temperatura atingiu o valor da temperatura de $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento, o sistema de resfriamento por ar forçado foi desligado. Após ter atingido a temperatura e o sistema de ar forçado ser desligado, as caixas foram mantidas na mesma câmara frigorífica, dispostas em prateleiras para avaliar a qualidade do pimentão amarelo armazenado por 30 dias sob refrigeração a $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$. Os termopares tanto das caixas quanto dos frutos, foram mantidos para o monitoramento da temperatura no decorrer da estocagem.

A avaliação qualidade do pimentão amarelo armazenado por 30 dias sob refrigeração a $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$ foi realizada através da análise dos seguintes parâmetros: perda de massa – aleatoriamente 2 frutos de cada caixa compuseram o grupo controle de peso. Antes do início do resfriamento rápido com ar forçado e no final período de armazenagem estes foram pesados em balança analítica digital. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa. Para ácido ascórbico, acidez titulável, pH, teor de umidade e sólidos solúveis, foi realizada uma análise inicial e no final do período de armazenagem. Os procedimentos para cada avaliação são idênticos aos descritos no Capítulo 1. A análise de resistência à compressão foi realizada no início e fim do experimento seguindo o procedimento: retirou-se espécimes cilíndricos do pericarpo do pimentão amarelo utilizando anel vazador. Cada espécime foi colocado na prensa mecânica – CANNERS MECHINERY LIMITED – ALPHA Instruments Model 1804C - na direção do eixo central, a prensa deslocou-se com uma taxa de deformação constante de $4\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ até a ruptura do espécime.

Os dados foram obtidos através de um conversor automático de dados A-D – SPIDER 8, HBM – Hottinger Baldwin Messtechnik e armazenados em um computador. As amostras foram comprimidas imediatamente após o corte. Para os resultados foi calculada a área formada pela força (N) e deformação (mm) a 40% para todas as amostras sendo expressa em energia (N.mm), sendo considerado como o índice de firmeza para o pimentão amarelo, e o módulo de elasticidade através da curva de força (N) por deformação (mm), escolhendo-se dois pontos na primeira parte linear da curva. Com os valores de P1 (x1 e y1), P2 (x2 e y2) e os valores obtidos anteriormente da área, calculada a partir do diâmetro (A) e da espessura (h) de cada espécime encontrou-se o índice de deformação, representado através do módulo de elasticidade do produto, (E em MPA).

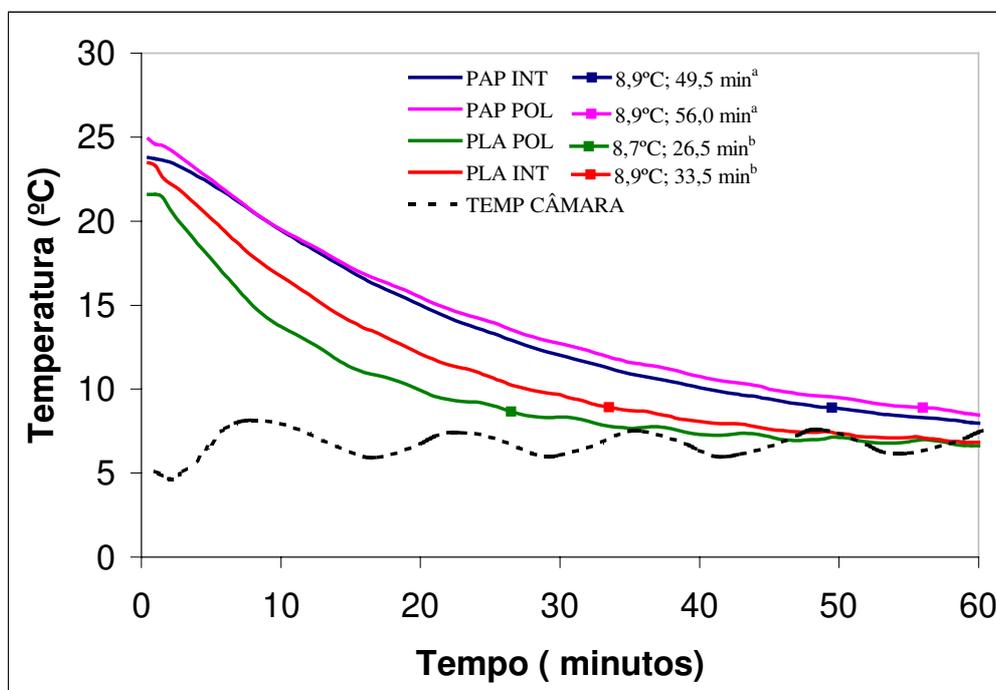
Foi realizada também análise sensorial no final do período de armazenagem. A análise foi um teste com consumidor onde o grupo alvo foi composto de pessoas responsáveis pelas compras de hortifrutícolas totalizando 33 julgadores. A ficha sensorial (Apêndice 8) foi composta por perguntas de preferência, teste do ideal e intenção de compra. Foram submetidas aos julgadores amostras resfriadas e conservadas em caixa de papelão, caixa plástica e produto adquirido em um supermercado no dia da análise, de origem desconhecida.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado para a avaliação do $7/8$ do tempo de resfriamento e das características físicas e químicas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Para a análise sensorial, nas questões de preferência e decisão de compra, foi aplicada a análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e para as questões onde foi utilizada a escala de ideal (coloração e firmeza), foi aplicado o Teste de χ^2 .

7.3. Resultados e Discussão

7.3.1. Avaliação do $7/8$ do tempo de resfriamento



Onde: PLA POL = polpa caixa plástica; PLA INT = interno caixa plástica; PAP POL = polpa caixa papelão; PAP INT = interno caixa papelão; ^a – valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade.

Figura 21 – Curva do resfriamento rápido com ar forçado para pimentões embalados em caixas plásticas e caixas de papelão. Temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento e o tempo para atingir esta temperatura para a polpa e ar interno do produto para as duas embalagens.

Para os pimentões resfriados com ar forçado, verifica-se, através da Figura 21, que o tempo de resfriamento variou entre 26,5 para a polpa dos produtos embalados na caixa plástica e 56 minutos para polpa do produto embalado na caixa de papelão até que os pimentões atingissem a temperatura de $7/8$ do tempo de resfriamento. Neste experimento aconteceu que o ar interno do produto embalado na caixa de papelão apresentou um $7/8$ do tempo de resfriamento menor que a polpa na embalagem de papelão. Isto provavelmente ocorreu devido a ponto de inserção dos termopares que possivelmente ficaram afastados das áreas de aberturas ou em local com um menor fluxo de ar frio, dificultando o resfriamento.

Em relação à temperatura da câmara, esta se manteve em média a $6,8 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Observa-se, portanto, que a montagem do túnel de resfriamento e a colocação das caixas no interior da câmara, para este experimento, foi mais eficiente não provocando o aumento da temperatura no interior da câmara.

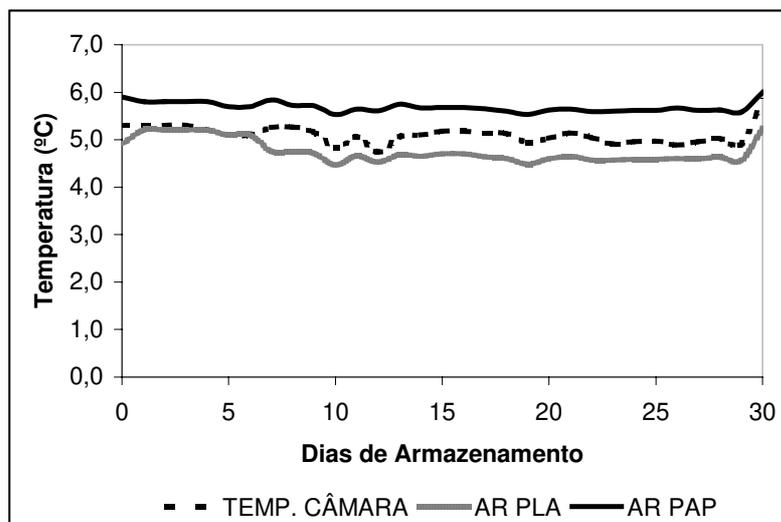
Através da análise de variância verificou-se que houve diferença significativa em nível de 1% de probabilidade entre as embalagens estudadas ($F_{\text{Tab.}; 0,01; 3; 20} = 4,94 < F_{\text{Calc.}} = 14,40$). Como já verificado no Capítulo 3, a embalagem plástica por apresentar uma maior área de abertura na face de entrada do ar frio proporcionou um $\frac{7}{8}$ do tempo de resfriamento menor que a embalagem de papelão. Deve-se ressaltar a necessidade da vedação da abertura indesejável que a caixa plástica apresenta.

Verifica-se com isso a clara necessidade de uma porcentagem adequada de área de abertura na face de entrada do ar frio como relata Fraser (1991).

