

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ARMAZENAGEM FRIGORIFICADA DE MANGAS

(Mangifera indica L. cv. Keitt) EMBALADAS

SOB ATMOSFERA MODIFICADA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP,
para obtenção do título de doutor em Engenharia de Alimentos

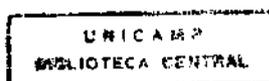
Paracen
Este exemplar corresponde
a versão final da tese depõe
da por Fábio Yamashita e após
validada pela Comissão Julga-
dora em 17.07.95
Sink

^{OK}
FÁBIO YAMASHITA
Engenheiro de Alimentos
Mestre em Engenharia de Alimentos

Prof. Dr. THEO GUENTER KIECKBUSCH ^{OK}

Orientador

CAMPINAS - 1995



UNIDADE	BC
CHAMADA:	T/UNICAMP
	Y19a
	25411
	433/95
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	12/09/95
N.º CPD	

CM-00076467-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

Y19a Yamashita, Fábio
Armazenagem frigorificada de mangas (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) embaladas sob atmosfera modificada / Fábio Yamashita. -- Campinas, SP : [s.n.], 1995.

Orientador : Theo Guenter Kieckbusch.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Manga - Armazenagem. 2. *Embalagem de atmosfera modificada 3. * Armazenagem frigorificada. I. Kieckbusch, Theo Guenter. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

BANCA EXAMINADORA

Teo

Prof. Dr. Theo Guenter Kieckbusch
ORIENTADOR

suplente

Profa. Dra. Florência Menegalli
MEMBRO

Hilary C. de Menezes

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes
MEMBRO

suplente

Prof. Dr. José Luiz Vasconcelos da Rocha
MEMBRO

Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva

Profa. Dra. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva
MEMBRO

Paulo José do Amaral Sobral

Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral
MEMBRO

Sylvio Luís Honório

Prof. Dr. Sylvio Luís Honório
MEMBRO

Campinas, 18 de julho de 1995

À MARTA, GABRIEL,
DANIEL e JÚLIA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Theo Guenter Kieckbusch, pela orientação, dedicação e apoio em todas as etapas da tese.

Aos Professores Florência Menegalli, Hilary Castle de Menezes, José Luiz Vasconcelos da Rocha, Maria Aparecida A. P. Silva, Paulo José do Amaral Sobral e Sylvio Luís Honório, pelas sugestões apresentadas ao trabalho.

Ao Prof. Lincoln de Camargo Neves Filho e a Eng. Claire Isabel G. L. Sarantópoulos, pela valiosa colaboração no desenvolvimento da tese.

Ao Centro de Tecnologia de Embalagens do Instituto de Tecnologia de Alimentos, pelas análises realizadas.

À Rhodia S.A e Grace Prod. Quím. Plast. Ltda., pelos filmes fornecidos.

À CAPES e a UNICAMP, pelas bolsas de pós-graduação.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
NOMENCLATURA.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
1 - FISILOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS.....	6
1.1 - Desenvolvimento Fisiológico.....	6
1.2 - Amadurecimento de Frutas.....	7
1.3 - Fisiologia da Respiração.....	7
1.4 - Efeito do Etileno.....	14
1.5 - Transpiração.....	15
1.5.1 - Fatores que afetam a taxa de transpiração.....	15
1.5.2 - Modelos matemáticos para a transpiração.....	19
2 - EFEITO DA TEMPERATURA.....	21
2.1 - Resposta Fisiológica.....	22
2.1.1 - Injúria pelo frio.....	22
3 - EMBALAGEM DE ATMOSFERA MODIFICADA.....	24
3.1 - Embalagem Selada Individual.....	26
4 - INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA CONTROLADA E MODIFICADA NA QUALIDADE DE FRUTAS E HORTALIÇAS.....	27
4.1 - Aparência.....	28
4.2 - Textura.....	29
4.3 - Qualidade Organoléptica.....	30
4.4 - Qualidade Nutricional.....	31
4.5 - Redução da Injúria pelo Frio.....	32

4.6 - Considerações de Segurança	33
4.7 - Pesquisas Futuras Necessárias.....	34
5 - IMPORTÂNCIA DA VITAMINA C NA DIETA E SUA ATIVIDADE ...	35
5.1 - Métodos de Determinação da Vitamina C.....	36
5.2 - Perdas de Vitamina C Durante a Armazenagem.....	36
6 - MODELAGEM DA MODIFICAÇÃO DA ATMOSFERA NO INTERIOR DE EMBALAGENS POLIMÉRICAS	39
6.1 - Modelos Gerais	39
6.2 - Aplicações para Situações Simples	41
6.3 - Variação da Permeabilidade da Embalagem com a Temperatura.....	43
III- MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
1 - MATERIAIS.....	45
1.1 - Mangas.....	45
1.2 - Filmes Plásticos Flexíveis: Descrição e Caracterização ...	46
1.3 - Equipamentos	46
1.4 - Reagentes	48
2 - MÉTODOS.....	49
2.1 - Planejamento Experimental.....	49
2.1.1 - Ensaios preliminares	49
2.1.2 - Ensaios definitivos.....	50
2.2 - Embalagem das mangas.....	52
2.3 - Avaliação Sensorial das Mangas	55
2.4 - Perda de Peso das Mangas.....	57
2.5 - Estimativa da Vida de Prateleira das Mangas.....	57
2.6 - Porcentagem de Sólidos Solúveis da Polpa das Mangas	58
2.7 - pH da Polpa da Manga.....	58
2.8 - Densidade da Manga	58
2.9 - Área Superficial da Manga.....	59
2.10 - Acidez Titulável da Manga.....	59
2.11 - Determinação da Taxa de Respiração da Manga.....	59
2.12 - Determinação da Composição Gasosa no Interior da Embalagem da Manga.....	63

2.13 - Determinação da Taxa de Permeabilidade dos Filmes...	63
2.14 - Determinação do Teor de Vitamina C	64
2.16 - Cálculo de Q_{10}	66
2.17 - Análise Estatística	66
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
A - ENSAIOS PRELIMINARES	67
A.1 - Perda de Peso da Manga durante a Armazenagem Frigorificada	67
A.1.1 - Cinética de Perda de Peso e Vida de Prateleira	67
A.2 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS MANGAS EMBALADAS COM	
DIFERENTES TIPOS DE FILMES PLÁSTICOS FLEXÍVEIS.....	70
A.2.1 - Armazenagem Frigorificada a 7°C	70
A.2.2 - Armazenagem a 25°C	70
A.2.3 - Armazenagem Frigorificada a 12°C por 11 dias	72
A.2.4 - Armazenagem Frigorificada a 12°C por 22 dias	74
A.3 - RELAÇÃO ENTRE TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS E AVALIAÇÃO	
SENSORIAL DE ACEITAÇÃO DE SABOR DA MANGA	77
A.4 - RELAÇÃO ENTRE TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS E DENSIDADE	
DA MANGA.....	78
A.5 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE DA MANGA COM O TEMPO A	
25°C	79
B - ENSAIOS DEFINITIVOS	81
B.1 - RELAÇÃO ENTRE ÁREA SUPERFICIAL E MASSA DA MANGA	81
B.2 - PERDA DE PESO DA MANGA DURANTE A ARMAZENAGEM	
FRIGORIFICADA.....	82
B.2.1 - Cinética de Perda de Peso das Mangas Armazenadas a	
12, 17 e 22°C	82
B.2.2 - Variação da Taxa de Perda de Peso das Mangas sem	
Embalagem em Função da Umidade Relativa de	
Armazenagem.....	84
B.2.4 - Permeabilidade da Casca ao Vapor de Água	88
B.2.5 - Perda de Peso de Mangas Embaladas.....	90
B.3 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS MANGAS EMBALADAS COM	
FILMES PLÁSTICOS FLEXÍVEIS.....	92

B.3.1 - Armazenagem a 22°C	92
B.3.2 - Armazenagem Frigorificada por 7 Dias	94
B.3.3 - Armazenagem Frigorificada por 14 Dias	96
B.3.4 - Armazenagem Frigorificada por 21 Dias	98
B.3.5 - Armazenagem Frigorificada por 28 Dias	100
B.3.6 - Armazenagem Frigorificada por 35 Dias	101
B.3.7 - Avaliação Geral dos Resultados.....	103
B.4 - RETENÇÃO DE VITAMINA C DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM.....	109
B.4.1 - Teor Inicial de Vitamina C nas Mangas	109
B.4.1 - Influência da Temperatura e da Embalagem na Retenção de Vitamina C	109
B.4.3 - Cinética de Degradação de Vitamina C.....	111
B.5 - TAXA DE RESPIRAÇÃO	113
B.6 - COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DAS EMBALAGENS..	115
B.6.1 - Avaliação da Transferência de CO ₂ em Embalagem de PEBD	117
B.7 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM NA VARIAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM.....	120
B.8 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM NA ACIDEZ TITULÁVEL DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM.....	122
B.9 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE A RELAÇÃO BRUX/ACIDEZ DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM.....	124
B.10 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE O pH DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM.....	126
B.11 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE A DENSIDADE DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM... 	129
V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	131
VI - BIBLIOGRAFIA	134

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II-1 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Alphonso a 28°C (KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN, 1973)	9
FIGURA II-2 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Keitt a 20°C (YAHIA & HERNANDEZ, 1993)	11
FIGURA II-3 - Alterações nos Açúcares, Sólidos Solúveis Totais (S.S.T.), Resíduos Insolúveis em Álcool (R.I.A.) e Acidez Titulável em Mangas cv. Alphonso durante o Amadurecimento a 28°C (SUBRAMANYAM et alii, 1975).....	12
FIGURA III-1 - Mangas Embaladas com Filme TERPHANE (A), PEBD (B) e PP (C).....	53
FIGURA III-2 - Mangas Embaladas com Filme D-955 (A) e PEBD (B).....	54
FIGURA III-3 - Ficha de Avaliação Sensorial de Aceitação em Relação ao Sabor, Textura e Demais Sensações Bucais	56
FIGURA III-4 - Ficha de Avaliação Sensorial de Aceitação em Relação à Aparência	56
FIGURA III-5 - Esquema Geral do Equipamento de Determinação da Taxa de Respiração (QUIÑONES et alii, 1988)	61
FIGURA III-6 - Esquema Elétrico do Equipamento de Determinação da Taxa de Respiração (QUIÑONES et alii, 1988)	62
FIGURA IV-1 - Perda de Peso em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 7°C (A), 12°C (B) e 25°C (C) em Função do Tempo de Armazenagem (Modelos Ajustados a $p \leq 0,006$).....	68
FIGURA IV-2 - Relação entre Teor de Sólidos Solúveis e Valores Hedônicos Obtidos junto aos Provadores (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) em Experimentos com Mangas cv. Keitt..	78
FIGURA IV-3 - Relação entre Teor de Sólidos Solúveis e Densidade de Mangas cv. Keitt.....	79

FIGURA IV-4 - Variação da Densidade de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C.....	80
FIGURA IV-5 - Relação entre Massa e Área Superficial de Mangas cv. Keitt.	81
FIGURA IV-6 - Perda de Peso em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C) em Função do Tempo de Armazenagem (Modelo Ajustado a $p < 0,01$).	83
FIGURA IV-7 - Variação da Taxa de Transpiração de Mangas cv. Keitt sem Embalagem em Função do Déficit de Pressão de Vapor.....	87
FIGURA IV-8 - Valores Médios Resultantes do Teste de Aceitação com Relação ao Sabor, Textura e demais Sensações Bucais (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A) e 17°C (B).	105
FIGURA IV-9 - Valores Médios Resultantes do Teste de Aceitação com Relação a Aparência (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A) e 17°C (B).	107
FIGURA IV-10 - Retenção de Vitamina C de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	110
FIGURA IV-11 - Taxa de Respiração em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	114
FIGURA IV-12 - Composição Gasosa de O ₂ e CO ₂ no Interior das Embalagens D-955 e PEBD de Mangas cv. Keitt armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	116
FIGURA IV-13 - Teor de Sólidos Solúveis de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	121
FIGURA IV-14 - Acidez Titulável de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	123
FIGURA IV-15 - Relação Brix/Acidez de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	125

FIGURA IV-16 - pH de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).....	127
FIGURA IV-17 - Relação entre pH e Acidez Titulável em Mangas cv. Keitt ..	128
FIGURA IV-18 - Densidade de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).	130

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA I-1 - Dados de Produção e Exportação de Frutas do Brasil (IBRAF, 1995).....	2
TABELA II-1 - Exemplos de Frutas Climatéricas e Não-Climatéricas (Wills et alii, 1981).....	8
TABELA II-2 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Haden a 15 e 25°C (ROCHA, 1976).....	10
TABELA II-3 - Mudança na Composição Durante o Amadurecimento de Mangas cv. Keitt a 22°C (MEDLICOT & THOMPSON, 1985).....	13
TABELA II-4 - Mudança na Composição Após o Amadurecimento de Mangas cv. Keitt (VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA, 1985).....	14
TABELA II-5 - Distribuição e Teor de Vitamina C de Mangas Maturas Não-Maduras (THOMAS & OKE, 1980).....	38
TABELA II-6 - Efeito da Temperatura de Armazenagem sobre os Teores de Vitamina C de Mangas Maduras (THOMAS & OKE, 1980).....	38
TABELA II-7 - Fator Pré-Exponencial e Energia de Ativação de Diversos Filmes Poliméricos (EXAMA et alii, 1993).....	44
TABELA III-1 - Caracterização dos Filmes Plásticos Flexíveis Utilizados.....	47
TABELA IV-1 - Valores de Taxa de Perda de Peso (N_p), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância (p) da Correlação para Perda de Peso em Mangas cv. Keitt armazenadas à 7, 12 e 25°C.....	69
TABELA IV-2 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).....	71

TABELA IV-3 - Valores das Análises Físico-Químicas das Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C	72
TABELA IV-4 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 11 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	73
TABELA IV-5 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 11 Dias.	74
TABELA IV-6 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 22 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	75
TABELA IV-7 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 22 Dias	76
TABELA IV-8 - Taxa de Perda de Peso (N_p), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.....	84
TABELA IV-9 - Valores de Pressão de Vapor Saturado ($P_{V\ sat}$), Umidade Relativa (UR), Pressão de Vapor no Interior da Câmara ($P_{V\ cam}$) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV) a 7, 12, 17, 22 e 25°C	85
TABELA IV-10 - Valores das Taxas de Perda de Peso (N_p), Taxa de Perda de Peso Líquido Devido à Respiração (N_r), Taxa de Transpiração (N_t) e Razão entre Taxa de Transpiração e o Déficit de Pressão de Vapor (N_t/DPV), para Mangas cv Keitt Não-Embaladas.	88
TABELA IV-11 - Taxas de Perda de Peso (N_p) Experimentais e Taxas de Transpiração (N_t) Calculadas de Mangas cv. Keitt Embaladas com Filme D-955 e PEBD, na Armazenagem a 22°C.....	91
TABELA IV-12 - Taxas de Perda de Peso (N_p) e Taxas de Respiração (N_{CO_2}) Experimentais e Quocientes Respiratórios (QR) Calculados de Mangas cv. Keitt Embaladas com Filme PEBD e D-955, Armazenados a 12, 17 e 22°C.....	92

TABELA IV-13 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 22°C (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	93
TABELA IV-14 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 22°C.	94
TABELA IV-15 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	95
TABELA IV-16 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias.	95
TABELA IV-17 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 14 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	96
TABELA IV-18 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 14 Dias.	97
TABELA VI-19 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 21 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	98
TABELA IV-20 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 21 Dias.	99
TABELA IV-21 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 28 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	100
TABELA IV-22 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 28 Dias.	101
TABELA IV-23 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).	102
TABELA IV-24 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 35 Dias.	103

TABELA IV-25 - Taxa de Variação da Nota Sensorial de Sabor (N_s), Vida de Prateleira Estimada (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.	104
TABELA IV-26 - Taxa de Variação da Nota Sensorial de Aparência (N_a), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.....	106
TABELA IV-27 - Taxa de Degradação de Vitamina C (N_{VC}), Tempo de Meia-Vida ($t_{1/2}$), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) para Degradação de Vitamina C em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.....	111
TABELA IV-28 - Valores de Energia de Ativação e Q_{10} para Cinética de Degradação de Vitamina C em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.....	112
TABELA IV-29 - Permeabilidades Calculadas do PEBD ao O_2 (Π_{O_2}) e ao CO_2 (Π_{CO_2}) a Diferentes Temperaturas	118
TABELA IV - 30 - Taxa de Respiração (N_{CO_2}) e Concentração de CO_2 no Interior da Embalagem (y_{iCO_2}) de PEBD (Calculada e Experimental).	119

NOMENCLATURA

A = área superficial da embalagem	[m ²]
a_w = atividade de água	[-]
d = diâmetro	[m]
DPV = déficit de pressão de vapor	[kPa]
D_v = difusividade do vapor de água no ar	[m ² /dia]
E_a = energia de ativação	[kcal.kg.mol]
E^P_x = energia de ativação de permeação do gás x	[J/mol]
k_G = coeficiente de transferência de massa	[g/m ² .dia.kPa]
l = espessura do filme	[μ m]
k_t = coeficiente de transpiração	[g/m ² .dia.kPa]
m = massa	[kg]
N_{CO_2} = taxa de produção de CO ₂	[g/kg.dia]
N_{O_2} = taxa de consumo de O ₂	[g/kg.dia]
N_a = taxa de variação da nota sensorial de aparência	[1/dia]
N_p = taxa de perda de peso	[g/kg.dia]
N_r = taxa de perda de peso líquida devido a respiração	[g/kg.dia]
N_s = taxa de variação da nota sensorial de sabor	[1/dia]
N_t = taxa de transpiração	[g/kg.dia]
N_{VC} = taxa de degradação de vitamina C	[1/dia]
p = nível de significância	[-]
P = pressão atmosférica	[kPa]
PM = peso molecular	[g-mol]
$P_v \text{ sat}$ = pressão de vapor saturado	[kPa]
$P_v \text{ cam}$ = pressão de vapor no interior da câmara	[kPa]
QR = quociente respiratório	[-]

R = constante universal dos gases	[kPa.m ³ /g-mol.K]
Re = número de Reynolds	[-]
Sc = número de Schmidt	[-]
Sh = número de Sherwood	[-]
T = temperatura absoluta	[K]
t = tempo	[h]
t _{1/2} = tempo de meia-vida	[dia]
[vit C] = concentração de vitamina C	[mg/100 g]
UR = umidade relativa	[%]
v = velocidade do ar	[m/s]
VP = vida de prateleira	[dia]
y ⁱ _{CO₂} = fração molar de CO ₂ no interior da embalagem	[-]
y ^e _{CO₂} = fração molar de CO ₂ externa	[-]
y ⁱ _{O₂} = fração molar de O ₂ no interior da embalagem	[-]
y ^e _{O₂} = fração molar de O ₂ externa	[-]

LETRAS GREGAS

Π _{v casca} = permeabilidade da casca ao vapor de água	[mg.µm/m ² .dia.kPa]
Π _{CO₂} = permeabilidade da embalagem ao CO ₂	[mg.µm/cm ² .dia.kPa]
Π _{O₂} = permeabilidade da embalagem ao O ₂	[mg.µm/cm ² .dia.kPa]
Π _x = permeabilidade ao gás x	[mg.µm/cm ² .dia.kPa]
Π* _x = fator de permeabilidade pré-exponencial para o gás x	[mg.µm/cm ² .dia.kPa]
Π _{v emb} = permeabilidade dos filmes poliméricos	[mg.µm/cm ² .dia.kPa]
ρ = densidade	[kg/m ³]
ν = viscosidade cinemática	[m ² /dia]

RESUMO

Estudou-se o comportamento fisiológico e implicações organolépticas de mangas (*Mangifera Indica* L.) cv. Keitt, embaladas individualmente com filmes poliméricos e armazenadas sob refrigeração, visando à extensão da vida de prateleira do produto.

Ensaio preliminares recomendaram um pré-tratamento fitossanitário e o amadurecimento da manga deveria ocorrer sem a embalagem. Observou-se, ainda, que a permeabilidade dos filmes aos gases deveria ser da ordem das do polietileno de baixa densidade (espessura 24,5 µm) e a temperatura de armazenagem, superior a 7°C.

Ensaio complementares consideraram, como embalagem de atmosfera modificada, o mesmo filme de polietileno de baixa densidade e um copolímero termoencolhível, Cryovac® D-955. As temperaturas de armazenagem foram 12°C, 17°C e 22°C. Avaliações sensoriais de aceitação (sabor e aparência), determinação da composição gasosa no interior da embalagem e da taxa de respiração, e algumas análises químicas e físicas (teor de vitamina C, Brix, acidez titulável, pH e densidade) permitiram o acompanhamento da qualidade e do comportamento fisiológico do produto.

A utilização de embalagem combinada com redução da temperatura de armazenagem aumentaram a vida de prateleira do produto, definida a partir de parâmetros de análise sensorial. As mangas embaladas apresentaram taxas de respiração, degradação de vitamina C e perda de peso inferiores às sem embalagem. Foi observado o desenvolvimento de sabor não-característico, após longos períodos de armazenagem, nos frutos embalados em polietileno (21 dias a 17°C e 28 dias a 12°C) e Cryovac® D-955 (28 dias a 17°C).

Nas condições estudadas, as mangas embaladas com Cryovac® D-955 e armazenadas a 12°C apresentaram maior vida de prateleira (aproximadamente 35 dias, cerca de 20 dias a mais do que as não-embaladas, à mesma temperatura), confirmando as vantagens da utilização de embalagem de atmosfera modificada para o prolongamento da vida útil do produto.

Palavras-chave: manga, atmosfera modificada, Cryovac® D-955, armazenagem frigorificada, PEBD, perda de peso, vida de prateleira.

ABSTRACT

The physiological behavior and organoleptic response of mangoes (*Mangifera indica* L.) cv. Keitt, individually sealed inside polymeric films and stored under refrigeration were evaluated in relation to their shelf-life extension.

Preliminary tests recommended a sanitary pre-treatment and that the fruit should be unwrapped before the exposure to ripening conditions. Storage temperature higher than 7°C was also necessary and the packaging permeability to the gases should be of the magnitude of a low density polyethylene (LDPE) film, 24.5 µm thick.

Conclusive tests were undertaken with two modified atmosphere packaging materials: the same LDPE film and Cryovac® D-955, a heat-shrinkable film. Comparisons with unsealed fruits were also made. Storage temperatures were 12°C, 17°C and 22°C. The quality decay and the physiological behavior of the product were monitored by sensorial panel scores of acceptance (flavor and appearance), gaseous composition inside the package, respiration rates and some chemical and physical analysis (vitamin C content, Brix, titratable acidity, pH and density).

The use of sealed films combined with a decrease in storage temperature prolonged the shelf-life of the product, defined by sensorial scores. Compared to unsealed mangoes, the packaged fruits showed lower respiration rates, vitamin C degradation and weight loss. Off-flavor development was noticeable only after long storage periods: 21 days at 17°C and 28 days at 12°C for LDPE film, and 28 days at 17°C for Cryovac® D-955 wrap.

Under the conditions studied, mangoes seal-packaged with Cryovac® D-955 and stored at 12°C showed the longest shelf-life (35 days, about 20 days longer, compared to unsealed fruits at the same temperature), validating the advantages of the use of modified atmosphere for the extension of the commercial life of the product.

I - INTRODUÇÃO

A aplicação do frio, na conservação de alimentos por períodos de tempo variados, é conhecida de forma empírica há milhares de anos. Somente no século passado, com o desenvolvimento de ciências como a física, a química e a microbiologia entre outras, é que se encontrou explicação científica satisfatória para a utilização de baixas temperaturas como agente de conservação. Sabe-se que a velocidade da maioria das reações químicas está diretamente relacionada com a temperatura do sistema e, conseqüentemente, os processos fisiológicos, biológicos e bioquímicos também estão. Em geral, quanto mais baixa a temperatura de armazenagem dos alimentos, menores são as transformações sofridas pelo produto (WILLS et alii, 1981; NEVES F^o., 1991).

A armazenagem frigorificada de frutas e hortaliças frescas tem como função principal aumentar a vida útil do produto, mantendo suas características organolépticas originais. No caso da maioria das frutas, a armazenagem tem como objetivo retardar o amadurecimento (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

No Brasil, que é um país agrícola de dimensões continentais e com clima predominantemente tropical, a armazenagem de alimentos "in natura" é de vital importância, principalmente a frigorificada, para amenizar as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. Estimativas indicam que as perdas pós-colheita variam de 25 a 80% da produção agrícola, dependendo do produto e da região produtora (IBRAF, 1995). Uma grande parte desta perda ocorre devido à falta de armazenagem após a colheita. Além disso, o produtor que não conta com um sistema de armazenagem, é obrigado a vender toda a sua produção na época da safra, quando o preço do produto está em baixa. Assim, no caso das frutas e hortaliças com safra definida, a armazenagem e o transporte frigorífico atuam como reguladores de oferta durante o período da entressafra, diminuindo as flutuações de preço, permitindo melhor disponibilidade para a exportação e para o consumo interno.

A Tabela I-1 indica alguns dados de produção e exportação das principais frutas brasileiras. Os números confirmam os altos níveis de produção em comparação com o pequeno volume total exportado, sendo a manga um exemplo típico. O Brasil produziu em 1992, 637.000 toneladas de mangas e exportou apenas 1,4% deste total (aproximadamente US\$ 7 milhões), sendo 74% destinado aos E.U.A., 18% para a Europa Ocidental, 3% para o Canadá, 3% para o resto da Europa e apenas 2% para o Mercosul (IBRAF, 1995).

TABELA I-1 - Dados de Produção e Exportação de Frutas do Brasil (IBRAF, 1995)

PRODUÇÃO NACIONAL ANUAL E EXPORTAÇÃO (mil toneladas)						
Produto	1987	1988	1989	1990	1991	1992
abacaxi	1.333 n.d.	1.347 n.d.	1174 (6,7)	1.030 (4,7)	1.107 (9,9)	1.120 (6,8)
banana	5.131 n.d.	5.118 n.d.	5.305 (83,6)	5.564 (53,2)	5.492 (91,1)	5.950 (91,5)
goiaba	n.d. n.d.	209 n.d.	223 n.d.	231 n.d.	214 n.d.	n.d. n.d.
maçã	334 n.d.	439 n.d.	478 (3,0)	544 (6,3)	527 (3,3)	611 (32,6)
mamão	303 n.d.	434 n.d.	264 (3,0)	257 (2,7)	300 (3,6)	n.d. (3,4)
manga	n.d. n.d.	759 n.d.	699 (5,4)	697 (4,6)	701 (7,7)	637 (9,1)
melão	53,3 (7,7)	59 (14,3)	69 (20,1)	80 (22,3)	93 (38,5)	n.d. (38,1)
uva	n.d. (1,3)	n.d. (3,2)	n.d. (2,0)	n.d. (1,8)	n.d. (2,9)	n.d. (6,8)

n.d. - dado não disponível

() - volume exportado

Para se realizar a armazenagem de forma adequada, são necessários conhecimentos sobre a fisiologia pós-colheita do produto e a ação de microrganismos, para que se possam escolher as condições mais favoráveis, dentro de certos limites técnicos e econômicos, de temperatura, umidade relativa, concentração de gases, embalagem, ventilação, etc.

Um dos grandes problemas na armazenagem de frutas e hortaliças é a perda de peso por evaporação de água que acarreta alterações de sabor, cor e textura. Mesmo que o produto não fique comprometido, como na maior parte das vezes ele é vendido por peso, a perda de água acaba acarretando prejuízos na hora da comercialização.

Nos E.U.A., o consumo de frutas e hortaliças frescas aumentou 12% nos últimos 10 anos contra um decréscimo de 20% dos mesmos produtos enlatados, no mesmo período. O aumento no consumo de produtos frescos é estimulado por considerações nutricionais e de possível prevenção ao câncer. O consumidor norte-americano procura produtos mais frescos ou com aparência de frescos, nutritivos, fáceis de preparar e servir, livre de pesticidas e disponíveis o ano todo a um preço razoável (LABUZA & BREENE, 1989; SHEWFELT, 1990).

A manga (*Mangifera Indica* L.) é a segunda fruta tropical mais produzida no mundo (14 milhões de toneladas/ano), inferior apenas à da banana. Apesar disso, existe apenas um pequeno comércio internacional, sendo a manga considerada artigo de luxo nos mercados da maioria dos países industrializados. A redução de preço, juntamente com a melhora na manutenção da qualidade geral da fruta, provavelmente resultaria no aumento de consumo (THOMAS & JOSHI, 1988).

O alto custo das mangas para os países importadores é devido, principalmente, ao transporte aéreo da carga. O transporte marítimo é uma alternativa utilizada pelas indústrias exportadoras de manga, por ser mais barato e permitir volumes maiores de carga em relação ao transporte aéreo. Entretanto, no presente estágio de desenvolvimento técnico, o transporte marítimo nem sempre garante uma boa qualidade da fruta na chegada ao país importador e nem vida de prateleira suficientemente longa para ser comercializada com sucesso, devido ao tempo longo de transporte (MEDLICOTT et alii, 1990).

O transporte marítimo, geralmente, envolve a utilização de armazenagem a baixas temperaturas, numa tentativa de se prolongar a vida de prateleira do produto. Na prática, a temperatura mínima para armazenagem da maioria das frutas tropicais é

determinada pela sua suscetibilidade à injúria pelo frio. A temperatura ótima de armazenagem de manga é de 12 a 13°C, embora existam trabalhos onde são relatadas temperaturas de 5 a 10°C (MILLER et alii, 1983; THOMAS & JOSHI, 1988; KRISHNAMURTHY & JOSHI, 1989). Esta variação pode ser devida ao tipo de cultivar, estágio de maturação na colheita, tipo de solo, etc (MEDLICOTT et alii, 1990).

Recomenda-se a colheita da manga no seu estágio de maturação completo, polpa firme, casca verde ou levemente avermelhada e no estado pré-climatérico. Para comercialização, entretanto, os frutos são geralmente colhidos antes da sua maturação completa, resultando, após o amadurecimento em fruta de qualidade inferior. Além disso, as mangas são colhidas em diversos estádios de maturidade e são embarcadas juntas, resultando em queda da uniformidade de amadurecimento entre as frutas (MEDLICOTT et alii, 1990).

Outro problema para a exportação de manga é a restrição que alguns países, como os E.U.A. e o Japão, fazem aos frutos provenientes de regiões onde determinadas espécies de mosca-da-fruta estão presentes, como é o caso do Brasil (SHETTY et alii, 1989).

A combinação de armazenagem frigorificada com embalagem de atmosfera modificada é uma técnica para aumentar o tempo de armazenagem e a vida de prateleira de produtos frescos altamente perecíveis, como é o caso da manga, para que possam ser transportados via marítima (McGLASSON, 1992).

A embalagem individual pode servir também como atrativo nas vendas, através da impressão na própria embalagem da marca do produtor, variedade da fruta, local de produção, valor nutritivo e forma de consumir.

De acordo com BEN-YEHOSHUA (1985) os custos para embalar laranjas individualmente, incluindo a depreciação dos equipamentos envolvidos, mão-de-obra e material utilizado, é de aproximadamente US\$1.00 por caixa com 100 laranjas.

O Departamento de Engenharia de Alimentos vem realizando uma série de pesquisas sobre processamento de manga, visando a sua conservação por métodos combinados como desidratação osmótica, impregnação de solutos, secagem e congelamento. O desdobramento dessas pesquisas considerou a preservação de mangas "in natura" pela refrigeração sob atmosfera modificada. A programação inicial incluía uma comparação do comportamento das três variedades de manga mais comercializadas no Estado de São Paulo (Tommy Atkins, Keitt e Haden). A avaliação

do número de variáveis envolvidas, entretanto, restringiu a pesquisa a um só cultivar, sobretudo porque o período da safra das mesmas é coincidente. Considerando que já existem estudos sobre a conservação de Tommy Atkins (MILLER et alii, 1983 e 1986) e a produção crescente do cultivar Keitt, além das excelentes características de preservação por ela demonstradas quando na forma de fatias pré-processadas, (RESENDE & KIECKBUSCH, 1994) optou-se pela mesma para dar início a um programa de estudos sobre sua conservação sob atmosfera modificada. O programa seguiu duas etapas: no verão de 1993 foi feito um ensaio preliminar, visando definir condições de temperatura, embalagem e número de amostragem. No verão de 1994 foi realizado o ensaio definitivo.

Os principais objetivos deste trabalho foram:

- Verificar o aumento da vida de prateleira de mangas cv. Keitt, utilizando diferentes embalagens de atmosfera modificada individuais e temperaturas de armazenamento;

- Estudar o comportamento fisiológico e implicações organolépticas dessas mangas ao longo do período de armazenagem através do acompanhamento da composição gasosa no interior das embalagens, taxa de respiração dos frutos e análises químicas, físicas e sensoriais.

As combinações mais favoráveis obtidas com esses ensaios poderão, posteriormente, ser aplicadas em um estudo comparativo, simplificado, com as outras variedades de manga.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 - FISILOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS

As frutas e hortaliças, mesmo após a colheita, são estruturas vivas, que continuam realizando reações metabólicas e mantendo os mesmos sistemas fisiológicos de quando estavam ligados à planta que os gerou (WILLS et alii, 1981).

Um dos processos metabólicos que continua após a colheita é a respiração, tanto aeróbica como anaeróbica, dependendo da disponibilidade de oxigênio. Durante a respiração, as frutas e hortaliças consomem substâncias que, antes da colheita, eram fornecidas pela seiva (água, sais minerais, açúcares, aminoácidos, etc.) e que agora estão presentes em quantidade limitada. Como este consumo não é repostado, tem início a deterioração do produto (PANTASTICO, 1975).

1.1 - Desenvolvimento Fisiológico

O desenvolvimento fisiológico de frutas e hortaliças pode ser dividido em três estádios: crescimento, maturação e senescência. A distinção exata entre os estádios, para a maioria dos produtos, não é fácil de ser estabelecida por parâmetros bioquímicos e fisiológicos. O crescimento envolve a divisão celular e o posterior aumento de tamanho das células, gerando o formato e o tamanho final do produto. A maturação começa, em geral, após o fim do crescimento e envolve diferentes atividades metabólicas e fisiológicas para cada tipo de produto. A senescência é definida como o período no qual os processos bioquímicos anabólicos dão lugar aos processos catabólicos, levando ao envelhecimento e morte do tecido. O amadurecimento é um termo reservado para as frutas e que começa, em geral, nos últimos estádios da maturação e se prolonga até o início da senescência. O crescimento e a maturação da fruta só se completam caso ela esteja ligada à planta; já o amadurecimento e a senescência podem ocorrer na planta e após a colheita. Em geral as frutas são colhidas na maturação ou maduras (ESKIN et alii, 1971; SALUNKHE & DESAI, 1984).

1.2 - Amadurecimento de Frutas

O amadurecimento de frutas envolve mudanças físico-químicas complexas, muitas delas ocorrendo independentes umas das outras. As alterações mais expressivas que ocorrem na fruta durante o amadurecimento são as seguintes (WILLS et alii, 1981):

- maturação da semente;
- mudança de cor e textura;
- destacamento da planta;
- mudança nas taxas de respiração e produção de etileno;
- mudança na permeabilidade do tecido;
- mudança na composição de carboidratos, ácidos orgânicos e proteínas;
- produção de aromas voláteis;
- desenvolvimento de cera na casca.

1.3 - Fisiologia da Respiração

A respiração é o processo metabólico predominante nas frutas e hortaliças após a colheita e pode ser descrita como a quebra oxidativa de compostos complexos, como amido, açúcares e ácidos orgânicos, em moléculas mais simples como dióxido de carbono e água, com a liberação de energia e de outras moléculas que podem ser utilizadas pelas células nas reações de síntese. A respiração pode ocorrer em presença de oxigênio ou em sua ausência. A taxa de respiração do produto é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido e, portanto, guia útil do potencial de armazenagem do produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Um grupo significativo de frutas apresenta aumento na taxa de respiração que coincide com o amadurecimento. Este aumento é conhecido como climatério respiratório e as frutas que apresentam este tipo de comportamento são denominadas climatéricas (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

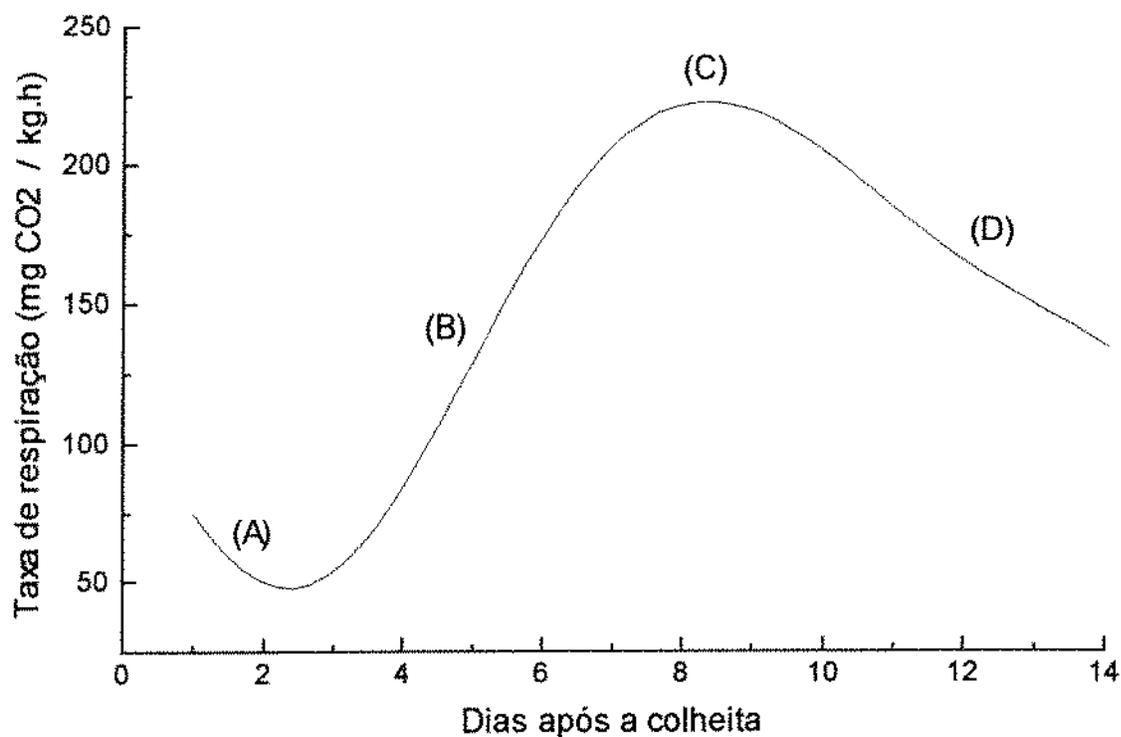
A intensidade do climatério respiratório varia bastante de fruta para fruta e aquelas que não apresentam este tipo de comportamento são denominadas não-climatéricas. Na Tabela II-1, consta uma lista de frutas climatéricas e não-climatéricas. Todas as hortaliças podem ser consideradas não-climatéricas (SCHWIMMER, 1981).

TABELA II-1 - Exemplos de Frutas Climatéricas e Não-Climatéricas (WILLS et alii, 1981)

FRUTAS CLIMATÉRICAS	FRUTAS NÃO-CLIMATÉRICAS
abacate	abacaxi
ameixa	amora
banana	cereja
maçã	goiaba
mamão	laranja
<u>manga</u>	limão
pêra	melão
pêssego	morango
tomate	uva

A manga tem alta taxa de respiração durante o processo de maturação, que varia com a temperatura e variedade. Ela é considerada uma fruta climatérica e a curva padrão de respiração da manga a 28°C é representada por quatro fases distintas: pré-climatérica, elevação climatérica, pico climatérico e senescência (KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN, 1973). Este comportamento pode ser observado na Figura II-1.

Quando a fruta é colhida verde, porém completamente desenvolvida fisiologicamente, nos dois primeiros dias ocorre diminuição na taxa de respiração (pré-climatérico), que se eleva rapidamente após 2 a 5 dias. Após 9 dias a fruta estará madura (pico climatérico), com boa textura e coloração. No décimo dia a respiração começa a diminuir, sua textura vai perdendo consistência e o seu aroma torna-se bastante pronunciado, caracterizando maturação excessiva (senescência), e a sua susceptibilidade ao ataque de microrganismos aumenta (KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN, 1973).



(A) - fase pré-climatérica

(C) - pico climatérico

(B) - fase de elevação climatérica

(D) - senescência

FIGURA II-1 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Alphonso a 28°C (KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN, 1973)

De acordo com ROCHA (1976), a taxa de respiração de mangas cv. Haden mostrou redução bastante acentuada, em torno de 80%, quando armazenadas a 15°C em relação a 25°C (Tabela II-2). A redução da temperatura aumentou de 7 para 15 dias o início do pico climatérico e alterou, também, a duração de cada fase.

Comparando-se os dados obtidos por ROCHA (1976) e KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN (1973), observou-se que os tempos de duração das diversas fases foram bastante semelhantes, entretanto as taxas de respiração foram mais altas para mangas cv. Haden armazenadas a 25°C em relação às obtidas para cv. Alphonso a 28°C.

TABELA II-2 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Haden a 15 e 25°C (ROCHA, 1976)

FASE	TEMPERATURA (°C)	DURAÇÃO (dias)	TAXA RESP.* (mg CO ₂ /kg.h)
pré-climatérica	15	9-12	23-38
elevação climatérica	15	13-15	53-83
pico climatérico	15	15-18	76-83
senescência	15	19-40	26-61
pré-climatérica	25	2-3	127-191
elevação climatérica	25	4-6	173-241
pico climatérico	25	7-8	270-286
senescência	25	9-30	105-244

* taxa de respiração por peso seco (16% do peso total)

YAHIA & HERNANDEZ (1993) determinaram a taxa de respiração (por peso seco) de mangas cv. Keitt da região de Huatabambo, México, armazenadas a uma temperatura mais baixa (20°C), em relação aos dois trabalhos discutidos anteriormente, e constataram que o pico climatérico foi atingido em um tempo mais curto (5 dias), e as taxas de respiração foram superiores (Figura II-2). Essas diferenças foram devidas, provavelmente, ao cultivar, estágio inicial de maturação e local de produção, mas o padrão de comportamento das taxas de respiração foi semelhante.

O aumento das taxas de respiração durante o amadurecimento foi acompanhado por elevado número de transformações físico-químicas, resultando em frutas com características organolépticas próprias para o consumo. As alterações na composição geral das mangas após a colheita, principalmente de variedades indianas e as norte-americanas adaptadas de variedades indianas, foram estudadas por diversos pesquisadores.

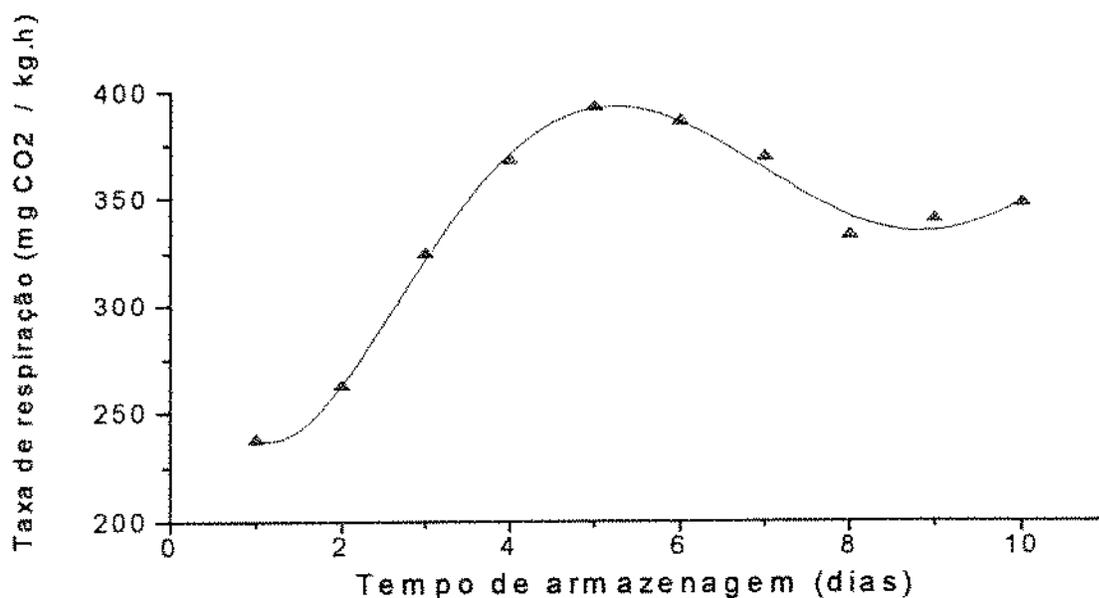


FIGURA II-2 - Taxa de Respiração de Mangas cv. Keitt a 20°C (YAHIA & HERNANDEZ, 1993)

O aumento na quantidade de açúcares, responsáveis pela maior parte dos sólidos solúveis das mangas, é uma das mudanças químicas de maior importância durante o amadurecimento. As mangas não-maduras contêm principalmente açúcares redutores e as maduras, açúcares não-redutores (sacarose), como pode ser observado na Figura II-3. Paralelamente, pode-se observar uma redução na acidez titulável e no teor de resíduos insolúveis em álcool (SUBRAMANYAM et alii, 1975).

A variação da composição de mangas cv. Keitt durante o amadurecimento a 22°C foi estudada por MEDLICOT & THOMPSON (1985). As mangas eram originárias do México, mas os experimentos foram conduzidos na Inglaterra (Tabela II-3). Um dado interessante a ser observado foi a estabilização do teor de sólidos solúveis a partir do 4º dia de armazenagem, antes da manga ter atingido o amadurecimento (9º dia), enquanto que a acidez continuou diminuindo e o pH aumentando.

Neste mesmo trabalho os autores analisaram, através de cromatografia líquida de alta performance, a composição de ácidos orgânicos presentes na manga cv. Keitt. Os ácidos que aparecem em maior proporção foram o cítrico e o málico. Estavam presentes, também, os ácidos tartárico, oxálico, ascórbico e α -cetoglutárico, em concentrações inferiores a 2,0 mEq/100 g.

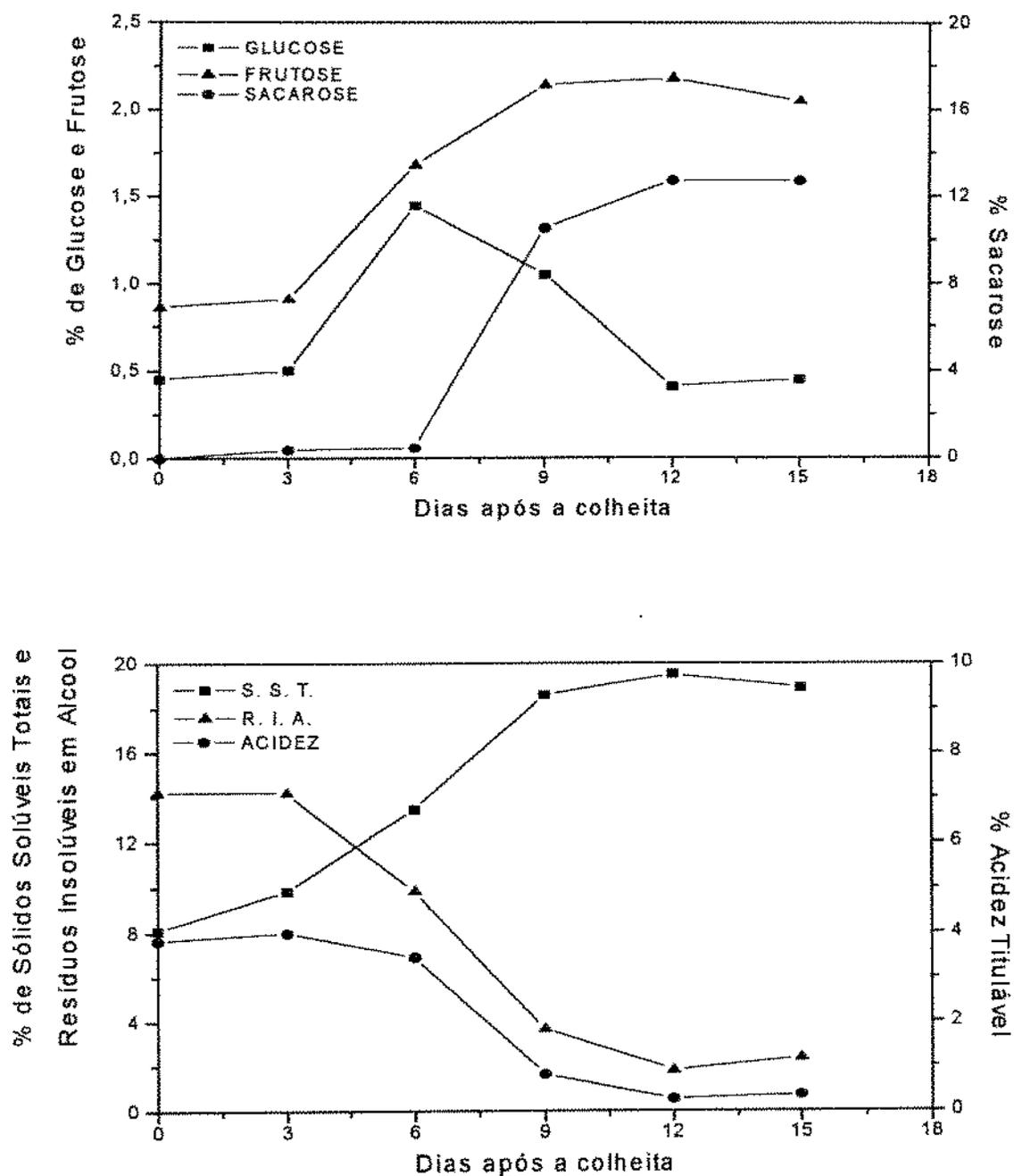


FIGURA II-3 - Alterações nos Açúcares, Sólidos Solúveis Totais (S.S.T.), Resíduos Insolúveis em Álcool (R.I.A.) e Acidez Titulável em Mangas cv. Alphonso durante o Amadurecimento a 28°C (SUBRAMANYAM et alii, 1975).

TABELA II-3 - Mudança na Composição Durante o Amadurecimento de Mangas cv. Keitt a 22°C (MEDLICOT & THOMPSON, 1985)

Tempo de armazenagem (dias)	Sólidos Solúveis (%)	Açúcar Total (%)	Relação Glicose: Frutose	Relação Açúcar Total: Sólidos Solúveis	Acidez Titulável (%)	pH	Relação Ácido Cítrico: Málico	Relação Açúcar: acidez
0	4,9	3,51	0,59	0,71	1,29	3,1	4,03	0,17
2	9,5	8,29	0,56	0,87	0,76	3,7	1,56	0,70
4	11,2	10,12	0,64	0,90	0,54	3,9	1,75	1,19
7	11,0	10,29	0,54	0,94	0,34	4,1	6,56	1,93
9	10,6	8,40	0,57	0,79	0,26	4,3	5,80	2,09

VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA (1985) estudaram a composição de mangas cvs. Haden, Irwin, Kent e Keitt, produzidas no México, após o amadurecimento a 16, 18, 20, 22, 25 e 28°C, com umidades relativas entre 85 e 90%. A acidez titulável foi expressa em porcentagem de ácido cítrico e o ácido ascórbico em porcentagem de retenção em relação ao terceiro dia de armazenagem. Baseados nos resultados obtidos, os autores recomendam temperaturas de armazenagem e amadurecimento de 20 - 22°C, com umidade relativa de 85 - 90%, para as mangas cvs. Haden, Irwin, Kent e Keitt. Os dados obtidos para as mangas cv. Keitt estão na Tabela II-4.

Apesar das mangas serem da mesma variedade e procedência, os resultados de teor de sólidos solúveis e pH apresentados na Tabela II-4 são sensivelmente maiores que aqueles relatados no trabalho anterior, e a acidez titulável, 5 vezes menor. Provavelmente as mangas utilizadas por MEDLICOT & THOMPSON (1985) foram colhidas num estágio de maturação anterior ao ideal para resistirem ao transporte e, portanto, não conseguiram amadurecer de forma adequada. Além disso, VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA (1985) devem ter considerado o ponto de amadurecimento já no início da senescência, pois os teores obtidos de sólidos solúveis e pH foram muito elevados.

TABELA II-4 - Mudança na Composição Após o Amadurecimento de Mangas cv. Keitt (VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA, 1985).

Temp. de armazenagem (°C)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Açúcar Total (%)	Glicose (%)	Frutose (%)	Sacarose (%)	Acidez Titulável (%)	pH	Ácido Ascórbico (% retenção)
16	18,7	16,8	0,9	4,5	13,4	0,10	5,0	68,7
18	18,1	15,9	0,5	3,7	13,5	0,02	5,4	96,1
20	17,8	16,8	0,5	4,9	13,2	0,05	5,0	67,8
22	19,6	16,2	0,6	4,0	13,3	0,05	6,5	69,6
25	18,2	16,3	0,2	3,8	14,0	0,08	6,1	84,7
28	19,9	17,7	0,4	4,2	15,1	0,04	6,2	76,5

1.4 - Efeito do Etileno

Durante o desenvolvimento de todas as frutas, há uma pequena produção de etileno, que foi identificado como sendo um componente ativo para a estimulação do amadurecimento. A aplicação de quantidades mínimas de etileno, da ordem de 1 ppm, estimula a atividade respiratória, induz o amadurecimento e acelera o início do climatério de diversas frutas (WILLS et alii, 1981).

A atuação do etileno nas frutas climatéricas parece ser efetiva somente na fase pré-climatérica e é independente da concentração, enquanto que, nas não-climatéricas, a atividade respiratória pode ser estimulada em todos os estádios da maturação e é função da concentração (BIALE & YOUNG, 1981).

Não está totalmente esclarecida a função do etileno no amadurecimento de frutas, existindo uma série de evidências que sugere que atua, provavelmente em conjunto com outros hormônios da planta, realizando um controle do tipo hormonal nesse processo (FENNEMA, 1976; WILLS et al., 1981). Muitas frutas e hortaliças respondem à presença de C_2H_4 com amolecimento acelerado da polpa e desordens fisiológicas, ambos com efeito direto sobre a qualidade do produto (KADER, 1985).

1.5 - Transpiração

A transpiração ou perda de umidade em frutas e hortaliças é um processo controlado pela transferência de massa e se dá pela evaporação de água através das estruturas anatômicas (estômatos, lenticelas, cutículas e pedúnculos). Antes da colheita, a perda de água através da transpiração é repostada pela planta mãe. Após a colheita o processo de transpiração continua, mas a água não é repostada, ocasionando perda real de peso. A maior parte da água é perdida durante a armazenagem frigorificada sob a forma de vapor, através da transpiração, e apenas pequena parte através da respiração. Para alguns produtos, uma pequena perda de água é suficiente para comprometer a sua qualidade, devido ao murchamento, enrugamento, alteração de textura, cor, sabor ou perda de valor nutricional (WILLS et alii, 1981).

A seguir são definidos dois termos relacionados com o processo de respiração:

- Coeficiente de transpiração (k_t): é a massa de umidade transpirada por unidade de massa do produto, por unidade de déficit de pressão de vapor, por unidade de tempo. Em alguns casos o coeficiente de transpiração é expresso por unidade de área superficial do produto ao invés da massa, e nesse caso corresponde a um típico coeficiente de transferência de massa.

- Taxa de transpiração (N_t): é a massa de umidade transpirada por unidade de massa do produto, por unidade de tempo. Esta taxa também pode ser expressa por unidade de área do produto. A taxa de transpiração de um produto irá variar com as condições ambientais.

1.5.1 - Fatores que afetam a taxa de transpiração

Há diversos fatores que afetam o comportamento da transpiração de frutas e hortaliças armazenadas e dentre eles os mais importantes são (SASTRY et alii, 1978):

a) Efeito do Déficit de Pressão de Vapor (DPV)

A transpiração, definida como um processo de transferência de massa por evaporação e difusão, é governada pela temperatura e umidade relativa. A umidade

relativa do ar é definida como sendo a razão entre a pressão parcial de vapor de água no ar e a pressão do vapor de água saturado à mesma temperatura. A maioria das frutas e hortaliças contém entre 80 e 95% de água, que está presente como solução nos espaços intercelulares. Pode-se, portanto, assumir que a atmosfera interna do produto está na condição saturada. A transpiração ocorre, primordialmente, pela diferença da pressão de vapor entre o interior da fruta ou hortaliça e o ambiente. Esta diferença é definida como sendo o déficit de pressão de vapor (DPV), e quanto maior a DPV, maior será a perda de umidade por transpiração pelo produto.

b) Efeito da Circulação do Ar

A função da circulação de ar dentro de uma câmara frigorífica é de homogeneizar a temperatura e a umidade relativa, e desta maneira, remover o calor de respiração do produto armazenado e o que penetra através das estruturas da câmara. O mecanismo da remoção de calor de respiração (convecção) é o mesmo da retirada de umidade da superfície das frutas e hortaliças. Diversos pesquisadores estudaram o efeito da movimentação do ar sobre a taxa de transpiração e a maioria dos trabalhos concluiu que existe um efeito, mas ele não é significativo, exceto quando há diferença substancial de temperatura entre o ar e o produto, como ocorre durante o resfriamento.

c) Efeito da Respiração

A respiração de frutas e hortaliças pode ser escrita como:



Neste caso, o quociente respiratório é igual a um, isto é, uma molécula de O_2 consumida produz uma molécula de CO_2 , o que nem sempre ocorre, podendo este valor variar de 0,7 a 1,3. Quando ácidos orgânicos, juntamente com a glicose, são oxidados, o coeficiente será maior que um e, quando lipídeos são metabolizados, o coeficiente será menor que um (KADER et alii, 1989).

A maioria dos pesquisadores assume que a única perda de peso devida à respiração é através da liberação de gás carbônico, que se difunde para o ambiente, sendo que a água produzida permanece nos tecidos. Existem pesquisas, entretanto, que mostram que a respiração causa perda por transpiração através da geração de

calor dentro do produto. De acordo com MEFFERT (1970) o calor de respiração pode ser dissipado de duas formas: através da transferência de calor diretamente para o ambiente ou pela evaporação de água, dependendo do déficit de pressão de vapor. LENTZ & ROOKE (1964) observaram que maçãs perdiam pequenas quantidades de umidade, mesmo quando o ar estava saturado e à mesma temperatura do produto. Esta perda foi atribuída ao efeito do calor de respiração que tendia a aumentar a temperatura e, conseqüentemente, a pressão de vapor no interior do produto e dessa maneira o déficit de pressão de vapor, causando a transpiração.

d) Efeito do Tamanho, Formato e Área Superficial do Produto

A relação entre a área superficial e o volume ou massa do produto influi sobre a perda de umidade. Quanto maior a área superficial por unidade de volume ou massa, maior será a perda de água pelo produto.

O formato de uma fruta ou hortaliça também pode afetar a relação de área superficial por volume ou massa. APELAND & BAUGEROD (1971) estudaram a perda de peso de cenouras e observaram que aquelas mais longas, finas e de formato cônico perdiam mais peso que as grossas de formato cilíndrico. VILLA (citado por SASTRY et alii, 1978) estudou o efeito do formato de maçãs, batatas e beterrabas sobre o escoamento de ar sobre suas superfícies e sobre os coeficientes de transferência de calor e massa.

e) Efeito da Estrutura Superficial

Se o DPV representa a força motriz para o processo de transpiração, a estrutura da superfície do produto, junto com o filme de ar que o envolve representam a resistência. Algumas frutas e hortaliças, mesmo contendo cobertura da superfície externa do produto, como cera, apresentam diversas fontes para perda de água tais como a região de intersecção do fruto ao pedúnculo, lenticelas, estômatos, cortes, batidas, etc. A ocorrência de danos mecânicos acelera a taxa de perda de água pelo produto. No caso de choque mecânico, a organização do tecido da superfície fica prejudicada, permitindo uma maior troca gasosa através do tecido danificado. Quando há um corte da camada externa de proteção, o tecido fica diretamente exposto à atmosfera, perdendo água, e há uma maior susceptibilidade ao ataque de microrganismos, que também resulta numa maior perda de água.

f) Efeito da Maturidade

Mudança na estrutura da superfície com a maturidade parece ser uma das razões para alteração na taxa de transpiração. LEONARD (citado por SASTRY et alii, 1978) estudou o comportamento da transpiração de diversas frutas ao longo do amadurecimento. Tomates apresentaram taxa de transpiração constante, independente do estágio de amadurecimento; já o mamão teve aumento da taxa com o desenvolvimento da cor e o início do climatério. Bananas e mangas, enquanto estavam verdes e não-maduras, apresentaram taxa pequena e constante, seguido por rápido aumento durante a parte inicial do processo de amadurecimento. As frutas maduras e no início da senescência apresentaram pequeno aumento da taxa de transpiração até a casca ficar totalmente marrom e haver deterioração por fungos, quando houve aumento rápido da taxa.

g) Efeito da Perda de Umidade sobre a Permeabilidade da Pele e do Tecido

Um fenômeno comum que ocorre na secagem de produtos biológicos é a redução da sua permeabilidade, que diminui a taxa de perda de água. PIENIAZEK (citado por SASTRY et alii, 1978) observou que o coeficiente de transpiração de maçãs mantinha-se constante até determinados valores de DPVs. A partir de altos DPVs, o coeficiente diminuía. Ele atribuiu este efeito à secagem do tecido externo devido ao aumento do DPV. FOCKENS & MEFFERT (1972) desenvolveram um modelo matemático para transpiração, baseado na suposição de que, sob baixo DPV, as células da superfície de produtos biológicos estarão arredondadas e túrgidas e oferecem pequena resistência à difusão, enquanto que, sob alto DPV, as células se achatam e aumentam a resistência à difusão.

h) Efeitos Endotérmicos da Transpiração

A transpiração é um processo de evaporação e difusão, e os efeitos endotérmicos são uma parte da evaporação. A maioria dos pesquisadores consideram estes efeitos desprezíveis e assumem que a pressão de vapor no interior do produto é a de saturação à temperatura da câmara. Entretanto GENTRY; DYPOLT e TALBOT (citados por SASTRY et alii, 1978), na tentativa de medir as taxas de transpiração de vários produtos em estado não-estacionário, encontraram que a pressão de vapor abaixo da epiderme dos produtos era um pouco menor que a pressão de vapor saturado. Uma

possível explicação para este fato é que a evaporação reduz a temperatura do interior e nas proximidades do produto e a pressão de vapor local diminui. HOLDSWORTH (1970) enfatizou a importância dos efeitos de resfriamento causado pela evaporação, dizendo que, considerando-se a transferência de calor entre o produto e o ar circulante, o fator mais importante é a diferença entre o calor de respiração e o calor de evaporação.

i) Efeito de Substâncias Dissolvidas

A água presente nas membranas celulares da maioria das frutas tem substâncias dissolvidas (açúcares, gases, etc.). Estes solutos podem ou não ter efeito significativo sobre o déficit de pressão de vapor, dependendo da concentração e natureza do soluto. Por exemplo, uma solução aquosa de 1% de glicose reduz a pressão de saturação da água pura em 0,1 %. GAC (citado por SASTRY et alii, 1978) observou que, se uma fruta ou hortaliça for colocada em ambiente saturado de vapor de água, o calor produzido devido à respiração pode causar pequeno aumento na temperatura do produto, produzindo pequena diferença de pressão de vapor com o ambiente. Entretanto, a presença de substâncias dissolvidas tenderia a reduzir esta diferença de pressão. GAC calculou o efeito do calor de respiração em peras armazenadas a 0°C e notou que o aumento resultante na temperatura da fruta (em estado estacionário) foi bem pequeno (0,015°C). Dessa forma, concluiu que, se ocorre transpiração em ambiente saturado, a água presente na fruta e próxima a sua superfície deve estar na forma de uma solução muito diluída ou mesmo pura.

1.5.2 - Modelos matemáticos para a transpiração

A forma mais simples e mais amplamente utilizada para estimar a perda de água por transpiração é o modelo linear, correlacionado por:

$$N_t = k_t DPV \quad (II-1)$$

sendo N_t a taxa de transpiração, k_t o coeficiente de transpiração e DPV a diferença entre a pressão de saturação da água e a pressão de vapor na câmara,

calculada, assumindo equilíbrio térmico entre a fruta e o ambiente. Pelo exposto no item i) acima, a forma correta de expressar DPV seria:

$$DPV = a_w P_v \text{ sat} - P_v \text{ cam} \quad (\text{II-2})$$

onde $P_v \text{ sat}$ é a pressão de vapor saturado, $P_v \text{ cam}$ é a pressão de vapor no interior da câmara e a_w é a atividade de água do suco das frutas. No caso de mangas de 14 a 18^oBrix, a_w é superior a 0,997 (MIGUEL, 1995), e portanto o seu efeito na equação II-2 é desprezível.

O coeficiente de transpiração, por sua vez, resulta de duas resistências em série:

$$1/k_t = \Pi_v \text{ casca} + 1/k_G \quad (\text{II-3})$$

onde $\Pi_v \text{ casca}$, a permeabilidade da casca está correlacionada com a resistência da casca à saída de água, e k_G é o conhecido coeficiente de transferência de massa por convecção. Conforme mencionado no item b) acima, k_G geralmente é muito alto em relação à permeabilidade da casca, e o processo é controlado por $\Pi_v \text{ casca}$.

Medidas mais precisas da taxa de transpiração indicam, entretanto, que o modelo linear é apenas uma simplificação válida para valores intermediários de DPV (SASTRY et alii, 1978). A transpiração tende a ser maior que o esperado a baixas DPV, e menor a altas DPV.

Sob baixas taxas de transpiração, o calor de respiração pode ser suficiente para aumentar a temperatura na superfície da fruta, aumentando exponencialmente a pressão de vapor e, com isso, diminuir o DPV efetivo.

Altos valores de DPV podem salientar os efeitos endotérmicos discutidos no item h) e diminuir a temperatura da fruta. Além disso, valores altos de DPV geralmente significam ambientes mais secos, que tendem a ressecar a casca e com isso diminuir N_t , conforme indicado no item g).

O modelo matemático desenvolvido por HAYAKAWA & SUCCAR (1982), que simulou o resfriamento pós-colheita e a perda de peso de produtos frescos esféricos, leva em conta a variação do calor de respiração com o tempo e a temperatura, e das propriedades termo-físicas com a temperatura. O modelo analisou a influência de cinco

parâmetros adimensionais sobre a taxa de resfriamento e perda de peso. Estes parâmetros estão relacionados com as taxas de mudança da densidade e da condutividade térmica em função da temperatura do produto; condutância térmica da superfície; coeficiente de transpiração e umidade relativa do ambiente. De acordo com os autores, entre os cinco parâmetros, a condutância térmica da superfície e o coeficiente de transpiração são os que mais influenciaram no resfriamento e na perda de peso do produto.

O modelo de SASTRY & BUFFINGTON (1982), para prever a taxa de transpiração de frutas e hortaliças, considerou que o produto possui "n" poros com diferentes áreas de seção transversal, e o processo de transpiração foi analisado para um único poro. Foi feita analogia com o balanço de energia de um escoamento unidimensional em reator tubular, onde o gás se difunde através de partículas estacionárias.

O modelo desenvolvido por GAFFNEY et alii (1985) levou em conta o resfriamento evaporativo, o abaixamento da pressão de vapor devido a substâncias dissolvidas, a perda de peso e a geração de calor por respiração e a transferência de calor por radiação e convecção. De acordo com os autores, os maiores erros de um modelo simplificado em relação ao modelo proposto ocorreram na previsão das taxas de transpiração de produtos armazenados a altas umidades relativas.

2 - EFEITO DA TEMPERATURA

A respiração em frutas e hortaliças envolve muitas reações enzimáticas e a velocidade da maioria dessas reações aumenta exponencialmente com a temperatura. De acordo com o conceito de Van't Hoff, um aumento de 10°C na temperatura do sistema faz com que as reações químicas e bioquímicas dobrem sua velocidade. Entretanto, para muitos processos biológicos, este aumento não se mantém constante igual a 2. Com a temperatura do sistema entre 1 e 10°C este valor pode atingir 7, mas acima de 10°C um incremento de 10°C faz com que o aumento da velocidade esteja entre 2 e 3 (SALUNKHE & DESAI, 1984).

2.1 - Resposta Fisiológica

A temperatura ótima de atividade da maioria das enzimas em frutas e hortaliças se situa entre 20 e 30°C, sendo que a maior parte delas é inativada a 40°C (SCHWIMMER, 1981). Após a colheita, caso as frutas e hortaliças sejam mantidas a temperaturas acima de 35°C, haverá rápida deterioração do produto, pois o metabolismo se torna anormal, com quebra das estruturas das membranas e da organização celular (SALUNKHE & DESAI, 1984).

O limite mínimo de temperatura para que o metabolismo atue de forma normal é o ponto de congelamento dos tecidos que está entre 0 e -2°C, pois, com a formação de gelo, cessam as trocas de metabólitos entre os componentes celulares. Além disso, a maior parte da água congela fora das células, causando desidratação das mesmas, e o gelo formado, que tem um volume maior que o da água, causa danos às paredes celulares (WILLS et alii, 1981). Depois de descongelada, a maioria das frutas e hortaliças não mantém as características anteriores de textura e metabolismo. Existem algumas técnicas de congelamento rápido que mantêm a qualidade dos produtos após o descongelamento mas que, atualmente, têm custo elevado (NEVES F^o, 1991).

Para se obter maior redução na taxa de respiração e do metabolismo em geral, na maior parte das vezes, devem-se armazenar as frutas e hortaliças a temperaturas um pouco acima do seu ponto de congelamento. Entretanto, existem alguns produtos que são sensíveis às baixas temperaturas (injúria pelo frio), devendo ser armazenados a temperaturas mais altas (5 - 12°C) (WILLS et alii, 1981; SALUNKHE & DESAI, 1984).

As baixas temperaturas diminuem a taxa de crescimento de microrganismos que podem atacar as frutas e hortaliças após a colheita, além de diminuir a produção de etileno pelas frutas. A sensibilidade do tecido das frutas ao etileno também diminui e, portanto, a taxa de amadurecimento fica bastante reduzida (ESKIN et alii, 1971).

2.1.1 - Injúria pelo frio

A injúria pelo frio é uma desordem fisiológica que afeta o tecido de algumas frutas e hortaliças, quando expostas a temperaturas, em geral, inferiores a 15°C, embora a temperatura crítica possa variar para cada produto. A suscetibilidade à injúria pelo frio

e as suas manifestações varia entre as diferentes frutas e hortaliças (PAULL, 1990).

A extensa gama de sintomas devidos à injúria pelo frio levam a crer que diversos fatores atuam no seu desenvolvimento. Alguns sistemas enzimáticos têm as suas atividades paralisadas pelas baixas temperaturas e outros não. Tem início, então, um acúmulo de produtos tóxicos (etanol, acetaldeído, ácido oxaloacético, etc.) por não haver substratos necessários para as reações. A célula, desta forma, não funciona de forma balanceada e em alguns casos colapsa, perdendo a estrutura e integridade (CHITARRA & CHITARRA, 1990; PAULL, 1990).

Outro mecanismo da injúria causada pelo frio seria a imobilização, a baixas temperaturas, dos lipídeos da membrana da célula, modificando as suas propriedades funcionais e causando problemas na produção de ATP e síntese de proteínas (PANTASTICO, 1975; SALUNKHE & DESAI, 1984).

Uma revisão enfocando os vários aspectos de qualidade da injúria causada pelo frio, tais como sintomas, ocorrência, redução da incidência e conseqüências econômicas foi feita por JACKMAN et alii (1988).

O comportamento da atividade da peroxidase e celulase na casca de mangas cv. Keitt, armazenadas a 5°C por 7, 14 e 21 dias e depois postas para amadurecer a 20°C, foi estudado por ZAUBERMAN et alii, (1988). A atividade destas enzimas aumentou durante o desenvolvimento da injúria pelo frio em níveis muito maiores que a das mangas não injuriadas. Entretanto, estes resultados não fornecem uma explicação para o mecanismo de desenvolvimento da injúria em mangas.

THOMAS & JOSHI (1988) conseguiram reduzir a injúria pelo frio de mangas cv. Alphonso armazenadas a 5 e 10°C por 14 dias através de condicionamento das mangas, que foram mantidas e amadureceram a 20°C±1°C, com umidade relativa de 85 - 90%.

Os principais sintomas da injúria pelo frio que ocorre em mangas estão descritos a seguir (PAULL, 1990):

- falta de doçura, aroma e sabor da polpa;
- casca opaca;
- manchas marrons na casca;
- maturação irregular;
- susceptibilidade à deterioração por fungos;
- redução no nível de carotenóides durante o amadurecimento.

3 - EMBALAGEM DE ATMOSFERA MODIFICADA

Os efeitos benéficos da modificação da atmosfera, envolvendo os produtos alimentícios com uma mistura de gases que minimizem a taxa de perda de qualidade, junto com controle da temperatura para prolongar a vida útil de produtos perecíveis, são conhecidos desde 1800. KID & WEST (citados por RIZVI, 1988) foram os primeiros a descrever os efeitos da concentração de O_2 e CO_2 sobre a taxa de respiração de sementes, em 1920. Eles estudaram também a armazenagem de maçãs em câmaras consideradas as precursoras das atualmente chamadas "com atmosfera controlada". A embalagem de atmosfera modificada é uma tecnologia derivada da atmosfera controlada que ganhou considerável importância comercial nestes últimos anos. Frequentemente, entretanto, as duas técnicas são confundidas (RIZVI, 1988).

A embalagem de atmosfera modificada (EAM) é definida como sendo a inclusão de produtos alimentícios no interior de uma barreira a gases, no qual a composição inicial do meio gasoso foi alterada ou se modificará com o tempo. O objetivo é diminuir as taxas de respiração e de crescimento microbiano, além de retardar a deterioração enzimática, com um efeito final de prolongar a vida de prateleira (KOSKI, 1988).

A embalagem em atmosfera controlada (EAC) também é utilizada para aumentar a vida de prateleira e é definida como sendo a inclusão de produtos alimentícios em materiais de barreira variável a gases, na qual a composição do meio gasoso foi alterada e é seletivamente controlada (KOSKI, 1988). Tecnicamente, uma EAC verdadeira é impossível para alimentos embalados individualmente, pois o produto pode reagir com os gases presentes no interior da embalagem, causando alterações na sua micro-atmosfera (YOUNG, 1989).

No caso de frutas, a EAM reduz as taxas de respiração e a produção de etileno, retarda o amolecimento, amadurecimento (no caso de frutas climatéricas) e outras alterações que ocorrem no produto, através da criação e manutenção de uma micro-atmosfera ótima (geralmente com baixos níveis de O_2 e altos níveis de CO_2) dentro da embalagem (ZAGORY & KADER, 1988; LEE et alii, 1991).

Uma micro-atmosfera favorável pode ser estabelecida rapidamente, enchendo-se o espaço livre da embalagem com uma mistura adequada de gases. A atmosfera será mantida através da escolha de filmes poliméricos com permeabilidade ao O_2 e CO_2

mais adequada (LIOUTAS, 1988). A micro-atmosfera desejada também pode ser estabelecida, de forma mais lenta, através da respiração do produto, criando uma atmosfera de equilíbrio (KADER et alii, 1989).

Em ambos os casos citados acima, a dinâmica de formação da micro-atmosfera depende do tipo de produto armazenado (peso e taxa de respiração), da embalagem (espessura e permeabilidade do filme plástico, volume livre e área superficial da embalagem) e do meio (composição do gás ambiente e temperatura de armazenagem) (SMITH et alii, 1987; RIZVI, 1988; EUSTACE, 1989).

De acordo com KADER et alii. (1989), quanto maior a relação entre as permeabilidades ao O₂ e ao CO₂, mais apropriado é o filme para embalagem de frutas e verduras, pois isto impede que haja acúmulo excessivo de CO₂ que pode ocasionar alterações organolépticas ao produto devidas às modificações metabólicas. Embalagens com relações de permeabilidades mais altas que as dos filmes convencionais, que é de aproximadamente 3, são denominados "smart films".

De acordo com FARBER (1991) as vantagens e desvantagens potenciais da EAM são as seguintes:

Vantagens:

- aumento da vida de prateleira de 50 a 400%;
- redução de perdas econômicas;
- os produtos podem ser distribuídos a longas distâncias e com poucas remessas diminuindo os custos de distribuição;
- fornece produtos de alta qualidade.

Desvantagens:

- aumento de custos;
- necessidade de controle de temperatura;
- necessidade de diferentes formulações de gases para cada tipo de produto;
- requer equipamentos especiais e pessoal treinado.

3.1 - Embalagem Selada Individual

A embalagem selada individual em filme plástico foi desenvolvida na década de 70 e é utilizada para frutas e hortaliças, principalmente para frutas cítricas. Esta técnica é baseada no desenvolvimento de uma micro-atmosfera saturada de água em torno do produto a fim de aumentar a sua vida de prateleira, diminuindo a perda de peso, o encolhimento e a ocorrência de danos físicos. Entretanto, se a fruta selada não sofrer tratamento contra podridão, ela poderá se deteriorar mais rapidamente que a fruta não-embalada (BEN-YEHOSHUA, 1985).

Em relação às outras embalagens de atmosfera modificada que também utilizam filmes plásticos, tais como sacos, bandejas e "containers" forrados com filmes plásticos, a embalagem individual apresenta as seguintes vantagens (BEN-YEHOSHUA, 1985):

- não existe problema com a condensação de umidade dentro da embalagem, que, além de ser visualmente ruim, pode causar deterioração do produto por gotejamento de água;

- caso uma fruta apodreça, não haverá contaminação das outras do mesmo lote;

- embalagens contendo várias frutas podem criar uma atmosfera tóxica, com falta de O_2 e excesso de CO_2 e C_2H_4 , resultando em produção de sabores e odores não-característicos. Isto pode ocorrer porque, quando muitas frutas são postas numa única embalagem, a relação área superficial difusiva por biomassa respiratória será menor que a de uma única fruta.

Vários filmes têm sido testados para utilização em embalagem selada individual, entre eles poliolefinas, diversos tipos de polietileno com diferentes densidades, polipropileno, copolímeros de várias combinações, filmes múltiplos coextrudados, etc. Novos filmes são desenvolvidos e adaptados às necessidades específicas de cada fruta e da máquina de embalagem. Existem duas técnicas básicas de embalagem individual: por encolhimento, onde o filme é encolhido pela passagem de ar quente num túnel através do qual a fruta se move ou por esticamento do filme plástico sobre a fruta. Tanto os filmes quanto as máquinas utilizadas nos dois processos são diferentes (BEN-YEHOSHUA, 1985).

A literatura registra poucos trabalhos sobre a utilização de embalagem selada

individual para mangas. MILLER et alii (1983) embalaram mangas cv. Tommy Atkins em três diferentes tipos de filme, Clysar[®] EH-60, EHC-100 e EHC-50, e armazenaram por duas semanas a 12°C, e depois amadureceram a 21°C, com a embalagem. A perda de peso foi significativamente menor nas frutas embaladas, e não houve diferença significativa na firmeza, desenvolvimento de cor da casca e podridão, tempo de amadurecimento entre as embaladas e as não-embaladas. Algumas mangas embaladas, entretanto, desenvolveram sabor não-característico.

Trabalho de MILLER et alii (1986) refere-se à embalagem de mangas cv. Tommy Atkins, maduras, com a casca verde, em dois tipos de filmes plásticos, Clysar[®] EHC-50 e Cryovac[®] D-955, e armazenadas a 21°C, até atingirem o amadurecimento. As mangas embaladas apresentaram maior podridão e menor cor amarela da polpa em relação às frutas não embaladas, além disso as mangas embaladas desenvolveram sabores e odores não característicos.

Em outro trabalho, SHETTY et alii (1989) utilizaram a técnica de embalagem selada individual para desinfestação de larvas de *Drosophila melanogaster* em mangas, utilizando o copolímero Cryovac[®] D-955. Após 72 horas a 24 - 25°C constatou-se que nenhum ovo do inseto ou larva sobreviveu nas mangas embaladas.

4 - INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA CONTROLADA E MODIFICADA NA QUALIDADE DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Reduzindo-se a concentração de O₂ ao redor de frutas frescas e hortaliças há diminuição de suas taxas de respiração, que varia com a temperatura, produto, cultivar e idade fisiológica de colheita. Abaixo de certa concentração mínima de O₂ ocorre mudança da respiração aeróbica para anaeróbica com aumento concomitante na produção de CO₂ (ZAGORY & KADER, 1989).

A elevação da concentração de CO₂ tem também efeito supressivo no metabolismo respiratório. Níveis de CO₂ acima do limite de tolerância de cada produto podem resultar em acúmulo de acetaldeído e etanol nos tecidos, indicando mudança para respiração anaeróbica (KADER, 1986).