Quando se comparam os dois pontos de leitura da temperatura no produto, verifica-se que para a mesma embalagem não houve diferença significativa. Observa-se, portanto, que o controle de temperatura no interior da câmara de resfriamento é de extrema importância, pois uma câmara frigorífica com suas devidas regulagens proporcionará um resfriamento rápido com ar forçado mais eficiente.

7.3.2. Monitoramento da temperatura ao longo do período de armazenamento.

Através da Figura 22 pode-se observar que a temperatura ao longo do período de armazenagem manteve-se constante, sendo que neste período não houve interrupções de fornecimento de energia, garantindo uma melhor manutenção da temperatura previamente estabelecida. A temperatura média da câmara frigorífica neste período foi de $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$, a temperatura do ar na caixa plástica foi de $4,8 \pm 0,25^{\circ}\text{C}$ e a temperatura do ar na caixa de papelão foi de $5,7 \pm 0,11^{\circ}\text{C}$.



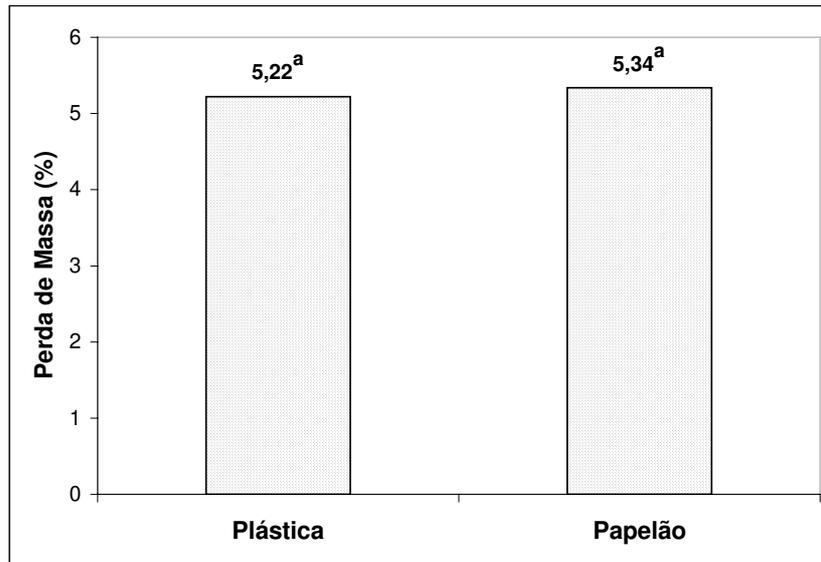
Onde: AR PLA = temperatura do ar na caixa plástica; AR PAP = temperatura do ar na caixa papelão.

Figura 22 – Curva da temperatura durante a armazenagem para avaliação a qualidade do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ armazenado por 30 dias sob refrigeração a $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$ em duas embalagens distintas.

7.3.3. Avaliação física, química e sensorial

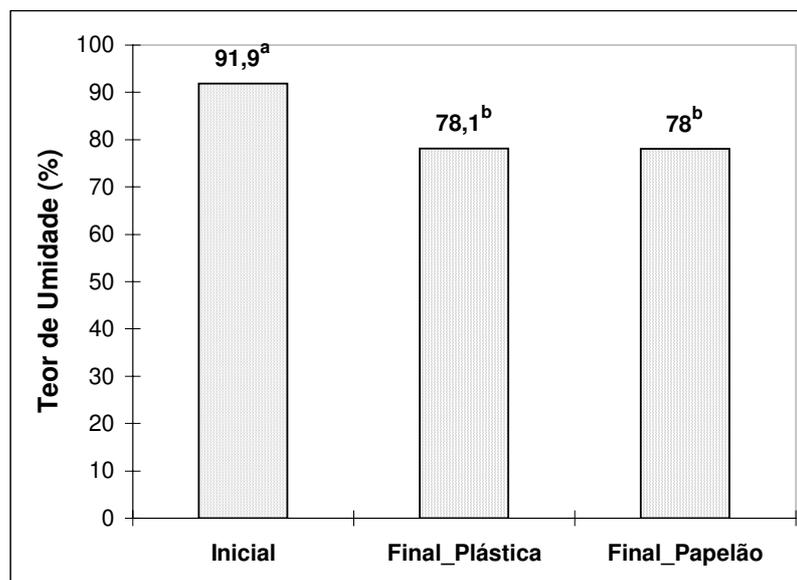
Para pimentões amarelos conservados por 30 dias sob refrigeração em duas embalagens distintas, verifica-se através da Figura 23 que a perda de massa atingiu 5,22% para a caixa plástica e 5,34% para a caixa de papelão, apresentando uma evolução igualmente para os dois tratamentos. Isto se confirma quando submetidos à análise de variância ($F_{\text{Tab.}; 0,05; 1; 22} = 4,30 > F_{\text{Calc.}} = 0,03$) na qual é determinada a não diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para os dois tratamentos em questão. Desta forma pode-se afirmar que as duas embalagens estudadas interferem igualmente na perda de massa dos pimentões amarelos armazenados sob refrigeração por 30 dias.

A porcentagem de perda de massa encontrada foi inferior ao que Medina (1984) relatou, mostrando nenhum sintoma de murcha e perda de qualidade.



^a – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

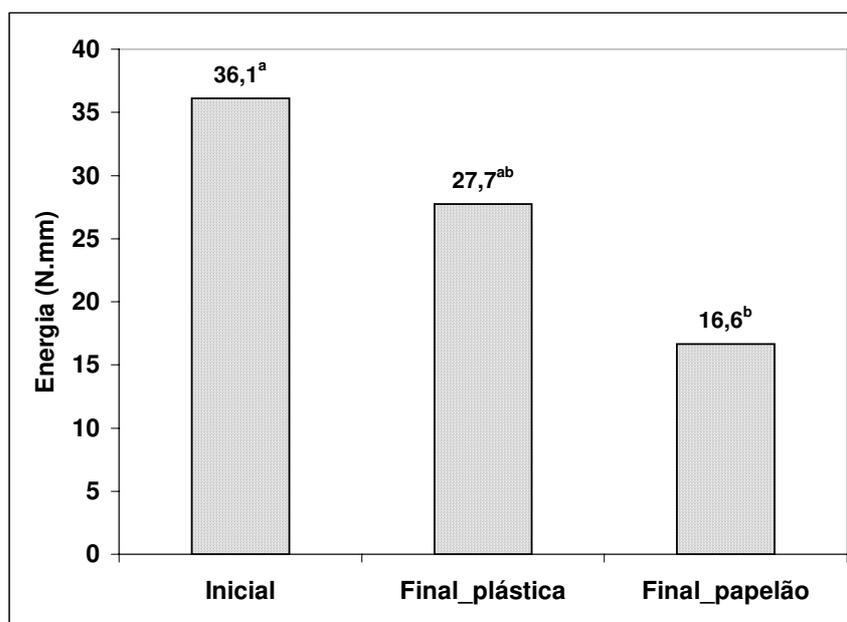
Figura 23 – Perda de massa para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.



^a – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade.

Figura 24 – Teor de umidade para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.

Para o teor de umidade (Figura 24) do produto no primeiro e no trigésimo dia, observa-se que esta característica física apresentou uma redução de 13,8% para o produto acondicionado em caixa plástica e 13,9% para os da caixa de papelão. Contudo, analisa-se que ocorreu uma perda de água maior que o representado pela avaliação da perda de massa. Quando se observa o pericarpo do pimentão amarelo nota-se que o endocarpo não possui a mesma cutícula que o epicarpo, a qual reduz a perda de água por transpiração. Com isso esta perda não é corretamente detectada devido ao acúmulo de água na cavidade interna do pimentão amarelo e quando seco para determinação do teor de umidade não ocorre este problema. Mesmo com esta redução no teor de umidade o produto não apresentou sintomas de murcha e perda de qualidade após 30 dias de armazenamento. Quanto as duas embalagens estudadas, verificou-se que ambas interferiram igualmente na redução do teor de umidade para o produto em estudo.



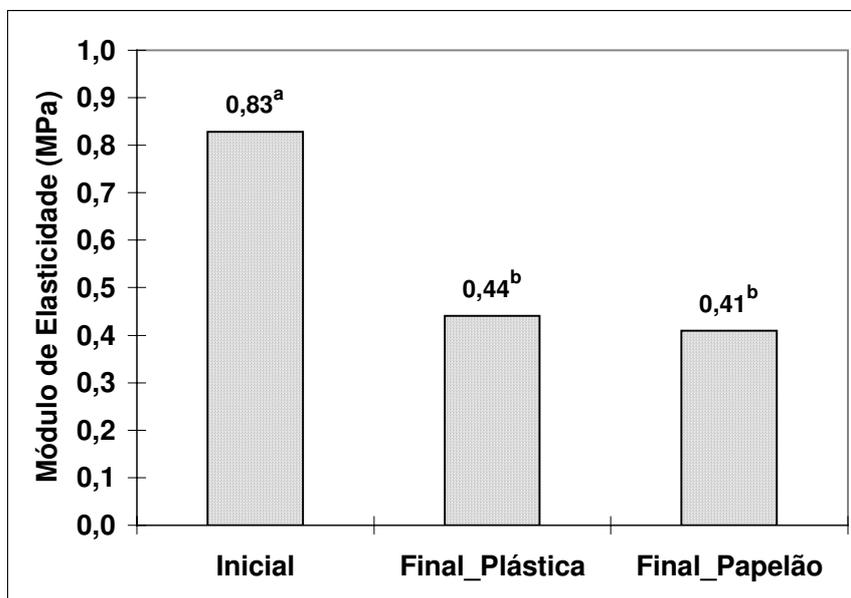
^a – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade.