De acordo com LAKSHMINARAYANA & SUBRAMANYAN (1970), mangas cv. Alphonso armazenadas em atmosfera controlada de 5, 10 e 15% de CO₂ apresentaram descarboxilação fermentativa, com acúmulo de acetaldeído e etanol nos tecidos.

A respiração não é a única atividade biológica das plantas que requer O₂. Concentrações de O₂ abaixo de 8% podem diminuir a produção e a sensibilidade ao etileno de frutas e hortaliças (KADER, 1986).

A redução da produção do etileno (C₂H₄) pode ser devida à inibição da conversão de 1-amino ciclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) para C₂H₄, que necessita de O₂ (YANG, 1985).

O CO₂ inibe a produção auto-catalítica de etileno em frutas climatéricas, mas excesso desse gás pode resultar em aumento da produção de C₂H₄ (KADER, 1986).

Está claro que a atmosfera controlada/modificada influencia o metabolismo da planta de diversas formas. Estes efeitos são refletidos, tanto favorável como desfavoravelmente, na qualidade das frutas e hortaliças. A extensão na qual a atmosfera controlada é benéfica, depende do produto, cultivar, estágio de maturação, qualidade inicial, concentrações de O₂, CO₂ e C₂H₄, temperatura e tempo de exposição a estas condições (ZAGORY & KADER, 1989).

4.1 - Aparência

- Clorofila: Concentrações elevadas de CO₂ e/ou baixos níveis de O₂ reduzem a perda de clorofila em muitas frutas e hortaliças. O mecanismo envolvido não está totalmente elucidado. A elevação do pH celular devido ao CO₂ pode reduzir a quebra de clorofila em feofitina, que é incolor. A menor sensibilidade dos tecidos vegetais ao C₂H₄ na presença de altas concentrações de CO₂ e/ou pouco O₂ é, provavelmente, responsável parcial pela redução da quebra da clorofila (ZAGORY & KADER, 1989).

- Carotenóides: Carotenóides são pigmentos lipossolúveis formados por unidades de isopreno e, nas plantas, estão associados às membranas celulares. Os carotenóides mais importantes em conferir cor às frutas e hortaliças são os derivados de α - e β -carotenos e o licopeno. Os carotenóides variam em sua estabilidade mas, devido a sua natureza insaturada, são susceptíveis à oxidação com conseqüente perda

de cor. De uma forma geral, são importantes do ponto de vista nutricional (alguns carotenos são precursores de vitamina A) e organoléptico (sabor, aroma e cor) (ESKIN et alii, 1971, ZAGORY & KADER, 1989).

Baixas concentrações de O_2 geralmente retardam ou inibem a síntese de licopeno, β -caroteno e xantofilas em tomate e o C_2H_4 é conhecido por acelerar a biossíntese de carotenóides. A perda de umidade pelo produto na presença de O_2 também causa perda de cor. Baixas concentrações de O_2 com alta umidade podem amenizar algumas dessas mudanças (ZAGORY & KADER, 1989).

- Compostos fenólicos: Estão presentes em todo o reino vegetal e prevalecem em frutas, onde são importantes na formação de cor e sabor. Os compostos fenólicos, particularmente flavonóides e derivados do ácido clorogênico, têm papel importante no desenvolvimento de desordens pós-colheita através de sua oxidação, formando compostos marrons em frutas e hortaliças e reduzindo substancialmente sua qualidade. A atividade das enzimas que catalisam a biossíntese ou oxidação dos compostos fenólicos e, portanto, a sua atuação em mudanças desejáveis ou indesejáveis, é afetada pela atmosfera controlada/modificada (ZAGORY & KADER, 1989).

4.2 - Textura

- Amolecimento de frutas: O amolecimento de tecidos vegetais é, geralmente, acompanhado pela quebra e solubilização de materiais pécticos e pelo catabolismo dos polissacarídeos da parede celular. Poligalacturonases hidrolisam especificamente as ligações β -D-(1,4) entre as cadeias galacturônicas. Tais cadeias constituem a maior porção estrutural da lamela média e sua hidrólise é tida como grande responsável pelo amolecimento da fruta durante o amadurecimento e armazenagem (HUBER, citado por ZAGORY & KADER, 1989). O efeito da armazenagem com atmosfera controlada na firmeza de frutas e hortaliças varia com o produto. Geralmente, qualquer tratamento que retarde o amadurecimento, como é o caso da atmosfera controlada/modificada, retarda o amolecimento das frutas (ZAGORY & KADER, 1989).

4.3 - Qualidade Organoléptica

- Sabor: Consiste de quatro dimensões: doce, salgado, azedo e amargo, e é afetado pelo odor e textura, o que faz com que ele seja um atributo de qualidade complexo e subjetivo, difícil de medir objetivamente. Em frutas e hortaliças o sabor é determinado, principalmente, pelos tipos e quantidades de carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos, lipídeos e compostos fenólicos. As combinações de atmosfera controlada/modificada que causem alterações nesses constituintes, irão alterar o sabor das frutas e das hortaliças armazenadas. Geralmente, concentrações extremamente baixas de O_2 e/ou altas de CO_2 irão causar a formação de sabor não característico e redução na qualidade devidas à respiração anaeróbica. O efeito específico da atmosfera controlada/modificada dependerá do produto envolvido (ZAGORY & KADER, 1989).

Tanto a redução de O_2 como o aumento de CO_2 podem diminuir a taxa de conversão de amido para açúcar, inibindo o desenvolvimento de sabores doces. Em bananas mantidas em atmosfera com 2,5 % de O_2 , a atividade de fosfatase foi reduzida e o acúmulo de sacarose, glucose e frutose foi mais lento em relação àquelas armazenadas em condições ambientais (ZAGORY & KADER, 1989).

Ácidos orgânicos e seus sais, ésteres e glicosídeos são importantes tanto como fonte energética para respiração das células vegetais como para formação de aroma e sabor, particularmente em frutas. O ácido málico é um dos principais componentes de sabor em maçãs, cerejas, ameixas e abricó e o ácido cítrico é predominante em morangos e framboesa. Tanto o ácido málico como cítrico são encontrados em tomates e peras, e o ácido málico e tartárico em uvas. Os ácidos orgânicos são perdidos durante o amadurecimento após a colheita, na maioria das frutas (WEICHMANN, citado por ZAGORY & KADER, 1989). Tanto a redução de O_2 como o aumento de CO_2 podem amenizar a perda de diversos ácidos orgânicos, talvez pela interferência na conversão de piruvato para citrato ou através da supressão da dehidrogenase do ácido succínico e do ciclo do ácido tri-carboxílico e o acúmulo associado de ácido succínico (KADER, 1986; WEICHMANN, citado por ZAGORY & KADER, 1989). O metabolismo de citrato rádio-marcado em mangas foi suprimido pela alta concentração de CO_2 de forma mais intensa do que o metabolismo de succinato, aspartato, acetato ou malato, embora houvesse acúmulo de todos os ácidos orgânicos em relação ao controle (PRABHA et alii, 1987).

Apesar da maioria das frutas e hortaliças terem quantidades relativamente pequenas de proteínas e aminoácidos, estes constituintes atuam como sinergistas e componentes primários de sabor, além de influenciarem a oxidação de ácido ascórbico e outros componentes de sabor. Diversos aminoácidos têm sabor considerado desagradável, mas o ácido glutâmico é conhecido como potencializador de sabor. A síntese de proteínas em frutas é menor em atmosfera controlada/modificada que em condições ambientais (WEICHMANN, citado por ZAGORY & KADER, 1989).

- Aroma: A caracterização do aroma é considerada muito mais complexa do que o sabor e tem diversas dimensões. O número de compostos que conferem o aroma em frutas e hortaliças é grande. Eles podem ser genericamente classificados como compostos hidroxil, aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, compostos que contêm enxofre, O₂ heterocíclicos e pirazinas (GORMLEY, citado por ZAGORY & KADER, 1989). Diversas hidrolases e proteases envolvidas na síntese de ácidos graxos e precursores de aminoácidos voláteis são sintetizadas ou ativadas durante o climatério respiratório (BIALE & YOUNG, 1981). Frutas colhidas em estágio pré-climatérico e armazenadas em 1 a 2% de O₂ podem perder a capacidade de produzir quantidade suficiente de voláteis para atingir seu aroma característico (KNEE & HATFIELD, 1981). Uma atmosfera não apropriada (baixa concentração de O₂ e alta de CO₂) pode resultar na formação de aroma e sabor não-característico, devido ao acúmulo de etanol e acetaldeído pelo metabolismo fermentativo (KASMIRE et alii, 1974).

4.4 - Qualidade Nutricional

- Vitaminas: As vitaminas são importantes componentes nutricionais de frutas e hortaliças, que podem agir como antioxidantes e co-fatores de diversas reações enzimáticas. Elas estão sujeitas à decomposição após a colheita. Um tratamento pós-colheita é, portanto, fundamental para a sua preservação.

O efeito da atmosfera controlada/modificada no teor de vitamina C varia de acordo com o produto, atmosfera e temperatura de armazenagem. Para muitos produtos como alface, salsa, espinafre, couve, brócolos, couve de Bruxelas e maçãs, redução da concentração de O₂ até 1 a 4% geralmente diminui a degradação de vitamina C, provavelmente devido à redução da oxidação. Concentrações elevadas de

CO₂ podem acelerar a degradação do ácido ascórbico em bananas verdes, batatas, espinafre, aspargos, maçãs e salsa. Entretanto, este efeito do CO₂ depende da temperatura, nível de CO₂ e tempo de armazenagem (ZAGORY & KADER, 1989).

O teor de carotenos pode ser mantido ou suas perdas reduzidas pela armazenagem em atmosfera controlada/modificada, pela manutenção de baixa concentração de O₂ e alta umidade relativa (KRAMER, 1977).

4.5 - Redução da Injúria pelo Frio

De acordo com FORNEY & LIPTON (1990), a modificação da atmosfera de armazenagem induz respostas variadas em relação a redução da injúria pelo frio (IF), tornando-se difícil qualquer explicação geral sobre o mecanismo envolvido ou propor recomendações globais de aplicação. Os efeitos benéficos da baixa concentração de O₂ são devido a supressão do desenvolvimento dos sintomas da IF e, em alguns casos, são invalidadas quando o produto é colocado em ar. Para diversos produtos, concentrações elevadas de CO₂ são mais efetivas na redução da IF do que baixos níveis de O₂. Entretanto, a resposta de frutas e hortaliças ao CO₂ é variável, podendo haver redução ou aumento da IF, dependendo do estado fisiológico da matéria-prima.

O etileno parece ajudar na prevenção da IF em muitas frutas climatéricas, por exemplo no melão, pelo estímulo ao amadurecimento. Em outras frutas e hortaliças, entretanto, o mecanismo pelo qual o etileno influencia a resposta a injúria não está explicado (FORNEY & LIPTON, 1990).

A armazenagem com alta umidade relativa, geralmente, inibe o desenvolvimento da IF. A redução da perda de água pode reduzir os sintomas da IF, entre elas o aparecimento de pintas descoloridas da casca mas, em muitos casos, parece que esta atmosfera apenas mantém o produto num estado fisiológico que é mais resistente a IF (BEN-YEHOSHUA et alii, 1983).

O desenvolvimento de uma grande variedade de filmes plásticos, com diversas espessuras, torna possível selecionar materiais de embalagem convenientes para a maioria dos produtos. A redução da perda de água, que normalmente diminui a IF, é facilmente obtida pela maioria dos filmes, mesmo os perfurados. Manter uma concentração favorável de O₂ e CO₂ também pode ser conseguido escolhendo-se

filmes que tenham propriedades permeantes que levem em conta a taxa de respiração do produto a ser embalado. A composição ótima da atmosfera, entretanto, necessita ser determinada para cada tipo de produto até serem entendidos os fatores que determinam a sensibilidade à IF de cada fruta e hortaliça (FORNEY & LIPTON, 1990).

De acordo com O'HARE & PRASAD (1993), concentrações de 5 - 10% de CO₂ reduziram a IF de mangas cv. Kensington armazenadas em atmosfera controlada a 5°C. Concentrações maiores que 10% de CO₂ foram prejudiciais as mangas devido a formação de etanol.

4.6 - Considerações de Segurança

- Patógenos vegetais e micotoxinas: os efeitos da atmosfera controlada (AC) e modificada (AM) sobre a deterioração de frutas e hortaliças, após a colheita, são difíceis de avaliar devido a resultados conflitantes de pesquisas. A sua utilização pode modificar o perfil microbiológico geral dos alimentos. A AC/AM pode retardar a senescência e manter o produto fresco em boas condições fisiológicas e desta forma ajudar a manter a resistência inerente aos microrganismos deterioradores. Por outro lado, uma atmosfera não apropriada pode destruir a resistência do vegetal e acelerar a sua deterioração (ZAGORY & KADER, 1989).

Há evidências que a AC/AM pode ter efeito direto e supressivo em microrganismos patogênicos vegetais. A supressão de doenças pode ser atribuída tanto ao efeito da atmosfera no hospedeiro como a alteração do crescimento do microrganismo. Abaixando-se a concentração de O₂ para 2-3% o efeito sobre a atividade do patógeno é pequeno. A atividade da maior parte dos patógenos só cessa em concentrações abaixo de 1% de O₂, que é danosa para a maioria das frutas e hortaliças. Níveis de CO₂ normalmente utilizadas em AM (1-5%) reduzem apenas parcialmente a atividade dos microrganismos deterioradores. Níveis de CO₂ acima de 10% tem sido utilizados com sucesso para produtos que toleram estas concentrações, como por exemplo cerejas (EL-GOORANI & SOMMER, citado por ZAGORY & KADER, 1989). Em alguns casos, pode ser favorecido o desenvolvimento de patógenos vegetais, devido a alta umidade relativa associada com atmosfera estabilizada (ZAGORY & KADER, 1989).

Micotoxinas são metabólitos secundários tóxicos de fungos, sendo que alguns

deles são carcinogênicos tanto para animais como para seres humanos. Entre as mais importantes estão as patulinas, produzidas por diversas espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*, e aflatoxinas, produzidas por *Aspergillus flavus* e outras espécies de *Aspergillus*. Aflatoxinas são encontradas primordialmente em nozes e a patulina em maçãs, peras e "stone fruits" (EL-GOORANI & SOMMER, citado por ZAGORY & KADER, 1989).

- Patógenos humanos: bactérias patogênicas aos humanos foram isoladas em diversas hortaliças frescas e, em alguns casos, elas foram responsáveis por doenças. O ambiente em embalagens de atmosfera modificada para frutas e hortaliças, com alta umidade relativa e pouco O₂, pode ser favorável ao crescimento de microrganismos patogênicos que, normalmente, não se desenvolveriam nestes produtos (ZAGORY & KADER, 1989).

4.7 - Pesquisas Futuras Necessárias

A armazenagem em atmosfera controlada e modificada, assim como o transporte e venda de frutas e hortaliças frescas, continua a apresentar desafios técnicos e oportunidades para os pesquisadores e técnicos envolvidos na indústria de produtos "in natura". Os ganhos a serem obtidos são substanciais, assim como podem ser os riscos. A competência técnica no manejo destes produtos serão mais importantes do que nunca. A fim de assegurar que os produtos sejam manipulados de forma apropriada para manter a maior qualidade possível, alguns pontos foram destacados por ZAGORY & KADER (1989) para os futuros programas de pesquisa :

- O efeito da AC/AM nos parâmetros de qualidade; como textura, sabor e qualidade nutritiva; deve ter prioridade sobre a vida pós-colheita baseada apenas na aparência.

- A necessidade de se determinar a probabilidade que patógenos humanos, particularmente os anaeróbicos, possam crescer e produzir toxinas em embalagens de atmosfera modificada antes que microrganismos deterioradores tornem o produto, tanto pela aparência como pelo odor, inaceitável para o consumidor.

- Os efeitos do mínimo processamento de frutas e hortaliças sobre sua fisiologia e

taxa de deterioração e o potencial de uso das condições de AC/AM para sua preservação.

- Esforços para desenvolver modelos matemáticos que possam ser utilizados para seleção da embalagem mais adequada, que crie e mantenha uma atmosfera modificada ótima em função do produto.

- Pesquisas para elucidar o modo de ação da baixa concentração de O₂ e alta de CO₂ nas mudanças da composição química de frutas e hortaliças frescas.

5 - IMPORTÂNCIA DA VITAMINA C NA DIETA E SUA ATIVIDADE

A contribuição dos vegetais, na dieta dá-se, principalmente, como fonte de vitaminas e minerais. A vitamina C é fornecida, principalmente, por frutas e hortaliças "in natura", sendo imprescindível ao homem, pois sua falta pode causar, comprovadamente, doenças como o escorbuto (BATES, 1981).

A atividade de vitamina C em alimentos está associada ao seu conteúdo de ácido L-ascórbico que pode ser facilmente oxidado, sendo a intensidade do processo dependente de fatores como luz, temperatura, presença de enzimas oxidantes ou catalisadores metálicos. O ácido ascórbico, quando em condições desfavoráveis, oxida-se a ácido dehidroascórbico, que é convertido a ácido 2,3 dicetogulônico e, então, a produtos de degradação de pesos moleculares mais baixos (COUNSELL & HORNIG, 1981).

O ácido ascórbico desempenha, ainda, no organismo, a função de anti-oxidante biológico, uma vez que sua forma oxidada pode ser convertida novamente a ácido ascórbico por vários redutores naturais, mantendo-se assim o seu poder redutor. A atividade de vitamina do ácido dehidroascórbico tem sido discutida por diversos autores, sendo que alguns afirmam que essa conversão seria de 75 a 80% e outros que seria totalmente convertido. O ácido dicetogulônico não apresenta nenhuma atividade vitamínica (JOHNSON, 1979).

5.1 - Métodos de Determinação da Vitamina C

A determinação da vitamina pode ser realizada através de métodos biológicos, químicos e físicos (ASSOCIATION OF VITAMIN CHEMISTS, 1966).

Análises químicas para determinação de ácido ascórbico envolvem, geralmente, a oxidação por reação com o 2,6-diclorofenolindofenol. A detecção do ponto de viragem pode ser feita visualmente (AOAC, 1990) ou com a ajuda de colorímetro ou medida elétrica, quando há dificuldade na determinação do ponto final da titulação, devido à coloração forte, turbidez ou baixas concentrações de vitamina no extrato (ASSOCIATION OF VITAMIN CHEMISTS, 1966).

A extração do ácido ascórbico dos tecidos é feita com soluções ácidas para prevenir a oxidação da vitamina. Propriedades como pH, capacidade de complexar metais que catalisem a oxidação e capacidade de inativar ou precipitar enzimas que oxidam a vitamina devem ser consideradas na escolha do meio de extração (ASSOCIATION OF VITAMIN CHEMISTS, 1966; COUNSELL & HORNIG, 1981).

A grande maioria dos trabalhos revistos utiliza o ácido metafosfórico. No entanto, aparentemente, a vantagem dessa utilização seria a sua capacidade de precipitar proteínas (BUSHWAY et alii, 1989; KAILAPASAPATHY & KONESHAN, 1986).

A literatura cita que o ácido oxálico pode ser usado com eficiência, quando se trabalha com vegetais, para substituir o ácido metafosfórico, apresentando ainda a vantagem de ser mais econômico (BENASSI & ANTUNES, 1988).

Quanto à estabilidade, o metafosfórico é descrito na literatura como pouco estável, tendo-se que refazer a solução a cada semana. O oxálico é muito mais estável, podendo ser armazenado por várias semanas. Deve, no entanto, ser mantido no escuro para evitar a formação de peróxidos que podem destruir a vitamina (ASSOCIATION OF VITAMIN CHEMISTS, 1966).

5.2 - Perdas de Vitamina C Durante a Armazenagem

A maioria dos vegetais consumidos atualmente sofre algum tipo de processamento, seja ele industrial ou doméstico, que, além da melhora das

características organolépticas e destruição de componentes indesejáveis, também causa diminuição do conteúdo vitamínico. Se as condições de processo forem estudadas cuidadosamente, é possível obter-se os efeitos desejados sem diminuição expressiva do teor de vitamina (KRAMER, 1974; HARRIS & VON LOESECKE, 1975).

A refrigeração permite maior eficiência na conservação do produto, aumentando a sua vida de prateleira. O tempo e temperatura empregados determinam a retenção da vitamina (KRAMER, 1974; KAILAPASAPATHY & KONESHAN, 1986).

A destruição do ácido ascórbico pode seguir uma rota aeróbica ou anaeróbica. O fatores que definem esta rota e a velocidade de degradação são: temperatura, concentração de oxigênio, pH, catalisadores metálicos, enzimas, concentração de açúcares e aminoácidos (SAGUY et alii, 1978). Existem estudos que demonstram que a destruição de vitamina C segue uma cinética de primeira ordem (WALETZKO & LABUZA, 1976; SAGUY et alii, 1978), entretanto ela só é válida para os casos de degradação totalmente aeróbica ou anaeróbica. Nas situações intermediárias a reação depende das concentrações de oxigênio e ácido ascórbico (SINGH et alii, 1976). No caso de destruição de sucos de frutas cítricas, a degradação seguiu uma cinética de primeira ordem, numa faixa de 20 a 92°C, (ALVARADO & VITERI, 1989), e as energias de ativação foram na faixa de 35 - 58 kJ / g.mol.

A manga é considerada uma fonte rica em vitamina C (HULME, 1971). A quantidade e distribuição de vitamina C na casca e polpa de mangas cvs. Alphonso, Dasher, Langra e Pairi, e o efeito da temperatura de armazenagem sobre o teor de vitamina das mangas maduras foram determinados por THOMAS & OKE (1980).

De acordo com a Tabela II-5 observa-se que há uma grande diferença no teor de vitamina C inicial, dependendo da variedade estudada. Os autores encontraram que o teor de vitamina C na casca é, dependendo da variedade, duas a seis vezes maior que o da polpa. O significado fisiológico destes altos teores na casca, entretanto, não está bem entendido.

O comportamento da perda de vitamina durante a armazenagem variou com o tempo e temperatura, para cada variedade estudada (Tabela II-6). As mangas, em geral, apresentaram uma % de retenção significativamente maior a 20°C em relação a armazenagem a 29-32°C.

TABELA II-5 - Distribuição e Teor de Vitamina C de Mangas Maturas Não-Maduras (THOMAS & OKE, 1980)

VARIEDADE	VITAMINA C (mg/100g tecido fresco)	
	CASCA	POLPA
ALPHONSO	219 ± 4,9	102,7 ± 0,4
DASHERI	130,7 ± 4,8	30,4 ± 0,9
LANGRA	590,7 ± 2,3	125,6 ± 3,4
PAIRI	250 ± 1,0	40,7 ± 1,3

TABELA II-6 - Efeito da Temperatura de Armazenagem sobre os Teores de Vitamina C de Mangas Maduras (THOMAS & OKE, 1980)

Variedade	Temp. Armazenagem (°C)	Tempo Armazenagem (dias)	Retenção de Vitamina C (%)	
			Casca	Polpa
Alphonso	29-32	10	90,9	51,0
	29-32	13	51,1	37,4
	29-32	15	43,1	31,5
	20	10	98,7	86,5
	20	13	95,1	114,2
	20	15	95,7	85,9
Langra	29-32	6	94,9	66,2
	29-32	9	43,6	70,9
	20	15	87,2	85,0
Pairi	29-32	9	47,7	46,4
	20	15	47,2	29,7
Dasherri	29-32	5	65,6	95,7

6 - MODELAGEM DA MODIFICAÇÃO DA ATMOSFERA NO INTERIOR DE EMBALAGENS POLIMÉRICAS

6.1 - Modelos Gerais

Se o produto embalado mantiver constante sua taxa de respiração, atingir-se-á um equilíbrio no qual o O₂ está sendo consumido na mesma taxa em que ele entra na embalagem e o CO₂ está sendo produzido na mesma taxa na qual ele sai da embalagem. Normalmente, pode-se desprezar a resistência à convecção de massa na superfície externa da embalagem assim como a difusão no espaço vazio (ar) no interior da mesma. Desta forma apenas a permeabilidade da embalagem controla o processo de migração do O₂ e CO₂, e um balanço de massa conduz as equações clássicas de regime permanente em membranas (CUSSLER, 1984):

$$N_{CO_2} = \Pi_{CO_2} \cdot A \cdot P \cdot (y^i_{CO_2} - y^e_{CO_2}) / l \quad (II-4)$$

$$N_{O_2} = \Pi_{O_2} \cdot A \cdot P \cdot (y^e_{O_2} - y^i_{O_2}) / l \quad (II-5)$$

onde:

N_{CO_2} = taxa de produção de CO₂, considerada constante, em mg CO₂/dia

N_{O_2} = taxa de consumo de O₂, considerada constante, em mg O₂/dia

Π_{CO_2} = permeabilidade da embalagem ao CO₂, em mg.μm/cm².dia.kPa

Π_{O_2} = permeabilidade da embalagem ao O₂, em mg.μm/cm².dia.kPa

A = área superficial da embalagem (cm²)

P = pressão atmosférica (kPa)

l = espessura do filme (μm)

$y^i_{CO_2}$ = fração molar de CO₂ no interior da embalagem

$y^e_{CO_2}$ = fração molar de CO₂ externa

$y^i_{O_2}$ = fração molar de O₂ no interior da embalagem

$y^e_{O_2}$ = fração molar de O₂ externa

Em condições normais de ventilação, $y^e_{CO_2} \approx 0$ e $y^e_{O_2} \approx 0,21$. Então:

$$N_{CO_2} = \Pi_{CO_2} \cdot A \cdot P \cdot y^i_{CO_2} / l \quad (II-6)$$

$$N_{O_2} = \Pi_{O_2} \cdot A \cdot P \cdot (0,21 - y^i_{O_2}) / l \quad (II-7)$$

Experimentalmente, a taxa de expiração de CO_2 é relativamente fácil de ser determinada e se for possível assumir um quociente respiratório igual a 1,0 (1 mol de O_2 consumido produz 1 mol de CO_2), ter-se-á :

$$N_{O_2} = (32/44) \cdot N_{CO_2} \quad (II-8)$$

Caso as concentrações não tenham atingido valores de equilíbrio, e o volume livre for considerável e não se altere com os fluxos de O_2 e CO_2 , ter-se-á o seguinte acúmulo, também obtido por balanço de massa:

$$(44 \cdot V \cdot P / R \cdot T) \, dy^i_{CO_2} / dt = N_{CO_2} - \Pi_{CO_2} \cdot A \cdot P \cdot y^i_{CO_2} / l \quad (II-9)$$

$$(32 \cdot V \cdot P / R \cdot T) \, dy^i_{O_2} / dt = \Pi_{CO_2} \cdot A \cdot P \cdot (0,21 - y^i_{O_2}) / l - N_{O_2} \quad (II-10)$$

onde:

V = volume livre no interior da embalagem (cm^3)

t = tempo (dia)

R = constante universal dos gases

T = temperatura (K)

A simplicidade desta equação é apenas aparente. Valores de permeabilidade são geralmente levantados a temperatura ambiente e poucos materiais tem a energia de ativação conhecida. Mais complexa e menos estudada ainda é a dependência das taxas N_{CO_2} e N_{O_2} em relação a concentração de O_2 e CO_2 em contato com a fruta. Apenas nos casos de produtos não-climatéricos ou de maior importância comercial, como o tomate, maçã e morango, essa relação é conhecida (JURIN & KAREL, 1963; HENIG & GILBERT, 1975; YANG & CHINNAN, 1988; KADER et alii, 1989; EXAMA et

alii, 1993) e nesses casos, em princípio, é possível prever a concentração de equilíbrio. Em frutas com forte pico climatérico como a manga, a intensidade do metabolismo respiratório também dependerá do estágio de maturação e uma completa caracterização de N_{CO_2} e N_{O_2} não foi encontrada na literatura. Parte do problema é metodológico. É difícil de se medir, com o instrumental empregado atualmente, a produção de CO_2 quando a concentração deste gás no interior da embalagem é alta. Pequenas mudanças na concentração de O_2 devido a atividade respiratória também são difíceis de se determinar precisamente. Devido a estas dificuldades muitos pesquisadores consideram o quociente respiratório igual a um, fato este não condizente com a realidade, principalmente em produtos embalados sob atmosfera modificada.

Um modelo ideal deve ser capaz de prever a composição da atmosfera de equilíbrio resultante no interior da embalagem. Para trabalhar com qualquer produto, o modelo deve ser capaz de incorporar as seguintes variáveis (KADER et alii, 1989):

- a dependência da respiração com a concentração de O_2 e CO_2 .
- a dependência da respiração com o estágio de maturação do produto.
- as condições limitantes para cada tipo de produto, tais como concentração mínima de O_2 e máxima de CO_2 antes que ocorra uma injúria devido a fermentação.
- as permeabilidades dos filmes plásticos de interesse e dependência da permeabilidade com a temperatura e umidade relativa.
- a resistência à difusão do produto ao O_2 , CO_2 e C_2H_4 .
- o quociente respiratório de um dado produto e a sua variação com as mudanças na composição da atmosfera.
- a atmosfera ótima para armazenagem de um dado produto.

6.2 - Aplicações para Situações Simples

Um método empírico para determinar a concentração de equilíbrio de O_2 no interior de sacos de polietileno contendo maçãs foi publicado por JURIN & KAREL (1963). O modelo assume que a concentração de CO_2 é tão baixa que não afeta a taxa de respiração da fruta e, portanto, se baseia apenas na equação II-7. Os autores

graficaram a taxa de respiração do produto tanto em função da concentração de O_2 quanto da permeabilidade do filme, nas mesmas coordenadas. A intersecção das duas curvas representa a concentração de equilíbrio de O_2 .

Um modelo analítico para projetar embalagens utilizando dois filmes plásticos com permeabilidades diferentes, a fim de poder controlar independentemente as concentrações de O_2 e CO_2 no interior da embalagem foi desenvolvido por VEERAJU & KAREL (citado por KADER et alii, 1989 e LEE et alii, 1991).

Estes dois modelos são adequados para projetar uma embalagem que mantenha uma atmosfera de equilíbrio desejada, mas não tratam do processo envolvido para atingir este equilíbrio.

Os primeiros modelos sugeridos na literatura na década de 60 assumem que as frutas são não-climatéricas ou estão no estágio pós-climatérico, com quociente respiratório igual a um e que as concentrações dos gases já estão em equilíbrio.

No modelo desenvolvido por HENIG & GILBERT (1975), o quociente respiratório é variável e leva em conta as concentrações dos gases no estado transiente. O modelo é baseado nas equações II-8 e II-9, com soluções numéricas para otimizar os parâmetros da embalagem.

Os autores compararam os resultados numéricos obtidos pelas equações diferenciais com os de uma embalagem modelo, cuja permeabilidade era conhecida, contendo tomates, e o ajuste foi aceitável.

O modelo de HENIG & GILBERT (1975) foi corrigido por HAYAKAWA et alii (1975), pois o primeiro não levava em conta a influência da concentração de CO_2 e O_2 sobre as taxas de consumo de O_2 e produção de CO_2 , respectivamente. A otimização dos parâmetros da embalagem foi feita derivando-se estas equações. Os resultados obtidos pelos autores para estimar as concentrações de equilíbrio de O_2 e CO_2 em embalagens de tomate e banana, em relação aos dados experimentais, foram bastante satisfatórios. As fórmulas analíticas também foram utilizadas para estimar os valores de tempo de equilíbrio para trocas gasosas das embalagens e os resultados foram satisfatórios para o O_2 mas houve grandes diferenças entre os tempos teóricos e experimentais para o CO_2 . Estas diferenças, de acordo com os autores, foram causadas, principalmente, pelas suposições impostas para a determinação experimental das constantes de taxa de respiração do produto fresco.

YANG & CHINNAN (1988) desenvolveram um modelo relativamente simples para

prever mudanças na concentração de O₂ e CO₂ no interior de embalagens poliméricas contendo tomates. Ele está baseado na solução simultânea das equações II-9 e II-10, mas utiliza um método numérico iterativo, no qual o somatório do acúmulo de O₂ e CO₂ é minimizado para pequenos intervalos incrementais de tempo. Concentrações de equilíbrio experimentais, onde tomates foram postos para amadurecer em dois tipos de embalagens poliméricas coincidiram com as previstas por esse modelo no qual se inclui também dados de taxa de respiração levantadas em condições exatamente iguais às do experimento. Uma das limitações do modelo, segundo seus autores, é que ele não prevê as mudanças na composição gasosa no estado transiente, durante a fase inicial de armazenagem. Se o volume livre inicial for pequeno, o regime permanente será atingido rapidamente; caso contrário, o estado transiente terá um impacto considerável nas mudanças fisiológicas do produto fresco.

6.3 - Variação da Permeabilidade da Embalagem com a Temperatura

A adequabilidade de filmes plásticos comerciais para manter frutas e hortaliças sob atmosferas modificadas foi avaliada por EXAMA et alii (1993). De acordo com os autores, a maioria dos filmes não propiciaram atmosfera com concentrações ótima de O₂ e CO₂, principalmente com produtos com alta taxa de respiração. Os sistemas de embalagem de atmosfera modificada projetados para produzir atmosfera ótima de O₂ a temperaturas convenientes têm problemas no caso de aumentos transientes de temperatura durante a armazenagem e/ou transporte, pois, em geral, a taxa de respiração de frutas e hortaliças aumenta mais com a temperatura do que a permeabilidade dos filmes, sendo que ambas variam de acordo com a equação de Arrhenius. Para a permeabilidade ter-se-ia:

$$\Pi_x = \Pi_x^* \exp (-E_x^p/R.T) \quad (II-11)$$

onde:

T = temperatura absoluta (K)

Π_x = permeabilidade ao gás a temperatura T (mg.µm/cm².dia.kPa)

Π_x^* = fator de permeabilidade pré-exponencial para o gás (mg.µm/cm².dia.kPa)

E_x^p = energia de ativação de permeação do gás (J/mol)

Em geral a equação (II-11) caracteriza com precisão o comportamento da permeabilidade do filme em função da temperatura, exceto nos casos onde haja uma forte interação entre o polímero e as moléculas do gás (p. ex., vapor de água e polímeros hidrofílicos). Os autores revisaram a literatura e obtiveram uma lista com os fatores pré-exponenciais e energia de ativação para diversos filmes (Tabela II-7), que podem ser utilizados como embalagem de atmosfera modificada, dependendo das necessidades do produto a ser embalado.

TABELA II-7 - Fator Pré-Exponencial e Energia de Ativação de Diversos Filmes Poliméricos (EXAMA et alii, 1993)

FILME	$\Pi^*_{O_2}$	$\Pi^*_{CO_2}$	$E^P_{O_2}$	$E^P_{CO_2}$
	(mg.µm/cm ² .dia.kPa)		(kJ/mol)	
Acetato de celulose	$2,97.10^2$	$1,48.10^5$	20,9	29,7
Etil-celulose	$1,92.10^3$	$5,68.10^1$	16,7	5,9
Poliamida	$1,13.10^5$	$2,06.10^5$	43,5	40,6
Polibutadieno	$2,90.10^5$	$2,23.10^5$	29,7	21,8
Poli(butadieno-estireno)	$3,65.10^5$	$2,43.10^5$	30,5	23,8
Policloropreno	$6,85.10^6$	$5,54.10^6$	41,4	35,5
PEBD (0,922g/ml)	$1,39.10^7$	$2,81.10^6$	43,1	34,3
PEAD (0,964 g/ml)	$5,47.10^3$	$4,15.10^3$	35,1	30,1
Polietileno tereftalato	$1,39.10^2$	$4,35.10^2$	26,8	25,9
PVC-VF	$1,04.10^6$	$1,12.10^6$	41,4	33,1
PVC-RMF	$2,24.10^7$	$1,58.10^4$	36,9	27,6
PVC-AF	$4,90.10^5$	$3,18.10^4$	40,5	30,6

III- MATERIAIS E MÉTODOS

1 - MATERIAIS

1.1 - Mangas

Nos ensaios preliminares, realizados em fevereiro-março de 1993, foram utilizadas 350 mangas cv. Keitt, em estágio de maturação completo, polpa firme, casca verde ou levemente avermelhada, provenientes da região de Monte Alto S.P., com peso médio de 594 ± 97 g. As mangas foram colhidas na parte da manhã do dia 10/02/93 e chegaram a UNICAMP no fim da tarde do mesmo dia, quando foi feita a armazenagem, sem pré-resfriamento, a $12 \pm 1^{\circ}\text{C}$. As pesagens, embalagens e posterior armazenagem à 7, 12 e 25°C foram feitas no dia seguinte. As mangas não sofreram tratamento fitossanitário.

Nos ensaios definitivos, realizados em fevereiro-março de 1994, foram utilizadas 450 mangas cv. Keitt, em estágio de maturação completo, polpa firme, casca verde ou levemente avermelhada, provenientes da região de Uberlândia M.G., com peso médio de 397 ± 44 g. As mangas foram colhidas na parte da manhã do dia 21/02/94 e transportadas durante 36 horas, em condições ambientais, até Sumaré S.P., onde ficaram armazenadas a temperatura ambiente ($20-32^{\circ}\text{C}$) até o dia 24/02/94, quando foram classificadas por tamanho e enviadas a UNICAMP na parte da tarde. Sofreram, então, tratamento fitossanitário, feito através de lavagem com água corrente seguido por imersão, durante 5 minutos, em solução de Benomyl (100 ppm) com espalhante adesivo Agral (750 ppm). Posteriormente as mangas foram postas para secar ao ar ambiente e mantidas a 22°C . As pesagens, embalagens, identificações e posterior armazenagem à temperatura de 12, 17 e 22°C foram feitas no dia seguinte (dia 0).

Tanto nos ensaios preliminares como nos definitivos, as mangas fora dos padrões de peso e estágio de maturação foram descartadas, assim como as que apresentavam manchas, doenças e injúrias mecânicas.

1.2 - Filmes Plásticos Flexíveis: Descrição e Caracterização

Foram utilizados os seguintes filmes plásticos para a embalagem das mangas:

- Copolímero Termoencolhível: produzido pela Grace Produtos Químicos e Plásticos Ltda. com o nome comercial de Cryovac® D-955.
- Laminado de Poliéster/Polietileno de Baixa Densidade: produzido pela Rhodia S.A. com o nome comercial de TERPHANE®.
- Polietileno de Baixa Densidade (PEBD): produzido pela Gil Plásticos Ind. e Com. Embalagens Ltda.
- Polipropileno Cast: (PP): produzido pela Gil Plásticos Ind. e Com. Embalagens Ltda.

Os filmes D-955 e PEBD foram caracterizados em termos de densidade, espessura e permeabilidade ao oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂) no Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL - Campinas S.P.) e os filmes de TERPHANE e PP, no Laboratório de Clientes Terphane da Rhodia S.A. (São Paulo S.P.). Os valores de permeabilidade ao vapor de água (H₂O) dos filmes utilizados foram obtidos através dos catálogos dos fabricantes. Os resultados das determinações estão na Tabela III-1.

1.3 - Equipamentos

- Balança semi-analítica Marte, modelo AM 5500;
- Balança analítica Mettler, mod. H10;
- Liquidificador Arno, mod. LS;
- pHmetro digital Digimed, modelo TE-902;
- Refratômetro de Bancada Carl Zeiss, modelo Abbe;
- Seladora manual Arno;
- Seladora à vácuo Selovac, modelo CV 60;
- Túnel de aquecimento Weldotron, modelo 7121 LG;

TABELA III-1 - Caracterização dos Filmes Plásticos Flexíveis Utilizados

CARACTERÍSTICAS	FILMES PLÁSTICOS FLEXÍVEIS			
	D-955 ¹	PEBD ²	TERPHANE ³	PP ⁴
DENSIDADE (g/m ²)	13,9	25,0	poliéster: 16,8 polietileno:40,0	5,0
ESPESSURA (μm)	15,0	24,5	poliéster: 12,0 polietileno:43,4	55,6
PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA *(mg.μm/cm ² .dia.kPa)	0,3390	0,4352	0,3991	0,3018
PERMEABILIDADE AO O ₂ ** (mg.μm/cm ² .dia.kPa)	0,2087	0,2446	0,0108	0,1920
PERMEABILIDADE AO CO ₂ *** (mg.μm/cm ² .dia.kPa)	1,1340	1,1280	0,0584	0,7920

* 28°C - 90% UR

** 25°C - 0% UR - 1 atm de gradiente de pressão parcial de O₂

*** 25°C - 0% UR - 1 atm de gradiente de pressão parcial de CO₂

1 - Copolímero Termoencolhível Cryovac® D-955

2 - Polietileno de Baixa Densidade

3 - Laminado de Poliéster/Polietileno de Baixa Densidade TERPHANE®

4 - Polipropileno Cast

- Câmara frigorífica tipo painel marca Tupiniquim, dotada de controle de ventilação, regulada para operar a 7°C e 17°C, com termostato ajustado no diferencial de 1°C e um banco de resistências elétricas;

- Câmara frigorífica tipo painel marca Recrusul, dotada de controle de ventilação, regulada para operar a 12°C, com termostato ajustado no diferencial de 1°C;

- Resistências elétricas;

- Indicadores de temperatura para termopares tipo T;

- Psicrômetro;

- Cromatógrafo a gás CG - Instrumentos Científicos, série 2527, equipado com detector de condutividade térmica;

- Colunas Peneira Molecular 5A e Porapak Q (1,5 m x 1/8 pol.);

- Integrador Processador Shimadzu, modelo C-R4A.

1.4 - Reagentes

- Ácido oxálico pa, Ecibra;

- Ácido L(+)-ascórbico pa, Ecibra;

- Bicarbonato de sódio pa, Ecibra;

- 2,6-diclorofenolindofenol pa, Fluka;

- Ácido clorídrico, Ecibra;

- Hidróxido de potássio, Ecibra;

- Indicador fenolftaleína, Ecibra;

- Cloreto de bário, Ecibra;

- Benlate®500, Du Pont (metil-1(butil-carboil)-2-benzimidazol carbamato)

- Agral®, ICI (nonil fenoxi poli(etiloxi)etanol)

2 - MÉTODOS

2.1 - Planejamento Experimental

2.1.1 - Ensaio preliminares

No primeiro ensaio de armazenagem, realizado entre fevereiro e março de 1993, foram testadas duas variáveis a três níveis, o tipo de embalagem e condições de armazenagem. Não houve controle da umidade relativa (UR) de armazenamento:

- Tipos de filmes plásticos flexíveis:

- laminado de poliéster / polietileno de baixa densidade (TERPHANE)
- polietileno de baixa densidade (PEBD)
- polipropileno (PP)

- Condições de armazenagem:

- 7°C ± 1°C / 80-90% UR.
- 12°C ± 1°C / 75-85% UR.
- 25°C ± 3°C / 65-75% UR.

Parte das mangas foi armazenada, durante 22 dias, à temperatura de 12°C, na câmara frigorífica marca Recrusul, sob ventilação forçada, sem sistema de umidificação, e com um banco de resistências elétricas ligado a um controlador de temperatura, para aumentar a carga térmica e evitar que o compressor ligasse e desligasse com frequência. Na maioria dos trabalhos encontrados na literatura o tempo de armazenagem de mangas foi em torno de 21 dias, portanto o planejamento experimental previu apenas este período, que é suficiente para exportação via marítima para os Estados Unidos da América e Europa Ocidental. A UR foi calculada a partir de leituras das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido feitas com psicrômetro. As mangas foram dispostas em prateleiras e não foi utilizada embalagem secundária. A

cada 11 dias, 35 mangas (10 de cada tipo de embalagem e 5 de controle, sem embalagem) foram postas para amadurecer no interior de sala dotada de condicionador de ar tipo "self-container", à temperatura de 25°C, sendo que 15 mangas (5 de cada tipo de embalagem) amadureceram sem embalagem. Quando as mangas atingiram o amadurecimento foram realizadas as seguintes análises e determinações:

- análise sensorial: teste de aceitação das amostras em função da aparência e demais atributos sensoriais;
- porcentagem de perda de peso;
- porcentagem de sólidos solúveis (Brix);
- pH;
- densidade;

O estágio de amadurecimento das mangas foi estimado de forma empírica, em função da cor, aroma e firmeza da polpa.

O procedimento acima descrito foi aplicado também em outro lote de mangas armazenado a 7°C na câmara frigorífica marca Tupiniquim, sob ventilação forçada, sem sistema de umidificação e com um banco de resistências elétricas.

Um lote adicional de 20 mangas (5 de cada tipo de embalagem e 5 de controle) foi mantido na sala refrigerada à 25°C (tempo zero) e analisado ao atingir o amadurecimento.

2.1.2 - Ensaio definitivos

A partir dos resultados obtidos nos ensaios preliminares foi possível definir o desenho experimental para os ensaios definitivos. Foram realizados novos experimentos no período de fevereiro a abril de 1994. Não houve controle da UR durante a realização dos experimentos. A seguir estão descritas as modificações introduzidas em relação aos ensaios preliminares:

- Tipos de filmes plásticos flexíveis

- copolímero termoencolhível (D-955)
- polietileno de baixa densidade (PEBD)

- Condições de armazenagem

12°C ± 1°C / 75-85% UR.

17°C ± 1°C / 70-80% UR.

22°C ± 3°C / 65-75% UR.

O copolímero termoencolhível Cryovac® D-955 foi utilizado nos experimentos definitivos devido a sua alta permeabilidade a gases, e polietileno de baixa densidade devido aos bons resultados apresentados nos ensaios preliminares. A temperatura de amadurecimento foi reduzida de 25°C, utilizada nos ensaios preliminares, para 22°C pois, de acordo com VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA (1985), temperaturas entre 20 e 22°C seriam ideais para esta variedade de manga.

Parte das mangas foi armazenada durante 35 dias à temperatura de 12°C na mesma câmara utilizada no ensaio preliminar. A cada 7 dias, 15 mangas (5 de cada tipo de embalagem e 5 de controle) foram retiradas da câmara e postas para amadurecer, sem embalagem, em uma sala com temperatura controlada a 22°C. O mesmo procedimento foi seguido para outro lote de mangas armazenadas a 17°C.

Foram realizadas as seguintes análises e determinações nas mangas durante a armazenagem e após o amadurecimento:

- taxa de respiração;
- análise sensorial: teste de aceitação das amostras em função da aparência e demais atributos sensoriais;
- porcentagem de perda de peso;
- porcentagem de sólidos solúveis (Brix);
- pH;
- densidade;
- teor de vitamina C;

- acidez titulável;
- relação teor de sólidos solúveis/acidez titulável;
- composição gasosa no interior da embalagem;

Um lote adicional de 15 mangas (5 de cada tipo de embalagem e 5 de controle) foi mantido na embalagem, na sala refrigerada a 22°C (tempo zero) e analisado ao atingirem o amadurecimento, a fim de verificar se haveria diferença caso o produto amadurecesse embalado.

2.2 - Embalagem das mangas

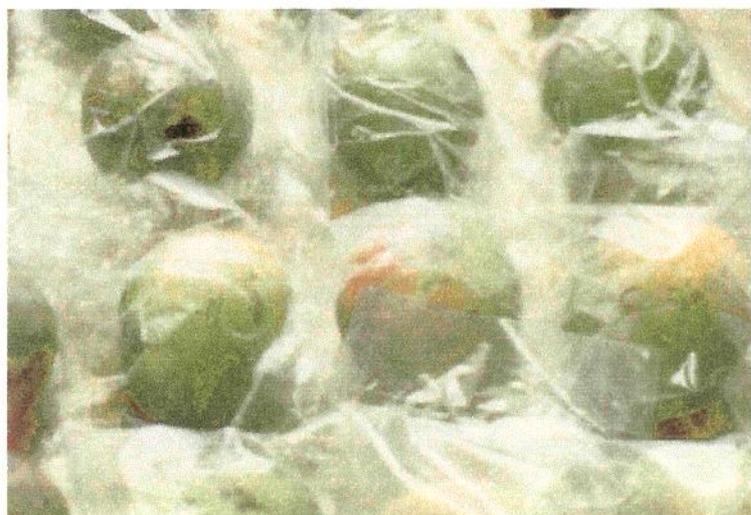
A embalagem das mangas com filmes de PEBD, TERPHANE e PP, utilizados nos ensaios preliminares, foi feita em sacos de 30 cm de comprimento e 20 cm de largura e seladas com seladora manual. A Figura III-1 apresenta uma fotografia das mangas embaladas com os três tipos de filmes. Pode-se observar que há presença de ar no interior das embalagens, pois elas não foram seladas à vácuo.

A embalagem das mangas com filme de PEBD para os ensaios definitivos, foi feita em sacos de 30 cm de comprimento e 20 cm de largura, seladas no Laboratório de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP, utilizando-se uma seladora à vácuo (27 pol. Hg).

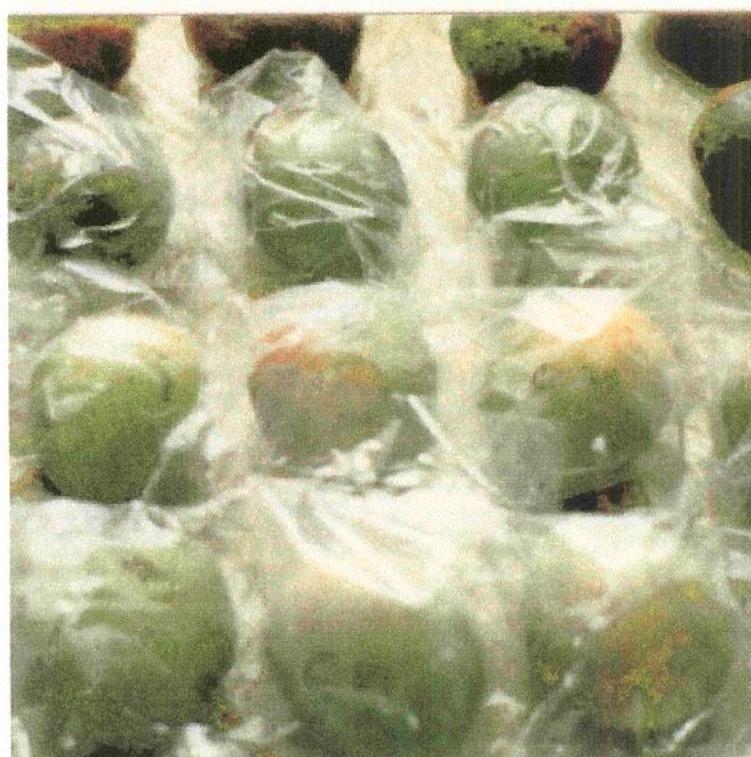
A embalagem das mangas com filme termoencolhível D-955 foi realizada no CETEA - ITAL. Primeiro as embalagens foram seladas com uma seladora manual e posteriormente encolhidas em túnel de aquecimento que, dotado de esteira rolante, sopradores e resistências elétricas, forçou o ar a 140°C por 6 segundos sobre o produto.

A Figura III-2 apresenta a fotografia das mangas embaladas com os dois tipos de filme. Pode-se observar que em ambas as embalagens o filme ficou aderido a casca do fruto e, portanto, o volume de ar no interior das embalagens foi mínimo.

Em ambos os ensaios, após a embalagem, as mangas foram pesadas, codificadas e armazenadas nas câmaras frigoríficas.



(A)



(B)

(C)

FIGURA III-1 - Mangas Embaladas com Filme TERPHANE (A), PEBD (B) e PP (C)



(A)



(B)

FIGURA III-2 - Mangas Embaladas com Filme PEBD (A) e D-955 (B)

2.3 - Avaliação Sensorial das Mangas

A avaliação sensorial de aceitação para aparência do produto "in natura" e demais atributos sensoriais das mangas foi feita ao longo do período de armazenagem, conforme descrito na Seção 2.1 - Planejamento Experimental.

Os teste foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, utilizando grupos de 30 provadores não-treinados, por sessão. A equipe de provadores variava de sessão para sessão, e era formada por alunos, professores e funcionários da Universidade. Embora um delineamento experimental que utilizasse sempre os mesmos provadores durante todo o experimento tivesse sido mais eficiente, na medida que diminuiria o erro experimental, esta opção não foi viável devido ao longo período necessário para o término dos experimentos. No entanto, o delineamento experimental utilizado é válido na medida em que se assume que os vários grupos de provadores que participaram do teste mostravam tanto uma distribuição normal de suas respostas com relação aos tratamentos testados como apresentavam mesma variância. O método de avaliação empregado foi o de escala hedônica não-estruturada de 9 centímetros. As mangas utilizadas nos testes foram escolhidas aleatoriamente.

As mangas, para a avaliação de aceitação em função do sabor e demais sensações bucais, foram servidas aos provadores em cabines com luz branca. As amostras foram compostas por cubos da polpa da manga a temperatura ambiente, de aproximadamente 3 centímetros de aresta, servidos em prato plástico descartável. Cada provador avaliava uma amostra por vez, num máximo de 5 amostras por sessão.

A avaliação de aceitação com relação a aparência do produto "in natura" foi feita fora das cabines, novamente num máximo de 5 amostras por sessão. As embalagens foram retiradas nos ensaios preliminares e mantidas nos ensaios definitivos e o fruto, inteiro, ficava exposto em cima de uma bancada com boa iluminação, onde os provadores pudessem observá-lo.

Os provadores preenchiam uma ficha individual de avaliação para cada amostra, tanto para aparência como para sabor. Modelos das fichas de avaliação de aceitação utilizadas pelos provadores estão apresentados nas Figuras III-3 e III-4.

NOME : _____ DATA: _____

Prove a amostra e coloque um traço vertical na escala para descrever o quanto você gostou ou desgostou.

número da amostra

Comentários: _____

FIGURA III-3 - Ficha de Avaliação Sensorial de Aceitação em Relação ao Sabor, Textura e Demais Sensações Buciais

NOME : _____ DATA: _____

Prove a amostra e coloque um traço vertical na escala para descrever o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA da amostra.

número da amostra

Comentários: _____

FIGURA III-4 - Ficha de Avaliação Sensorial de Aceitação em Relação à Aparência

2.4 - Perda de Peso das Mangas

Foi feito o acompanhamento da perda de peso, tanto nos ensaios preliminares como nos definitivos. Todas as mangas foram pesadas no início da armazenagem (peso inicial). Após períodos pré-determinados, as mangas foram sendo pesadas novamente (peso final), com a balança no interior da câmara para evitar condensação de água no fruto. A perda de peso foi calculada em forma de porcentagem do peso inicial, da seguinte forma:

$$\% \text{ Perda de Peso} = (1 - \text{peso final/peso inicial}) \times 100 \quad (\text{III-1})$$

2.5 - Estimativa da Vida de Prateleira das Mangas

A vida de prateleira foi estimada em função das notas sensoriais de aceitação e da perda de peso da manga. Para cada um dos parâmetros, foi determinado um valor mínimo ou máximo para que a manga fosse considerada própria para consumo, e portanto dentro da sua vida de prateleira.

Em relação a análise sensorial de aceitação determinou-se uma nota de corte igual a 6, que representa 67% do valor máximo da escala que varia de 0 a 9. Esta nota foi considerada razoável pois ela é exigente o suficiente para impedir que o produto seja rejeitado pelo mercado consumidor enquanto ele estiver dentro da sua vida de prateleira (ASTM, 1993). As médias das notas sensoriais foram graficadas em função do tempo de armazenagem, para as diferentes temperaturas e tipos de embalagem. Foram ajustadas curvas e a vida de prateleira foi determinada quando a nota atingiu valor igual a 6.

O fim da vida de prateleira, estimado em função da perda de peso, foi estipulado quando a manga atingisse uma perda de 5%. Este valor foi baseado na análise sensorial de aceitação em relação a aparência dos ensaios preliminares, quando se constatou que mangas em bom estado tinham sua avaliação bastante reduzida quando atingiam valores próximos de 5% de perda de peso. O cálculo da vida de prateleira foi semelhante ao anterior, ajustando-se curvas às perdas de peso médias em função do tempo de armazenagem, para as diversas temperaturas e tipos de embalagem.

2.6 - Porcentagem de Sólidos Solúveis da Polpa das Mangas

A porcentagem de sólidos solúveis foi lida utilizando-se refratômetro modelo Abbe. As leituras foram posteriormente corrigidas em função da temperatura e da acidez titulável da amostra, utilizando-se tabelas de correção (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976). As medidas foram expressas em graus Brix.

Foram retirados de cada manga 4 cubos de, aproximadamente, 3 centímetros de aresta, provenientes de diferentes partes do fruto. Estes cubos foram triturados e homogeneizados, e a partir dessa polpa uniforme foram retidas amostras para a leitura no refratômetro. Cada manga foi analisada em duplicata.

O teor inicial de sólidos solúveis foi determinado pela média de quatro mangas escolhidas aleatoriamente antes do início da armazenagem frigorificada (tempo 0).

2.7 - pH da Polpa da Manga

A leitura de pH foi feita utilizando-se pHmêtro. As amostras, já na forma de polpa, foram as mesmas utilizadas para a determinação da porcentagem de sólidos solúveis (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976). Cada manga foi analisada em duplicata.

O pH inicial foi determinado pela média de quatro mangas escolhidas aleatoriamente antes do início da armazenagem frigorificada (tempo 0).

2.8 - Densidade da Manga

O volume das mangas foi determinado, individualmente, utilizando-se béquer de 2 litros e balança semi-analítica. Cada fruta, previamente pesada, foi colocada no interior do béquer, mantido sobre a balança, que foi posteriormente tarada. Completava-se o volume com água. Com a massa de água acrescentada e a sua densidade, foi calculado o volume da mesma, e por diferença, determinou-se o volume da manga. Cada manga foi analisada em duplicata.

A densidade inicial foi determinada pela média de quatro mangas escolhidas aleatoriamente antes do início da armazenagem frigorificada (tempo 0).

2.9 - Área Superficial da Manga

A área superficial da manga foi determinada cortando-se a casca em oito gomos, no sentido longitudinal, e traçando-se o perfil de cada gomo em papel milimetrado. Os perfis foram recortados e pesados. Pela gramatura do papel foi calculada a área superficial. As mangas tinham densidades de $1.030 \pm 20 \text{ kg/m}^3$.

2.10 - Acidez Titulável da Manga

A acidez titulável da manga foi determinada de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976). Foi feita uma modificação em relação a quantidade de amostra inicial utilizada na análise (de 5 para 10 g) devido a baixa acidez do produto. A amostra, previamente triturada, foi pesada em béquer de 100 ml e transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 100 ml. O volume do balão foi completado com água destilada. Pipetou-se 10 ml para um frasco Erlenmeyer de 250 ml e adicionou-se 2 gotas de indicador fenolftaleína. Foi feita a titulação com solução de hidróxido de potássio 0,1 N, previamente padronizada, até a coloração rósea.

A acidez titulável inicial foi determinada pela média de quatro mangas escolhidas aleatoriamente antes do início da armazenagem frigorificada (tempo 0). Cada manga foi analisada em duplicata.

2.11 - Determinação da Taxa de Respiração da Manga

Foram determinadas as taxas de respiração, ao longo da armazenagem a 12, 17 e 22°C, das mangas embaladas com os filmes D-955, PEBD e sem embalagem.

O método de determinação foi baseado na capacidade de soluções básicas reagirem com o CO₂, retendo-o em solução na forma de íon carbonato (LOUGHEED & FRANKLIN, 1975). A taxa de respiração foi calculada em mg CO₂/kg de manga.h. Na Figura III-5 tem-se o esquema geral do equipamento utilizado para determinação da taxa de respiração do produto (QUIÑONES et alii, 1988)

Neste sistema, o ar ambiente passa por um tubo contendo lã de vidro embebida em solução de KOH 1N para a retirada do CO₂ presente e, posteriormente, caso haja ainda CO₂, o ar é borbulhado diretamente em uma solução de KOH 1N.

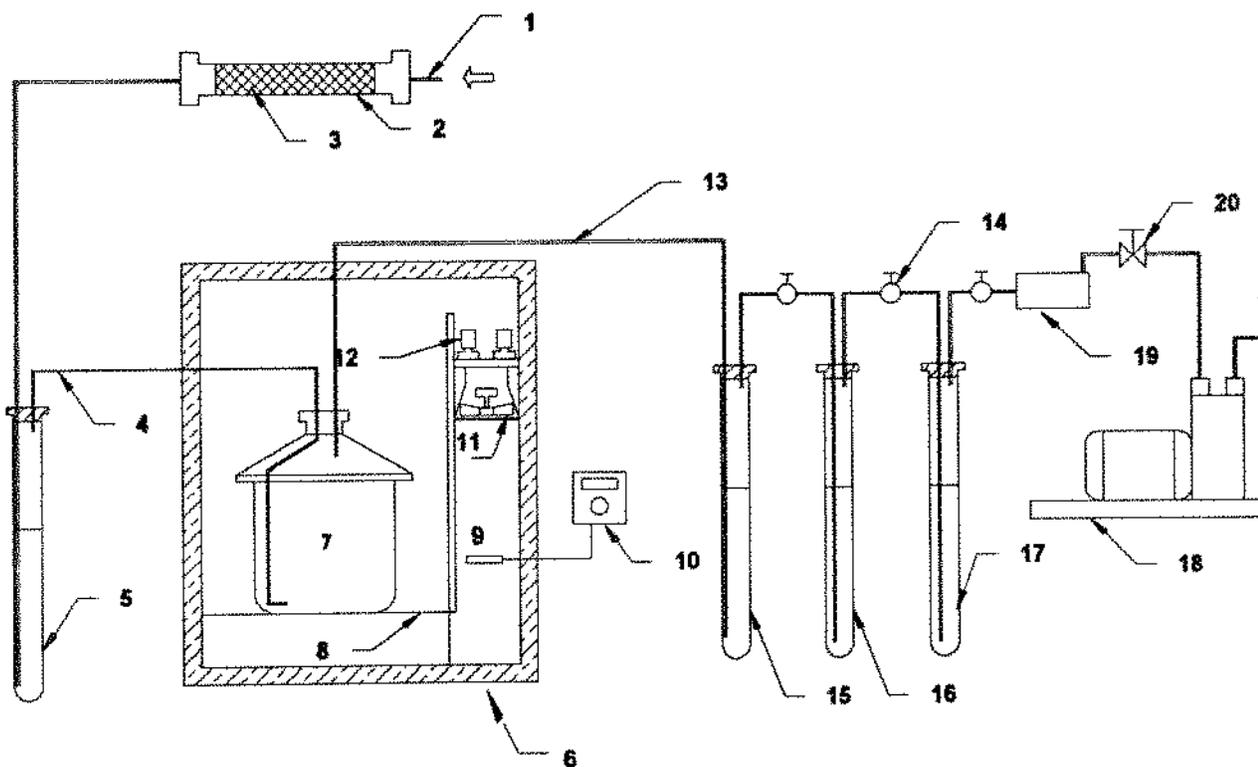
Assim, o ar isento de CO₂ percola pelas mangas, que estão dispostas dentro de um dessecador de 10 litros mantido no interior da câmara frigorífica. O ar tem acesso pelo fundo do dessecador e é retirado pela parte superior. Todo o dispositivo é estanque, não permitindo vazamentos.

O ar aspirado do dessecador contendo CO₂ e vapor de água, provenientes da respiração e transpiração do produto, é borbulhado em uma série de tubos contendo:

- solução de HCl 1N, que umidifica o ar sem reter o CO₂;
- solução de KOH 1N, que absorve o CO₂ presente no ar;
- solução de KOH 1N, que absorve o possível CO₂ residual não retido na solução anterior.

O procedimento utilizado para determinação da taxa de respiração foi o seguinte:

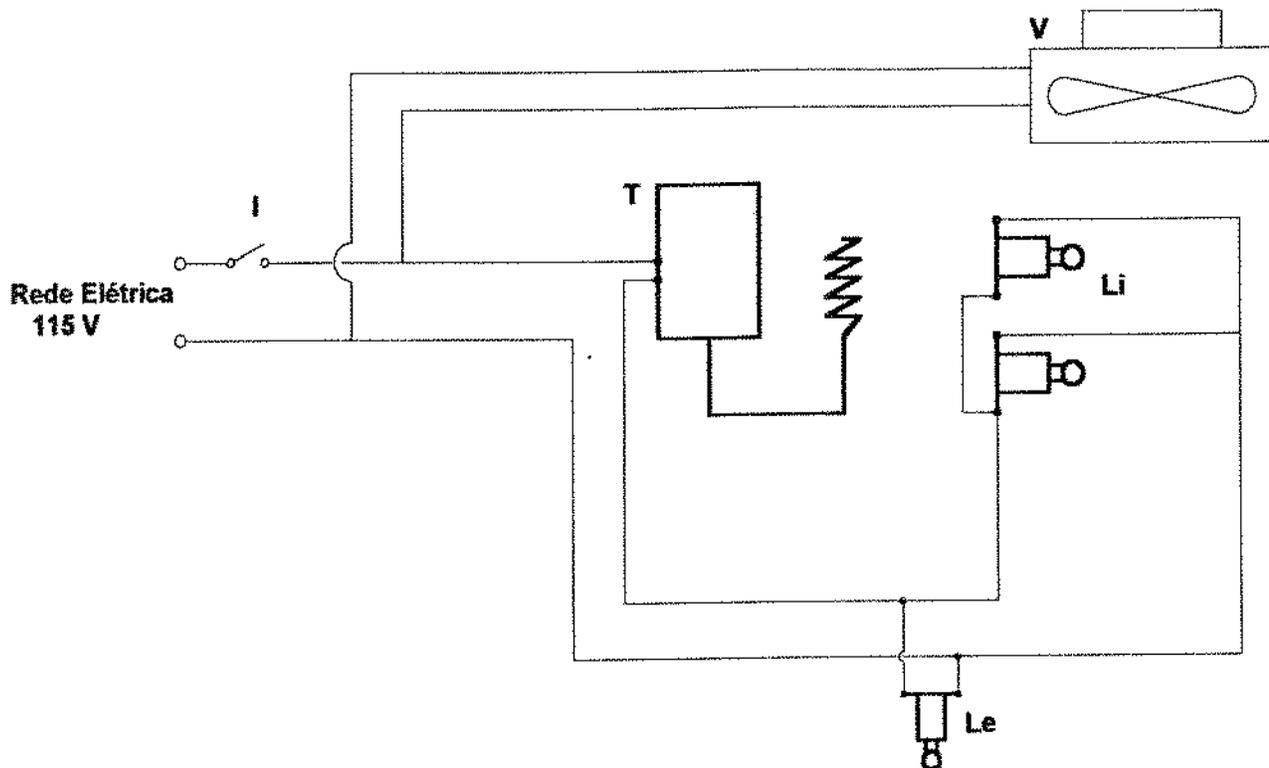
- padronização das soluções de KOH e HCl e adição de um volume de 180 ml nos tubos pelos quais o ar será borbulhado;
- pesagem de 6 mangas e sua distribuição no dessecador;
- operação da bomba aspiradora com registro do período;
- após 24 horas são retiradas alíquotas de 2 ml dos tubos contendo solução de KOH e pipetadas em frascos Erlenmeyer com 15 ml de uma solução de 3% de cloreto de bário. Como a reação de CO₂ com KOH é reversível, a função do cloreto de bário é a formação de carbonato de bário, que precipita, evitando a saída de CO₂;
- adicionam-se 2 gotas de indicador fenolftaleína no frasco Erlenmeyer e titula-se com uma solução previamente padronizada de HCl 0,1N até o ponto de viragem;
- com o volume gasto de HCl determina-se, através de um cálculo estequiométrico, a massa de CO₂ liberada pelo produto após 24 horas. O resultado é expresso em mg CO₂/(kg de produto.h).



- 1 - Entrada de ar
- 2 - Tubo de vidro
- 3 - Lã de vidro embebida com NaOH
- 4 - Mangueira para acesso do ar ao dessecador
- 5 - Tubo de vidro Pyrex contendo NaOH
- 6 - Caixa de madeira com isolamento externo de poliestireno expandido
- 7 - Dessecador contendo o produto a ser estudado
- 8 - Suporte de madeira
- 9 - Bulbo do termostato
- 10 - Termostato
- 11 - Micro ventilador
- 12 - Lâmpadas para aquecimento
- 13 - Mangueira para acesso do ar que sai do dessecador ao tubo de vidro
- 14 - Pinças de Hoffman para controle da vazão de ar
- 15 - Tubo de vidro contendo solução umidificante do ar (HCl)
- 16 - Tubo de vidro contendo solução absorvente de CO₂ do ar (NaOH)
- 17 - Tubo de vidro reserva contendo solução absorvente de CO₂ do ar (NaOH)
- 18 - Bomba aspiradora para circulação do ar pelo sistema
- 19 - Recipiente de segurança em caso de vazamento
- 20 - Válvula manual para controle do fluxo de ar

FIGURA III-5 - Esquema Geral do Equipamento de Determinação da Taxa de Respiração (QUIÑONES et alii, 1988)

A Figura III-6 mostra o circuito elétrico do equipamento para determinação da taxa de respiração. O circuito foi montado de modo que o micro ventilador funcione continuamente, mantendo uma circulação do ar no interior da caixa a fim de uniformizar a temperatura. O termostato funciona como uma chave liga/desliga do sistema de aquecimento formado por 2 lâmpadas de 100 W. Para monitorar o funcionamento do aquecimento foi instalada uma lâmpada em série com o termostato, cujo diferencial foi ajustado para 1°C.



Li - Lâmpadas internas (100 W cada)

T - Termostato

Le - Lâmpada externa (60 W)

I - Interruptor manual

V - Micro-ventilador

FIGURA III-6 - Esquema Elétrico do Equipamento de Determinação da Taxa de Respiração (QUIÑONES et alii, 1988)

2.12 - Determinação da Composição Gasosa no Interior da Embalagem da Manga

As determinações da composição gasosa foram realizadas no CETEA - ITAL. As mangas embaladas com PEBD e D-955 eram retiradas das câmaras frigoríficas e colocadas em uma caixa isolada termicamente e transportadas até o ITAL, onde permaneciam em refrigerador até o momento da análise, realizada no mesmo dia.

O método de determinação consistiu na coleta de alíquotas de 300 μ l de gás, utilizando uma seringa hermética, através de um septo de silicone colocado nas embalagens, na região próxima ao pedúnculo da manga, que era o único local com uma pequena quantidade de gás. As análises foram realizadas em cromatógrafo a gás, utilizando argônio como gás de arraste a uma vazão de 30 ml/min e colunas Peneira Molecular 5A e Porapak Q. A coluna e o injetor foram mantidos a 70°C e o detector de condutividade térmica a 140°C, operando sob corrente de 100 mA. A quantificação foi feita em um integrador processador, com base em curvas padrões feitas com gases de calibração (PADULA et alii, 1989).

2.13 - Determinação da Taxa de Permeabilidade dos Filmes

As determinações da taxa de permeabilidade dos filmes aos gases foram realizadas no CETEA - ITAL. No caso do filme D-955, as amostras foram previamente encolhidas, utilizando como molde placas quadradas de papelão de 30 cm de aresta. As taxas de permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ dos filmes PEBD e D-955 foram determinadas pelo método de aumento de concentração, que consiste na utilização de células de difusão, nas quais dois corpos de prova são fixados, formando duas câmaras externas e uma intermediária, estanques à atmosfera. A intervalos pré-determinados foram retiradas alíquotas de gás permeante, que foi analisado por cromatografia gasosa, nas mesmas condições descritas em 2.11. As amostras foram condicionadas durante 2 dias à 25°C, a seco. Os resultados foram corrigidos para 1 atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante. Cada embalagem foi analisada em duplicata (PADULA et alii, 1989).

Os testes de permeabilidade ao oxigênio e gás carbônico, espessura e gramatura dos filmes TERPHANE e PP foram realizados no Laboratório de Clientes Terphane, da Rhodia S.A. e as análises utilizaram as normas técnicas ASTM D-374, D-646, D-3985.

2.14 - Determinação do Teor de Vitamina C

Foi realizada a determinação do teor de vitamina C das mangas embaladas com filmes PEBD, D-955 e sem embalagem, ao longo da armazenagem a 12, 17 e 22°C, e daquelas utilizadas para análise sensorial de aceitação com relação ao sabor e demais sensações bucais. Cada determinação foi feita em duplicata. Foi escolhido o método padrão da AOAC (1984), modificado por BENASSI e ANTUNES (1988).

Amostras de 25 g foram homogeneizadas com 50 g de solução de extração (ácido oxálico 2%) em liquidificador por dois minutos. Uma alíquota de 20g foi tomada e diluída com a mesma solução extratora para 50 ml em balão volumétrico. Uma alíquota de volume conveniente dessa solução foi titulada com 2,6-diclorofenolindofenol 0,01%, sendo o ponto de viragem detectado visualmente. A solução de 2,6-diclorofenolindofenol foi padronizada através da titulação de 1 mg de ácido ascórbico P.A.

O cálculo do teor de vitamina (mg vitamina C/100 g produto) foi feito como descrito abaixo:

$$\text{mg/100 g} = \frac{\text{DCFi amostra (ml)}}{\text{DCFi padrão (ml)}} \times \frac{100 \text{ g}}{\text{m amostra (g)}} \times \frac{\text{m solvente + m amostra (g)}}{\text{m alíquota (g)}} \times \frac{\text{V (50 ml)}}{\text{V alíquota (ml)}}$$

DCFi amostra = volume de solução de diclorofenolindofenol gasto na titulação da amostra

DCFi padrão = volume de solução de diclorofenolindofenol gasto na titulação do padrão

m amostra = massa de amostra

m solvente = massa de solvente utilizada para diluir a amostra

m alíquota = massa da alíquota

V = volume do extrato

V alíquota = volume da alíquota

A porcentagem de retenção foi calculada dividindo-se o teor de vitamina C num dado tempo de armazenagem pelo teor inicial, multiplicado por 100. O teor inicial de vitamina C foi determinado pela média de quatro mangas escolhidas aleatoriamente antes do início da armazenagem (tempo 0). Cada manga foi analisada em duplicata.

2.15 - Cálculo dos Dados Cinéticos de Degradação da Vitamina C

Os dados levantados para cada armazenagem foram tratados de maneira a determinar a cinética de degradação da vitamina C.

As curvas de retenção da vitamina C em função do tempo de armazenagem configuraram um perfil característico de uma reação de primeira ordem.

Através de regressão linear com os valores do logaritmo neperiano do teor de vitamina C (mg/100g), pelo tempo de armazenagem (dias) foram calculados os valores de taxa de degradação de vitamina C (N_{VC}) e tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) através da inclinação da reta (LABUZA, 1982). O tempo de meia-vida é o tempo necessário para que o teor de vitamina C seja reduzido à metade. A equação utilizada foi a seguinte:

$$\ln [\text{vit C}] - \ln [\text{vit C inicial}] = -N_{VC} \cdot t \quad (\text{III-2})$$

onde:

[vit C] = concentração de vitamina C no tempo t

[vit C inicial] = concentração inicial de vitamina C

N_{VC} = taxa de degradação de vitamina C

t = tempo de armazenagem a uma dada temperatura

A energia de ativação foi calculada utilizando-se a equação de Arrhenius. Quanto maior esse valor, maior será a dependência da transformação em relação a temperatura:

$$\ln N_{VC} = \ln k_0 - E_a/R \cdot T \quad (\text{III-3})$$

onde:

k_0 = constante

E_a = energia de ativação

R = constante universal dos gases

T = temperatura absoluta

2.16 - Cálculo de Q_{10}

O valor de Q_{10} é dado pelo quociente entre as velocidades de reação a uma dada temperatura e a uma temperatura 10°C mais baixa, ou pelo quociente entre as vidas de prateleira a uma determinada temperatura e a uma temperatura 10°C mais alta. Quanto maior o valor de Q_{10} maior será a dependência da transformação em relação a temperatura.

$$Q_{10} = k_t / k_{t-10} = VP_{t-10} / VP_t \quad (\text{III-4})$$

onde:

k_t = constante da velocidade de reação a uma temperatura t

k_{t-10} = constante da velocidade de reação a uma temperatura $t-10^{\circ}\text{C}$

VP_{t-10} = vida de prateleira a uma temperatura $t-10^{\circ}\text{C}$

VP_t = vida de prateleira a uma temperatura t

2.17 - Análise Estatística

Para comparação dos resultados de análise sensorial de aceitação e taxas de perda de peso entre diferentes tratamentos foram feitas análises de variância de um e dois fatores (tipo de embalagem e temperatura de armazenamento) e aplicou-se o Teste de Tukey para avaliar diferença entre as médias, utilizando o procedimento GLM do programa SAS (BOX et alii, 1978; SAS INSTITUTE INC, 1985).

Para avaliar o nível de significância e os coeficientes de determinação das correlações, nas diversas regressões lineares realizadas no trabalho, foi utilizado o Teste "t" (BHATTACHARYYA & JOHNSON, 1977).

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A - ENSAIOS PRELIMINARES

A.1 - PERDA DE PESO DA MANGA DURANTE A ARMAZENAGEM FRIGORIFICADA

A.1.1 - Cinética de Perda de Peso e Vida de Prateleira

A Figura IV-1 mostra um comportamento linear da porcentagem de perda de peso das mangas armazenadas a 7, 12 e 25°C em função do tempo, tanto para as embaladas como para as sem embalagem, e as curvas foram ajustadas através de regressão linear ($p \leq 0,05$). Portanto, a perda de peso seguiu cinética de ordem zero, correspondendo a uma taxa de secagem constante, o que é admissível em processos com grande resistência na interface. Através das regressões lineares, foram determinadas as taxas de perda de peso e a vida de prateleira das mangas, que foi definida quando a perda de peso do produto atingiu 5% (Tabela IV-1).

Os resultados sugerem que, mesmo na manga sem embalagem com perdas de água até 15%, a casca oferece resistência suficiente para manter a taxa de secagem baixa, permitindo a acomodação da umidade no interior do fruto, sem criar nova resistência interna à difusão. Em relação aos frutos não embalados, a embalagem diminuiu a perda de peso da manga de forma bastante significativa. A perda de peso média das mangas sem embalagem foi aproximadamente 15, 13 e 12 vezes maior em relação às mangas embaladas, para temperatura de 7, 12 e 25°C, respectivamente, após 21 dias de armazenamento. Conseqüentemente, as vidas de prateleira das mangas embaladas foram bem superiores a das não embaladas.

Pelos valores de r^2 , pode-se afirmar que mais de 96% dos pontos são explicados pelas correlações lineares. Pela análise de variância das taxas de perda de peso das mangas com diferentes embalagens e temperaturas e a comparação das médias através do Teste de Tukey, verificou-se que as mangas sem embalagem (controle) apresentaram taxas significativamente maiores, ao nível de 5%, em relação às embaladas.

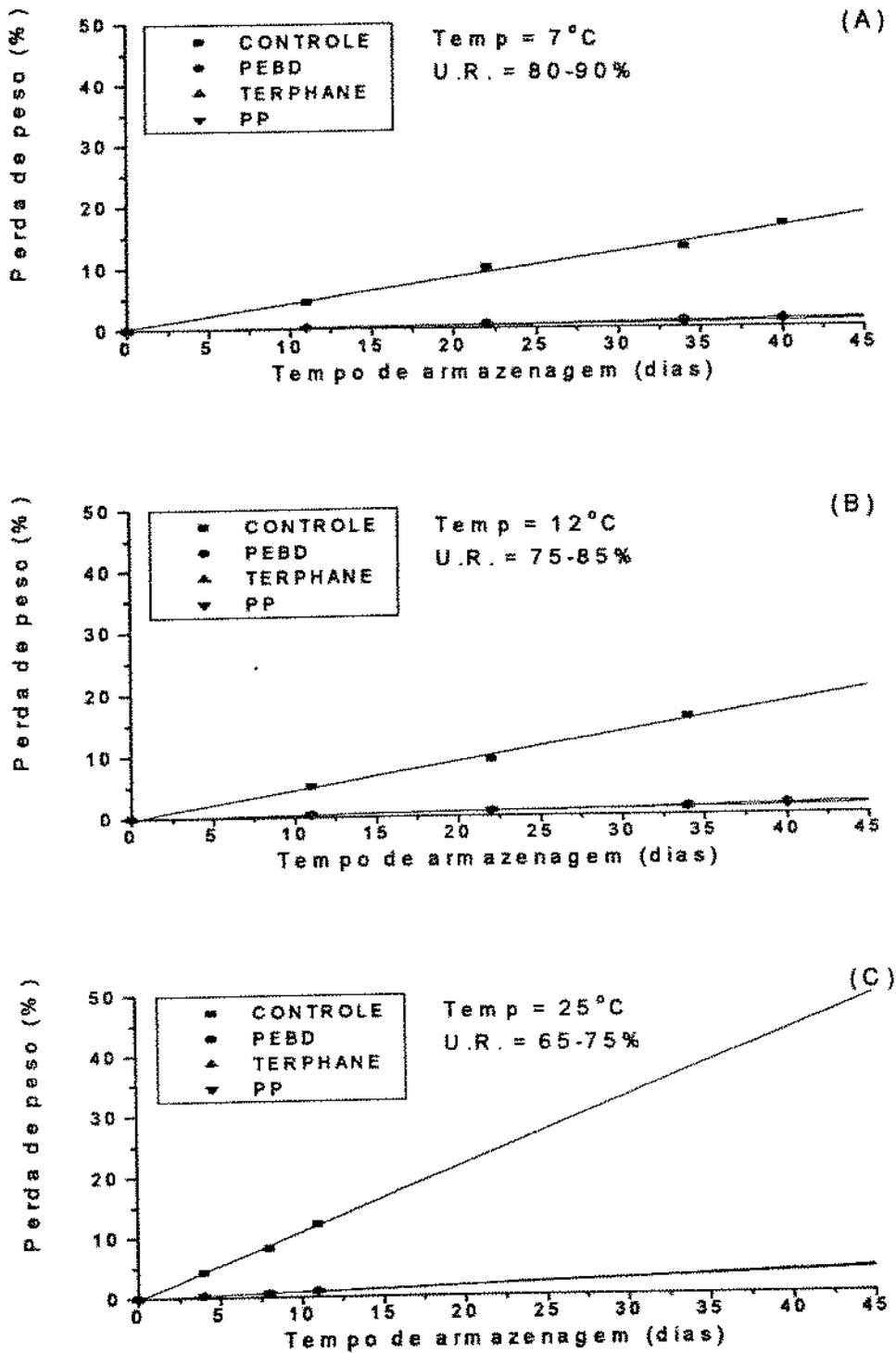


FIGURA IV-1 - Perda de Peso em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 7°C (A), 12°C (B) e 25°C (C) em Função do Tempo de Armazenagem (Modelos Ajustados a $p \leq 0,006$).