Figura 25 – Índice de firmeza para pimentões amarelos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e expresso em energia (N.mm).

Do mesmo modo pode-se observar pela Figura 25 que o índice de firmeza do pimentão amarelo analisado através da resistência à compressão e expresso em energia também decresceu durante o período de 30 dias de armazenamento. A parede celular é um dos principais determinantes das propriedades mecânicas do tecido vegetal. Na polpa de frutos, a parede celular é composta principalmente por celulose, hemicelulose e pectina (Whitney *et al.*, 1999). Durante o amadurecimento parte da pectina e da hemicelulose são hidrolisadas, tendo como resultado o amolecimento do fruto (Seymour *et al.*, 1993).

Para os produtos embalados na caixa de papelão o índice de firmeza foi estatisticamente inferior ao índice de firmeza do produto no primeiro dia, concordando com os autores acima, indicando que à medida que o produto amadurece, perde massa e teor de umidade, o pericarpo de torna menos rígido e menos viçoso.

O alto coeficiente de variação observado (53%) é resultado da diferença da espessura do pericarpo do pimentão e da irregularidade na superfície do mesmo dificultado a retirada de espécimes parecidos e proporcionando erro experimental, indicando a necessidade de um aprimoramento na metodologia aplicada para determinação desta característica para o pimentão amarelo quando analisado através da energia.



^a – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade.

Figura 26 – Índice de firmeza para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e expresso através do módulo de elasticidade (MPa).

Quando se analisou o índice de firmeza através do módulo de elasticidade (Figura 26), pode-se observar que resultados parecidos com a energia foram encontrados, porém com mais clareza. Verifica-se neste caso que ambas embalagens apresentaram diferença altamente significativa após 30 dias de armazenamento do produto. Estes resultados novamente vêm a confirmar que durante um período de armazenamento o produto apresenta-se menos firme.

O índice de firmeza analisado pelo módulo de elasticidade mostrou-se também com um alto coeficiente de variação (24%), porém dentro dos limites aceitáveis para produto biológico, entretanto a necessidade do aprimoramento da metodologia para avaliação do índice de firmeza em pimentões se faz necessário devido à irregularidade da superfície interna do pericarpo do produto e da diferença de espessura da polpa no mesmo fruto e em frutos diferentes.

Tabela 13 – Características químicas para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias.

	SST ^x (°Brix)	pH	AT ^y (g de ácido málico.100g ⁻¹)	Vitamina C (mg de ácido ascórbico.100g ⁻¹)
Inicial				
Média ^z	7,8 ^a	5,1 ^{a**}	0,18 ^{b**}	176,2 ^{b*}
Desvio Padrão	0,3	0,1	0,0	14,3
CV	0,0	0,0	0,1	0,1
Final – Caixa Plástica				
Média	7,6 ^a	4,8 ^b	0,29 ^a	199,2 ^{ab}
Desvio Padrão	0,7	0,1	0,0	11,8
CV	0,1	0,0	0,1	0,1
Final – Caixa de Papelão				
Média	7,6 ^a	4,6 ^b	0,28 ^a	204,9 ^a
Desvio Padrão	0,6	0,1	0,0	24,1
CV	0,1	0,0	0,1	0,1

Onde: ^x – Sólidos Solúveis Totais; ^y – Acidez Titulável; ^z – letras iguais na mesma coluna não diferem entre si através do Teste de Tukey sendo * - em nível de 5% de probabilidade e ** - em nível de 1% de probabilidade.

Através da Tabela 14 verifica-se que ocorreu um aumento, altamente significativo, nos teores de ácido málico entre o valor inicial e final, após 30 dias de armazenamento, em ambas as caixas. Todavia, entre elas não foi detectada diferença significativa. Verifica-se um decréscimo no pH entre o primeiro e o trigésimo dia de armazenamento, apresentando os mesmos resultados estatísticos, para as embalagens estudadas. Contudo, nota-se que as embalagens testadas interferiram igualmente nos teores de ácido málico e pH para o pimentão amarelo 'Zarco HS', confirmando os dados encontrados e discutidos no Capítulo 3.

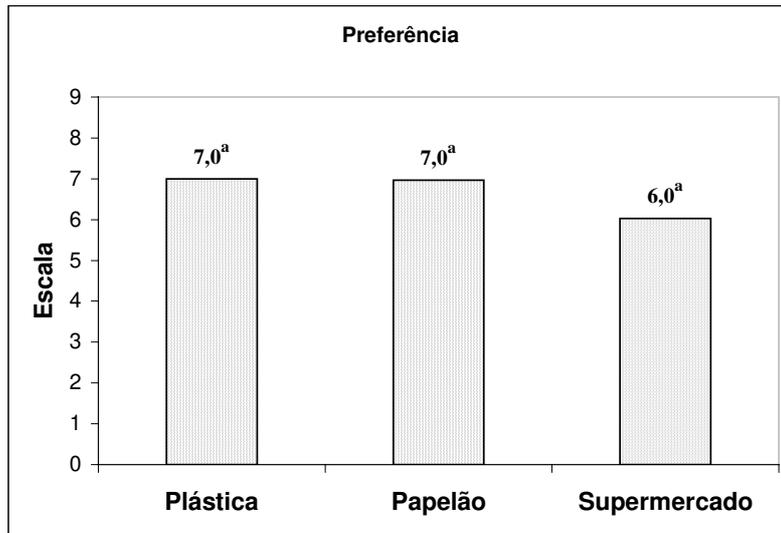
Os sólidos solúveis mantiveram-se constantes durante o período de armazenagem, não sofrendo interferência dos tratamentos estudados.

Para o teor de ácido ascórbico nos pimentões amarelos, a Tabela 14 mostra que durante a armazenagem este teor apresentou um aumento para os dois tratamentos em estudo como verificado anteriormente, pois durante o amadurecimento do pimentão amarelo esta característica química tende a aumentar mesmo que em pequenas quantidades.

Observa-se também que, para o pimentão amarelo armazenado na caixa de papelão, este acréscimo foi maior e estatisticamente diferente em nível de 5% de probabilidade do produto analisado assim que colhido. A evolução do amadurecimento para o produto embalado na caixa de papelão apresentou um pouco mais acelerada que a da caixa plástica, o que foi ocasionado pela diferença de temperatura no interior das duas embalagens devido a diferença de área de abertura para entrada do ar frio, o que provocou um acúmulo de calor na embalagem de papelão.

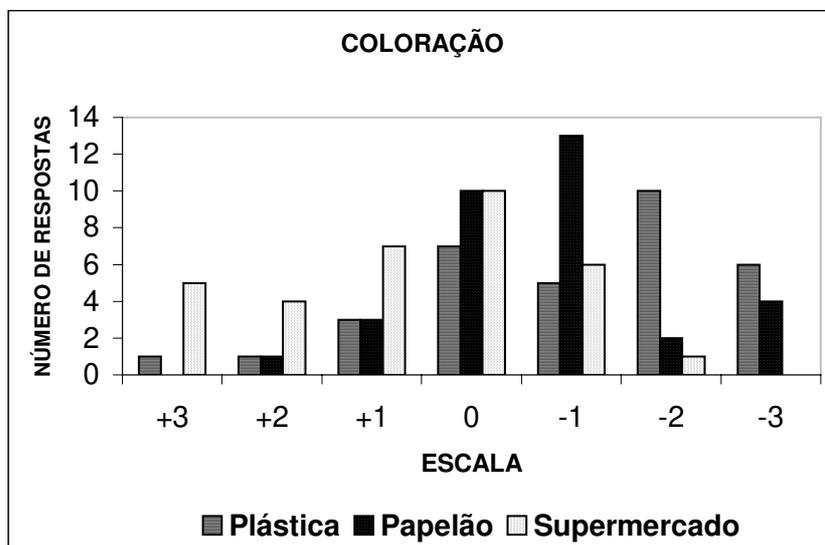
Através da análise sensorial pode-se observar o estado do produto após trinta dias de armazenamento, o qual se mostrou a mesma intenção de compra do produto das gôndolas de supermercado.