TABELA IV-1 - Valores de Taxa de Perda de Peso (N_p), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância (p) da Correlação para Perda de Peso em Mangas cv. Keitt armazenadas a 7, 12 e 25°C.

Embalagem	Temp. (°C)	U.R. (%)	N_p (g/kg.dia)	VP (dia)	r^2	p (%)
CONTROLE	7	80-90	4,06	12	0,99	0,03
PEBD	7	80-90	0,31	164	0,97	0,27
TERPHANE	7	80-90	0,31	160	0,98	0,14
PP	7	80-90	0,22	224	0,97	0,19
CONTROLE	12	75-85	4,55	11	0,99	0,30
PEBD	12	75-85	0,41	120	0,99	0,02
TERPHANE	12	75-85	0,31	157	0,99	0,49
PP	12	75-85	0,32	155	1,00	< 0,01
CONTROLE	25	65-75	10,92	5	1,00	0,16
PEBD	25	65-75	0,95	53	0,99	0,46
TERPHANE	25	65-75	0,87	57	0,99	0,54
PP	25	65-75	0,89	57	0,99	0,44

Não foram constatadas diferenças significativas, ao nível de 5%, entre as mangas embaladas nem entre as temperaturas, apesar dos filmes terem permeabilidades ao vapor de água diversas e as temperaturas corresponderem a diferentes umidades relativas de armazenagem. As médias das taxas de perda de peso em função das temperaturas de 7, 12 e 25°C foram 1,23, 1,41 e 3,41, respectivamente, sendo que a diferença significativa mínima calculada pelo teste de Tukey foi de 3,78. Para as embalagens de PP, TERPHANE e PEBD as médias foram 0,48, 0,50 e 0,56, respectivamente e a diferença significativa mínima de 4,93.

A.2 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS MANGAS EMBALADAS COM DIFERENTES TIPOS DE FILMES PLÁSTICOS FLEXÍVEIS

A.2.1 - Armazenagem Frigorificada a 7°C

As mangas armazenadas a 7°C não conseguiram amadurecer, devido ao processo de injúria pelo frio provocado pela baixa temperatura utilizada na câmara frigorífica. Durante a armazenagem, as mangas embaladas não apresentaram os sintomas de injúria, mas, quando postas para amadurecer, começaram a aparecer manchas marrons e pontos moles translúcidos, e elas não conseguiram atingir o amadurecimento. As mangas sem embalagem começaram a desenvolver os sintomas no fim do período de armazenagem.

Portanto, apesar de referências na literatura ao emprego de temperaturas de armazenagem na faixa de 5 a 7°C, e ser citado que a atmosfera modificada atenuaria a injúria pelo frio de mangas (THOMAS & JOSHI, 1988; KRISHNAMURTHY & JOSHI, 1989; O'HARE & PRASAD, 1993), constatou-se que esta temperatura não é adequada para a variedade utilizada no ensaio, mesmo com o uso de embalagem.

A.2.2 - Armazenagem a 25°C

As mangas mantidas a 25°C sob umidade relativa entre 65-75% levaram de 12 a 15 dias para atingirem o amadurecimento, e esta diferença de tempo foi devida à presença e ao tipo de embalagem utilizada.

As mangas com embalagem TERPHANE sofreram distúrbios fisiológicos e não atingiram a maturação, exalando um cheiro fermentado forte, característico de respiração anaeróbica. Além disso, a casca desenvolveu cor amarela acinzentada, não característica e não houve o amolecimento da polpa do fruto ao longo do tempo. Essas alterações foram causadas pela baixa permeabilidade da embalagem ao O₂ e ao CO₂, que impediu uma adequada respiração aeróbica do fruto. Devido a esse comportamento, as mangas embaladas com TERPHANE não foram avaliadas sensorialmente. Foi feita uma análise de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação sensorial de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-2.

TABELA IV-2 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO	NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	6,17 a,b	5,32 b
PEBD/CE	6,71 a	6,69 a
TERPHANE/CE	i.c.	i.c.
PP/CE	5,44 b	4,83 b

CE = Amadurecimento com embalagem

i.c. = impróprio para o consumo

a,b Médias da mesma coluna com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

A análise dos valores da Tabela IV-2 indicou que em relação ao sabor e demais sensações bucais, as mangas que amadureceram embaladas em PP obtiveram nota média significativamente menor que as mangas embaladas com PEBD. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao fato do PP ter permeabilidades ao O₂ e ao CO₂ aproximadamente 3 vezes menores que o PEBD, levando em conta as suas espessuras. Assim, as mangas embaladas com PP tiveram alterações do seu metabolismo, entre elas a taxa de respiração, causadas pelo acúmulo de CO₂ no interior da embalagem, ocasionando alterações do sabor e outros atributos, suficiente para haver uma rejeição pelos provadores.

Na avaliação sensorial de aceitação em função da aparência, as mangas embaladas com PEBD obtiveram notas médias significativamente superiores aos outros dois tratamentos. Deve-se ressaltar que as mangas foram analisadas após terem sido armazenadas durante 15 dias à temperatura de 25°C. Durante este período, os frutos sem embalagem sofreram uma perda de peso em torno de 16%, o que afetou sua aparência. Já as mangas embaladas com PP e PEBD tiveram uma perda bem inferior, em torno de 1,4%. As mangas embaladas com PP desenvolveram doenças como antracnose e podridão peduncular mais rapidamente que as com PEBD, justificando a diferença entre as médias dos dois tratamentos com embalagem.

A Tabela IV-3 apresenta as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas com as mangas utilizadas na análise sensorial e o tempo de amadurecimento a 25°C.

TABELA IV-3 - Valores Das Análises Físico-Químicas das Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C.

Embalagem	Densidade (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Amadurecimento (dias)
CONTROLE	1038	4,2	15,23	12
PEBD/CE	1042	3,9	14,53	14
PP/CE	1043	4,0	12,05	15

Pela Tabela IV-3 pode-se verificar que as mangas controle apresentaram teores de sólidos solúveis e pH maiores que as embaladas, entretanto sua aceitação, em termos sensoriais, foi igual a do tratamento PEBD/CE, não tendo sido detectada diferença significativa, ao nível de 5%. As mangas que amadureceram com filme de PP apresentaram teores de sólidos solúveis inferiores aos outros tratamentos. Entretanto, a sua densidade foi superior, indicando que elas estavam maduras, mas a embalagem, provavelmente, afetou o metabolismo das frutas devido a um déficit de O₂ e/ou acúmulo de CO₂ que alterou ciclos metabólicos de conversão de açúcares, impedindo que elas atingissem teores mais elevados.

A.2.3 - Armazenagem Frigorificada a 12°C por 11 dias

As mangas exigiram de 3 a 10 dias para amadurecerem à temperatura de 25°C. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV-4. As mangas embaladas demoram mais tempo para atingir o amadurecimento que o controle. Os problemas apresentados pelas mangas embaladas com TERPHANE foram os mesmos descritos anteriormente (armazenagem a 25°C). Entretanto as mangas armazenadas com TERPHANE e postas para amadurecer sem a embalagem atingiram a maturação normalmente.

TABELA IV-4 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 11 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO	NOTA MÉDIA	
	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	6,26 ^a	5,01 ^a
PEBD/CE	5,89 ^a	5,02 ^a
PEBD/SE	6,76 ^a	5,65 ^a
TERPHANE/CE	i.c.	i.c.
TERPHANE/SE	5,22 ^a	6,10 ^a
PP/CE	5,86 ^a	5,01 ^a
PP/SE	6,66 ^a	5,71 ^a

CE = Amadurecimento com embalagem

SE = Amadurecimento sem embalagem

i.c. = impróprio para o consumo

^a Médias da mesma coluna com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

De acordo com a Tabela IV-4, não houve diferença significativa entre os tratamentos, tanto para sabor quanto para a aparência. Observa-se, entretanto, que, no caso da avaliação sensorial de aceitação em função do sabor e demais sensações bucais, as médias das avaliações das mangas que amadureceram sem embalagem, foram sempre superiores às aquelas com embalagem, além de terem notas médias superiores a 6, que foi considerada a nota de corte para o cálculo da vida de prateleira.

No caso da aceitação em relação à aparência, apenas as mangas embaladas com TERPHANE e que amadureceram sem embalagem tiveram notas médias acima de 6. Neste caso, deve-se levar em conta que as mangas não sofreram tratamento fitossanitário e que, além de ficarem armazenadas a 12°C por 11 dias, permaneceram à temperatura de 25°C de 3 a 10 dias, para atingir o amadurecimento.

A Tabela IV-5 apresenta as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas com as mangas utilizadas na análise sensorial e o tempo de amadurecimento a 25°C.

TABELA IV-5 - Valores Das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 11 Dias.

Embalagem	Densidade (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Amadurecimento (dias)
CONTROLE	1053	3.7	14.53	3
PEBD/CE	1018	4.1	12.67	8
PEBD/SE	1037	4.1	14.45	5
TERPHANE/SE	1015	4.1	14.35	10
PP/CE	1033	3.6	13.00	10
PP/SE	1061	4.6	14.00	6

As mangas controle apresentaram teores de sólidos solúveis maiores que as mangas embaladas, entretanto a sua aceitação, em termos sensoriais, foi inferior a dos tratamentos PEBD/SE e PP/SE, apesar de não ter sido detectada uma diferença significativa, ao nível de 5%. As mangas que amadureceram com a embalagem de PEBD e PP apresentaram teores de sólidos solúveis inferiores aos outros tratamentos, e o tempo de amadurecimento 40% maior que aquelas sem embalagem.

A.2.4 - Armazenagem Frigorificada a 12°C por 22 dias

As mangas levaram de 0 a 6 dias para amadurecer à temperatura ambiente, e as armazenadas com TERPHANE não conseguiram amadurecer, pelos motivos citados anteriormente. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV-6.

TABELA IV-6 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 22 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO	NOTA MÉDIA	
	SABOR	APARÊNCIA
Embalagem		
CONTROLE	5,66 a	2,65 b
PEBD/CE	4,31 b	2,96 b
PEBD/SE	5,47 a,b	4,45 a
TERPHANE/SE	i.c.	i.c.
TERPHANE/CE	i.c.	i.c.
PP/CE	4,33 b	1,13 c
PP/SE	6,46 a	3,07 b

CE = Amadurecimento com embalagem

SE = Amadurecimento sem embalagem

i.c = impróprio para o consumo

a, b, c Médias da mesma coluna com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

De acordo com a Tabela IV-6, na avaliação sensorial de aceitação em relação ao sabor e a outras sensações bucais, as médias das avaliações das mangas que amadureceram sem embalagem obtiveram valores significativamente superiores aos daquelas que o fizeram na embalagem. Somente o tratamento PP/SE obteve nota média superior a 6.

Quanto a avaliação em função da aparência, as mangas embaladas com PEBD/SE tiveram aceitação significativamente melhor que as outras e, as com embalagem PP/CE, significativamente pior. Entretanto, todas elas obtiveram notas médias inferiores a 6.

A Tabela IV-7 apresenta as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas com as mangas utilizadas na análise sensorial e o tempo de amadurecimento a 25°C.

TABELA IV-7 - Valores Das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 22 Dias

Embalagem	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Amadurecimento (dias)
CONTROLE	1034	3,7	16,00	0
PEBD/CE	1038	3,7	13,40	6
PEBD/SE	1027	4,3	14,23	4
PP/CE	1029	3,9	12,75	6
PP/SE	1043	4,1	14,60	4

As mangas do tratamento controle apresentaram teores de sólidos solúveis maiores que os das mangas embaladas, entretanto a sua aceitação, em termos sensoriais, foi igual a do tratamento PP/SE, não tendo sido detectada uma diferença significativa, ao nível de 5%. As mangas que amadureceram com a embalagem de PEBD e PP apresentaram, novamente, teores de sólidos solúveis inferiores aos dos outros tratamentos, que podem ter sido a causa da nota sensorial significativamente menor, e um tempo de amadurecimento 33% maior que o daquelas sem embalagem.

De uma forma geral, as mangas que amadureceram com embalagem obtiveram notas sensoriais de sabor inferiores àquelas que tiveram a embalagem retirada após o período de armazenagem frigorificada. Alguns comentários citados pelos provadores dizem respeito à falta de doçura, textura alterada, sabor e aroma não característico das mangas que amadureceram com embalagem. Durante o amadurecimento à temperatura de 25°C, a taxa de respiração aumenta de forma acentuada, tanto pelo aumento da temperatura quanto pelo climatério respiratório. Caso haja uma barreira a gases, poderá haver entrada insuficiente de O₂ e acúmulo de CO₂ dentro da embalagem, que poderá ocasionar distúrbios fisiológicos às mangas, podendo desenvolver as características sensoriais citadas pelos provadores.

As mangas que tiveram a embalagem retirada após o período de armazenagem não apresentaram estes sintomas pois, devido à baixa temperatura durante a armazenagem, a taxa de respiração da manga foi reduzida, e ela estaria em estágio de desenvolvimento anterior ao pico climatérico. A presença da embalagem, restringindo a

entrada de O₂ reduz ainda mais esta taxa de respiração, mas não o suficiente para que a manga desenvolva sabor não característico.

Quanto à avaliação de aparência, a embalagem, pelos resultados obtidos, não favoreceu a manutenção da qualidade das mangas. Isto se deve ao fato das mangas não terem sofrido um tratamento fitossanitário e, de acordo com BEN-YEHOSHUA (1985), neste caso a embalagem chega a acelerar a deterioração do produto, pois a microatmosfera no interior da mesma é saturada de água, acelerando o desenvolvimento de microrganismos.

Optou-se por não utilizar a embalagem de TERPHANE devido aos resultados negativos obtidos nesses experimentos preliminares, consequência principalmente da sua baixa permeabilidade ao O₂ e ao CO₂. A embalagem de PP também foi excluída pois, em termos de análise sensorial e perda de peso, o seu desempenho foi equivalente ou inferior, ao da embalagem de PEBD. Além disso, a embalagem de PEBD tem um custo inferior, características de soldabilidade superiores e permeabilidade ao O₂ e CO₂ mais apropriadas à manga que a de PP.

A.3 - RELAÇÃO ENTRE TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ACEITAÇÃO DE SABOR DA MANGA

Os dados de teor de sólidos solúveis das mangas, expressos em °Brix, foram graficados em função da nota média recebida pelas mesmas na avaliação sensorial de sabor e demais sensações bucais, independentemente da embalagem utilizada pela manga e do tempo de armazenagem. Foi observado um comportamento linear do teor em função da nota média de sabor, de acordo com a Figura IV-2.

Pelo nível de significância da regressão linear ($p < 0,01$), existe uma relação entre o teor de sólidos solúveis e a aceitação do produto, e pelo valor de r^2 , 44% dos dados são explicados pela correlação obtida. A determinação do teor de sólidos solúveis é relativamente simples, apesar de ser um teste destrutivo, e dá uma noção do estágio de maturação do fruto. De acordo com a correlação, o ponto ideal de consumo das mangas testadas se situa entre 14,7 e 17,3°Brix, que correspondem, respectivamente, a notas 6 e 9. O maior valor do teor de sólidos solúveis atingido por uma manga durante o experimento foi em torno de 16°Brix.

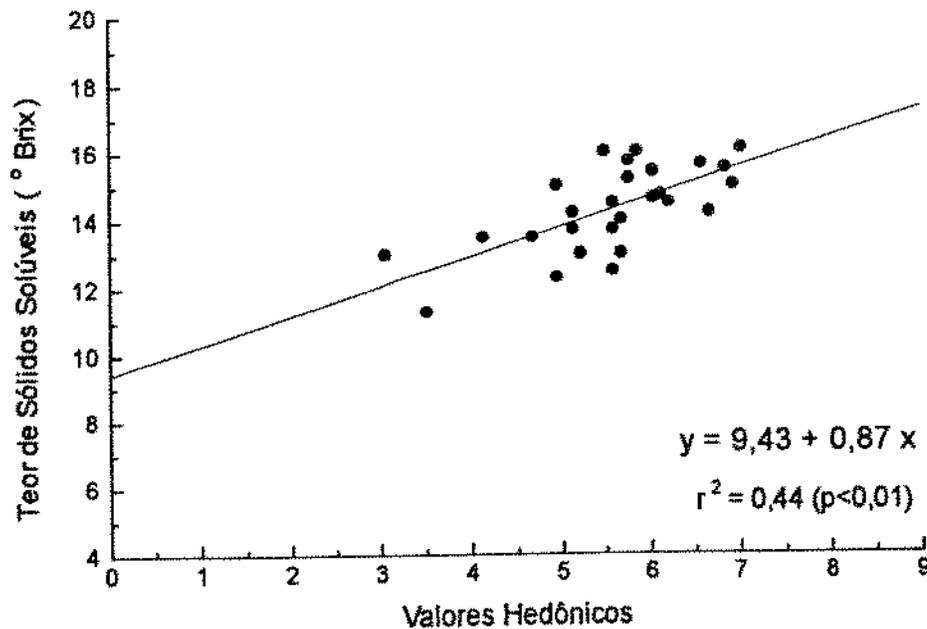


FIGURA IV-2 - Relação entre Teor de Sólidos Solúveis e Valores Hedônicos Obtidos junto aos Provedores (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) em Experimentos com Mangas cv. Keitt.

A.4 - RELAÇÃO ENTRE TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS E DENSIDADE DA MANGA

Os dados de teor de sólidos solúveis das mangas, expressos em °Brix, foram graficados em função da densidade das mesmas, independentemente da embalagem utilizada pela manga e do tempo de armazenagem.

Foi observado um comportamento linear dos valores de teor de sólidos solúveis em função da densidade, de acordo com a Figura IV-3.

De acordo com o nível de significância da correlação obtida ($p < 0,006$), o teor de sólidos solúveis está relacionado com a densidade do fruto, entretanto pelo valor de r^2 apenas 25% dos dados são explicados por ela. Desta forma tem-se uma determinação relativamente simples e não destrutiva, entretanto pouco precisa, como é o caso da densidade, para se avaliar o estágio de maturação da manga.

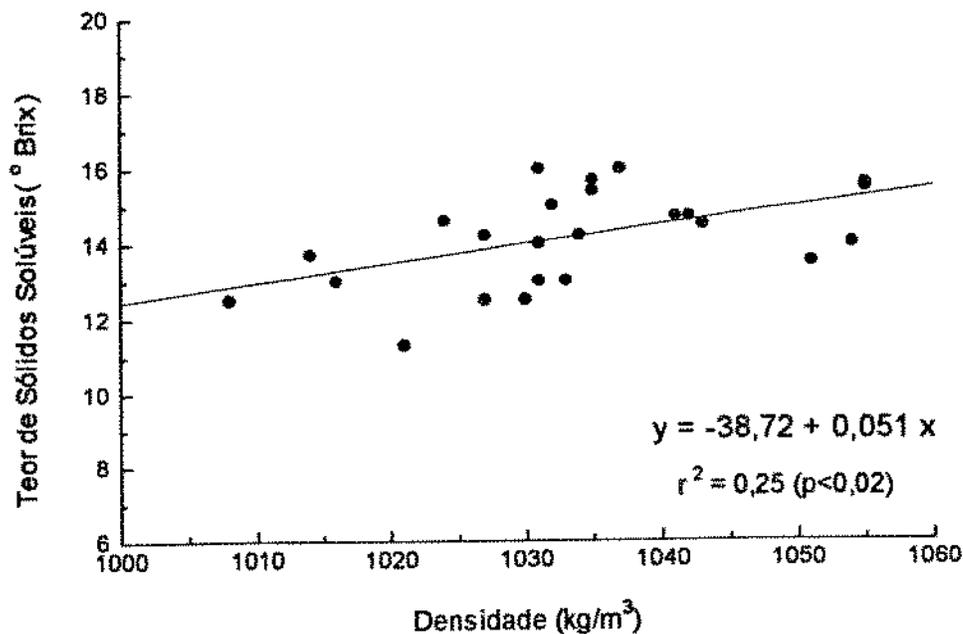


FIGURA IV-3 - Relação entre Teor de Sólidos Solúveis e Densidade de Mangas cv. Keitt.

Densidades entre 1047 e 1098 kg/m³ correspondem a mangas com teor de sólidos solúveis entre 14,7° e 17,3°Brix, respectivamente, que seria o ponto ideal para o consumo da variedade de manga testada. Entretanto, durante os experimentos elas atingiram no máximo 1060 kg/m³.

A.5 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE DA MANGA COM O TEMPO A 25°C

Foi feito o acompanhamento da variação da densidade com o tempo, de quatro mangas com casca verde ou levemente avermelhadas, firmes, totalmente desenvolvidas, mantidas à temperatura de 25°C ± 3°C. O tempo zero corresponde ao dia da colheita. Os resultados obtidos estão representados na Figura IV-4.

A partir destes dados, e baseado na correlação encontrada no item anterior, pode-se ter uma idéia do tempo necessário para a manga amadurecer, sem embalagem, à temperatura ambiente de 25°C. Para a variedade de manga testada são necessários de 15 a 31 dias para se atingir um ponto ótimo de consumo.

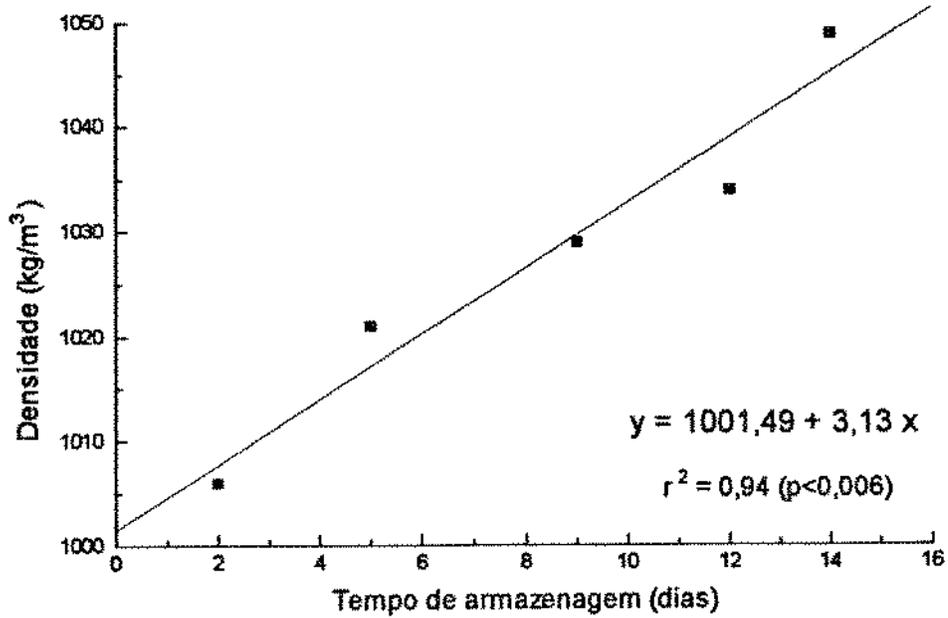


FIGURA IV-4 - Variação da Densidade de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 25°C.

Não foram observadas correlações lineares significativas entre densidade e aceitação e entre Brix e pH.

B - ENSAIOS DEFINITIVOS

B.1 - RELAÇÃO ENTRE ÁREA SUPERFICIAL E MASSA DA MANGA

Os resultados da correlação linear entre a área superficial da manga e a sua massa estão expressos na Figura IV-5.

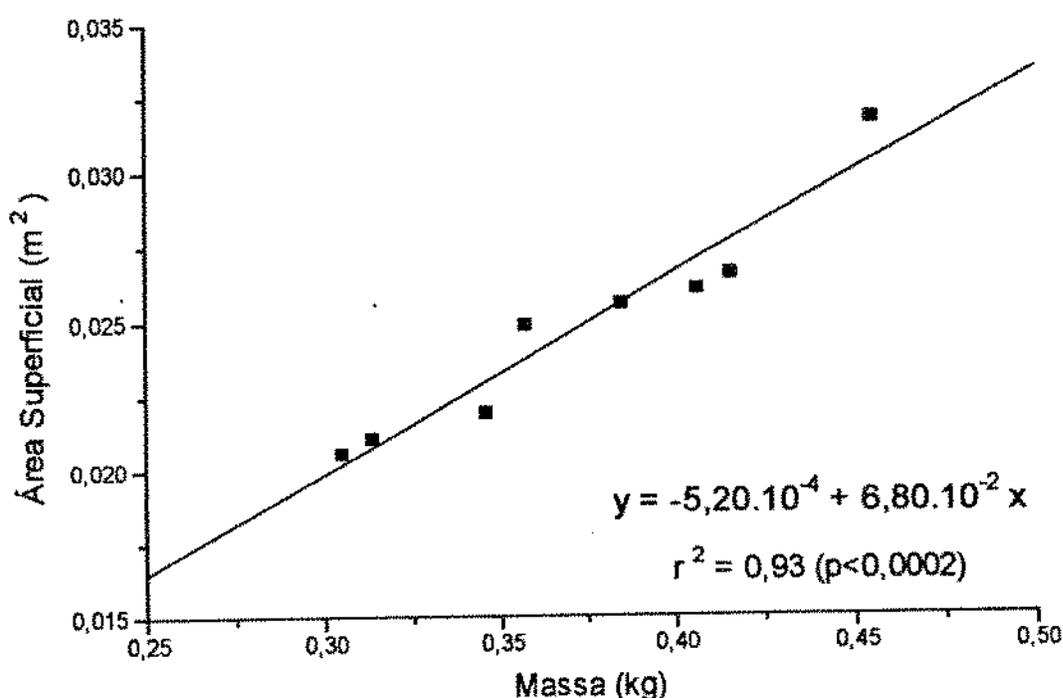


FIGURA IV-5 - Relação entre Massa e Área Superficial de Mangas cv. Keitt.

Os resultados do ajuste linear entre área superficial e massa das mangas foram bastante satisfatórios ($r^2 = 0,93$ e $p < 0,0002$). A partir da correlação pode-se obter a área superficial para cálculos de transferência de calor e massa através de uma simples determinação da massa do produto, desde que o mesmo tenha densidades de $1.030 \pm 20 \text{ kg/m}^3$ e massa entre 300 e 450 g.

B.2 - PERDA DE PESO DA MANGA DURANTE A ARMAZENAGEM FRIGORIFICADA

B.2.1 - Cinética de Perda de Peso das Mangas Armazenadas a 12, 17 e 22°C

A Figura IV-6 indica que as tendências gerais de perda de peso das mangas observadas nos ensaios preliminares tornaram a ser constatadas. Os valores de taxa de perda de peso, vida de prateleira, coeficiente de determinação e nível de significância das correlações para as diferentes embalagens, temperaturas de armazenagem e umidades relativas são apresentadas na Tabela IV-8.

Houve, em todos os ensaios, um comportamento linear da porcentagem de perda de peso das mangas em função do tempo ($p < 0,01$), tanto para as embaladas com PEBD e D-955, como para as sem embalagem (controle), ou seja, a perda de peso seguiu uma cinética de ordem zero. A embalagem diminuiu a perda de peso da manga de forma bastante significativa. A perda de peso média das mangas sem embalagem foi aproximadamente 20, 18 e 12 vezes maior em relação as mangas embaladas, para temperatura de armazenagem de 12, 17 e 22°C, respectivamente.

Os resultados apresentados confirmam que as embalagens D-955 e PEBD contribuíram de forma bastante significativa para a redução da perda de peso das mangas armazenadas a diversas temperaturas, e conseqüentemente, com o aumento da vida de prateleira do produto. A utilização de embalagens aumentou, em média, 6 vezes a vida de prateleira da manga estimada para uma perda de peso máxima de 5%. As mangas embaladas com PEBD tiveram uma taxa de perda de peso cerca de 60% menores que as embaladas com D-955, apesar da permeabilidade ao vapor de água do PEBD, nas condições normais de pressão e temperatura, ser apenas 20% menor que a do D-955.

Pela análise de variância das taxas de perda de peso das mangas com diferentes embalagens e temperaturas e a comparação das médias através do Teste de Tukey, verificou-se que as mangas sem embalagem (controle) apresentaram taxas significativamente maiores, ao nível de 5%, em relação às embaladas. Não foram constatadas diferenças significativas, ao nível de 5%, entre as mangas embaladas e nem entre as temperaturas.

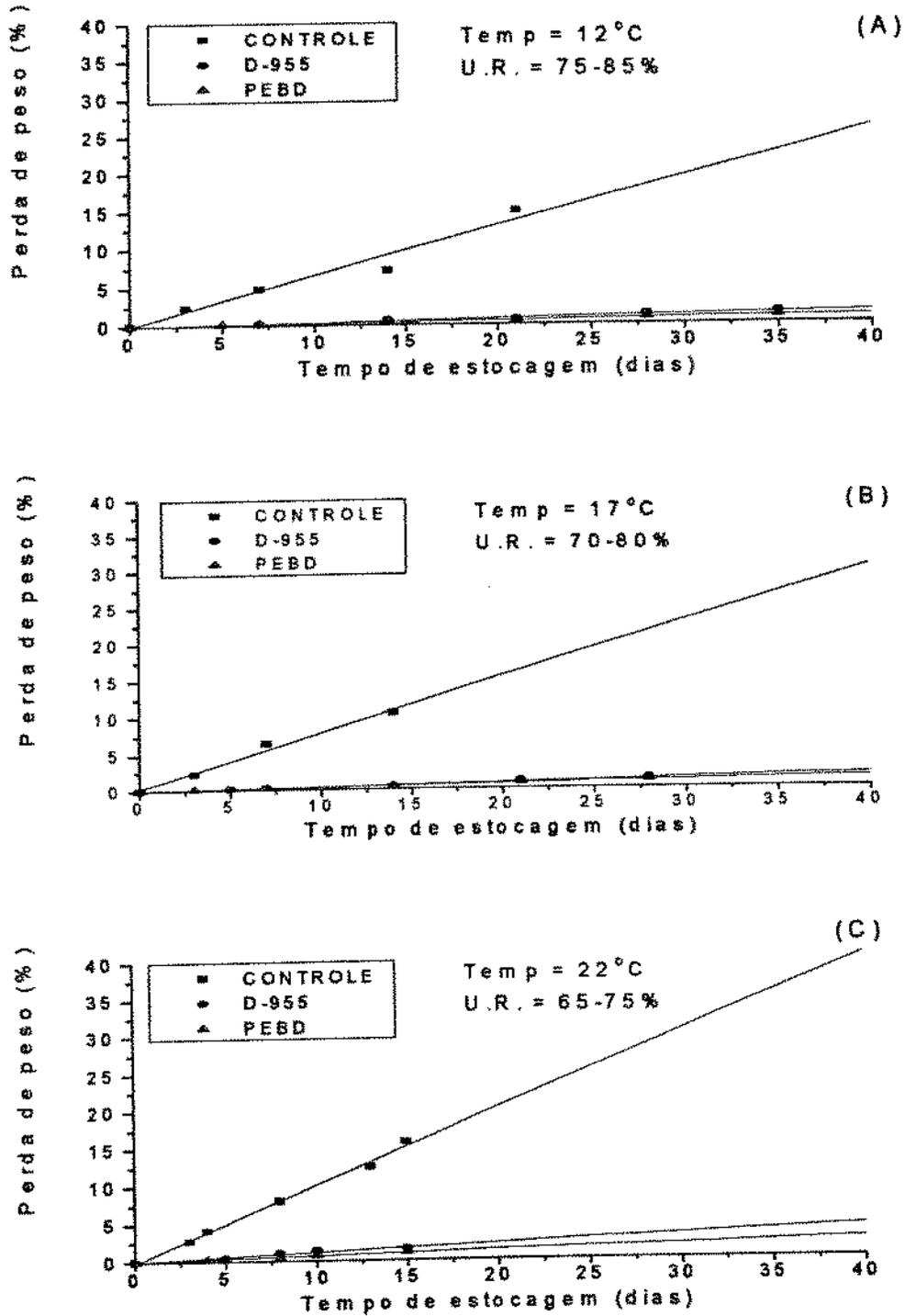


FIGURA IV-6 - Perda de Peso em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C) em Função do Tempo de Armazenagem (Modelo Ajustado a $p < 0,01$).

TABELA IV-8 - Taxa de Perda de Peso (N_p), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.

Embalagem	Temp. (°C)	U.R. (%)	N_p (g/kg.dia)	VP (dia)	r^2	p (%)
CONTROLE	12	75-85	6,542	8	0,95	0,44
D-955	12	75-85	0,409	125	0,95	0,09
PEBD	12	75-85	0,248	203	0,97	< 0,01
CONTROLE	17	70-80	7,552	6	0,98	0,90
D-955	17	70-80	0,472	107	0,99	< 0,01
PEBD	17	70-80	0,355	141	1,00	< 0,01
CONTROLE	22	65-75	10,205	5	1,00	< 0,01
D-955	22	65-75	1,070	47	0,95	0,44
PEBD	22	65-75	0,634	79	0,99	0,05

B.2.2 - Variação da Taxa de Perda de Peso das Mangas sem Embalagem em Função da Umidade Relativa de Armazenagem

Como pode ser observado no item anterior, a taxa de perda de peso é afetada pela temperatura e umidade relativa de armazenagem. Um parâmetro mais preciso para aferir o potencial de perda de peso é o déficit de pressão de vapor (DPV), que é a diferença entre a pressão de vapor saturado ($P_v \text{ sat}$) e a pressão de vapor no interior da câmara ($P_v \text{ cam}$), ambos à mesma temperatura. Quanto maior o DPV maior será a perda de peso, como visto no Capítulo II. Na Tabela IV-9 estão apresentados os valores de DPV para as temperaturas de armazenagem utilizadas nos ensaios preliminares e definitivos, utilizando-se um valor médio de umidade relativa.

TABELA IV-9 - Valores de Pressão de Vapor Saturado ($P_v \text{ sat}$), Umidade Relativa (UR), Pressão de Vapor no Interior da Câmara ($P_v \text{ cam}$) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV) a 7, 12, 17, 22 e 25°C.

TEMPERATURA (°C)	$P_v \text{ sat}$ (kPa)	UR (%)	$P_v \text{ cam}$ (kPa)	DPV (kPa)
7	1,03	85	0,88	0,15
12	1,45	80	1,16	0,29
17	2,00	75	1,50	0,50
22	2,73	70	1,91	0,82
25	3,27	70	2,29	0,98

A fim de poder interpretar os dados de perda de peso em termos de taxa de transpiração é necessário descontar o efeito da respiração na diminuição de massa. Assumindo que o quociente respiratório seja unitário, para cada mol de O_2 (PM = 32,00 g /g-mol) assimilado tem-se a expiração de um mol de CO_2 (PM = 44,00 g/g-mol). Desta maneira, o efluxo líquido de massa (N_r) devido à respiração é:

$$N_r = (12/44).N_{CO_2} \quad (\text{g / kg.dia}) \quad (\text{IV-5})$$

onde: N_{CO_2} = taxa de respiração (g / kg.dia)

Valores experimentais de N_{CO_2} podem ser obtidos na Figura IV-11 e a taxa de água evaporada na transpiração (N_t) pode ser calculada por:

$$N_t = N_p - N_r \quad (\text{g / kg.dia}) \quad (\text{IV-6})$$

A Tabela IV-10 lista os valores experimentais de N_t a diversas temperaturas, para os ensaios com mangas não-embaladas. Valores de N_r para mangas armazenadas a 7 e 25°C (ensaios preliminares) não foram determinados experimentalmente e seus

valores foram estimados como $0,03.N_p$ por analogia com o observado nos ensaios definitivos. A tabela apresenta, também, os valores calculados da razão entre a taxa de transpiração e o DPV.

TABELA IV-10 - Valores das Taxas de Perda de Peso (N_p), Taxa de Perda de Peso Líquido Devido à Respiração (N_r), Taxa de Transpiração (N_t) e Razão entre Taxa de Transpiração e o Déficit de Pressão de Vapor (N_t/DPV), para Mangas cv Keitt Não-Embaladas.

TEMPERATURA (°C)	N_p (g/kg.dia)	N_r (g/kg.dia)	N_t (g/kg.dia)	N_t/DPV (g/kg.dia.kPa)
7	4,062	-	3,940*	26,267
12	5,548	0,137	5,411	18,659
17	7,552	0,220	7,332	14,664
22	10,205	0,336	9,869	12,035
25	10,916	-	10,589*	10,805

*Estimado, supondo $N_r = 0,03.N_p$

Analisando-se a Tabela IV-10, pode-se observar que, embora a taxa de transpiração realmente aumente para temperaturas maiores e umidades relativas menores de armazenagem, a razão entre a taxa e o déficit de pressão de vapor diminui com o aumento da temperatura.

A Figura IV-7 apresenta o comportamento da taxa de transpiração em função do valor médio do déficit de pressão de vapor obtidos nos ensaios, e também os valores mínimos e máximos do DPV, para cada taxa de transpiração. Esta variação do DPV foi devida ao sistema de controle de temperatura e simulação de carga térmica instalada no interior da câmara frigorífica, que acionava um banco de resistências elétricas conforme a temperatura ficava inferior ao "set point", ocasionando alteração na umidade relativa no interior da câmara.

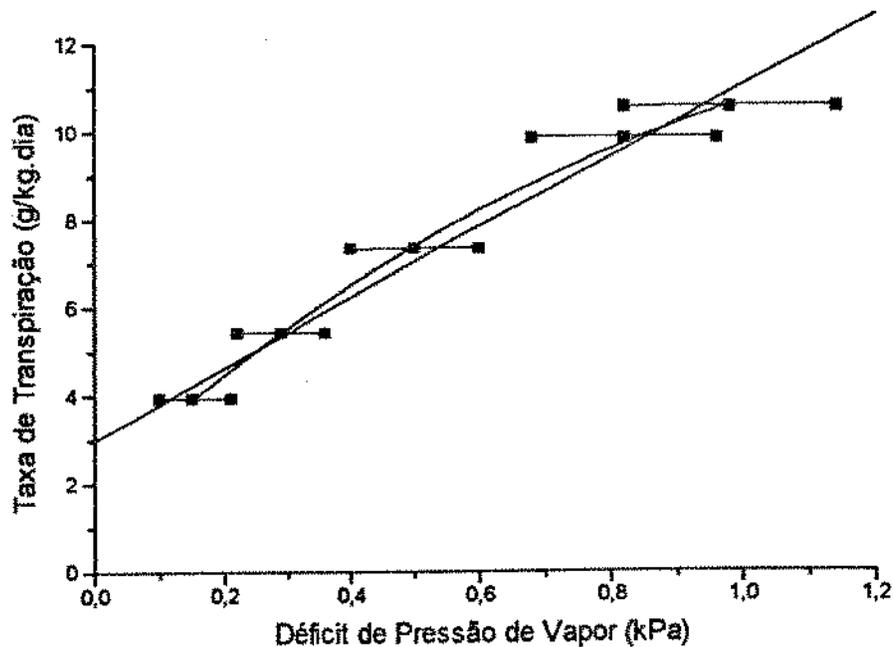


FIGURA IV-7 - Variação da Taxa de Transpiração de Mangas cv. Keitt sem Embalagem em Função do Déficit de Pressão de Vapor

Os pontos experimentais da Figura IV-7 confirmam a análise de SASTRY et alii (1978), de um comportamento não-linear entre a perda de peso por transpiração e o DPV, apresentando entretanto um considerável desvio para DPV=0.