Para o teste de preferência os três tratamentos (produto resfriado e armazenado na caixa plástica, produto resfriado e armazenado na caixa de papelão e produto do supermercado) não apresentaram diferença significativa, porém os produtos resfriados e armazenados obtiveram uma nota maior correspondente ao gosto dos julgadores (Figura 27).



^a – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Figura 27 – Teste de preferência para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.



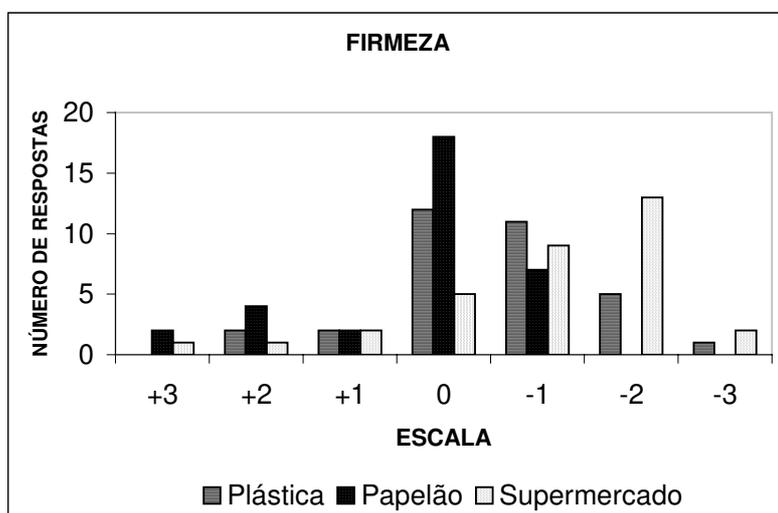
A legenda da escala encontra-se no Apêndice 8.

Figura 28 – Avaliação da coloração para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.

Com relação à coloração do produto, verifica-se através da Figura 28 que o produto do supermercado apresentou a coloração ideal e que os produtos embalados em caixa de papelão apresentavam-se com uma porcentagem de coloração amarela inferior ao produto do supermercado e os da caixa plástica com uma porcentagem de coloração amarela inferior ao produto da caixa de papelão. Com isso observa-se que os produtos resfriados e embalados na caixa de papelão apresentaram-se com a evolução da cor amarela mais acelerada que os da caixa plástica, claramente explicado pela diferença de temperatura de ambas as caixas.

Através do Teste de χ^2 verificou-se que a coloração das amostras de pimentão amarelo, analisadas sensorialmente, com 95% de confiança, são diferentes entre si, pois $\chi^2_{\text{calculado}} = 34,73 > \chi^2_{\text{tabelado}(12)} = 21$.

Já com relação à firmeza, verifica-se através da Figura 29 que o produto embalado na caixa de papelão apresentou a firmeza ideal para a maioria dos julgadores seguido do produto embalado na caixa plástica. O produto de supermercado apresentou-se moderadamente menos firme que o ideal e pelo teste de χ^2 observou-se que a firmeza das amostras de pimentão amarelo, analisadas sensorialmente, com 95% de confiança são diferentes entre si, pois $\chi^2_{\text{calculado}} = 28,51 > \chi^2_{\text{tabelado}(12)} = 21$.



A legenda da escala encontra-se no Apêndice 8.

Figura 29 – Avaliação da firmeza para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.

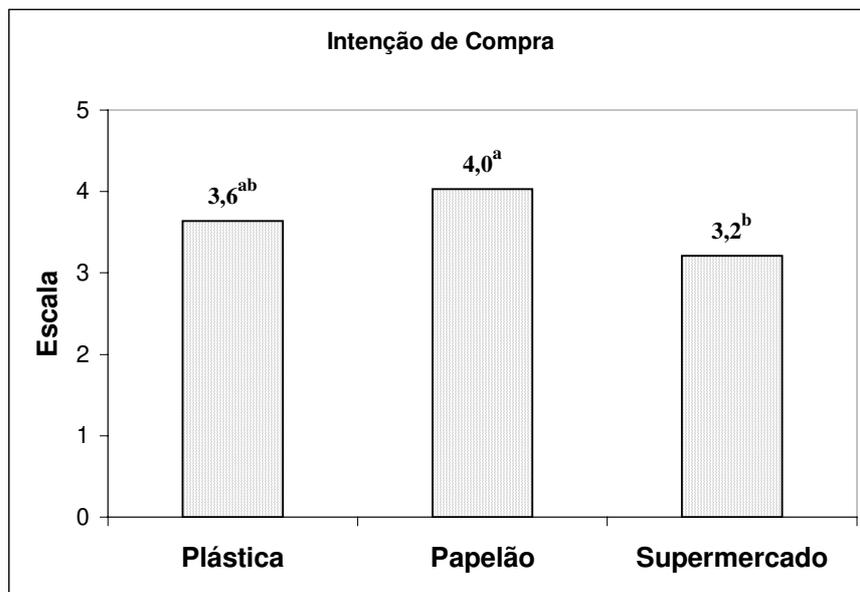


Figura 30 – Teste de intenção de compra para pimentões amarelos ‘Zarco HS’ submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado em duas embalagens e conservados sob refrigeração por 30 dias e para o produto das gôndolas de supermercado, analisados sensorialmente.

Na intenção de compra (Figura 30), os pimentões amarelos embalados na caixa de papelão se apresentaram adequados para os julgadores diferindo estatisticamente do produto de supermercado. Já para os da caixa plástica a diferença não foi observada quando comparado com os demais tratamentos, apresentando-se com uma opção intermediária.

Verificou-se que durante o período de 30 dias de armazenamento, a aparência geral do produto foi praticamente mantida nas caixas estudadas. Observou-se também que no final do período de 30 dias de armazenamento sob refrigeração a $5,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ e UR de $98,6 \pm 0,3\%$ o pimentão amarelo apresentava-se com praticamente 60% a 70% de cor amarela, coloração necessária para colocação do produto no mercado.

7.4. Conclusão

As embalagens estudadas apresentaram-se favoráveis para conservação pós-colheita de pimentão amarelo submetido ao resfriamento rápido com ar forçado e conservado por 30 dias, como já observado anteriormente.

O produto resfriado rapidamente com ar forçado e conservado sob refrigeração se manteve em perfeitas condições por um período de 30 dias e quando comparado com os produtos em comercialização obteve a mesma intenção de compra, comprovando que a refrigeração conserva o produto e que há possibilidade da colocação do produto no mercado após este período de armazenamento.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da relação entre a coloração externa e as características físico-químicas, verificou-se que no decorrer do amadurecimento do pimentão amarelo 'Zarco HS', ainda na planta mãe, os teores de acidez titulável, sólidos solúveis totais e ácido ascórbico, sofrem alterações. Recomenda-se a colheita do pimentão amarelo 'Zarco HS' com 50% de coloração amarela pois os frutos apresentam características definidas e, com a utilização de tecnologias de conservação, um maior tempo para a comercialização deste produto pode ser conseguido.

Para a respiração do pimentão amarelo 'Zarco HS' em diferentes temperaturas, verificou-se que as cultivares plantadas aqui no Brasil podem diferir das citadas na literatura e que a temperatura a 5°C pode ser utilizada pois reduziu a taxa respiratória do produto durante 8 dias. Com isso, uma temperatura menor do que a recomendada pela literatura pode ser utilizada para conservação desta hortaliça, possibilitando um aumento na vida útil do mesmo.

Em relação à metodologia de avaliação do índice de firmeza para pimentão amarelo, uma pequena parte de muito estudo foi iniciada. A compressão de espécimes cilíndricos de pimentão em uma prensa universal foi um avanço na metodologia de determinação desta característica, porém a extração destes espécimes ainda necessita de melhoria devido à irregularidade da superfície do produto em estudo e deste apresentar uma certa rugosidade na parede interna do pericarpo desfavorecendo a compressão. Obtiveram-se resultados que indicou uma perda de firmeza durante o período de armazenamento, como era o esperado.

A aplicação do resfriamento rápido com ar forçado mostrou-se, para o pimentão amarelo, como uma tecnologia pós-colheita viável, pois em torno de 40 minutos o produto atinge a temperatura do tempo de $\frac{7}{8}$ de resfriamento, prolongando com isso sua vida de prateleira. Para esta aplicação deve-se lembrar que o sistema de refrigeração da câmara tem que ser projetado de maneira que possa retirar a carga térmica correspondente ao armazenamento, mais o calor de campo e que o tempo de resfriamento é função das dimensões das caixas, da área e da forma de distribuição das aberturas das caixas, além das características e quantidade do produto, da temperatura, da umidade e da velocidade do ar através do produto.

Quando se comparou sensorialmente o pimentão 'Zarco HS', resfriado rapidamente com ar forçado e armazenado sob refrigeração a 5°C por 30 dias com o pimentão amarelo exposto a granel na gôndola sem refrigeração de um supermercado de Campinas – SP, observou-se que através do teste de preferência, os consumidores preferiram igualmente as

amostras, salientando que o produtor pode estocar este produto, da maneira aqui exposta e posteriormente leva-lo a comercialização sem comprometimento da qualidade do produto. Vale lembrar que um estudo para avaliação do tempo de comercialização deste produto após a retirada da câmara refrigerada e colocação na gôndola seria de grande valia.

Verificou-se que o melhor método de armazenagem para o pimentão 'Zarco HS' é o resfriamento rápido com ar forçado embalado em caixas para um peso de até 7 quilos com boa área de abertura para proporcionar uma melhor troca entre o ar frio e o produto, seguido de armazenamento refrigerado a 5°C e 98% de umidade relativa preservando suas características por um período de 30 dias.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, J.M.; CHIRIFE, J. Combined methods for the preservation of foods in Latin American and the CYTED – D project. **Journal of Food Engineering**, v.22, n. 1-4, p. 433 – 444, 1994.

ANTONIALI, S. **Resfriamento rápido com ar forçado para conservação pós-colheita de alface “crespa”**. Campinas, 2000. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2002. 545p.

ARDITO, E. de F.G. **Comparasion of field testing and laboratory testing for tomatoes in distribution packages in Brazil**. East Lansing: Michigan State University. 1986. 62p.

ASHRAE. **Handbook: Fundamentals**. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1997. cap.5. 16 p.

BAIRD, C.D.; GAFFNEY, P.E.; TALBOT, M.T. Design criteria for efficient and cost effective forced air cooling systems for fruits and vegetables. **ASHRAE Transactions**, v. 94 p. 1434 – 1454, 1988.

BARROS, J.C. da S.M. de; GOES, A. de; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Agricola**, v.51, p. 363-368, 1994.

BIALE, J.G. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advances in Food Research**. v.10, p.293-354, 1960.

BLEINROOTH, E.W. Armazenamento de frutas e hortaliças. **Boletim do ITAL**. v.34, p.35-67, 1973.

BLEINROTH, W.E.; CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M. **Curso de pós-colheita e armazenamento de hortaliças**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL. 104p. 1982.

BLEINROTH, W.E. et al.. **Curso de transporte refrigerado de frutas e hortaliças**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL. 163 p. 1983.

BLEINROTH, E.W.; CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M. Conservação de hortaliças por refrigeração e agente químico. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.145-161, 1985.

BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M.; ARDITO, E. F.; CASTRO, J. V.; SPAGNOL, W. A.; NEVES Fº, L. C. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL. 1992. p.203.

BORDIN, M.R. **Embalagem para frutas e hortaliças**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, p.19-27. 1998.

BOYETTE, M.D.; WILSON, L.G.; ESTES, E.A. **Postharvest Cooling and Handling on Peppers**, The North Carolina Agricultural Extension Service. March 1990. 2p.

BRASIL. Portaria n.33 de 13 de jan de 1998. **Ingestão diária recomendada para proteínas, vitaminas e minerais** . Brasília. Diário Oficial da União. Seção I-E. p. 5, 1998.

BURTON, C.L.; SCHULTE-PASON, N.L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, v. 22, n. 2, p. 281-2, 1987.

BUSSEL, J.; KENIGSBERGER, Z. Packaging green bell peppers in selected permeability films. **Journal of Food Science**, v.40, p.1300-1303, 1975.

CALBO, A.G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.6, p. 733-739, 1989.

CALBO, A. G., MORETTI, C.L. **Penetrômetro a gás para avaliação da firmeza de frutos**. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/penetrometro.htm. Acesso em: 25/01/2003.

CAMARGO, G. A. **Perdas pós-colheita de verduras e frutas frescas**. In: Anuário da Agricultura Brasileira. Edição: FNP Consultoria e Comércio. São Paulo: p. 41-42. 2002.

CAMARGO, L. de S. **As Hortaliças e seu cultivo**. 3ed.Campinas: Fundação Cargill. 1992. 252p.

CANTWELL, M. **Bell pepper recommendations for maintainning postharvest quality**. Davis, CA: Vegetables Crops Dept., University of California, 2000. 2p.

CASTRO, L.R. Influencia da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1: p. 26-33. 2001.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. Fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL. 1990. 293p.

CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Poços de Caldas. 1998. p. 1-58.

CLAYPOOL, L.L., KEEFER, R.M. A colorimetric method for CO₂ determination. **American Society for Horticultural Science**, v.40, p. 177-186, 1942.

COCHRAN, H.L. Changes in pH of the pimiento during maturation. **American Society for Horticultural Science**, v. 84, p. 409-411, 1964.

DOBNEY, E.; VERSÁNYI, I. Experiments on short term storage of horticultural products by using plastic films treated with various methods. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF PLASTICS IN AGRICULTURE, 5. Budapest, 1974. **Proceedings ...** Budapest, 1974. p.650-659.

ESCHKE, F. **The world of packaging**. IAPRI. California. 1998.

ESTAT – Sistema para análises estatísticas. Pólo Computacional / Departamento de Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal.

FORNAGUERA, J.C. **Experiencias en cosecha, postcosecha y normalizacion de frutas y verduras frescas en un pais en via de desarrollo**. In: Conferencia Internacional: Tecnologias de Cosecha y Postcosecha de Frutas y Hortalizas. Guanajuato. p.73-80. 1995.

FRASER, H.W. **Forced-air rapid cooling of fresh ontario fruits and vegetables**. Ontario, Canada: Ministry of Agriculture. Order no 91-070. October. 1991. Agdex 202/736. 4p.

GAC, A. **Les pertes massiques de denrées en entreposage frigorifique**. ed. Institut International du Froid. Paris: Weight loss in foodstuffs. I.I.F., p.39-43. 1970.

GAST, K.L.B.; FLORES R. Precooling produce – fruits and vegetables. In: POSTHARVEST MANAGEMENT OF COMMERCIAL HORTICULTURAL CROPS. Kansas: Cooperative Extension Service. 1991.

GOODWIN, T.W.; MERCER E.I. **Introduction to plant biochemistry**. Oxford: Pergamon, 1972. 359 p.

GUAZINA, L. Embrapa Hortaliças lança nova embalagem para comercialização de tomate e pimentão. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/noticias/not_28.htm Acesso em: 16 set. 1999.

GUEDES, L.B.R.; MADI, .F.C. **Embalagens para frutas e hortaliças**. In: Curso de transporte refrigerado de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, p. 90-106. 1983.

HANNA, C.G. Changes in pH and soluble solids of tomatoes during one storage of ripe fruit. **Americans Horticultural Science**, v.78, p.459-480, 1966.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Washington: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1986. 136p. (Agricultural Handbook Number 66)

HARTZ, T.K.; LeSTRANGE, M.; MAYBERRY, K.S.; SMITH, R.F. Bell Pepper Production in California. Davis, CA: University of California, 1996. 3p. (Division of Agriculture and Natural Resources – Publication 7217, Vegetable Research and Information Center, Vegetable Production Series).

HASS, E.; FELSENSTEIN, G.; SHITZER, A.; MANOR, G. Factors affecting resistance to airflow through packed fresh fruit. **ASHRAE Transaction**, v.82, n.2, p.548-554. 1976

HENZ, G.P. Conservação pós-colheita de pimentão através do uso de embalagem e refrigeração. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.2., 1992.

HOCHMUTH, G. **Florida greenhouse vegetable production handbook**, vol. 3. Florida: Cooperative Extension Service Publication SP-48. 1991.

HOFFMAN, R. **Componentes principais**. Série Didática, Piracicaba: ESALQ, n. 76, 25 p. 1992.

HOWARD, L.R.; SMITH, R.T.; WAGNER, A.B.; VILLALON, B.; BURNS, E.E. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) and processed jalapenos. **Journal of Food Science**, v.59, p.362-365, 1994.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas de qualidade para alimentos**. Campinas: ITAL, 1985. v.1, 215p.

IWAMOTO, M.; HAYAKAWA, A.; KAWANO, S.; MANAGO, M. Effect of dropping practice in packing house lines on the quality of Satsuma mandarin. **Annals of the Engineering Society**, v. 45, n. 4, p. 539-44, 1984.

JOBLING, J. **Modified atmosphere packing: not as simple as it seems**. Sydney. 2001, 3p.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. 296p.

KADER, A.A.; STEVENS, M.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; MORRIS, L.L.; ALGAZI, M. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.102, n.6, p. 724-731, 1977.

KAYS, Stanley J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.

KLUGE, R.A.; MODOLO, V.A.; JACOMINO, A.P.; SCARPARE FILHO J.A.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K. Comportamento de três hortaliças de fruto submetidas ao aquecimento intermitente durante a frigoconservação. **Scientia Agrícola**. v.55, n.3, p. 473-479, 1998.

KREITH, F. **Princípios da transmissão de calor**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

LANA, M. M.; NASCIMENTO, E.F.do; MOITA, A.W.; SOUZA, G.S.; MELO, M.F.