Na faixa de DPV estudada, entretanto, é possível assumir uma relação linear, obtendo-se a seguinte reta de ajuste, com correlação ($r^2 = 0,99$) significativa ao nível de 0,05%.

$$N_t = 3,00 + 8,08 \text{ DPV} \quad (\text{g/kg.dia}) \quad (\text{IV-7})$$

onde o DPV na correlação acima é expresso em kPa.

As medidas de perda de peso foram feitas com boa precisão, podendo ter ocorrido, entretanto, um erro constante no cálculo de DPV, pelos motivos enumerados no Capítulo II. Assim sendo, é possível considerar o coeficiente angular da reta como um valor representativo do coeficiente de transpiração (k_t). Neste caso:

$$k_t = 8,08 \text{ g/kg.dia.kPa}$$

A fim de poder comparar k_t das mangas sem embalagem com parâmetros de permeabilidade da casca e de convecção de massa, no exterior da embalagem, transformou-se a massa de uma manga média (397 g) em área superficial (m^2), utilizando-se a correlação apresentada no item B.1. A razão entre área e massa foi introduzida em k_t , obtendo-se:

$$k_t = 121,16 \text{ g/m}^2.\text{dia.kPa}$$

B.2.4 - Permeabilidade da Casca ao Vapor de Água

A permeabilidade da casca ao vapor de água ($\Pi_V \text{ casca/l}$) pode ser estimada, descontando-se a influência da convecção externa sobre o valor de k_t calculado acima. Assumindo que a manga é uma esfera com mesma área específica, obtém-se, usando $\rho = 1.030 \text{ kg/m}^3$, um diâmetro efetivo, $d_{ef} = 8,73.10^{-2} \text{ m}$.

Para esferas, a correlação para o coeficiente de transferência de massa é dado por Ranz e Marshall (CUSLER, 1984):

$$Sh = k_G \cdot d \cdot R \cdot T / D_V \cdot PM = 2,0 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Sc^{0,33} \quad (IV-8)$$

Sh = número de Sherwood

Re = número de Reynolds = $d \cdot v / \nu$

Sc = número de Schmidt = ν / D_V

k_G = coeficiente de transferência de massa ($\text{g/m}^2.\text{dia.kPa}$)

d = diâmetro da esfera (m)

PM = peso molecular do vapor de água = 18 g/g-mol

R = constante universal dos gases = $8,3144.10^{-3} \text{ kPa.m}^3/\text{g-mol.K}$

T = temperatura (K)

D_V = difusividade do vapor de água em ar (m^2/dia)

v = velocidade do ar (m/s)

ν = viscosidade cinemática (m^2/dia)

Para o cálculo da difusividade do vapor de água no ar, utilizou-se a seguinte relação (HARPOLE, 1981):

$$D_v = 1,732 \cdot 10^{-9} \cdot T^{1,685} (101,325/P) \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (\text{IV-9})$$

onde T é expresso em K e deve ser $\leq 400\text{K}$ e P é a pressão ambiente, em kPa.

Para temperatura média dos ensaios de 17°C e pressão barométrica de 94 kPa, a difusividade calculada foi de $D_v = 2,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e o número de Schmidt é 0,61. Para calcular o número de Re, determinou-se a velocidade do ar em torno da fruta com um anemômetro de fio quente, achando-se um valor médio de 0,34 m/s. O número de Reynolds calculado foi 1.992, obtendo-se na relação acima $Sh = 24,71$. Desta maneira, o valor de k_G estimado é:

$$k_G = 4.911 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{kPa}$$

Este valor é consideravelmente maior do que o coeficiente global, k_t , confirmando que o processo é controlado pela permeabilidade da casca.

Utilizando-se o conceito de somatório de resistências:

$$1/k_t = l/\Pi_v \text{ casca} + 1/k_G \quad (\text{IV-10})$$

encontra-se para a permeabilidade da casca ao vapor de água :

$$\Pi_v \text{ casca}/l = 124,22 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{kPa}$$

Comparando-se com os valores indicados no Capítulo III, deduz-se que a permeabilidade média ao vapor de água da casca da manga é da ordem de 600 vezes maior que a dos filmes D-955 e PEBD a 25°C .

B.2.5 - Perda de Peso de Mangas Embaladas

As determinações das perdas de peso no produto embalado foram menos precisas em relação ao não embalado, pois as variações de massa envolvidas eram de uma ordem de grandeza menor. Além disso, efeitos de temperatura e da concentração de vapor de água sobre a permeabilidade do filme devem ter sido mais pronunciadas e a respiração deve ter exercido maior influência sobre o processo. A perda de umidade (transpiração) de mangas embaladas com filmes PEBD e D-955 pode ser estimada pela equação:

$$m.N_t = [DPV.A] / [(l/\Pi_v \text{ casca}) + (l/\Pi_v \text{ emb}) + (1/k_G)] \quad (IV-11)$$

onde $(\Pi_v \text{ emb}/l)$ é a permeabilidade dos filmes poliméricos utilizados e m é a massa da manga. A área a ser considerada na embalagem com D-955 é a área externa da fruta, pois o filme manteve sua aderência à casca. O filme de PEBD entretanto, não se comportou de forma homogênea, pois em alguns casos a aderência obtida no empacotamento a vácuo foi mantida, mas na maioria das amostras houve ligeira expansão do volume interno, suficiente para permitir uma acomodação dos gases, e sua permeação através de toda a superfície da embalagem (A_{PEBD}). Nesse caso, a equação a ser utilizada deve ter sua área corrigida da seguinte forma:

$$m.N_t = [DPV] / [(l/A.\Pi_v \text{ casca}) + (l/\Pi_v \text{ emb} + 1/k_G).(1/A_{PEBD})] \quad (IV-12)$$

Usando valores de DPV observados na armazenagem a 22°C e a permeabilidade dos filmes a 25°C, que é um valor conservativo, pois ela tende a diminuir com o abaixamento da temperatura, obtiveram-se valores extremamente baixos de perda de umidade quando comparados com a taxa de perda de peso total, mesmo na embalagem de PEBD, considerando toda a área externa do invólucro. Os valores lançados na Tabela IV-11, indicam que a transpiração seria responsável por menos do que 3% da taxa de perda de peso. Desta maneira, dentro dos limites de precisão das medidas, e mesmo levando em conta as simplificações assumidas, pode-se inferir que a respiração é responsável pela perda de peso nas mangas embaladas.

TABELA IV-11 - Taxas de Perda de Peso (N_p) Experimentais e Taxas de Transpiração (N_t) Calculadas de Mangas cv. Keitt Embaladas com Filme D-955 e PEBD, na Armazenagem a 22°C*.

EMBALAGEM	N_p exp (g/kg.dia)	N_t calc** (g/kg.dia)	N_t calc*** (g/kg.dia)
D-955	1,070	0,012	-
PEBD	0,634	0,010	0,018

* Calculado com a permeabilidade a 25°C

** Área disponível igual à área externa do fruto

*** Área disponível igual à área externa da embalagem

Uma sinalização para o comportamento da respiração no processo metabólico da manga embalada pode ser obtido procurando-se ajustar a perda de peso com o déficit de O_2 . Um balanço de massa considerando a reação química da hidrólise de glicose conduz a:

$$N_p = N_r = N_{CO_2} - N_{O_2} = (1 - 32/44.QR).N_{CO_2} \quad (IV-13)$$

A Tabela IV-12 apresenta estimativas calculadas do quociente respiratório necessárias para contabilizar a perda de peso em termos da expiração de CO_2 . Os dados de N_{CO_2} correspondem aos valores médios experimentais, após estabilização do processo.

Os valores de QR calculados são excessivamente altos, quando comparados com indicativos da literatura. É possível que tenham levado em conta algumas perdas de vapor de água através de vazamentos em imperfeições da embalagem ou na selagem. Essa deve ser a causa da discrepância dos dados do D-955 a 22°C.

Os cálculos, apesar de baseados em uma série de suposições simplificadoras, dão indícios do desenvolvimento de um processo fermentativo anaeróbico ($QR > 1,0$), intensificado à medida que se aumenta a temperatura de armazenagem. Esse comportamento do produto embalado havia sido detectado anteriormente nas avaliações sensoriais das mangas embaladas com PEBD (ver Seção B.3).

TABELA IV-12 - Taxas de Perda de Peso (N_p) e Taxas de Respiração (N_{CO_2}) Experimentais e Quocientes Respiratórios (QR) Calculados de Mangas cv. Keitt Embaladas com Filme PEBD e D-955, Armazenados a 12, 17 e 22°C.

EMBALAGEM	TEMP. (°C)	N_p (g/kg.dia)	N_{CO_2} (g/kg.dia)	QR
PEBD	12	0,334	0,502	2,17
	17	0,355	0,566	1,95
	22	0,634	0,697	8,05
D-955	12	0,409	0,385	5,83
	17	0,472	0,520	7,88
	22	1,070	0,706	-

B.3 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS MANGAS EMBALADAS COM FILMES PLÁSTICOS FLEXÍVEIS

B.3.1 - Armazenagem a 22°C

As mangas mantidas a 22°C sob umidade relativa entre 65-75% levaram de 7 a 10 dias para atingirem o amadurecimento e esta diferença de tempo foi devida à presença e ao tipo de embalagem utilizada. Foi feita uma análise de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação sensorial de aceitação e os resultados obtidos estão na Tabela IV-13.

Pelos resultados apresentados na Tabela IV-13, pode-se verificar que, em relação a aceitação do sabor, textura e outras sensações bucais, as mangas que amadureceram sem embalagem, obtiveram uma nota média significativamente superior à das que amadureceram com embalagem.

TABELA IV-13 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 22°C (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO	NOTA MÉDIA	
	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	7,27 a	8,41 a
D-955	5,60 b	8,54 a
PEBD	5,58 b	8,36 a

a,b Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

Estes resultados foram semelhantes aos obtidos nos ensaios preliminares, inclusive com os mesmos comentários citados pelos provadores quanto à falta de doçura, textura alterada e sabor não-característico das mangas embaladas. Entre as embaladas, não houve diferença significativa em relação ao sabor. Apesar do filme D-955 ser mais permeável ao O₂ e ao CO₂ que o PEBD, ambos causaram distúrbios fisiológicos na manga, que desenvolveu as características organolépticas citadas pelos provadores. Além disso as mangas embaladas tiveram notas médias inferiores a 6, nota de corte para determinação da vida de prateleira do produto.

Em relação à análise de aceitação das mangas com relação à aparência, não houve diferença significativa entre os tratamentos, portanto a utilização de embalagem não aumentou nem diminuiu a aceitação do produto pela sua aparência.

Estes resultados estão de acordo com o trabalho de MILLER et alii (1986), que armazenaram mangas maduras cv. Tommy Atkins a 21°C, embaladas com filme D-955, até elas amadurecerem. As frutas embaladas desenvolveram sabor não-característico, apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas, ao nível de 5%, entre cor e firmeza da polpa, cor da casca e teor de sólidos solúveis.

Na Tabela IV-14 estão as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas com as mangas utilizadas na análise sensorial e do tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-14 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 22°C.

Embalagem	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac. Tit. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	1038	4,1	14,65	0,19	86,54	19,31	7
D-955	1042	3,7	12,54	0,34	37,55	29,95	9
PEBD	1043	3,5	11,91	0,37	33,43	32,05	10

Pela Tabela IV-14 pode-se verificar que as mangas controle apresentaram acidez titulável menor e relação Brix/acidez e pH maiores que as mangas embaladas, justificando a sua maior aceitação, em termos sensoriais. O seu teor de vitamina C, entretanto, foi inferior, indicando que a embalagem reduziu as perdas desta vitamina durante o período de amadurecimento. Estas diferenças nos teores de acidez titulável e ácido ascórbico estão associadas a diferenças no metabolismo de ácidos das mangas com e sem embalagem. A embalagem também retardou o período de amadurecimento. Os valores de densidade indicam que as mangas atingiram estádios de maturação semelhantes.

B.3.2 - Armazenagem Frigorificada por 7 Dias

Após 7 dias armazenadas a 12 e 17°C, todas as mangas exigiram 10 dias para amadurecer, sem embalagem, à temperatura de 22°C. Foi feita uma análise de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação sensorial de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-15.

Observando-se a Tabela IV-15, conclui-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à aceitação das mesmas em função do sabor, textura e demais sensações bucais. Não houve comentários dos provadores em relação a presença de sabor não-característico nas mangas embaladas e todas as notas médias foram superiores a 6. Em relação à aparência, apenas as mangas sem embalagem, armazenadas a 17°C obtiveram nota média significativamente inferior às embaladas ($p \leq 0,05$), mas ainda assim superior a 6.

TABELA IV-15 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO		NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	TEMP. (°C)	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	12	6,53 a	6,76 a,b
D-955	12	6,88 a	8,03 a
PEBD	12	6,40 a	7,89 a
CONTROLE	17	6,51 a	6,05 b
D-955	17	6,48 a	7,96 a
PEBD	17	6,66 a	7,71 a

a,b Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

Após 7 dias, a perda de peso das mangas sem embalagem já começa a afetar a sua aparência, pois há um início de enrugamento e perda de brilho da casca. Na Tabela IV-16 estão os valores das análises físico-químicas realizadas nas mangas utilizadas na análise sensorial e do tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-16 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias.

Embalagem	Temp. (°C)	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac.Tit. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	12	1043	4,1	14,30	0,15	96,32	19,56	10
D-955	12	1027	5,0	13,63	0,10	140,27	27,24	10
PEBD	12	1056	4,4	14,50	0,15	107,56	21,23	10
CONTROLE	17	1046	4,2	14,14	0,17	93,67	18,21	10
D-955	17	1036	4,5	14,23	0,11	126,62	21,40	10
PEBD	17	1013	4,8	12,37	0,13	94,53	20,81	10

A relação Brix/acidez das mangas embaladas com filme D-955 foi superior às das mangas com PEBD e controle, tanto a 12 como a 17°C. Esta diferença, entretanto, não se refletiu nas notas sensoriais de aceitação das mesmas em função do sabor, textura e demais sensações bucais. As mangas embaladas com D-955 a 12°C apresentaram um teor de vitamina C, em média, 35% maior que as restantes e o tempo de amadurecimento foi igual em todos os tratamentos, pois o período de armazenagem foi pequeno, estando todas as mangas em estádios de maturação semelhantes no fim da armazenagem. As mangas apresentaram densidades bastante diferentes, apesar de estarem, pelos resultados de análise sensorial e relação Brix/acidez, maduras.

B.3.3 - Armazenagem Frigorificada por 14 Dias

Após 14 dias armazenadas a 12 e 17°C, as mangas levaram de 3 a 10 dias para amadurecer, sem embalagem, à temperatura de 22°C. Foi feita uma análise de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-17.

TABELA IV-17 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 14 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO		NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	TEMP. (°C)	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	12	6,13 a	2,36 c
D-955	12	6,62 a	7,33 a
PEBD	12	5,92 a	6,28 a,b
CONTROLE	17	6,16 a	2,41 c
D-955	17	6,31 a	6,76 a
PEBD	17	5,20 a	5,35 b

a,b Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

Em relação à aceitação das mangas em função do sabor, textura e demais sensações bucais, não houve diferença significativa entre os tratamentos. As mangas com embalagem de PEBD obtiveram, entretanto, notas médias inferiores a 6, mas nenhum provador detectou qualquer tipo de sabor não-característico.

Quanto à aceitação com relação à aparência, as mangas sem embalagem obtiveram as piores médias, pois tiveram uma perda de peso acentuada, estando com aspecto murcho e sem brilho. As mangas embaladas com PEBD e armazenadas a 17°C obtiveram nota média inferior a 6 e não diferiram significativamente das armazenadas a 12°C mas diferiram das embaladas com D-955, que obtiveram as melhores médias.

Na Tabela IV-18 estão as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas nas mangas utilizadas na análise sensorial e do tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-18 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 14 Dias.

Embalagem	Temp. (°C)	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac.Tit. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	12	1022	4,5	13,41	0,17	80,73	25,52	7
D-955	12	1036	4,6	14,05	0,19	75,07	16,31	10
PEBD	12	1034	4,4	12,65	0,23	55,35	20,01	10
CONTROLE	17	1044	4,5	14,77	0,13	110,77	20,21	3
D-955	17	1041	4,3	12,04	0,17	80,23	24,78	7
PEBD	17	1024	4,2	13,34	0,16	83,23	18,82	7

As mangas do tratamento controle, armazenadas a 17°C, apresentaram relação Brix/acidez bem superior a dos outros tratamentos. Esta diferença, entretanto, não se refletiu nas notas sensoriais de aceitação em função do sabor, textura e demais sensações bucais. O tempo de amadurecimento das mangas embaladas foi maior que para o controle, que estava em estágio de maturação mais avançado. Quanto à

vitamina C, as mangas sem embalagem armazenada a 12°C, diferentemente do que ocorreu nos períodos de armazenagem anteriores, apresentaram teores maiores que as mangas embaladas.

B.3.4 - Armazenagem Frigorificada por 21 Dias

Após 21 dias armazenadas a 12 e 17°C, as mangas levaram de 7 a 10 dias para amadurecer, sem embalagem, à temperatura de 22°C. Foi feita uma análise de variância e Teste de Tukey de médias com as notas das avaliações sensoriais de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-19.

TABELA VI-19 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 21 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO		NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	TEMP. (°C)	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	12	5,44 a,b	2,23 c
D-955	12	6,51 a	6,88 a
PEBD	12	5,52 a,b	6,16 a,b
CONTROLE	17	i.c.	1,92 c
D-955	17	5,92 a,b	6,24 a,b
PEBD	17	4,79 b	5,06 b

i.c. = impróprio para consumo

a,b,c Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

De acordo com a avaliação de aceitação das mangas em função do sabor, textura e demais sensações bucais, após 21 dias de armazenagem, somente as mangas embaladas com D-955 e armazenadas a 12°C obtiveram média superior a 6 e diferiram significativamente das embaladas com PEBD a 17°C.

As mangas do tratamento controle armazenadas a 17°C não foram avaliadas, pois devido ao excesso de perda de peso elas deterioraram antes de atingir o amadurecimento. Alguns provadores detectaram sabor não-característico nas mangas embaladas com PEBD a 17°C.

Em relação à aparência, novamente as mangas sem embalagem obtiveram notas significativamente piores que as embaladas, estando bastante murchas. Dentre as embaladas, as com PEBD a 17°C obtiveram nota média inferior a 6 e diferiram ao nível de 5% das mangas com filme D-955 armazenadas a 12°C, que obtiveram a melhor nota média.

A Tabela IV-20 apresenta as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas com mangas utilizadas na análise sensorial e o tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-20 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 21 Dias.

Embalagem	Temp. (°C)	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac. Tit. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	12	1042	4,2	12,73	0,29	49,28	25,86	7
D-955	12	1045	4,6	13,33	0,11	130,20	23,67	10
PEBD	12	1021	4,6	12,65	0,18	68,42	20,01	10
CONTROLE	17	-	-	-	-	-	-	-
D-955	17	1032	4,8	12,27	0,15	89,93	17,49	7
PEBD	17	1032	4,2	11,77	0,33	36,82	24,41	7

A relação Brix/acidez das mangas embaladas com filme D-955 foi bem superior às das mangas com PEBD e controle, tanto a 12 como a 17°C, e esta diferença se refletiu nas notas sensoriais de aceitação em relação ao sabor, textura e demais sensações bucais. Não houve uma diferença acentuada nos teores de vitamina C, com exceção das mangas embaladas com filme D-955 a 17°C, que apresentaram um teor 34% menor que as médias dos outros tratamentos. O tempo de amadurecimento a 22°C,

das mangas embaladas a 12°C, foi, novamente, maior que o do controle, que estava em estágio de maturação mais avançado.

B.3.5 - Armazenagem Frigorificada por 28 Dias

Após 28 dias armazenadas, as frutas dos tratamentos a 12 e 17°C levaram de 3 a 4 dias para amadurecer, sem embalagem, à temperatura de 22°C. Foram feitas análises de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação sensorial de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-21.

TABELA IV-21 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 28 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO		NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	TEMP. (°C)	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	12	i.c.	1,09 c
D-955	12	6,24 a	6,12 a
PEBD	12	5,48 a	5,48 a
CONTROLE	17	i.c.	i.c.
D-955	17	5,46 a	2,93 b
PEBD	17	i.c.	4,98 a

i.c. = impróprio para consumo

a,b,c Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

De acordo com a Tabela IV-21, as mangas controle não foram analisadas em relação à aceitação em função do sabor pelos mesmos motivos apresentados no item anterior. As mangas embaladas com PEBD e armazenadas a 17°C também não foram avaliadas pois desenvolveram sabor não-característico bastante acentuado. Não foi detectada diferença ao nível de 5% entre os tratamentos restantes. Somente as

mangas embaladas com D-955 e armazenadas a 12°C, entretanto, obtiveram nota média superior a 6. Alguns provadores detectaram sabor não característico em mangas embaladas com D-955 a 17°C e PEBD a 12°C.

A análise sensorial de aparência não incluiu a manga controle armazenada a 17°C pois com 21 dias ela já estava imprópria para consumo. Apenas as mangas embaladas com D-955 a 12°C obtiveram média superior a 6 e a armazenada a 17°C diferiu significativamente dos outros tratamentos.

Na Tabela IV-22 estão as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas nas mangas utilizadas na análise sensorial e do tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-22 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 28 Dias.

Embalagem	Temp. (°C)	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac.Tit. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	12	-	-	-	-	-	-	-
D-955	12	1036	5,0	13,80	0,11	131,07	23,67	4
PEBD	12	1026	4,2	12,21	0,32	42,49	19,51	4
CONTROLE	17	-	-	-	-	-	-	-
D-955	17	1038	4,6	12,22	0,21	81,45	18,58	3
PEBD	17	-	-	-	-	-	-	-

A relação Brix/acidez das mangas embaladas com filme D-955 a 12°C foi superior às das mangas com PEBD e esta diferença se refletiu nas notas sensoriais de aceitação em relação ao sabor, textura e demais sensações bucais.

B.3.6 - Armazenagem Frigorificada por 35 Dias

Após 35 dias armazenadas a 12 e 17°C, as mangas levaram de 4 a 6 dias para

amadurecer, sem embalagem, à temperatura de 22°C. Foram feitas análises de variância e Teste de Tukey de médias com as notas da avaliação sensorial de aceitação. Os resultados obtidos estão na Tabela IV-23.

Apenas as mangas embaladas e armazenadas a 12°C foram analisadas após 35 dias. As demais estavam impróprias para o consumo devido ao desenvolvimento de sabor não característico acentuado pelas mangas embaladas e à deterioração das que serviram de controle. Tanto em relação à aceitação em função do sabor quanto à aparência, as mangas embaladas com o filme D-955 obtiveram nota média superior a 6 e diferiram, ao nível de 5%, das com PEBD.

TABELA IV-23 - Valores Médios Resultantes da Avaliação Sensorial de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12 e 17°C por 7 Dias (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo).

TRATAMENTO		NOTA MÉDIA	
EMBALAGEM	TEMP. (°C)	SABOR	APARÊNCIA
CONTROLE	12	i.c.	i.c.
D-955	12	6,08 a	6,12 a
PEBD	12	4,10 b	4,04 b
CONTROLE	17	i.c.	i.c.
D-955	17	i.c.	i.c.
PEBD	17	i.c.	i.c.

i.c = impróprio para consumo

a,b Médias da mesma coluna, com a mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%.

Na Tabela IV-24 estão as médias dos valores das análises físico-químicas realizadas nas mangas utilizadas na análise sensorial e do tempo de amadurecimento a 22°C.

TABELA IV-24 - Valores das Análises Físico-Químicas de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C por 35 Dias.

Embalagem	Temp. (°C)	Dens. (kg/m ³)	pH	Teor S. S. (°Brix)	Ac.Tít. (%)	Relação Brix/Ac.	Teor Vit.C (mg/100g)	Amad. (dias)
CONTROLE	12	-	-	-	-	-	-	-
D-955	12	1021	3,9	12,29	0,23	60,97	20,82	4
PEBD	12	1014	4,0	10,05	0,28	43,17	21,02	4

B.3.7 - Avaliação Geral dos Resultados

De uma forma geral, as mangas embaladas obtiveram notas médias, em relação à análise sensorial de aceitação de sabor e demais sensações bucais, melhores que as sem embalagem, sem entretanto terem apresentado diferenças significativas ao nível de 5%. As mangas embaladas com PEBD desenvolveram sabor não-característico após 21 dias a 17°C e 28 dias a 12°C, o mesmo ocorrendo com as embaladas com D-955 após 28 dias a 17°C, mas, nesse período, as mangas controle já estavam impróprias para o consumo e não puderam ser comparadas. Quanto às análises de aparência, as mangas embaladas tiveram desempenho bem superior às do controle, sendo encontradas diferenças significativas a partir do 7º dia de armazenagem.

Dentre as embalagens, o filme D-955 se mostrou mais apropriado que o PEBD, pois as mangas obtiveram notas de sabor significativamente mais altas a partir do 21º de armazenagem e de aparência a partir do 14º dia.

As notas sensoriais das mangas armazenadas a 12°C foram superiores às das armazenadas a 17°C. Não houve, a 12°C, desenvolvimento de sabor não-característico nas embaladas com D-955, sendo esta temperatura, dentre as testadas, a mais adequada para conservação das mangas utilizadas no ensaio.

A utilização da embalagem juntamente com pré-tratamento fitossanitário melhorou a qualidade das mangas em relação às avaliações de aparência realizadas nos ensaios preliminares, quando não foi feito nenhum tratamento. Houve, entretanto, nos ensaios definitivos, problemas com antracnose. O emprego de tratamento a quente, utilizando-se água ou vapor, poderia, provavelmente, aumentar a vida útil do produto.

B.3.8 - Estimativa da Vida de Prateleira das Mangas

A estimativa da vida de prateleira das mangas em função da avaliação sensorial de aceitação foi feita de acordo com a descrição no Capítulo Materiais e Métodos. Na Figura IV-8 foram graficadas as notas médias de aceitação com relação ao sabor, textura e demais sensações bucais em função do tempo de armazenagem a 12 e 17°C, para os 2 tipos de embalagem e o controle.

Pode-se constatar que houve uma correlação linear ($p \leq 0,13$) das notas sensoriais de sabor em função do tempo, para temperaturas de armazenagem de 12 e 17°C. Através de regressão linear foram obtidos os dados da taxa de variação da nota sensorial de sabor, vida de prateleira calculada para nota de corte igual a 6, coeficiente de determinação e nível de significância das correlações. Estes resultados se encontram na Tabela IV-25.

TABELA IV-25 - Taxa de Variação da Nota Sensorial de Sabor (N_s), Vida de Prateleira Estimada (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.

Embalagem	Temp. (°C)	U.R. (%)	$N_s \times 100$ (1/dia)	VP (dia)	r^2	p (%)
CONTROLE	12	75-85	-8,41	14,6	0,99	0,59
D-955	12	75-85	-3,26	35,9	0,97	0,03
PEBD	12	75-85	-7,76	14,7	0,92	0,23
CONTROLE	17	70-80	-7,93	15,2	0,96	13,37
D-955	17	70-80	-5,97	18,8	0,96	0,36
PEBD	17	70-80	-12,71	10,3	0,95	2,32

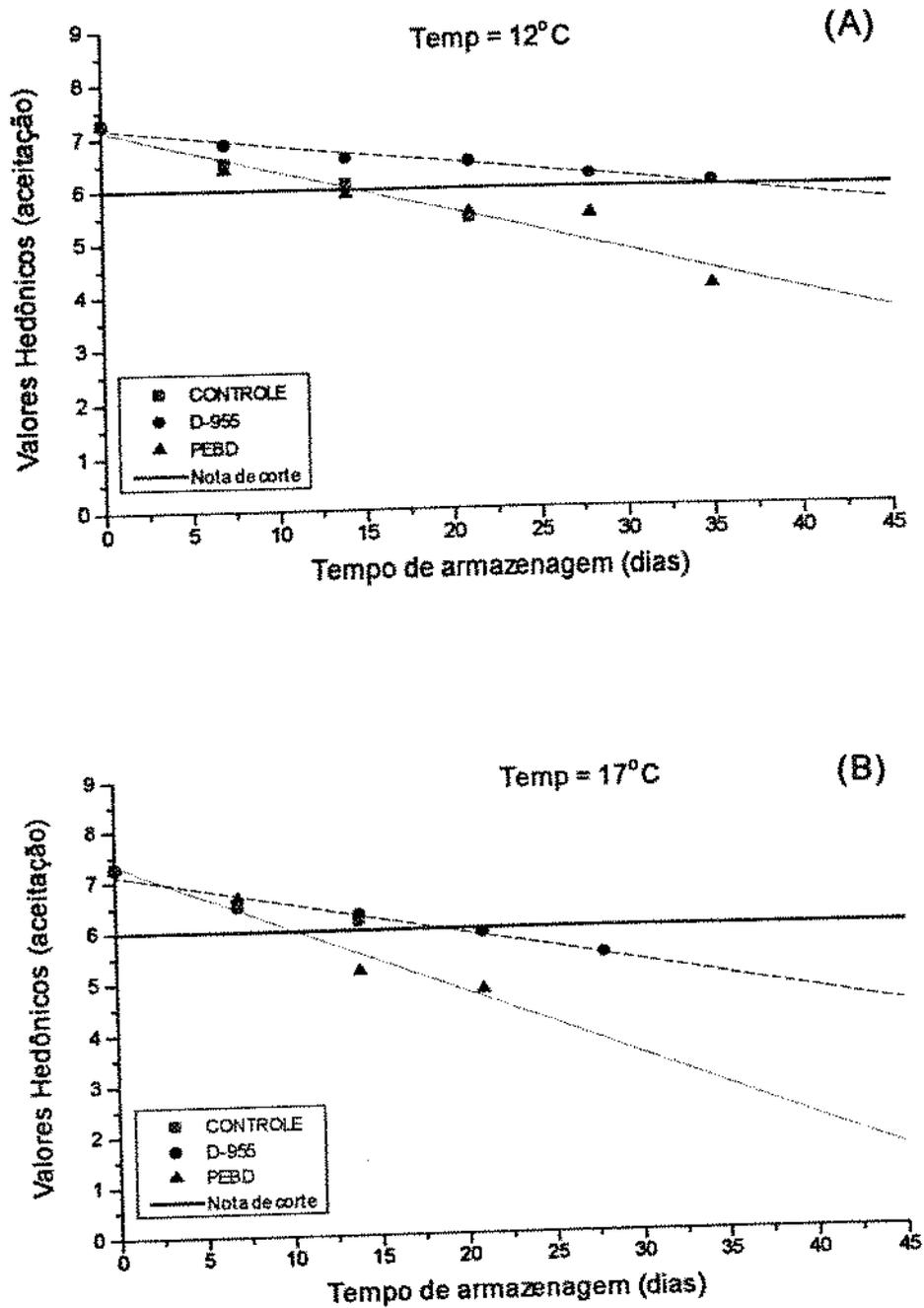


FIGURA IV-8 - Valores Médios Resultantes do Teste de Aceitação com Relação ao Sabor, Textura e demais Sensações Bucais (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A) e 17°C (B).

Na Tabela IV-25 verifica-se que, para a temperatura de armazenagem de 12°C, a vida de prateleira das mangas embaladas com o filme D-955 foi de 35,9 dias, que é cerca de 2,5 vezes maior que as com PEBD e as do controle. As mangas embaladas com D-955 e armazenadas a 17°C tiveram, novamente, uma vida de prateleira maior que as dos outros 2 tratamentos, mas a diferença foi menor em relação à armazenagem a 12°C. As embaladas com PEBD tiveram a menor vida de prateleira (10,3 dias) devido ao desenvolvimento de sabor não-característico durante o período de armazenagem, como já foi comentado.

Na Figura IV-9 observam-se as notas médias de aceitação com relação à aparência em função do tempo de armazenagem a 12 e 17°C, para os 2 tipos de embalagem e o controle. Foi constatada, novamente, uma correlação linear ($p < 0,04$) das notas sensoriais de aceitação em relação à aparência, em função do tempo de armazenagem.

A Tabela IV-26 contém os dados de taxa de variação da nota de aceitação de aparência, da vida de prateleira estimada, do coeficiente de determinação e do nível de significância das correlações obtidas através de regressão linear.

TABELA IV-26 - Taxa de Variação da Nota Sensorial de Aparência (N_a), Vida de Prateleira (VP), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.

Embalagem	Temp. (°C)	U.R. (%)	$N_a \times 100$ (1/dia)	VP (dia)	r^2	p (%)
CONTROLE	12	75-85	-27,26	7,2	0,89	1,53
D-955	12	75-85	-7,46	33,2	0,97	0,04
PEBD	12	75-85	-11,82	20,6	0,95	0,08
CONTROLE	17	70-80	-33,01	6,5	0,94	3,30
D-955	17	70-80	-18,49	16,6	0,87	1,99
PEBD	17	70-80	-13,44	16,2	0,85	2,58

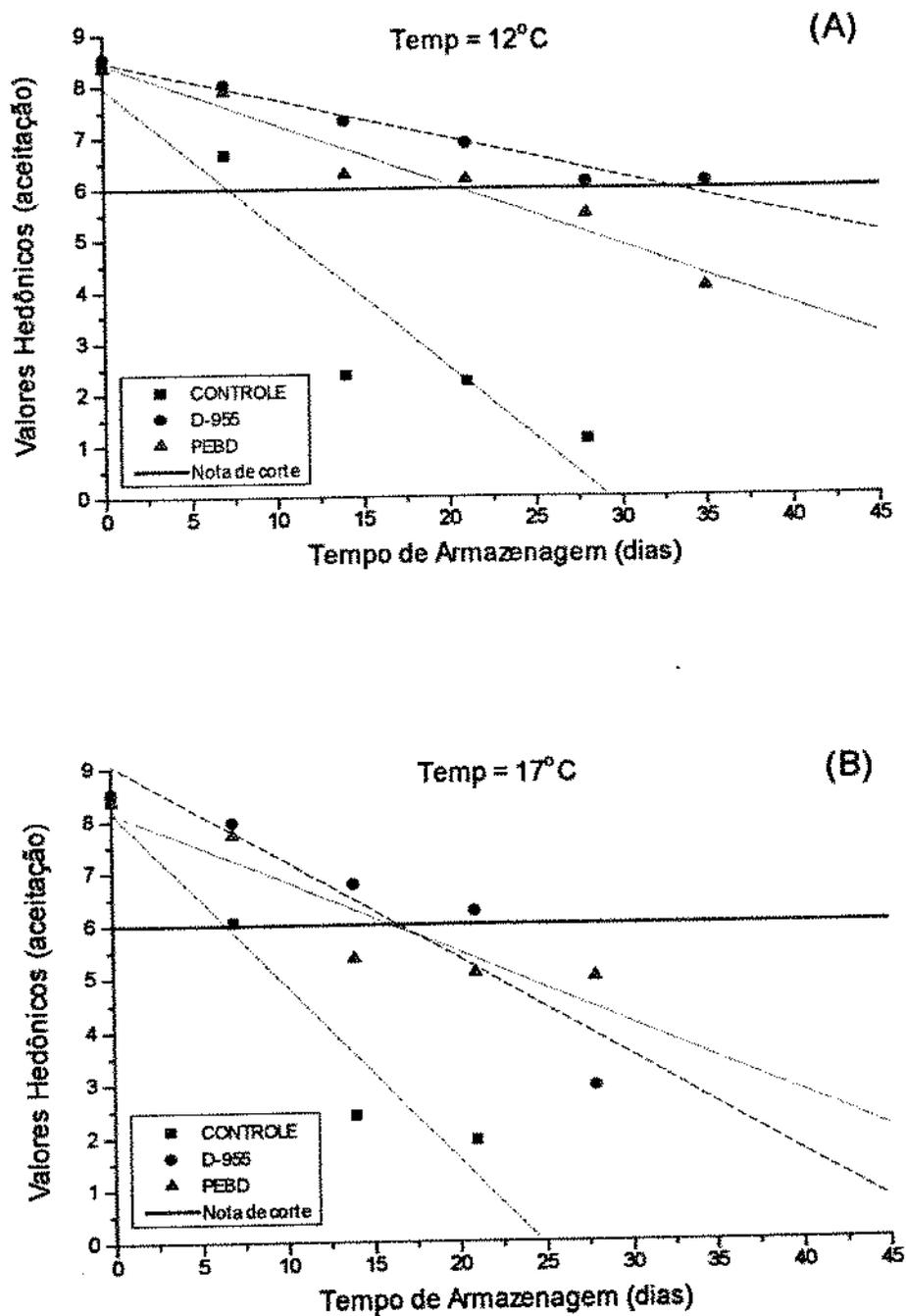


FIGURA IV-9 - Valores Médios Resultantes do Teste de Aceitação com Relação à Aparência (0 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo) de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A) e 17°C (B).

Pode-se verificar na Tabela IV-26 que à temperatura de armazenagem de 12°C a vida de prateleira das mangas embaladas com D-955 foi cerca de 4,6 vezes maior que o controle e 1,6 vezes maior que as embaladas com PEBD. Na armazenagem a 17°C a diferença entre as vidas de prateleira das mangas embaladas com D-955 e PEBD não foi significativa (16,6 e 16,2 dias, respectivamente), entretanto a taxa de variação da nota de aceitação das embaladas com D-955 foi cerca de 1,4 vezes maior, em módulo, que as com PEBD, ou seja, houve um decréscimo maior da nota com o tempo.

Comparando-se as vidas de prateleira estimadas pelas notas sensoriais de aceitação, verifica-se que, para as mangas sem embalagem e embaladas com D-955, o fim da vida de prateleira foi regido pela aparência e para as com PEBD pelo sabor e demais sensações bucais.

As mangas embaladas com o filme D-955 apresentaram as mais longas vidas de prateleira com 33,2 dias armazenadas a 12°C e 16,6 dias a 17°C, e não houve grande diferença entre as vidas de prateleira calculadas pela avaliação sensorial de aceitação com relação ao sabor e aparência, indicando uma queda homogênea de qualidade.

As mangas sem embalagem tiveram a sua vida de prateleira reduzida, principalmente devido à perda de peso que comprometeu a aparência. A utilização de câmaras frigoríficas com sistema de umidificação provavelmente estenderia a vida de prateleira dessas mangas, que foi de 7,2 dias a 12°C e 6,5 dias a 17°C, mas isto implicaria em custos fixos e operacionais de armazenagem maiores.

A embalagem de PEBD prolongou, de forma satisfatória, a vida de prateleira das mangas em relação à aparência (20,6 dias a 12°C e 16,2 dias a 17°C). Entretanto, ela causou distúrbios fisiológicos ao fruto devida a sua permeabilidade ligeiramente menor ao O₂ e ao CO₂. Estes distúrbios acabaram por alterar o sabor da manga e a vida de prateleira calculada em função deste atributo (14,7 dias a 12°C e 10,3 dias a 17°C) foi menor que em relação à aparência.

B.4 - RETENÇÃO DE VITAMINA C DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

B.4.1 - Teor Inicial de Vitamina C nas Mangas

O teor de vitamina C das mangas determinado no início da armazenagem foi de $43,90 \pm 6,58$ mg vit. C/100g amostra, caracterizando a manga como uma boa fonte desta vitamina. Frutas como laranja, morango e limão contém 50 a 60 mg vit. C/100g (BUSS & ROBERTSON, 1978) e a recomendação de ingestão diária varia de 30 a 45 mg (FENNEMA, 1976).

B.4.1 - Influência da Temperatura e da Embalagem na Retenção de Vitamina C

A porcentagem de retenção de vitamina C nas mangas embaladas com filmes de PEBD, D-955 e sem embalagem, foram graficadas em função do tempo de armazenagem a diversas temperaturas. Os resultados obtidos estão na Figura IV-10.

Comparando-se as curvas de porcentagem de retenção da vitamina C pelo tempo das mangas embaladas com D-955, PEBD e controle, tomando-se como referência uma dada temperatura de armazenagem, pode-se verificar que elas tiveram um comportamento semelhante, havendo queda mais acentuada nos teores de vitamina após os primeiros dias de armazenagem, evidenciando uma cinética de perda de primeira ordem. Comparando os dados de porcentagem de retenção de vitamina C das mangas sem embalagem a 17 e 22°C com os obtidos por VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA (1985) (Tabela II-4), verifica-se que houve uma concordância nos valores obtidos, que foram em torno de 70-80% de retenção após 3 dias de armazenagem.

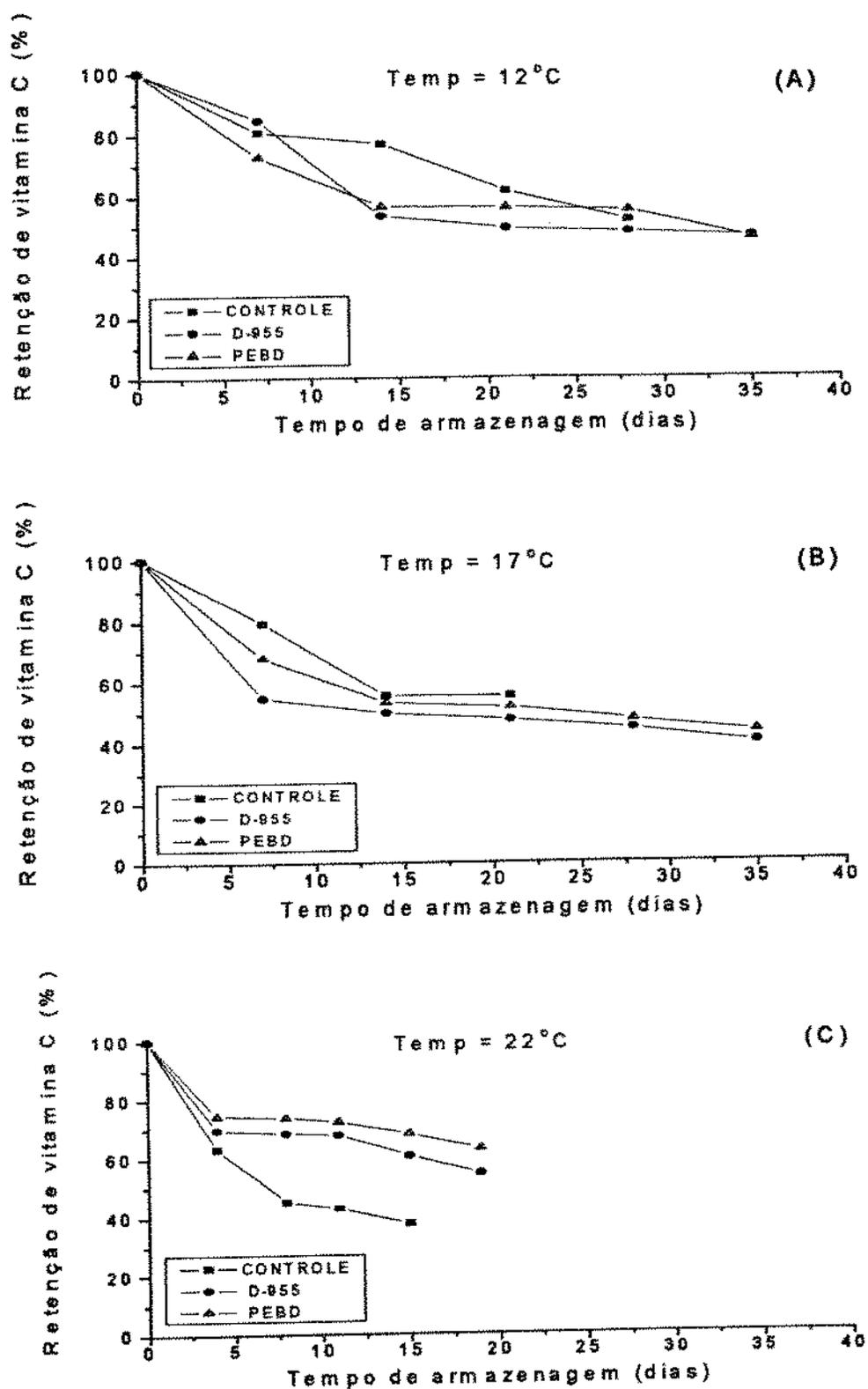


FIGURA IV-10 - Retenção de Vitamina C de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

B.4.3 - Cinética de Degradação de Vitamina C

Foi feita regressão linear com os dados do logaritmo neperiano da concentração de vitamina C pelo tempo de armazenagem e verificou-se que a degradação de vitamina C seguiu uma cinética de primeira ordem (Equação III-2). Os valores de taxa de degradação de vitamina C, tempo de meia-vida, coeficiente de determinação e nível de significância das correlações estão na Tabela IV-27.

TABELA IV-27 - Taxa de Degradação de Vitamina C (N_{VC}), Tempo de Meia-Vida ($t_{1/2}$), Coeficiente de Determinação (r^2) e Nível de Significância das Correlações (p) para Degradação de Vitamina C em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.

Embalagem	Temperatura (°C)	$N_{VC} \times 100$ (1/dia)	$t_{1/2}$ (dia)	r^2	p (%)
CONTROLE	12	-2,27	30,28	0,98	0,17
D-955	12	-2,30	25,78	0,83	1,22
PEBD	12	-1,95	28,66	0,85	0,87
CONTROLE	17	-3,06	21,60	0,90	4,90
D-955	17	-2,14	20,52	0,74	2,70
PEBD	17	-2,61	24,43	0,85	0,85
CONTROLE	22	-6,39	8,81	0,90	1,30
D-955	22	-2,66	21,56	0,83	1,20
PEBD	22	-2,00	29,38	0,79	1,77

Analisando-se a Tabela IV-27, pode-se verificar que as mangas embaladas com filme PEBD armazenadas a 12°C tiveram a menor taxa de degradação de vitamina C e tempo de meia-vida de 29 dias. Já as mangas sem embalagem armazenadas a 22°C obtiveram o menor tempo de meia-vida, que foi de 9 dias. Este comportamento, provavelmente, foi devido à menor disponibilidade de O_2 e conseqüente redução da

atividade metabólica das mangas com a utilização de embalagem.

Através da equação de Arrhenius (equação III-3) foram calculados os valores de energia de ativação para as mangas com e sem embalagem, e os resultados obtidos estão na Tabela IV-28

TABELA IV-28 - Valores de Energia de Ativação e Q_{10} para Cinética de Degradação de Vitamina C em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12, 17 e 22°C.

Embalagem	Faixa de Temperatura (°C)	Energia de ativação (kcal/kg mol)	Q_{10}
CONTROLE	12 - 22	17.237	2,78
D-955	12 - 22	2.400	1,15
PEBD	12 - 22	476	1,03

Observou-se que, na faixa de 12 a 22°C, um aumento de 10°C na temperatura de armazenagem triplica a taxa de degradação de vitamina C das mangas sem embalagem, enquanto que para as mangas embaladas com D-955 e PEBD, há um aumento de, respectivamente, 15 e 3%. Portanto, com a utilização de embalagem, um aumento na temperatura de armazenagem praticamente não alteraria as taxas de perda de vitamina.

Pode-se concluir que a utilização de embalagem reduziu as taxas de degradação de vitamina C durante a armazenagem e esse efeito foi mais pronunciado a temperaturas de armazenamento mais altas. Para mangas não embaladas, a redução da temperatura foi o fator mais importante para diminuir as taxas.

B.5 - TAXA DE RESPIRAÇÃO

As taxas de respiração das mangas embaladas com filmes D-955, PEBD e sem embalagem (controle), armazenadas a 12, 17 e 22°C foram graficadas em função do tempo e os resultados obtidos estão na Figura IV-11.

Pode-se verificar pela Figura IV-11 que para todos os tratamentos, quanto maior a temperatura de armazenagem maior a taxa de respiração, para um determinado tempo, evidenciando assim a influência da temperatura sobre a respiração, inclusive para as mangas embaladas. Este comportamento está de acordo com a literatura consultada (KRISHNAMURTHY & SUBRAMANYAN, 1973; ROCHA, 1976; CHITARRA & CHITARRA, 1990). Uma redução de 10°C na temperatura de armazenagem (de 22 para 12°C), para as mangas embaladas com PEBD, D-955 e controle, diminuiu a taxa de respiração em 40, 46 e 60%, respectivamente.

As mangas armazenadas a 12°C, utilizando as embalagens D-955 e PEBD, apresentaram taxas de respiração médias 21% menores que as do controle. Para temperaturas de armazenagem de 17 e 22°C, estas diferenças foram de, respectivamente, 38 e 43%. Portanto, quanto maior a temperatura, mais efetiva é a atuação dos filmes para redução da taxa de respiração. Entretanto, se essa redução fosse excessiva, poderia causar distúrbios fisiológicos que alterariam o sabor e aparência das mangas, como já foi comprovado pelas análises sensoriais realizadas.

As mangas armazenadas a 12 e 17°C apresentaram aumento da taxa de respiração em função do tempo. Analisando-se o comportamento da taxa e acompanhando a aparência das mangas durante este período, pode-se concluir que a respiração está, provavelmente, numa fase de elevação climatérica.

As taxas de respiração a 22°C tiveram um leve declínio em função do tempo, podendo indicar a fase de pico climatérico e início da senescência, para o caso das mangas referentes ao tratamento controle. Comparando-se esses dados com os obtidos por YAHIA & HERNANDEZ (1993) (Tabela II-2), para o pico climatérico e início da senescência, verificou-se que os valores da taxa de respiração foram bem semelhantes. No caso das mangas embaladas, como houve distúrbios fisiológicos, não foi possível fazer qualquer tipo de afirmação quanto à fase em que elas se encontravam.

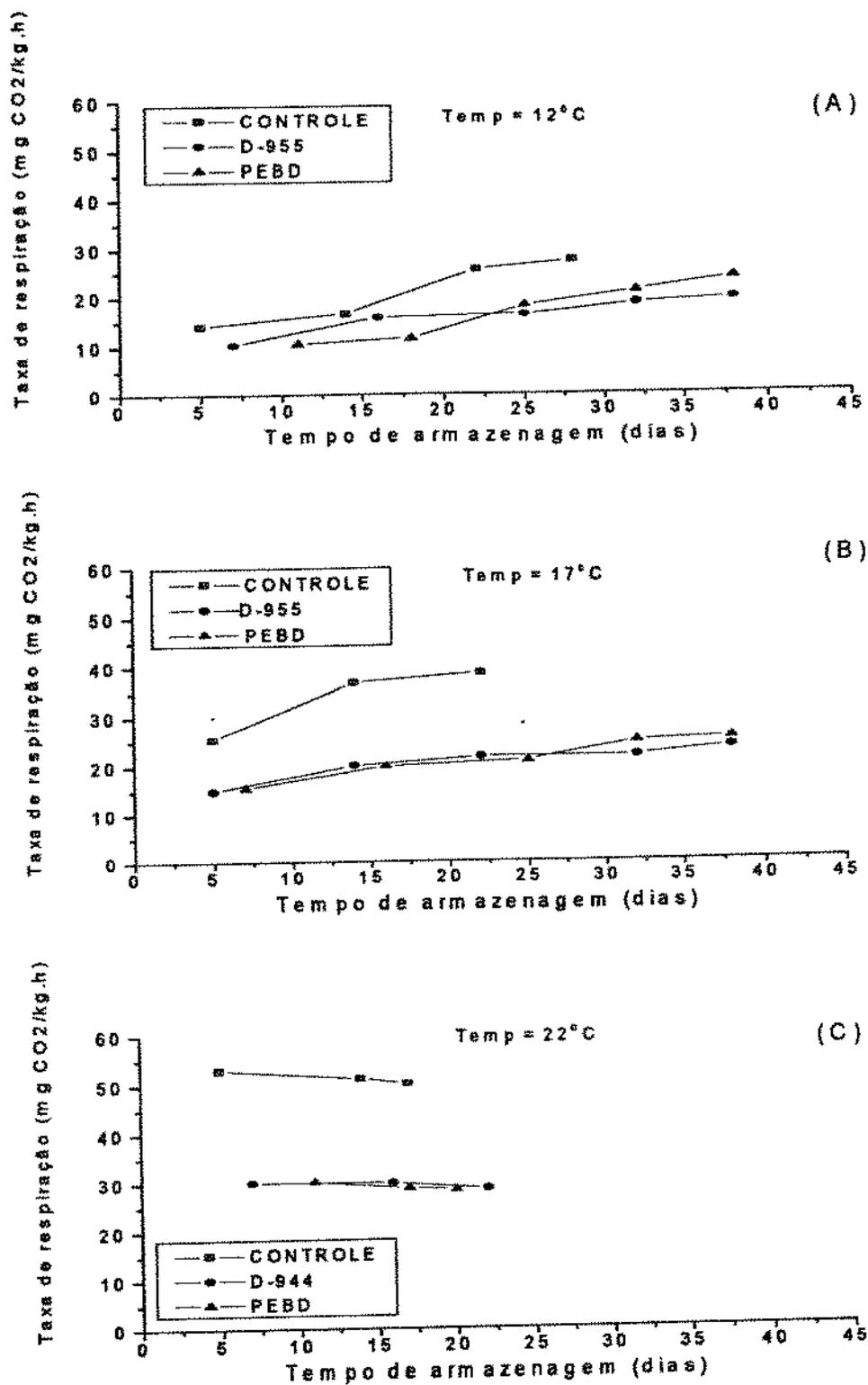


FIGURA IV-11 - Taxa de Respiração em Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

B.6 - COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DAS EMBALAGENS

Foi feito o monitoramento da concentração de O_2 e CO_2 no interior das embalagens D-955 e PEBD, durante o período de armazenagem das mangas a 12, 17 e 22°C. A amostragem para a injeção no cromatógrafo, no caso de mangas embaladas com o D-955, foi dificultada pela perfeita aderência que a película polimérica mantinha em torno de toda a fruta. Apenas amostras retiradas da reentrância peduncular puderam ser utilizadas, e os resultados, apesar de coerentes entre si, podem não representar a situação real da composição entre a casca e a embalagem. A embalagem de PEBD sofreu ligeiro estufamento, que auxiliou na retirada da amostra. Os resultados obtidos foram graficados em função do tempo (Figura IV-12).

Pela Figura IV-12 pode-se verificar que a composição gasosa no interior da embalagem D-955, a 12°C, praticamente não variou ao longo do período de armazenagem, mantendo-se em torno de 0,5 - 1% de CO_2 e 19 - 21% de O_2 . A concentração de gases na embalagem de PEBD, à mesma temperatura, variou de forma acentuada com o tempo, até o 21º dia de armazenagem, quando houve um equilíbrio entre a taxa de respiração e a permeabilidade do filme e as concentrações de CO_2 e O_2 se mantiveram constantes em torno de 12,5 - 13,5% e 3,5 - 3,7%, respectivamente. O filme D-955, devido a sua relativamente alta permeabilidade ao CO_2 e O_2 , permitiu rápido equilíbrio da composição gasosa no interior da embalagem, auxiliada pela baixa taxa de respiração da manga, ainda não madura, a esta temperatura. Já o filme de PEBD tem permeabilidade menor que o D-955 e, portanto, o estabelecimento do equilíbrio foi mais lento.

O perfil das concentrações de CO_2 e O_2 ao longo do tempo, a 17°C, foi semelhante ao da armazenagem a 12°C. No interior da embalagem D-955 as concentrações ficaram em torno de 1 - 2,5% de CO_2 e 17,7 - 18,3% de O_2 durante todo o período de armazenagem.

À temperatura de 22°C, no caso da embalagem D-955, as concentrações de CO_2 e O_2 variaram pouco até o 10º dia, mantendo-se em torno de 0,4 - 1,8% e 18,6 - 19,4%, respectivamente. A partir deste ponto houve uma variação brusca da concentração gasosa, atingindo no 17º dia 8,7% de CO_2 e 10,7% de O_2 .

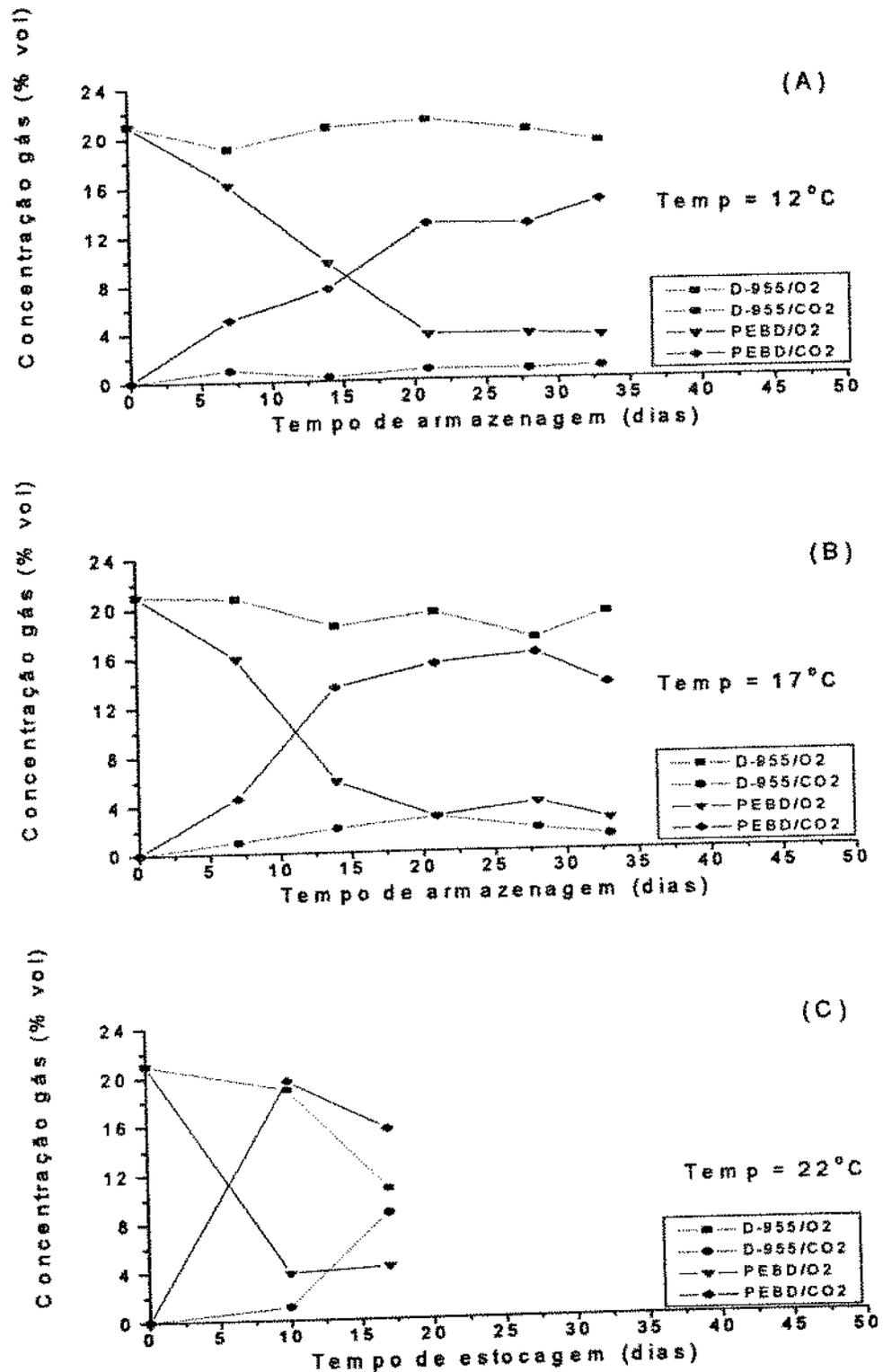


FIGURA IV-12 - Composição Gasosa de O₂ e CO₂ no Interior das Embalagens D-955 e PEBD de Mangas cv. Keitt armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

Este comportamento deve ser devido ao aumento na taxa de respiração da manga (pico climatérico). No trabalho de MILLER et alii (1986), que armazenaram mangas maduras cv. Tommy Atkins a 21°C, embaladas com filme D-955, até o amadurecimento (16 dias), a concentração de CO₂ e O₂ no interior da embalagem atingiu, no fim da armazenagem, 7,0 e 15,6%, respectivamente.

As concentrações de CO₂ e O₂ no interior da embalagem de PEBD, a 22°C, apresentaram grande variação até o 10º dia, quando atingiram 19,6% e 3,9%, respectivamente. Após este período houve pequeno decréscimo na concentração de CO₂, que atingiu 15,5% e aumento na de O₂ (de 3,9 para 4,3%).

Comparando-se os resultados obtidos de composição gasosa no interior das embalagens com as vidas de prateleira calculadas a partir das análises sensoriais, pode-se sugerir que uma concentração de CO₂ de 0,5 a 1% e de O₂ de 19 a 21%, que corresponde à embalagem D-955 a 12°C, é a mais favorável, dentre as condições testadas, para o prolongamento da vida útil de armazenagem das mangas (33 dias). As mangas, utilizando a mesma embalagem a 17°C também obtiveram resultados razoáveis, em termos de vida de prateleira (17 dias), mas um filme com uma permeabilidade maior ao CO₂ e O₂ que o D-955 provavelmente aumentaria a vida útil do produto armazenado a esta temperatura.

As mangas embaladas com o filme de PEBD apresentaram vidas de prateleira significativamente menores em relação às com D-955 (15 dias a 12°C e 10 dias a 17°C), provavelmente devido a relativamente baixa permeabilidade do PEBD ao CO₂ e O₂, que provocou concentrações inadequadas, do ponto de vista fisiológico, desses gases durante a armazenagem. De acordo com KADER et alii (1989), a concentração máxima de CO₂ tolerada pelas mangas em geral é de 5%. É necessária, também, uma concentração de O₂ mínima de 1 - 3%, dependendo do produto, para que não haja mudança de respiração aeróbica para anaeróbica (KADER, 1986).

B.6.1 - Avaliação da Transferência de CO₂ em Embalagem de PEBD

De acordo com as análises da Seção II-6, não se pode ter a pretensão de modelar os transientes de concentração no interior de uma embalagem contendo frutas climatéricas, sem o conhecimento da forma como a taxa de respiração é influenciada pelas condições existentes. As curvas de taxa de respiração obtidas (Figura IV-11) e

de concentração gasosa levantadas na Figura IV-12 permitem, entretanto, realizar uma análise da situação em regime permanente, que talvez não possa ser considerada uma modelagem, mas servirá como subsídio para validação de alguns resultados experimentais. Apenas a embalagem de PEBD foi considerada, pois não se obteve dados de energia de ativação para o D-955.

Utilizando-se as energias de ativação da Tabela II-7 e a permeabilidade a 25°C, apresentadas no Capítulo III, foram calculadas as permeabilidades ao O₂ (Π_{O_2}) e ao CO₂ (Π_{CO_2}) a diferentes temperaturas (Tabela IV-29).

TABELA IV-29 - Permeabilidades Calculadas do PEBD ao O₂ (Π_{O_2}) e ao CO₂ (Π_{CO_2}) a Diferentes Temperaturas

Temperatura (°C)	Π_{O_2} (mg.µm/cm ² .dia.kPA)	Π_{CO_2} (mg.µm/cm ² .dia.kPA)
25	0,245	1,128
22	0,205	0,980
17	0,152	0,770
12	0,111	0,600

Observa-se que houve grande variação da permeabilidade do filme com a temperatura, que praticamente duplicou o seu valor para um aumento de 13°C.

A equação II-6 foi utilizada para calcular a concentração de equilíbrio de CO₂ no interior da embalagem. A área utilizada na equação foi a área total da superfície da embalagem (0,05 m²) pois, conforme já foi mencionado anteriormente, houve ligeiro estufamento que colocava os gases em contato com toda a superfície interna. Os dados utilizados e a comparação dos valores obtidos com os experimentos estão na Tabela IV-30.

TABELA IV - 30 - Taxa de Respiração (N_{CO_2}) e Concentração de CO_2 no Interior da Embalagem ($y^i_{CO_2}$) de PEBD (Calculada e Experimental).

Temperatura (°C)	N_{CO_2} (mg/dia)	$y^i_{CO_2}$ (calc.) (%)	$y^i_{CO_2}$ (exp.) (%)	$\Delta\%$ (%)
12	$199,17 \pm 27,37$	$17,30 \pm 3,36$	$13,42 \pm 1,06$	29,39
17	$224,54 \pm 22,85$	$15,20 \pm 2,19$	$14,58 \pm 1,27$	4,25
22	$276,82 \pm 8,84$	$14,72 \pm 0,67$	$17,56 \pm 2,84$	-16,17

O bom acerto obtido chega a surpreender, considerando as diversas variáveis envolvidas, as dificuldades operacionais nas amostragens e nas análises químicas e físicas, e a complexidade do processo como um todo, pois as Figuras IV-11 e 12 deixam bem claro que as transformações envolvidas não estão bem definidas.

A permeabilidade ao O_2 , a $25^\circ C$, do filme D-955 é 3 vezes superior à do PEBD enquanto que, ao CO_2 é 50% maior. Em compensação, a área útil de troca de massa é quase 2 vezes menor, devido à aderência à superfície. As taxas de respiração das mangas embaladas com D-955 e PEBD foram praticamente equivalentes a 12 e $17^\circ C$. Embora não se disponha da energia de ativação para se poder estimar as permeabilidades nas temperaturas dos ensaios, cálculos aproximados e comparação com o bom acerto obtido em PEBD deixam antever que as curvas de composição dos gases da Figura IV-12, amostradas na região peduncular podem ser extrapoladas para toda a interface casca-filme.

Como os resultados obtidos na análise da difusão de gases foram aceitáveis para indicar tendências, foi utilizado o mesmo formalismo para calcular o quociente respiratório (QR) das mangas embaladas com PEBD em função da seletividade do filme ao CO_2/O_2 e dos dados experimentais de concentração de O_2 e CO_2 no interior da embalagem. A equação utilizada, combinando as equações II-7 e 8, foi a seguinte:

$$QR = 32.R_{CO_2}/44.N_{O_2} = 32.N_{CO_2}.e/44.II_{O_2}.A.P.(0,21 - y^i_{O_2}) \quad (IV-14)$$

Os valores obtidos de quociente respiratório para temperaturas de 12, 17 e 22°C foram 3,91, 3,13 e 3,02, respectivamente. Esses valores, assim como os índices obtidos pelas suposições baseadas nas análises de perda de peso (Seção B.2.5), confirmam os resultados da análise sensorial de que a fruta desenvolveu respiração anaeróbica, ou seja, houve uma produção muito maior de CO₂ em relação ao consumo de O₂. Não foram encontradas na literatura dados de quociente respiratório de mangas embaladas sob atmosfera modificada. Os valores aqui obtidos, assim como os da Seção B.2.5, entretanto, são bem mais altos do que os dados de outros tipos de produto. No caso das mangas embaladas com PEBD a concentração de O₂ no interior da embalagem, após atingido o equilíbrio, foi de 2,5 a 4,3% e a de CO₂ de 13,4 a 17,6%, ou seja, condições totalmente desfavoráveis, de acordo com a literatura citada anteriormente (KADER et alii, 1989). Entretanto deve-se ressaltar que as concentrações só atingiram esse equilíbrio entre 14 e 21 dias, para temperaturas de armazenagem de 12 e 17°C.

Essas análises demonstraram que filmes com alta permeabilidade ao O₂ e ao CO₂, e uma permeabilidade ao vapor de água da ordem de 200 mg./m².dia.kPa ou mais baixa, seriam as mais adequadas para armazenagem de mangas sob atmosfera modificada.

B.7 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM NA VARIAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

O teor inicial de sólidos solúveis das mangas no início da armazenagem foi de $6,52 \pm 1,06$ °Brix, maior que o descrito na literatura para a mesma variedade (MEDLICOT & THOMPSON, 1985; MEDLICOT et alii, 1990). Essa diferença poderia estar associada ao fato de, no presente trabalho, o início da armazenagem ter ocorrido 4 dias após a colheita.

O teor de sólidos solúveis das mangas embaladas com filmes de PEBD, D-955 e sem embalagem, foram graficados em função do tempo de armazenagem a diversas temperaturas. Os resultados obtidos estão na Figura IV-13.

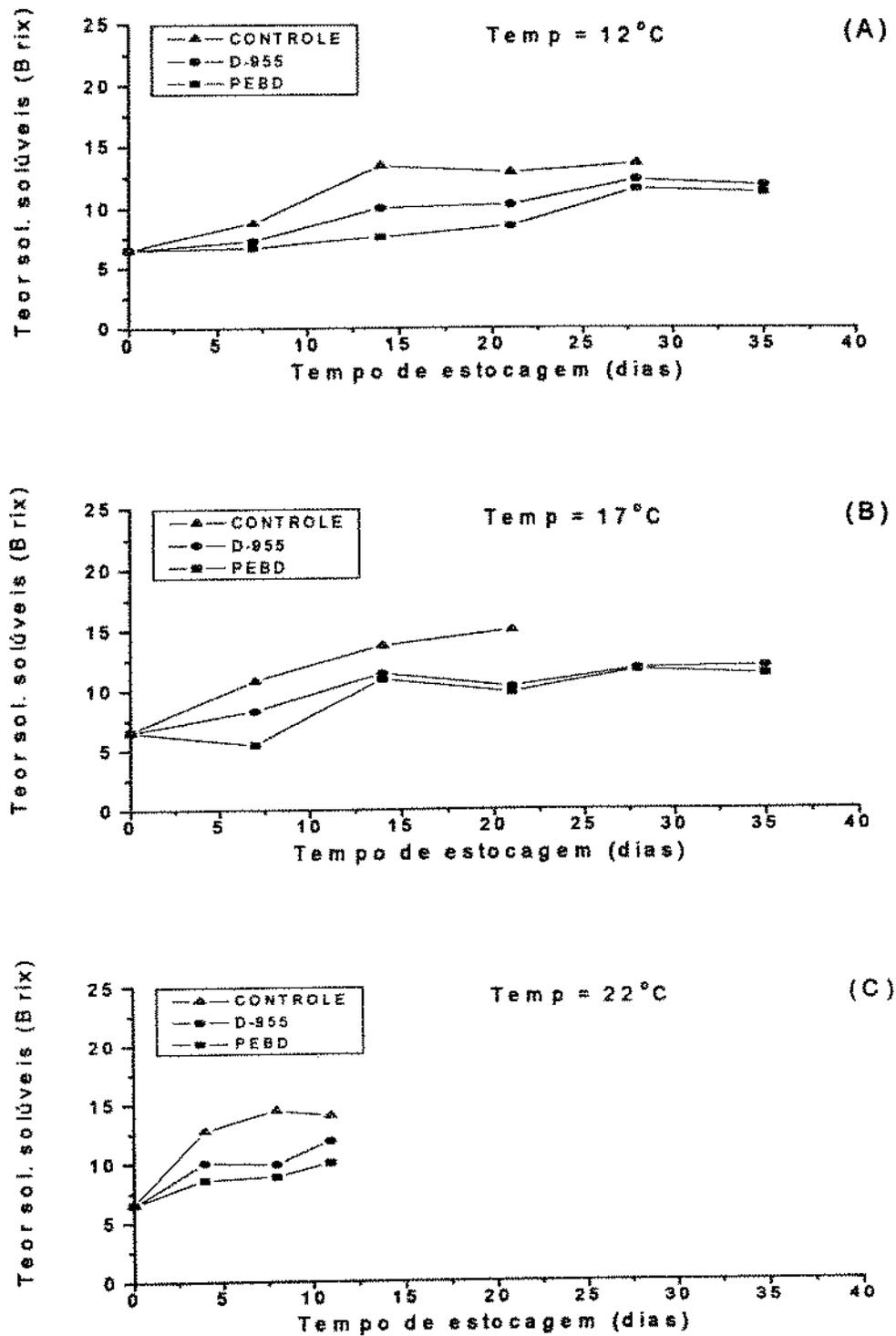


FIGURA IV-13 - Teor de Sólidos Solúveis de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

Pela Figura IV-13 pode-se observar que as mangas sem embalagem atingiram ao final da armazenagem 13,5°Brix (28 dias a 12°C), 15°Brix (21 dias a 17°C) e 14°Brix (11 dias a 22°C). Estes teores de sólidos solúveis foram superiores aos das mangas embaladas. No trabalho de MEDLICOTT et alii (1990), mangas maduras cv. Keitt, produzidas na região de Taquaritinga S.P., apresentaram um teor inicial de sólidos solúveis de 6,1% e após 21 dias armazenadas a 12°C, o teor atingiu 11,0%. Em outro trabalho MEDLICOTT & THOMPSON (1985) acompanharam o amadurecimento de mangas cv. Keitt, produzidas no México, a 22°C e observaram que o teor inicial de sólidos solúveis foi de 4,9% e após 9 dias, quando a manga estava madura, o teor atingiu 10,6%. MILLER et alii (1986), armazenaram mangas maduras cv. Tommy Atkins a 21°C, sem embalagem e embaladas com filme D-955, até elas amadurecerem (16 a 20 dias, respectivamente) e não detectaram diferença significativa, ao nível de 5%, entre os teores de sólidos solúveis (10,8% e 9,8%, respectivamente).

A embalagem reduziu a atividade metabólica da manga, diminuindo desta forma a taxa de conversão de carboidratos de cadeia longa e ácidos orgânicos em açúcares e outros sólidos solúveis. No caso das mangas embaladas, o D-955 sendo mais permeável a gases que o PEBD, permitiu que a fruta tivesse um metabolismo mais acelerado.

B.8 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM NA ACIDEZ TITULÁVEL DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

A acidez titulável das mangas no início da armazenagem foi de $0,47 \pm 0,21$ g ácido cítrico/100 g. Esse valor foi inferior ao descrito por MEDLICOTT & THOMPSON (1985), 1,29 g ácido cítrico/100 g, provavelmente devido a diferenças no estágio de maturação.

A acidez titulável das mangas embaladas com D-955, PEBD, e sem embalagem, foi graficada em função do tempo de armazenagem a diversas temperaturas. Os resultados obtidos estão na Figura IV-14. Verificou-se que houve, na média, decréscimo da acidez titulável das mangas embaladas em função do tempo.

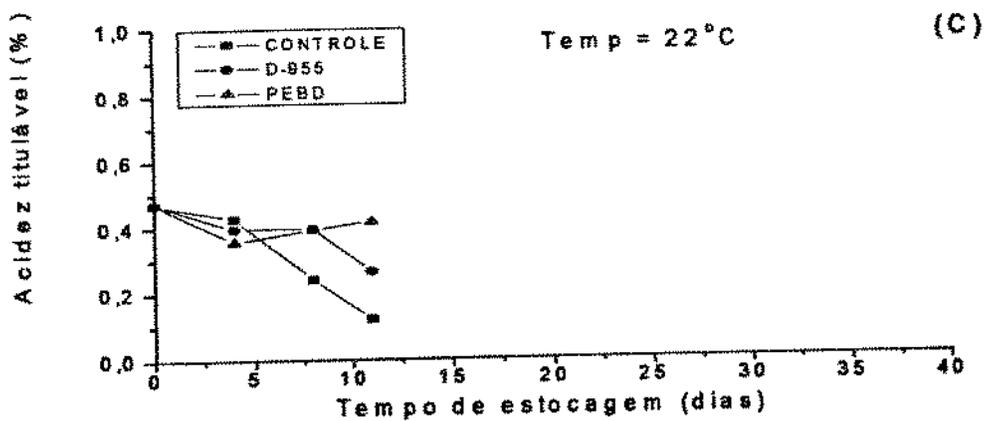
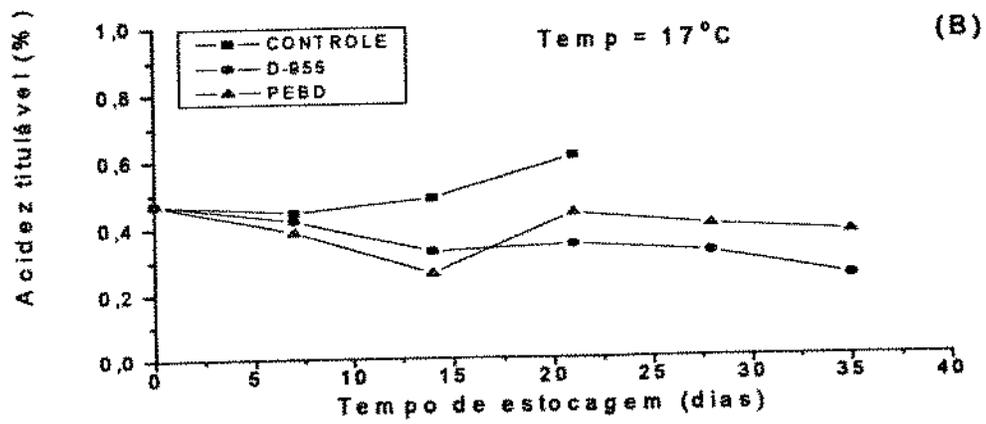
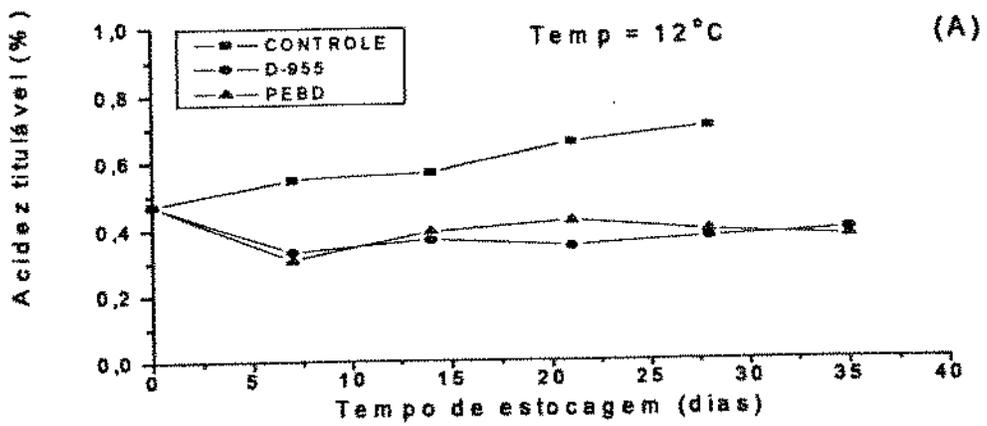


FIGURA IV-14 - Acidez Titulável de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

As mangas sem embalagem apresentaram aumento de acidez durante a armazenagem a 12 e 17°C e decréscimo acentuado a 22°C. O aumento na acidez foi devido, provavelmente, à perda de peso do produto associado à baixa atividade metabólica, que ocasionou uma concentração dos ácidos orgânicos não-voláteis. A 22°C houve maior conversão dos ácidos em CO₂, açúcares e aminoácidos devida à alta atividade metabólica

MEDLICOTT & THOMPSON (1985) analisaram o comportamento da acidez titulável de mangas cv. Keitt, durante o amadurecimento a 22°C. No início as mangas apresentaram acidez de 1,29 g de ácido cítrico/100 g. Após 2, 4, 7 e 9 dias, a acidez atingiu 0,76; 0,54; 0,34 e 0,26%, respectivamente.

A 12°C, o comportamento da acidez das mangas embaladas, em função do tempo de armazenagem, foi bem diferenciado das mangas sem embalagem, que atingiram acidez 84% maior que as embaladas, e praticamente não houve diferença no metabolismo de conversão dos ácidos entre as embaladas com D-955 e PEBD.

A 17°C as mangas sem embalagem também atingiram acidez maior que as embaladas. As mangas com PEBD apresentaram acidez 53% maior que as com D-955 devida à menor permeabilidade a gases do PEBD em relação ao D-955.

As mangas sem embalagem armazenadas a 22°C atingiram a menor acidez, pois já estavam praticamente maduras e, novamente, as embaladas com PEBD apresentaram acidez 56% maior que as com D-955.

B.9 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE A RELAÇÃO BRIX/ACIDEZ DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

A relação Brix/acidez é utilizada como indicador do estágio de maturação do fruto, portanto, é importante acompanhar a sua evolução durante a armazenagem (ESKIN et alii, 1971). Os resultados médios obtidos para o cálculo da relação Brix/acidez inicial das mangas foi de $13,87 \pm 5,05$ °Brix/% ácido cítrico. A relação Brix/acidez das mangas embaladas com D-955, PEBD e sem embalagem, foram graficadas em função do tempo de armazenagem a 12, 17 e 22°C. Os resultados obtidos estão na Figura IV-15.