Metodologia para quantificação e caracterização das perdas pós-colheita de pimentão no varejo. P.A. 37, 1999, p. 1-8.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.207-220, 2000.

LINHARES, A.W. **Estudo do comportamento viscoelástico de frutos esféricos.** Campinas, 1996. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

LOWNDS, N.K.; BANARAS, M; BOSLAND, P.W. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (*Capsicum*) cultivars. **HortScience**, v.29, p.191-193, 1994.

LUENGO, R.F.A. Embrapa Hortaliças lança nova embalagem para comercialização de tomate e pimentão. Disponível em http://www.cnph.embrapa.br/noticias/not_28.htm. Acesso em 16 set. 1999.

LUENGO, R.F.A; CALBO, A.G.; JACOMINO, A.P.; PESSOA, J.D.C. Determinação da compressão em hortaliças e frutas enquanto limite físico da altura da embalagem de comercialização. Disponível em <http://www.horticiencia.com.br/anais/Default.asp?anais=43>. Acesso em 03 jan. 2005.

LYON, B.G.; SENTER, S.D.; PAYNE, J.A. Quality characteristics of oriental persimmons (*Diospyrus kaki*, L.) cv.Fuyu grow in the Southeastern United States. **Journal of Food Science**. v.57, n.3, p.693-695, 1992.

MacLEOD, R.F.; KADER, A.A.; MORRIS, L.L. Damage to fresh tomatoes can be reduced. **California Agriculture**, v. 30, n. 12, p. 10-12, 1976.

MANELA-AZULAY, Mônica, MANDARIM-DE-LACERDA, Carlos Alberto, PEREZ, Maurício de Andrade *et al.* Vitamina C. **Anais Brasileiro de Dermatologia**. v.78, n.3, p.265-272, 2003.

MARCHIZELI S.F.B.; YAÑEZ, L.D.T.; COSTA C.P. da. Deu oídio. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**. n. 21. 2003

MATTOO, A. K; MURATA, T.; PANTASTICO, E. B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C. T. **Chemical changes during ripening and senescence**. In: PANTASTICO, Er.B. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Westport: The AVI Publishing, p.103-127. 1995.

MEDINA, P.V.L. Manejo pós-colheita de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, v.10, n.113, p.72-76, 1984.

MELO, A.M.T. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. Piracicaba, 1997. 112p. Tese. (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

MILLER, A.R.; DALMASSO, J.P.; KRETCHMAN, D.W. Mechanical stress, storage time and temperature influence cell wall degrading enzymes, firmness and ethylene production by cucumbers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, p.666-671, 1987.

MITCHELL, F. G. The need for cooling. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. p. 53-56.

MOHSENIN, N.N. **Physical proprieties of plant and animal material: structure, physical characteristics and mechanical proprieties**. 2 ed. New York: Gordon and Breach, 1986, v. 1, 534p.

MOLINARI, A. F.; CASTRO, L. R.; ANTONIALI, S.; PORNCHALOEMPONG, P.; FOX, A. J.; SARGENT, S. A.; LAMB, E. M. **The potential for bell pepper harvest prior to full color development.** In: Florida State Horticultural Society, Stuart, 1999. Proceedings. Stuart, 1999. p. 143-146

MORAES, M. A. C. **Métodos para a avaliação sensorial dos alimentos.** 7 ed. Campinas: Unicamp, 1988. 93p.

MOREIRA, J. A. N.; SANTOS, J. W.; OLIVEIRA, S. R. M. **Abordagens e metodologias para avaliação de germoplasma.** Campina Grande: Embrapa, 1994. 115p.

PAL, D.; SACHDEVA, S.; SINGH, S. Methods for determination of sensory quality of foods: A critical appraisal. **Journal of Food Science**, v.32, n. 5, p. 357- 367, 1985.

PARKER, M.L.; WARDOWSKI, W.F.; DEWEY, D.H. A damage test for oranges in a commercial packing house line. In: **Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v. 97, p. 136-7. 1984.

PHAN, C.T.; PANTASTICO, E.R.B.; OGATA, K.; CHACHIN, K. **Respiration and respiratory climateric.** 3.ed. In: PANTASTICO, E.R.B. Postharvest handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables: AIV Pub. Co. 1975. p. 86-102.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MELHORIA DOS PADRÕES COMERCIAIS E EMBALAGENS DE HORTIGRANJEIROS. Centro de Qualidade em Horticultura - CEAGESP. 1998.

RADI, M.; MAHROUZ, M.; JAOUAD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **HortScience**, v. 32, n. 6, p. 1087-1091. 1997.

RADIOBRÁS – Ciência Tecnologia & Meio Ambiente: Nova embalagem plástica elimina perdas de produto agrícola durante transporte. Disponível em http://www.radiobras.gov.br/ct/1999/materia_240999_2.htm. Acesso em 10 jul 2002.

RIBEIRO, C.S.C.; CRUZ, D.M.R. Tendências de Mercado. **Revista Cultivar, Hortaliças e Frutas**. n.14. jun. 2002

ROJAS, A.M.; CASTRO, M.A.; ALZAMORA, S.M.; GERSCHENSON, L.N. Turgor pressure effects on textural behavior of honeydew Melon. **Journal of Food Science**, Champaign-III., v.66, n.1, 2001.

RYALL, A. L.; LIPTON, W. J. **Handling, transportations and storage of fruits and vegetables**. v. 1. Westport: AVI Pub Co, 1972. 473p.

RYALL, A.L.; LIPTON, W.J. **Handling, transportations and storage of fruits and vegetables**. v.1. Westport: AVI Pub Co, 1979. 243p.

SAMIM, W.; BANKS, N.H. Colour changes in bruised apple fruit tissue. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 21, n. 4, p. 367-72, 1993.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; FERNANDES, T. **Embalagens ativas**. CETEA-Informativo, ITAL, Campinas, outubro 2001. Disponível em <http://www.jorplast.com.br/jpout01/pag11.html> . Acesso em: 19 dez 2001.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. **Embalagens com atmosfera modificada**. Campinas: CETEA. 1996. 114p.

SARGENT, S.A, RITENOUR, M.A and BRECHT, J.K. Handling, cooling and sanitation techniques for maintaining postharvest quality. Gainesville: Vegetables Crops Dept, University of Florida. April 1991. 1 p. (Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, SSVEC-47)

SARGENT, S.A, TALBOT, M.T. and BRECHT, J.K. Evaluating precooling methods for vegetable packinghouse operations. Gainesville: Vegetables Crops Dept, University of Florida. April 1991b. 13 p. (Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, SSVEC-47)

SARGENT, S.A. **Handling and cooling techniques for maintaining postharvest quality.** Gainesville: Vegetable Production Guide for Florida, University of Florida. 1998. Cap.17.

SARIG, Y.; ORLOVSKY, S. Viscoelastic properties of Shamouti oranges. **Research Note.** p.339-349, 1974.

SASTRY, S. K.; BUFFINGTON, D. E. Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes. **International Journal of Refrigeration.** v. 6, n.2, p.84-96. 1983.

SCHIAVON, Alécio. **Pimentão ‘Zarco’.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: antoniali@yahoo.com em 30 de nov 2004.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (ed.) **Biochemistry of fruit ripening.** London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

SHAW, J.; KUO, C. Vacuum precooling green onion and celery. **American Society of Agricultural Engineers.** p.15-18. 1987. (Paper no 87-5522)

SIGRIST, J.M.M. Preparo do produto a ser transportado: pré-resfriamento e paletização. In: **Curso de Transporte Refrigerado de Frutas e Hortaliças.** Campinas: ITAL, 1983, p. 77-89.

SILVA, M.C.P; GROppo,G.A.; NETO,J. T. Manual das culturas. CIAGRO/NÚCLEO DE AGRONEGÓCIOS.

S-PLUS 4. User's guide. Washington: MathSoft, 1997. 877p.

TBCA-USP Tabela brasileira de composição dos alimentos. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em 18/07/2001.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180p. (Série Didática).

THIAGU, R.; CHAND, N.; RAMANA, K.V.R. Evolution of mechanical characteristics of tomatoes of two varieties during ripening. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v.62, p.175-1783, 1993.

THOMPSON, J.F.; KADER, A.A. **Storage temperatures of fruits and vegetables, postharvest outreach program**, California: University of California. 1995. 1p.

THYBO, A.K.; BECHMANN, I.E.; MARTENS, M.; ENGELSEN, S.B. Prediction of sensory texture of cooked potatoes using uniaxial compression, near infrared spectroscopy and low field HNMR Spectroscopy. **Lebensmittel Wissenschaft Technologie**, v.33, p. 103-111, 2000.

TODA FRUTA. **O poder de cura das frutas: a fruta campeã de vitamina C**. Data da edição: 29/03/2004.

http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=5571. Acesso em: 27/11/2004.