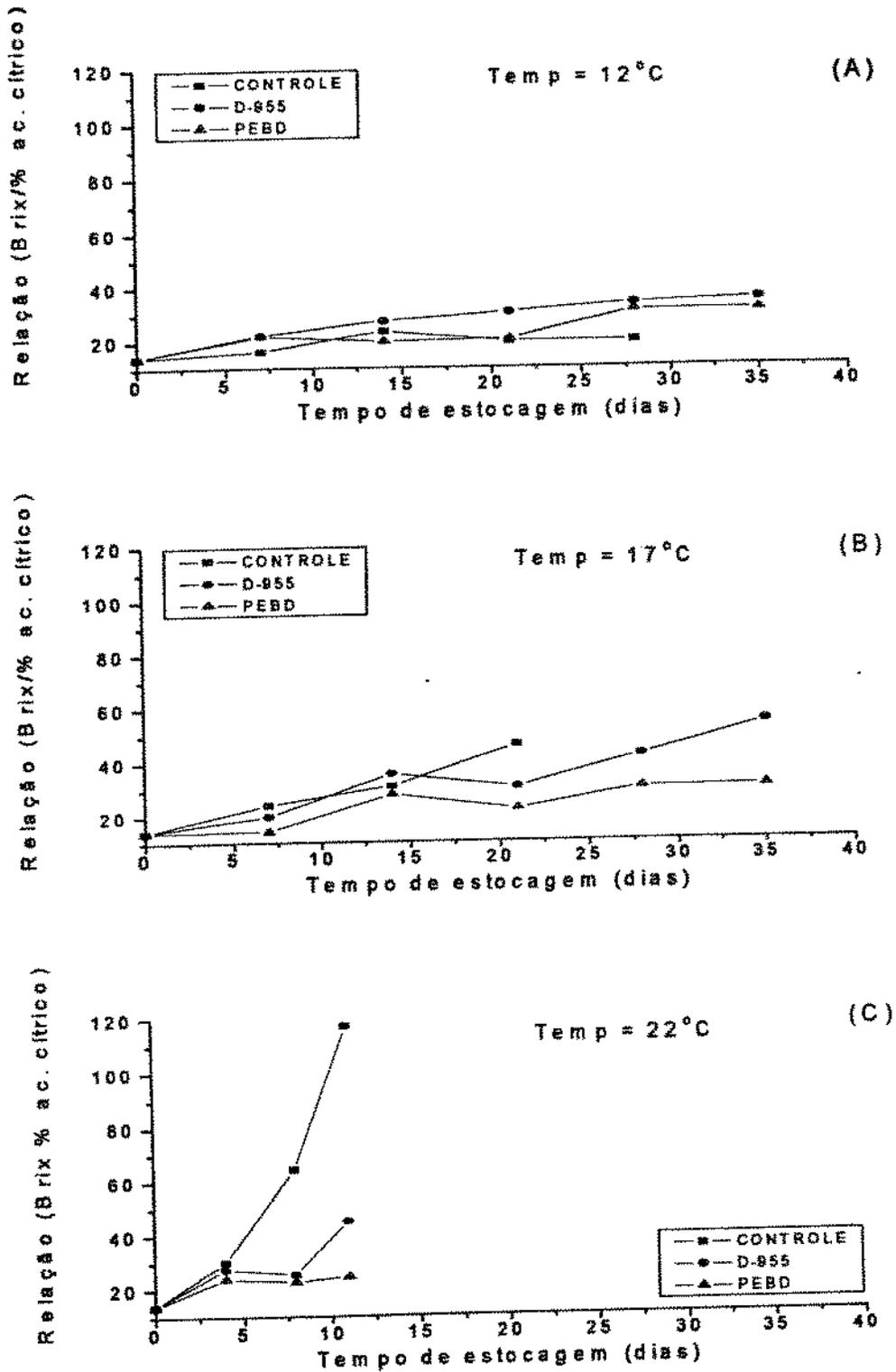


FIGURA IV-15 - Relação Brix/Acidez de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

Analisando-se a Figura IV-15, verifica-se que houve aumento da relação Brix/acidez das mangas em função do tempo, com exceção das embaladas com PEBD. MEDLICOTT & THOMPSON (1985) analisaram o comportamento da relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável de mangas cv. Keitt, durante o amadurecimento a 22°C. No início, as mangas apresentaram relação de 3,8. Após 2, 4, 7 e 9 dias, a relação atingiu 12,5; 20,6; 32,4 e 41,4, respectivamente.

A 12°C, a relação Brix/acidez das mangas embaladas com D-955, em função do tempo de armazenagem, foi em média 20% maior que a das com PEBD e 47% que a das mangas sem embalagem.

A 17°C as mangas sem embalagem e embaladas com D-955 atingiram relações Brix/acidez 29% maiores, em média, que a das embaladas com PEBD. As mangas com PEBD apresentaram relação semelhante com a armazenagem a 12°C.

As mangas sem embalagem armazenadas a 22°C atingiram a maior relação Brix/acidez, pois já estavam praticamente maduras e as embaladas com PEBD apresentaram relação 28% maior, em média, que as com D-955 e novamente semelhante a armazenagem a 12 e 17°C.

De modo geral as mangas embaladas com PEBD mantiveram a relação Brix/acidez constante ao longo do período de armazenagem, independente da temperatura, indicando que houve uma redução no metabolismo da fruta, maior que a daquelas embaladas com D-955 e o controle, como já foi discutido nos itens anteriores.

B.10 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE O pH DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

O pH das mangas no início da armazenagem foi de $3,58 \pm 0,10$.

O pH das mangas embaladas com D-955, PEBD e sem embalagem, foram graficadas em função do tempo de armazenagem a 12,17 e 22°C e os resultados obtidos estão na Figura IV-16. Foi observado aumento do pH das mangas embaladas com D-955 em função do tempo, para todas as temperaturas.

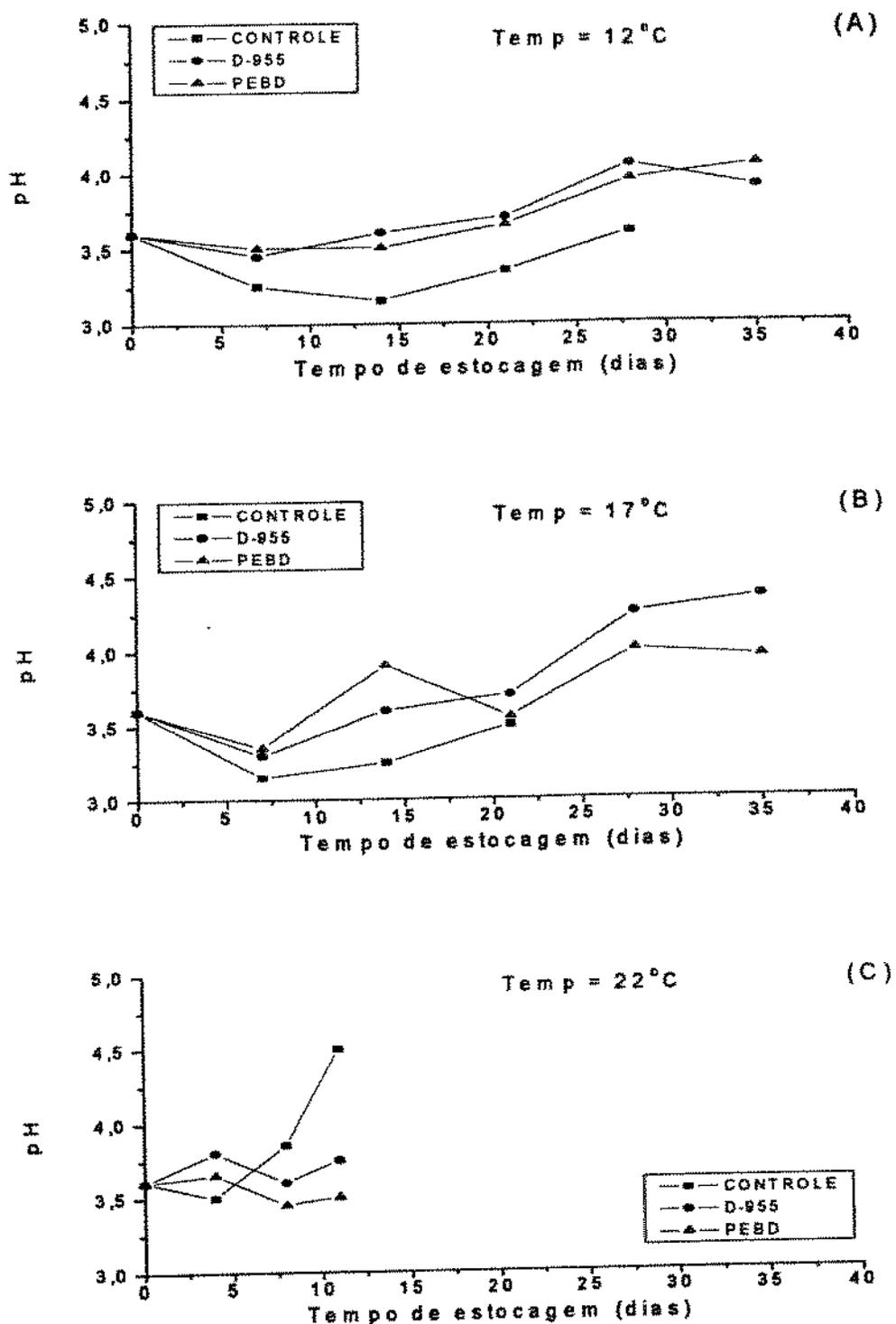


FIGURA IV-16 - pH de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

Houve queda do pH das mangas sem embalagem no início da armazenagem e depois uma elevação até atingir 3,6 a 12°C, 3,5 a 17°C e 4,5 a 22°C. MEDLICOTT et alii (1990), trabalhando com mangas cv. Keitt, obtiveram resultados semelhantes (pH inicial de 3,34 e após 21 dias a 12°C, 3,41).

Observou-se um comportamento semelhante do pH das mangas embaladas com D-955 e PEBD ao longo do período de armazenagem a 12°C, e o controle sempre com pH inferior. A 17°C as mangas embaladas com D-955 apresentaram pH 10% maior que o das com PEBD e 24% maior que o do controle. No fim da armazenagem a 22°C as mangas sem embalagem apresentaram pH 20% maior que o das embaladas com D-955 e 29% maior que o das com PEBD.

De maneira geral o comportamento do pH, em função do tempo de armazenagem, acompanhou de forma inversa o da acidez titulável (Figura IV-14), estando de acordo com a literatura que diz que numa faixa de 2,5 a 0,5% de acidez o pH aumenta com a redução da acidez titulável (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Portanto, as explicações apresentadas para o comportamento da acidez das mangas valem para o do pH.

Os dados de acidez titulável contra o pH das mangas com e sem embalagem obtidos durante o período de armazenagem a 12, 17 e 22°C, foram graficados e foi observado um comportamento linear do pH em função da acidez (Figura IV-17).

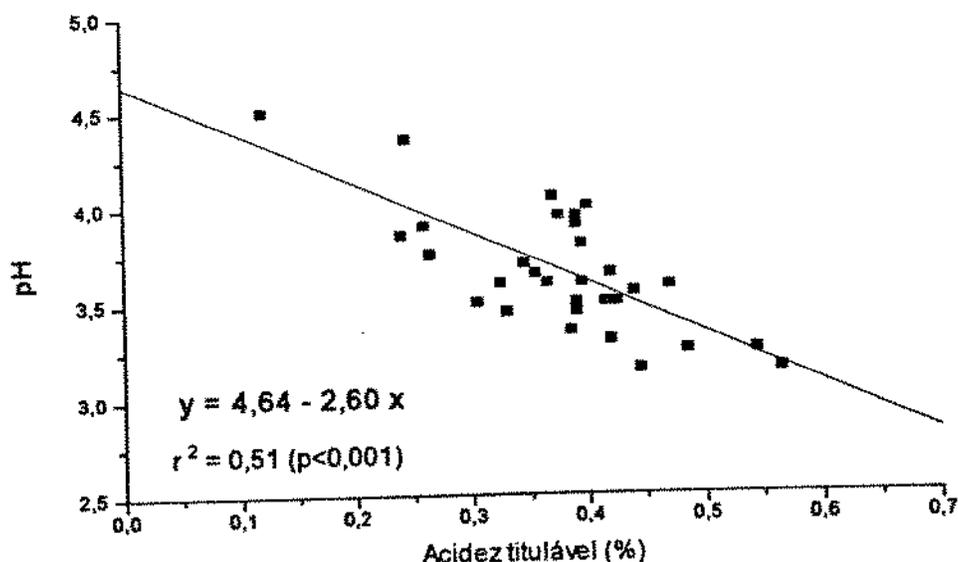


FIGURA IV-17 - Relação entre pH e Acidez Titulável em Mangas cv. Keitt .

De acordo com o nível de significância da correlação obtida ($p < 0,001$), o pH da manga está relacionado com a sua acidez titulável, e, pelo valor do coeficiente de determinação, 51% dos dados são explicados pela correlação obtida. Desta forma, com a determinação do pH, que é uma medida simples de ser realizada, pode-se ter uma idéia da acidez titulável, que está, por sua vez, relacionada com o estágio de maturação da manga.

B.11 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA EMBALAGEM SOBRE A DENSIDADE DAS MANGAS DURANTE A ARMAZENAGEM

A densidade das mangas no início da armazenagem foi de $1.008,75 \pm 14,31$ kg/m³.

A densidade das mangas embaladas com D-955, PEBD e sem embalagem, foi graficada em função do tempo de armazenagem a 12,17 e 22°C. Os resultados obtidos estão na Figura IV-18. Observou-se que a densidade das mangas embaladas com o filme D-955 e PEBD variou de forma semelhante nas temperaturas de 12 e 17°C. A 22°C a densidade subiu de forma mais acentuada

As mangas sem embalagem mantidas a 12°C e 17°C apresentaram aumento da densidade no início da armazenagem e depois uma queda. Este comportamento foi devido, provavelmente, à perda de peso do produto ao longo do tempo. Na armazenagem a 22°C, houve aumento contínuo da densidade, que é característico do processo de amadurecimento da fruta.

Na armazenagem a 12°C e 17°C, as mangas sem embalagem apresentaram no final densidade menor que a das mangas embaladas com D-955 e PEBD. As mangas com embalagem apresentaram aumento da densidade no início e fim da armazenagem.

As mangas sem embalagem armazenadas a 22°C atingiram a maior densidade, pois já estavam praticamente maduras. As mangas embaladas apresentaram redução da densidade no fim da armazenagem, provavelmente devida aos distúrbios fisiológicos causados pela atmosfera rica em CO₂ e deficiente em O₂.

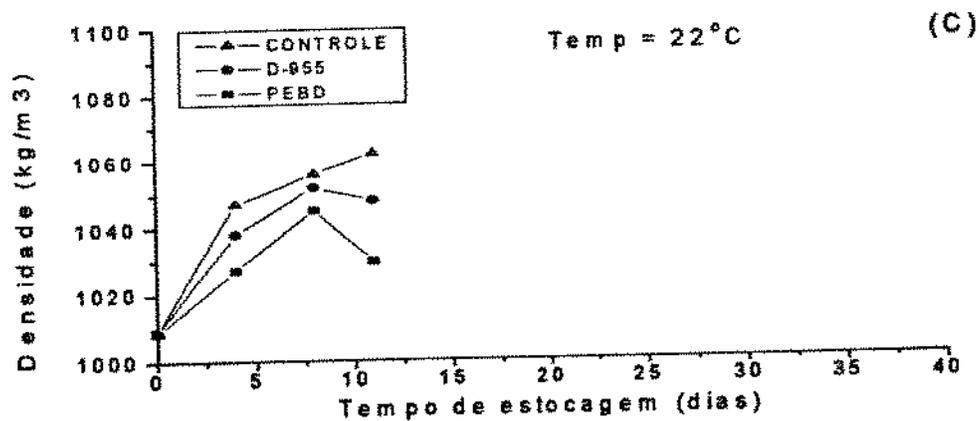
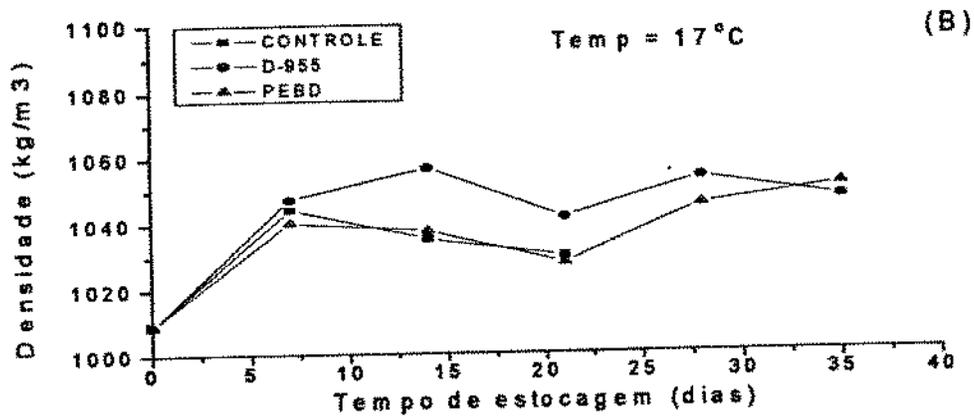
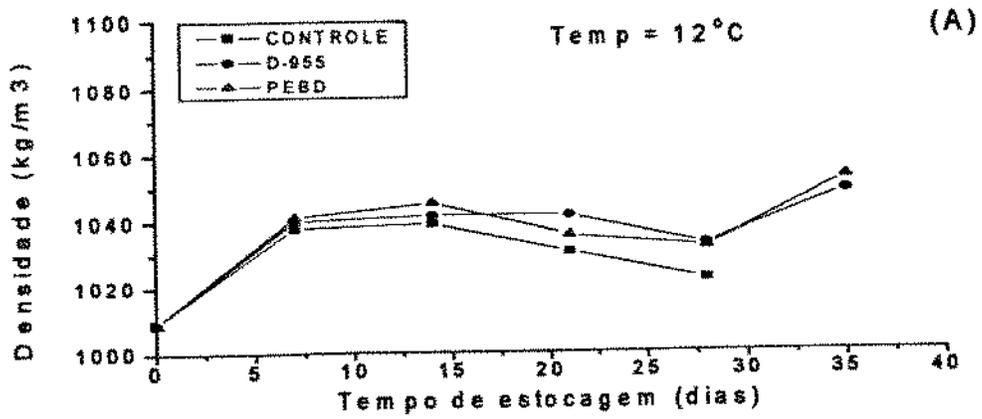


FIGURA IV-18 - Densidade de Mangas cv. Keitt Armazenadas a 12°C (A), 17°C (B) e 22°C (C).

V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. A utilização de embalagens individuais feitas com filmes poliméricos adequados mostrou ser eficaz na extensão da vida de prateleira de mangas cv. Keitt.
2. Dentre as condições estudadas, a situação mais favorável foi obtida, utilizando, como embalagem, o copolímero termoencolhível D-955, temperatura de armazenagem de 12°C e amadurecimento sem a embalagem a 22°C. Nessa situação, a manga manteve aceitabilidade por 33 dias e levou 4 dias para amadurecer.
3. Em relação à análise sensorial de aceitação de sabor, textura e demais sensações bucais, as mangas embaladas tiveram desempenho semelhante a do controle, apesar das embaladas com PEBD terem desenvolvido sabor não-característico após 21 dias a 17°C e 28 dias a 12°C, o mesmo ocorrendo com as embaladas com D-955 após 28 dias a 17°C. Quanto às análises de aparência, as mangas embaladas apresentaram desempenho bem superior ao do controle, sendo encontradas diferenças significativas a partir do 7º dia de armazenagem.
4. Dentre os filmes testados, o mais adequado foi o D-955, devido a sua permeabilidade relativamente alta ao O₂ e CO₂ e boa ao vapor de água, além das suas características de soldabilidade, aparência e termoencolhimento.
5. A embalagem de PEBD prolongou de forma satisfatória a vida de prateleira das mangas em relação à aparência (21 dias a 12°C e 16 dias a 17°C), entretanto, ela causou distúrbios fisiológicos ao fruto. Estes distúrbios acabaram por alterar o sabor da manga, e a vida de prateleira calculada em função deste atributo (15 dias a 12°C e 10 dias a 17°C) foi menor que em relação à aparência.
6. Comparando-se as vidas de prateleira calculadas pelas notas sensoriais de aceitação, verificou-se que, para as mangas sem embalagem e as embaladas com D-955, o fim da vida de prateleira foi regido pela aparência e para as com PEBD, pelo sabor e demais sensações bucais.
7. Recomenda-se a armazenagem de manga após tratamento fitossanitário, e seu amadurecimento deve ser feito sem a embalagem.

8. Houve, em todos os ensaios, um comportamento linear da porcentagem de perda de peso das mangas em função do tempo, tanto para as embaladas como para as sem embalagem. A perda de peso média das mangas sem embalagem foi aproximadamente 20, 18 e 12 vezes maior em relação a das mangas embaladas, para temperatura de armazenagem de 12, 17 e 22°C, respectivamente.

9. Mangas não-embaladas perderam 5% de peso por transpiração em 8 dias a 12°C, 6 dias a 17°C e 5 dias a 22°C, provocando uma aparência que as tornou impróprias para a comercialização, embora ainda apresentassem sabor aceitável. A perda de peso por transpiração depende do déficit de pressão de vapor e pode ser estimada, assumindo uma permeabilidade da casca de 124 g/m².dia.kPa.

10. Uma diminuição da temperatura de armazenagem amplia a vida de prateleira da manga embalada e não-embalada. Não foi estabelecido um limite mínimo de temperatura de armazenagem, mas ele deve ser superior a 7°C, pois, nesse nível, a manga cv. Keitt apresentou injúria pelo frio.

11. Quanto maior a temperatura de armazenagem maior a taxa de respiração das mangas, tanto embaladas como sem embalagem. As mangas armazenadas a 12°C, utilizando as embalagens D-955 e PEBD, apresentaram taxas de respiração médias 21% menores que as sem embalagem. Para temperaturas de armazenagem de 17 e 22°C, estas diferenças foram de 38 e 43%, respectivamente. Portanto, quanto maior a temperatura, mais efetiva é a atuação dos filmes para redução da taxa de respiração. Entretanto, uma redução excessiva pode causar distúrbios fisiológicos que alterariam o sabor e aparência das mangas, como foi comprovado pelas análises sensoriais realizadas.

12. Em mangas não-embaladas, a respiração contribui com cerca de 3% da perda de peso; em mangas embaladas pode-se assumir que a respiração é a responsável por toda a perda de peso.

13. A principal função da embalagem, portanto, é reduzir a perda de água por transpiração, sem interferir muito no metabolismo respiratório. A permeabilidade da embalagem ao vapor de água pode ser mais de 3 ordens de grandeza menor do que a da casca, mas, quanto mais permeável ao O₂ e CO₂, menor o risco de degradação fermentativa anaeróbica. Uma embalagem praticamente estanque ao O₂ e ao CO₂ como o PET deteriorou o produto rapidamente, apesar de ter uma permeabilidade ao vapor de água ligeiramente superior ao PP. Este, por sua vez, tem valores de

permeabilidade ao O₂, CO₂ e H₂O 30% menores do que o PEBD e apresentou desempenho apenas ligeiramente inferior ao mesmo.

14. Comparando-se os resultados obtidos de composição gasosa no interior das embalagens com as vidas de prateleira, verificou-se que concentrações de CO₂ e O₂ em torno de 0,5 a 1% e 19 a 21%, respectivamente, que correspondem a composição na embalagem D-955 a 12°C, foram as mais favoráveis, dentre as condições testadas, para o prolongamento da vida útil de armazenagem das mangas.

15. Foram calculadas as concentrações de oxigênio e gás carbônico no interior da embalagem de PEBD e comparadas com as determinadas experimentalmente, obtendo-se concordância.

16. Os quocientes respiratórios das mangas embaladas com PEBD, calculados a partir das equações de permeabilidade do filme, dados de perda de peso e taxas de respiração, confirmam que a respiração da fruta deve ser anaeróbica.

17. A degradação de vitamina C em função do tempo de armazenagem, a 12, 17 e 22°C, seguiu uma cinética de primeira ordem, tanto para as mangas embaladas como para as não-embaladas.

18. Pelos valores de Q₁₀ calculados na faixa de 12 a 22°C, um aumento de 10°C na temperatura de armazenagem triplicou a taxa de degradação de vitamina C das mangas sem embalagem, enquanto que, para as mangas embaladas com D-955 e PEBD, houve aumentos de, respectivamente, 15% e 3%.

19. As mangas embaladas com D-955 e PEBD apresentaram comportamentos semelhantes entre si e diferenciado das não-embaladas em relação ao teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH em função do tempo de armazenagem. Estas diferenças indicam que a embalagem teve influência sobre a atividade metabólica do produto

VI - BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, J. D. e VITERI, N. P. Efecto de la temperatura sobre la degradacion aerobica de vitamina C en jugos de frutas citricas. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, **39(4)**: 601-612, 1989.
- AOAC **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., 1990. p. 1058-1059.
- APELAND, J. e BAUGEROD, H. Factors affecting weight loss in carrots. **Acta Horticulturae**, **20**: 92-97, 1971.
- ASSOCIATION OF VITAMIN CHEMISTS L-Ascorbic acid (Vitamin C). In: **Methods of vitamin assay**. 3^a Ed. Interscience Publishers, 1966. p. 287-334.
- ASTM, **Manual on sensory testing methods STP 434**, 1993.
- BATES, C. J. The function and metabolism of vitamin C in man. In: COUNSELL, J. N. e HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. Applied Science Publishers, London, 1981.
- BENASSI, M. T. e ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arq. Biol. Tech.**, **31(4)**: 507-513, 1988.
- BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film - a new postharvest technique. **HortScience**, **20(1)**: 32-37, 1985.
- BEN-YEHOSHUA, S.; SHAPIRO, B. ;CHEN, Z. E. e LURIE, S. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. **Plant Physiology**, **73(1)**: 87-93, 1983.
- BHATTACHARYYA, G. K. e JOHNSON, R. A. **Statistical concepts and methods**. John Wiley & Sons, New York, 1977. 639 pag.

- BIALE, J. B. e YOUNG, R. E. Respiration and ripening in fruits - Retrospect and prospect. In: FRIEND, J. e RHODES, M. J. **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**, Academic Press, London, 1981. 275 pag.
- BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; ARDITO, E. F. G.; CASTRO, J. V.; SPAGNOL, W. A. e NEVES F^o, L. C. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais - Manual Técnico nº 9**. ITAL, Campinas, 1992. 203 pag
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G. e HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. John Wiley & Sons, New York, 1978. 653 pag.
- BUSHWAY, R. J.; HELPER, P. R.; KING, J.; PERKINS, B. e KRISHNAN, M. Comparison of ascorbic acid content of supermarket versus roadside stand produce. **Journal of Food Quality**, **12(2)**: 99-105, 1989.
- BUSS, D e ROBERTSON, J. **Manual of nutrition**. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, 1978. 135 pag.
- CHAPLIN, G. R.; COLE, S. P.; LANDRIGAN, M.; NUEVO, P. A.; LAM, P. F. e GRAHAM, D. Chilling injury and storage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit held under low temperatures. **Acta Horticulturae**, **291**: 461-471, 1991.
- CHINNAN, M. S. Modeling gaseous environment and physiochemical changes of fresh fruits and vegetables in modified atmospheric storage. In: JEN, J. J. **Quality factors of fruits and vegetables - Chemistry and Technology**. ACS Symposium Series 405, Washington DC, 1989.
- CHITARRA, M. I. F. e CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças, fisiologia e manuseio**. Editora Gráfica Nagy Ltda., São Paulo, 1990. 320 pag.
- COUNSELL, J. N. e HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. Applied Science Publishers, London, 1981. 383 pag.
- CUSSLER, E. L. **Diffusion, mass transfer in fluid systems**. Cambridge University Press, Cambridge, 1984. 525 pag.
- ESKIN, N. A. M.; HENDERSON, H. M. e TOWNSEND, R. J. **Biochemistry of foods**. Academic Press, New York, 1971. 240 pag.

- EUSTACE, I. J. Food packaging - selection of materials and systems. **Food Australia**, **41(88)**: 884-885, 1989.
- EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z. e TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, **58(6)**: 1365-1370, 1993.
- FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology - a review. **Journal of Food Protection**, **54(1)**: 58-70, 1991.
- FENNEMA, O.R. **Principles of food science. Part 1 - Food chemistry**. Marcel Dekker, New York, 1976. 792 pag.
- FOCKENS, F. H. e MEFFERT, H. F. T. Biophysical properties of horticultural products related to loss of moisture during cooling down. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **23(3)**: 285-298, 1972.
- FORNEY, C. F. e LIPTON, W. J. Influence of controlled atmospheres and packaging on chilling sensitivity. In: WANG, C. Y. **Chilling injury of horticultural crops**. CRC Press, Boca Raton, 1990. 313 pag.
- GAFFNEY, J. J. ; BAIRD, C. D. e CHAU, K. V. Influence of airflow rate, respiration, evaporative cooling, and others factors affecting weight loss calculations for fruits and vegetables. **ASHRAE Transactions**, **91 Part 1B**: 690-707, 1985.
- HAINES, B. The world mango situation - a market perspective. **Acta Horticulturae**, **291**: 1-11, 1991.
- HARPOLE, G. M. Droplet evaporation in high temperature environments. **Journal of Heat Transfer**, **103(1)**: 86-91, 1981.
- HARRIS, R. S. e VON LOESECKE, H. W. **Nutricional Evaluation of Food Processing**. AVI, Connecticut, 1975. 612 pag.
- HATTON Jr., T. T. e RIEDER, W. F. Controlled atmosphere storage of Keitt mango. **Proc. Trop. Reg. Am. Soc.**, **10**: 114-119, 1966.
- HAYAKAWA, K. ; HENIG, Y.S. e GILBERT, S. G. Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. **Journal of Food Science**, **40(1)**: 186-191, 1975.

- HAYAKAWA, K. e SUCCAR, J. Heat transfer and moisture loss of spherical fresh produce. **Journal of Food Science**, **47(2)**: 596-605, 1982.
- HENIG, Y.S. e GILBERT, S. G. Computer analysis of the variables affecting respiration and quality of produce packaged in polymeric films. **Journal of Food Science**, **40**: 1033-1035, 1975.
- HOLDSWORTH, S. D. Heat and mass transfer in the low temperature preservation of food. **Bulletin de l'Institute International du Froid, Annexe 1970-3**: 47-62, 1970.
- HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2.** Academic Press, New York, 1971.
- IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. Comunicação pessoal. 1995.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. vol. 1.** 2 ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 1976. 375 pag.
- JACKMAN, R. L.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A.; PARKIN, K. L. e STANLEY, D. W. Chilling injury, a review of quality aspects. **Journal of Food Quality**, **11(4)**: 253-278, 1988.
- JONHSON, F. C. The antioxidant vitamins. **CRC - Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, **11(3)**: 217-310, 1979.
- JURIN, M. e KAREL, M. Studies on control of respiration of McIntosh apples by packaging methods. **Food Technology**, **17(6)**: 104-108, 1963.
- KADER, A. A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, **20(1)**: 54-57, 1985.
- KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres of fruits and vegetables. **Food Technology**, **40(5)**: 99-104, 1986.
- KADER, A. A. ; ZAGORY, D. e KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC - Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, **28(1)**: 1-30, 1989.

- KAILAPASAPATHY, K. e KONESHAN, T. Effect of wilting on the ascorbate content of selected fresh green leafy vegetables consumed in Sri Lanka. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **34(2)**: 259-261, 1986.
- KASMIRE, R. F.; KADER, A. A. e KLAUSTERMEYER, J. A. Influence of aeration rate and atmospheric composition during simulated transit on visual quality and off-odor production by broccoli. *Hortscience*, **9(3)**: 228-232, 1974.
- KNEE, M. e HATFIELD, S. G. S. The metabolism of alcohols by apple fruit tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **32(6)**: 593-600, 1981.
- KOSKI, D. V. Is current modified/controlled atmosphere packaging technology applicable to U.S. food market? *Food Technology*, **42(9)**: 54, 1988.
- KRAMER, A. Storage retention of nutrients. *Food Technology*, **28(1)**: 50-58, 60, 1974.
- KRAMER, A. Effect of storage on nutritive value of food. *Journal of Food Quality*, **1(1)**: 23-55, 1977.
- KRISHNAMURTHY, S. e JOSHI, S. S. Studies on low temperature storage of Alphonso mango. *Journal of Food Science and Technology*, **26(4)**: 177-180, 1989.
- KRISHNAMURTHY, S. e SUBRAMANYAN, H. Pre- and pos-harvest physiology of the mango fruit: a review. *Tropical Science*, **15(2)**: 167-193, 1973.
- LABUZA, T. P. *Shelf-life dating of foods*. Food & Nutrition Press, Inc. Westport, 1982. 500 pag.
- LABUZA, T. P. e BREENE, W. M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. *Journal of Food Processing & Preservation*, **13(1)**: 1-69, 1989.
- LAKSHMINARAYANA, S. e SUBRAMANYAN, H. Carbon dioxide injury and fermentative decarboxylation in mango fruit at low temperature. *Journal of Food Science and Technology*, **7(3)**: 148-152, 1970.
- LEE, D. S.; HAGGAR, P. E. ; LEE, J. e YAM, K. L. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principle of enzyme kinetics. *Journal of Food Science*, **56(6)**: 1580-1585, 1991.

- LENTZ, C. P. e ROOKE, E. A. Rates of moisture loss of apples under refrigerated storage conditions. **Food Technology**, **18(8)**: 119-121, 1964.
- LIOUTAS, T. S. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: a food company's perspective. **Food Technology**, **42(9)**: 78-86, 1988.
- LOUGHEED, E. C. e FRANKLIN, E. W. Air flow rates influence CO₂ production of apple fruits, potato tubers and onion bulbs. **HortScience**, **10(4)**: 388-390, 1975.
- McGLASSON, W. B. Modified atmosphere packaging: matching physical requirements with physiology of produce. **Food Australia**, **44(4)**: 168-170, 1992.
- MEDLICOTT, A. P. e THOMPSON, A. K. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **36(7)**: 561-566, 1985.
- MEDLICOTT, A. P.; SIGRIST, J. M. M. e SY, O. Ripening of mangos following low-temperature storage. **Journal of American Society of Horticultural Science**, **15(3)**: 430-434, 1990.
- MEFFERT, H. F. T. Observations on weight loss of fruit during cold storage and transport. **Bulletin de l'Institute International du Froid, Annexe 1970-3**: 307-320, 1970.
- MIGUEL, M. H. Comunicação pessoal. 1995.
- MILLER, W. R.; HALE, P. W.; SPALDING, D. H. e DAVIS, P. Quality and decay of mango fruit wrapped in heat-shrinkable film. **HortScience**, **18(6)**: 957-958, 1983.
- MILLER, W. R.; SPALDING, D. H. e HALE, P. W. Film wrapping mangos at advancing stages of post-harvest ripening. **Tropical Science**, **26(1)**: 9-17, 1986.
- NEVES F^o, L. C. Perda de peso na estocagem frigorificada de frutas e hortaliças. **Alimentos & Tecnologia**, **1(4)**: 28-34, 1985.
- NEVES F^o, L. C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. IBF/ABRAVA/SINDRATAR, São Paulo, 1991. 176 pag.

- O'HARE, T. J. e PRASAD, A. The effect of temperature and carbon dioxide on chilling symptoms in mango. *Acta Horticulturae*, **343**: 244-250, 1993.
- PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. C.; OLIVEIRA, L. M. e ALVES, R. M. V. Embalagens plásticas: controle de qualidade. CETEA/ITAL, Campinas, 1989. 202 pag.
- PANTASTICO, E. B. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. AVI Publ. Co., Westport, 1975. 560 pag.
- PAULL, R. E. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. In: WANG, C. Y. *Chilling injury of horticultural crops*. CRC Press, Boca Raton, 1990. 313 pag.
- PRABHA, T. N.; VEENA, B. A. e PATWARDHAN, M. V. Metabolism of organic acids in modified atmosphere stored ripening mangoes (*Mangifera Indica*). *Journal of Food Science and Technology*, **24(3)**: 111-115, 1987.
- QUIÑONES, J. P.; YONEMOTO, L. H. e NEVES F^o, L. C. Calor de respiração para maçãs Fuji a diferentes temperaturas. **40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, São Paulo, julho de 1988.
- RESENDE, E. D. e KIECKBUSCH, T. G. Conservação de fatias de manga por combinação de métodos: pré-secagem e congelamento. *Anais do XXI Encontro Nacional em Meios Porosos*, pag 545-554, Ouro Preto, 1994.
- RIZVI, S. S. Controlled and modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *New York's Food and Life Science Quarterly*, **18(4)**: 19-23, 1988.
- ROCHA, J. L. V. Fisiologia de maturação pós-colheita de mangas cv. Haden e goiaba cvs. vermelho e branco. Tese de doutoramento, FEAA, UNICAMP, 1976. 141 pag.
- SAGUY, I.; KOPERMAN, I. J. e MIZRAHI, S. Simulation of ascorbic acid stability during heat processing and concentration of grapefruit juice. *Journal of Food Processing and Engineering*, **2**: 1338-1340, 1978.
- SALUNKHE, D. K. e DESAI, B. B. *Postharvest biotechnology of fruits. Vol. I e II*. CRC Press, Boca Raton, 1984. 315 pag.

- SAS INSTITUTE INC. **SAS® User's guide: statistics, version 5 edition**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985. 956 pag.
- SASTRY, S. K.; BAIRD, C. D. e BUFFINGTON, D. E. Transpiration rates of certain fruits and vegetables. **ASHRAE Transactions**, **84 Part 1**: 237-255, 1978.
- SASTRY, S. K. e BUFFINGTON, D. E. Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes. **ASHRAE Transactions**, **88 Part 1**: 159-183, 1982.
- SCHWIMMER, S. **Source book of food enzymology**. AVI Publ. Co., Westport, 1981. 967 pag.
- SELVARAJ, Y.; KUMAR, R. e PAL, D. K. Changes in sugars, organic acids, amino acids, lipid constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Science and Technology**, **26(6)**: 308-313, 1989.
- SÉRIE AGROINDUSTRIAL **Armazenamento de gêneros e produtos alimentícios**. Gov. Estado de São Paulo, São Paulo. 1983. 402 pag.
- SHETTY, K. K.; KLOWDEN, M. J.; JANG, E. B. e KOCHAN, W. J. Individual shrink wrapping: a technique for fruit fly disinfestation in tropical fruits. **HortScience**, **4(2)**: 317-319, 1989.
- SHEWFELT, R. L. Quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, **44(6)**: 99-106, 1990.
- SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. e KIRK, J. R. Kinetics of quality degradation: ascorbic acid oxidation in infant formula during storage. **Journal of Food Science**, **41(2)**: 304-307, 1976.
- SMITH, S.; GEESON, J. e STOW, J. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings. **HortScience**, **22(5)**: 772-776, 1987.
- SUBRAMANYAN, H.; KRISHNAMURTHY, S. e PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Research**, **21**: 223-305, 1975.
- THOMAS, P. e OKE, M. S. Technical note: vitamin C content and distribution in mangoes during ripening. **Journal of Food Technology**, **15(6)**: 669-672, 1980.

- THOMAS, P. e JOSHI, M. R. Reduction of chilling injury in ripe Alphonso mango fruit in cold storage by temperature conditioning. **International Journal of Food Science and Technology**, **23(5)**: 447-455, 1988.
- VAZQUEZ-SALINAS, C. e LAKSHMINARAYANA, S. Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures. **Journal of Food Science**, **50(6)**: 1646-1648, 1985.
- VEERAJU, P. e KAREL, M. Controlling atmospheres in a fresh fruit package. **Modern Packaging**, **40(2)**: 168-174, 254, 1966.
- WALETZKO, P. e LABUZA, T. P. Accelerate shelf-life testing of an intermediate moisture food in air and oxygen free atmosphere. **Journal of Food Science**, **41(6)**: 1338-1340, 1976.
- WILLS, R. H. H. ; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W. B. e HALL, E. G. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. Avi Publ. Co., Westport, 1981. 163 pag.
- YAHIA, E. M. e HERNANDEZ, M. T. Tolerance and response of harvested mango to insecticidal low-oxygen atmospheres. **HortScience**, **28(10)**: 1031-1033, 1993.
- YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, **20(1)**: 41-45, 1985.
- YANG, C. C. e CHINNAN, M. S. Computer modeling of gas composition and color development of tomatoes stored in polymeric film. **Journal of Food Science**, **53(3)**: 869-872, 1988.
- YOUNG, L. That old MAP magic. **Canadian Packaging**, **42(5)**: 41-42, 1989.
- ZAGORY, D. e KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, **42(9)**: 70-74, 76-77, 1988.
- ZAGORY, D. e KADER, A. A. Quality maintenance in fresh fruits and vegetables by controlled atmospheres. In: JEN, J. J. **Quality factors of fruits and vegetables - Chemistry and Technology**. ACS Symposium Series 405, Washington DC, 1989.
- ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y.; ROT, I. e WEXLER, A. Chilling injury, peroxidase, and cellulase activities in the peel of mango fruit at low temperature. **HortScience**, **23(4)**: 732-733, 1988.