VICENTINI, N.M.; CEREDA, M.P.; CÂMARA, F.L.A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão. **Scientia Agrícola**, v.56, n.3, p. 713-716, 1999a.

VICENTINI, N.M.; CASTRO, T.M.R.; CEREDA, M.P. Influência da fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p. 127-130, 1999b.

VIGNEAULT, C., et al. Reusable plastic containers for fresh fruit and vegetable handling. In: CONGRÈS CONJOINT DE LA SCGC DE LA CSAE. Québec: Sherbrook 1997.

WHITNEY, S.E.C.; GOTHARD, M.G.E.; MITCHELL, J.T.; GIDLEY, M.J. Roles of cellulose and xyloglucan in determining the mechanical properties of primary cell walls. **Plant Physiology**, v.121, p. 657 – 663. 1999.

YOSHIMURA et al. **Cultura do pimentão**. Biritiba Mirim: Yoshida & Hirata e Estufas Yoshida. 11 p. (Apostila: Programa São Paulo vai a campo)

Apêndice 1 – Valores das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada característica analisada (Capítulo 1).

Acidez Total Titulável								
	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação (%)
0	0,124	0,095	0,078	0,133	0,117	0,110	0,02	21
10	0,184	0,206	0,179	0,185	0,211	0,193	0,01	7
20	0,166	0,169	0,172	0,195	0,195	0,179	0,01	8
30	0,200	0,199	0,195	0,186	0,179	0,192	0,01	5
25	0,183	0,191	0,182	0,189	0,195	0,188	0,01	3
40	0,193	0,152	0,179	0,191	0,180	0,179	0,02	9
50	0,175	0,235	0,176	0,169	0,209	0,193	0,03	15
60	0,184	0,183	0,174	0,189	0,175	0,181	0,01	4
50	0,184	0,190	0,176	0,183	0,188	0,184	0,01	3
70	0,176	0,175	0,190	0,187	0,182	0,182	0,01	4
80	0,237	0,190	0,221	0,190	0,202	0,208	0,02	10
90	0,167	0,238	0,236	0,218	0,228	0,218	0,03	13
75	0,193	0,201	0,216	0,198	0,204	0,203	0,01	4
100	0,217	0,253	0,207	0,200	0,206	0,217	0,02	10
PH								
	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação (%)
0	4,74	4,72	4,84	4,88	4,78	4,79	0,07	1
10	4,68	4,80	4,72	4,77	4,80	4,75	0,05	1
20	4,84	4,75	4,82	4,84	4,78	4,81	0,04	1
30	4,76	4,74	4,73	4,80	4,78	4,76	0,03	1
25	4,76	4,76	4,76	4,80	4,79	4,77	0,02	0
40	4,72	4,70	4,69	4,82	4,82	4,75	0,06	1
50	4,91	4,86	4,78	4,89	4,83	4,85	0,05	1
60	4,73	4,71	4,73	4,77	4,70	4,73	0,03	1
50	4,79	4,76	4,73	4,83	7,48	4,78	0,04	1
70	4,67	4,72	4,73	4,69	4,68	4,70	0,03	1
80	4,67	4,70	4,80	4,83	4,74	4,75	0,07	1
90	4,83	4,75	4,79	4,91	4,76	4,81	0,06	1
75	4,72	4,72	4,77	4,81	4,73	4,75	0,04	1
100	4,64	4,78	4,76	4,79	4,84	4,76	0,07	2

Sólidos Solúveis Totais								
	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação (%)
0	5,69	5,72	5,21	6,48	5,70	5,76	0,43	7
10	6,67	6,97	6,45	6,48	6,47	6,61	0,22	3
20	6,46	5,96	6,48	6,47	6,97	6,47	0,36	6
30	7,22	6,71	7,20	7,20	7,22	7,11	0,22	3
25	6,78	6,55	6,71	6,72	6,88	6,73	0,12	2
40	7,22	6,74	6,75	7,20	6,51	6,88	0,31	5
50	6,76	7,25	6,20	6,72	6,97	6,78	0,39	6
60	7,01	7,29	6,79	6,79	7,29	7,03	0,25	4
50	7,00	7,09	6,58	6,91	6,92	6,90	0,19	3
70	7,10	7,08	7,06	7,27	6,52	7,01	0,28	4
80	7,73	8,48	7,98	6,97	7,23	7,68	0,60	8
90	7,23	7,22	8,26	7,65	7,96	7,66	0,45	6
75	7,36	7,59	7,76	7,30	7,24	7,45	0,22	3
100	7,52	8,26	8,04	7,78	8,05	7,93	0,28	4
Vitamina C								
	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação (%)
0	147	139	134	248	166	167	47,14	28
10	200	167	146	146	139	159	24,75	16
20	128	166	158	156	160	154	14,84	10
30	157	181	192	201	183	183	16,42	9
25	162	171	165	168	161	165	4,25	3
40	175	140	193	159	180	170	20,25	12
50	147	215	167	172	156	171	26,23	15
60	171	170	164	152	161	164	7,60	5
50	164	175	174	161	166	168	6,25	4
70	184	177	182	186	152	176	13,97	8
80	172	181	169	149	190	172	15,39	9
90	165	193	213	180	162	183	20,93	11
75	174	184	188	172	168	177	8,47	5
100	217	169	216	174	167	188	25,69	14

Teor de Umidade								
	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação (%)
0	92	92	93	90	92	92	1,02	1
10	89	90	92	90	91	90	0,92	1
20	91	93	92	92	91	92	0,91	1
30	91	91	89	90	91	91	0,93	1
25	90	92	91	91	91	91	0,40	0
40	91	92	91	91	92	91	0,58	1
50	91	90	91	91	92	91	0,79	1
60	91	91	91	92	91	91	0,33	0
50	91	91	91	91	92	91	0,31	0
70	91	91	91	91	91	91	0,29	0
80	91	90	91	87	91	90	1,48	2
90	92	91	89	94	90	91	1,84	2
75	91	90	90	91	91	91	0,38	0
100	90	90	89	90	91	90	0,58	1

Apêndice 2 – Valores das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada dia de análise dos pimentões amarelos (Capítulo 3).

DIA ZERO						
	Repetições					
	1	2	3	4	5	
1	13,53857	22,68705	10,17143	13,24646	9,59801	
2	11,35732	18,03132	14,20256	11,31514	8,02293	
3	15,26963	13,88274	9,4454	12,90875	7,04056	
4	18,05514	17,71034	14,41576	14,48935	8,75622	
5	16,6345	11,51681	13,87118	12,59502	9,04308	
6	15,33448	16,2953	6,47937	14,71698	11,47323	
7	14,9218	15,53998	10,50703	14,91895	12,49099	
8	13,40413	12,73604	9,09207	10,69126	7,28664	
Média	14,81	16,05	11,02	13,11	9,21	12,84
Desvio Padrão	2,07	3,53	2,87	1,57	1,93	2,77
Coef. Variação	0,14	0,22	0,26	0,12	0,21	0,22
DIA 3						
	Repetições					
	1	2	3	4	5	
1	13,18813	14,60601	11,06244	13,55329	11,21424	
2	13,8253	15,2669	12,21612	11,31825	16,03507	
3	11,68037	11,53125	16,4686	10,70862	13,14665	
4	14,08409	11,91093	9,88165	12,71673	16,86891	
5	15,47619	11,74064	16,39003	12,15997	14,8904	
6	14,04033	12,83587	12,21133	11,88687	13,26078	
7	14,87465	12,89579	14,90017	13,21576	15,34475	
8	11,12715	12,01439		12,4019	12,72939	
Média	13,54	12,85	13,30	12,25	14,19	13,22
Desvio Padrão	1,49	1,39	2,62	0,95	1,90	0,73
Coef. Variação	0,11	0,11	0,20	0,08	0,13	0,06
DIA 7						
	Repetições					
	1	2	3	4	5	
1	17,28159	9,98329	14,14834	12,12966	10,13051	
2	11,95191	12,53767	12,60626	12,84166	8,38225	

Continua...

3	10,36383	11,37335	12,12051	8,53148	7,75206	
4	13,13854	11,38888	14,21257	11,23178	9,40684	
5	15,62776	13,04509	15,79035	10,66	9,16627	
6	18,32313	9,93851	16,08275	10,79701	10,38666	
7	11,42677	9,90086	10,15731	11,34821	10,54538	
8	12,56171	11,22793	12,67008	9,50174	11,85386	
Média	13,83	11,17	13,47	10,88	9,70	11,81
Desvio Padrão	2,90	1,20	1,98	1,37	1,30	1,77
Coef. Variação	0,21	0,11	0,15	0,13	0,13	0,15
DIA 10						
Repetições						
	1	2	3	4	5	
1	12,31137	12,08134	14,52559	10,49372	11,55685	
2	11,26017	11,05673	12,46363	11,22805	12,49081	
3	11,89369	14,52559	11,48398	10,91461	6,91103	
4	14,66557	12,18626	12,18626	11,35791	14,10548	
5	10,69803	11,57725	20,57281	9,81418	11,24636	
6	17,83433	12,51154	18,62752	10,547	15,17367	
7	10,47268	11,63514	25,35382	13,50119	10,75942	
8		8,56859	18,52144	9,56241	11,55168	
Média	12,73	11,77	16,72	10,93	11,72	12,77
Desvio Padrão	2,65	1,66	4,89	1,22	2,47	2,3
Coef. Variação	0,21	0,14	0,29	0,11	0,21	0,18

Apêndice 3 – Porcentagem de perda de massa das repetições, média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada dia de análise dos pimentões amarelos (Capítulo 3).

Amostras	Dias de Armazenamento			
	0	3	7	10
1	0	3,42	7,57	10,79
2	0	4,16	9,11	12,98
3	0	3,52	7,65	10,99
4	0	3,61	8,07	11,47
5	0	3,72	8,34	11,92
6	0	2,87	6,28	9,14
7	0	3,06	6,76	9,63
8	0	4,32	9,66	13,93
9	0	4,09	9,09	13,01
10	0	3,15	6,99	10,05
11	0	3,71	7,88	11,08
12	0	6,68	14,22	19,81
13	0	3,13	6,98	10,03
14	0	3,53	7,84	11,22
15	0	3,83	8,53	12,11
Média	0	3,79	8,33	11,88
Desvio Padrão	0	0,90	1,88	2,57
Coef. Variação	0	23,88	22,56	21,61

Apêndice 4 – Dados referentes ao tipo e finalidade dos sensores instalados (Capítulo 4).

Identificação	Tipo de Termopar	Finalidade
1	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
2	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
3	Para gases	Temperatura da câmara
4	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
5	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
6	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
7	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
8	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
9	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
10	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
11	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
12	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
13	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
14	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
15	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
16	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
17	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
18	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
19	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
20	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
21	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
22	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
23	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
24	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
25	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
26	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
27	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
28	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
29	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
30	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
31	Para gases	Temperatura da câmara
32	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
33	Para gases	Temperatura no interior do túnel
34	Para gases	Temperatura interior da caixa plástica
35	Para gases	Temperatura interior da caixa de papelão
36	Para gases	Temperatura da câmara
37	Para gases	Temperatura da câmara
38	Para gases	Temperatura da câmara
39	Para gases	Temperatura do evaporador
40	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
41	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
42	Para gases	Temperatura de bulbo seco
43	Para gases	Temperatura de bulbo úmido
44	Para gases	Temperatura da câmara
45	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
46	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
47	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
48	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica

Apêndice 5 – Modelo da ficha sensorial utilizada nas avaliações semanais (Capítulo 4).

FICHA DE AVALIAÇÃO DE ANÁLISE SENSORIAL DE PIMENTÃO AMARELO	
NOME: _____ DATA: __/__/__ AMOSTRA _____	
Você está recebendo uma amostra de pimentão amarelo. Por favor, observe-a e avalie a intensidade percebida para cada atributo, colocando um traço vertical na escala correspondente na posição que melhor reflita seu julgamento.	
FIRMEZA	Pouco Firme ----- Firme
COR	0% Amarelo ----- 100% Amarelo
MACHUCADOS (Danos Físicos)	Ausente ----- Presente
MURCHAMENTO	Ausente ----- Presente

Apêndice 6 – Médias e desvios padrões das variáveis físico-químicas e sensoriais dos tratamentos ao longo do período de armazenamento para pimentões amarelo (Capítulo 4).

Variáveis	Média	Desvio padrão
pH 1	5,0	0,04
pH 5	5,0	0,11
pH 12	4,9	0,03
pH 19	4,9	0,06
PH 26	4,8	0,04
Sólidos solúveis totais 1	6,3	0,34
Sólidos solúveis totais 5	7,2	0,23
Sólidos solúveis totais 12	7,4	0,50
Sólidos solúveis totais 19	7,7	0,71
Sólidos solúveis totais 26	7,6	0,81
Teor Umidade 1	79,4	1,60
Teor Umidade 5	83,3	0,59
Teor Umidade 12	82,8	1,96
Teor Umidade 19	78,1	3,40
Teor Umidade 26	79,6	2,23
Acidez 1	0,2	0,02
Acidez 5	0,2	0,02
Acidez 12	0,3	0,04
Acidez 19	0,2	0,01
Acidez 26	0,2	0,02
Vitamina C 1	169,0	31,34
Vitamina C 5	204,7	7,50
Vitamina C 12	188,8	12,89
Vitamina C 19	233,8	20,03
Vitamina C 26	234,0	20,23
Firmeza 6	8,6	0,38
Firmeza 13	8,5	0,41
Firmeza 19	7,2	0,89
Firmeza 27	7,6	0,91
Cor 6	5,0	2,01
Cor 13	3,8	1,80
Cor 19	6,5	1,78
Cor 27	8,1	0,75
Dano 6	0,5	0,76
Dano 13	0,7	0,43
Dano 19	0,5	0,25
Dano 27	0,6	0,37
Murchamento 6	0,2	0,19
Murchamento 13	0,2	0,18
Murchamento 19	1,3	0,76
Murchamento 27	1,1	0,84

Onde: 1= primeiro dia de armazenamento; 5= quinto dia de armazenamento; 6=sexto dia de armazenamento; 12= décimo segundo dia de armazenamento; 13= décimo terceiro dia de armazenamento; 19= décimo nono dia de armazenamento; 26= vigésimo sexto dia de armazenamento; 27= vigésimo sétimo dia de armazenamento.

Apêndice 7 – Dados referentes ao tipo e finalidade dos sensores instalados (Capítulo 5).

Identificação	Tipo de Termopar	Finalidade
1	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
2	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
3	Para gases	Temperatura da câmara
4	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
5	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
6	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
7	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
8	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
9	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
10	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
11	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
12	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
13	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
14	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
15	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
16	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
17	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
18	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
19	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
20	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
21	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
22	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
23	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
24	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
25	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
26	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
27	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
28	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
29	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
30	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
31	Para gases	Temperatura da câmara
32	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
33	Para gases	Temperatura no interior do túnel
34	Para gases	Temperatura interior da caixa plástica
35	Para gases	Temperatura interior da caixa de papelão
36	Para gases	Temperatura da câmara
37	Para gases	Temperatura da câmara
38	Para gases	Temperatura da câmara
39	Para gases	Temperatura do evaporador
40	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem papelão
41	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
42	Para gases	Temperatura de bulbo seco
43	Para gases	Temperatura de bulbo úmido
44	Para gases	Temperatura da câmara
45	Inserção	Temperatura da polpa embalagem papelão
46	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica
47	Inserção	Temperatura do ar interno dos pimentões - embalagem plástica
48	Inserção	Temperatura da polpa embalagem plástica

Apêndice 8 – Modelo da ficha sensorial utilizada na avaliação final (Capítulo 5).

Nome: _____

1) Avalie, da esquerda para a direita, a **aparência** destas três amostras codificadas de pimentão amarelo e indique na escala abaixo o quanto você **gostou ou desgostou** da aparência de cada amostra.

- 9 – gostei muitíssimo**
- 8 – gostei muito**
- 7 – gostei moderadamente**
- 6 – gostei ligeiramente**
- 5 – nem gostei / nem desgostei**
- 4 – desgostei ligeiramente**
- 3 – desgostei moderadamente**
- 2 – desgostei muito**
- 1 – desgostei muitíssimo**

amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:

2) Avalie a **cor** das três amostras codificadas de pimentão e indique na escala o **quão ideal** encontra-se a cor amarela de cada uma das amostras.

- +3 muito mais forte que o ideal (muito amarela)**
- +2 moderadamente mais forte que o ideal**
- +1 ligeiramente mais forte que o ideal**
- 0 ideal**
- 1 ligeiramente mais fraca que o ideal**
- 2 moderadamente mais fraca que o ideal**
- 3 muito mais fraca que o ideal (pouco amarela)**

amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:

3) Agora com as mãos manuseie cada uma das amostras, da esquerda para a direita e indique o **quão ideal** se encontra a **firmeza** de cada uma das amostras.

- +3 muito mais firme que o ideal**
- +2 moderadamente mais firme que o ideal**
- +1 ligeiramente mais firme que o ideal**
- 0 ideal**
- 1 ligeiramente menos firme que o ideal**
- 2 moderadamente menos firme que o ideal**
- 3 muito menos firme que o ideal (muito mole)**

amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:

4) Baseados nas suas impressões na amostras, indique seu grau de certeza com que você **compraria ou não compraria** cada uma das amostras.

- 5 – certamente compraria**
- 4 – possivelmente compraria**
- 3 – talvez comprasse / talvez não comprasse**
- 2 – possivelmente não compraria**
- 1 – certamente não compraria**

amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:
