



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos



Manga (cv 'Tommy Atkins') Minimamente Processada – Desidratação Osmótica e Embalagem com Atmosfera Modificada

Lilian Karine Rodrigues
Engenheira de Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Miriam Dupas Hubinger

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas para
obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Alimentos.

Campinas, SP
2005

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

R618m Rodrigues, Lilian Karine
Manga (cv 'Tommy Atkins') minimamente processada – desidratação osmótica e embalagem com atmosfera modificada / Lilian Karine Rodrigues. – Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Míriam Dupas Hubinger
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Manga. 2. Minimamente processados. 3. Vida de prateleira. 4. Embalagem com atmosfera modificada. 5. Análise sensorial. I. Hubinger, Míriam Dupas. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Minimally processed mango (cv 'Tommy Atkins') – Osmotic dehydration and modified atmosphere packaging

Palavras-chave em inglês (Keywords): Mango, Minimally processing, Shelf life, Modified atmosphere packaging, Sensory Analysis.

Titulação: Mestre em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora: Míriam Dupas Hubinger
Hilary Castle de Menezes
José de Assis Fonseca Faria
Benedito Carlos Benedetti

**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos**

Manga (cv ‘Tommy Atkins’) Minimamente Processada – Desidratação Osmótica e Embalagem com Atmosfera Modificada

**Lilian Karine Rodrigues
Engenheira de Alimentos**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Miriam Dupas Hubinger

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas para
obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Alimentos.

**Campinas, SP
2005**

**Essa dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS no Curso de Pós-Graduação da
Faculdade de Engenharia de Alimentos da Faculdade Estadual de Campinas.**

Campinas, _____ de _____ de 2005.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Miriam Dupas Hubinger
(Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Hilary Castle de Menezes
(Membro da Banca)

Prof. Dr. José Assis Fonseca Faria
(Membro da Banca)

Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti
(Membro da Banca)



©Ian Maguire TREC/UF
Flor da mangueira 'Tommy Atkins' aumentada 30 vezes
Ian Maguire <http://tfphotos.ifas.ufl.edu>

Dedicado aos meus pais e namorado.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Israel e Doralice, pelo apoio durante toda minha vida acadêmica.

Ao meu namorado, Flavio Akio Tanaka, por todo carinho e paciência durante todos esses anos de convivência.

À Prof^a. Dr^a. Miriam Dupas Hubinger, pela orientação durante a realização deste trabalho.

À banca examinadora, composta pelos professores Dr^a. Hilary Castle de Menezes, Dr. José Assis Fonseca Faria e Dr. Benedito Carlos Benedetti, que através de suas valiosas sugestões, contribuíram para o enriquecimento dessa dissertação.

À Claire Isabel Grigoli de Luca Sarantópoulos, do Centro de Tecnologia em Embalagens, do Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela imensa colaboração.

À Helena Maria André Bolini, do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, pelo auxílio na elaboração dos experimentos envolvendo análise sensorial.

À Valéria Christina Amstalden Junqueira, do Centro de Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela colaboração na realização das análises microbiológicas.

Ao Prof. Dr. José Assis Fonseca Faria e à Akimie Alice Shiosawa do Departamento de Tecnologia, pela concessão de equipamentos do Laboratório de Embalagens, para a realização dos experimentos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado.

Ao Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição pela concessão de equipamentos de seus laboratórios para a realização de análises.

À Cristhiane pela imensa colaboração durante a fase experimental dos trabalhos.

À Leila e Alline pela orientação em vários momentos de dificuldades.

À Ana Ito e Katiuchia pelo trabalho fotográfico e de processamento de informações.

Aos meus colegas de curso e de laboratório pela amizade, apoio, companhia e colaboração durante todo o curso.

E a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

Resumo

O consumo de alimentos minimamente processados aumentou enormemente nos últimos anos e promoveu o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em processamentos leves, com o objetivo de manter o frescor do produto e aumentar sua resistência à degradação. A proposta do presente trabalho foi apresentar uma alternativa para o processamento mínimo de manga (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') por desidratação osmótica leve seguida de embalagem com atmosfera modificada passivamente e estocagem refrigerada. As melhores condições para a desidratação osmótica, solução de sacarose de 65°Brix, temperatura de 30°C por 1h sob agitação contínua, foi encontrada de acordo com a literatura e por um planejamento fatorial completo, buscando a mínima incorporação de sólidos. As taxas de respiração de fatias de manga frescas e desidratadas foram medidas e amostras desidratadas foram embaladas em diferentes filmes (PEBD e BOPP/PEBD) e potes (PP e PET com tampa acoplada). O filme PEBD foi escolhido para o estudo de vida de prateleira por diversas razões, incluindo a permeabilidade do filme na temperatura de estocagem e a manutenção da qualidade da fruta. Amostras desidratadas osmoticamente sob atmosfera modificada duraram 18 dias. Amostras controle foram a fruta fresca embalada em ar atmosférico (vida de prateleira de 8 dias) e a fruta fresca com atmosfera modificada (11 dias). Análises físico-químicas, microbiológica e sensorial durante a vida de prateleira atestaram o efeito positivo da desidratação osmótica e da atmosfera modificada na manutenção da qualidade de fatias de manga.

Palavras-chaves: manga; minimamente processados; vida de prateleira; embalagem com atmosfera modificada; análise sensorial.

Abstract

Minimally Processed Mango (cv 'Tommy Atkins') – Osmotic Dehydration and Modified Atmosphere Packaging

The consumption of lightly processed food had increased greatly in the past few years and promoted the development of new technologies based on mild processing, aiming at maintaining the product freshness and improving its resistance to degradation. The proposal of this work was to present an alternative for the minimal processing of mangoes (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins'), by mild osmotic dehydration followed by passive modified atmosphere packaging and refrigerated storage. The best condition for osmotic dehydration, 65°Brix sucrose solution, temperature of 30°C for 1h, under continuous agitation, was chosen according to the literature and using a complete factorial design, aiming for minimal solids uptake. The respiration rates of fresh and osmotically dehydrated mango slices were measured and treated samples were packed in different packaging films: LDPE bags, BOPP/LDPE bags, PP rigid trays and PET rigid trays with lids. The LDPE bags were chosen for the shelf life studies for several reasons including their film permeability at the storage temperature and fruit quality maintenance. Osmotic dehydrated samples under modified atmosphere lasted for 18 days. The control samples were fresh fruit packed in atmospheric air (shelf life of 8 days) and fresh fruit under passive modified atmosphere (11 days). Physico-chemical, microbiological and sensorial analyses throughout the storage time attested to the positive effect of osmotic dehydration and modified atmosphere in maintaining the quality of mango slices.

Key words: mango; minimally processing; shelf life; modified atmosphere packaging; sensory analysis.

Índice de Tabelas

Tabela 3.1.: Composição centesimal e informação nutricional.	09
Tabela 3.2.: Valores de referência para manga ‘Tommy Atkins’	20
Tabela 4.1.: Dados do Planejamento Fatorial.	32
Tabela 4.2.: Planejamento Fatorial Completo codificado e com valores reais.	32
Tabela 5.1.: Determinações físico-químicas de um lote de mangas ‘Tommy Atkins’.	39
Tabela 5.2.: Caracterização da manga fresca e desidratada osmoticamente nas condições escolhidas para o processo.	44
Tabela 5.3.: Taxa de transmissão (TR) estimada pelo modelo.	47
Tabela 5.4.: Taxa de transmissão de O_2 (TR) das embalagens selecionadas.	48
Tabela 5.5.: Cor instrumental - ΔE^* (diferença média de cor entre a fruta fresca e desidratada osmoticamente)	61
Tabela 5.6.: Cor instrumental – H^* (tom)	62
Tabela 5.7.: Contagem microbiológica de fatias de manga durante a vida de prateleira a 5°C.	70

Índice de Figuras

Figura 3.1.: Manga variedade 'Tommy Atkins'.	05
Figura 3.2.: Inflorescências da mangueira variedade 'Tommy Atkins'.	07
Figura 3.3.: Transferência de substâncias durante desidratação osmótica.	14
Figura 4.1.: Corte escolhido para o processamento.	25
Figura 5.1.: Perda de peso em fatias de manga.	40
Figura 5.2.: Perda de água em fatias de manga.	41
Figura 5.3.: Incorporação de sólidos em fatias de manga.	41
Figura 5.4.: Atividade de água em fatias de manga.	42
Figura 5.5.: Média das respostas da análise sensorial preliminar para aparência, doçura, textura e avaliação global de manga desidratada osmoticamente.	43
Figura 5.6.: Taxa de respiração de fatias de manga fresca, desidratada osmoticamente e da fruta inteira.	45
Figura 5.7.: Modificação da atmosfera interna em diferentes embalagens contendo fatias de manga desidratada osmoticamente.	49
Figura 5.8.: Perda de peso nos diferentes sistemas de embalagem selecionados.	51
Figura 5.9.: Avaliação sensorial de fatias de manga desidratadas osmoticamente acondicionadas em diferentes embalagens.	53
Figura 5.10.: Produtos acondicionados em diferentes embalagens no dia do processamento.	55
Figura 5.11.: Produtos acondicionados em diferentes embalagens após 14 dias de processamento.	55
Figura 5.12.: Modificação da atmosfera interna de embalagens contendo fatias de manga fresca embaladas em filme PEBD (FR MAP) e PVC perfurado (FR AR) e desidratadas osmoticamente, em filme PEBD (OD MAP).	57

Figura 5.13.: Perda de peso em embalagens de mangas frescas e desidratadas osmoticamente.	59
Figura 5.14.: Tensão de ruptura durante a vida de prateleira.	60
Figura 5.15.: Deformação de ruptura durante a vida de prateleira.	60
Figura 5.16.: C^* (Croma) durante a vida de prateleira.	61
Figura 5.17.: Regressão linear da análise sensorial de vida de prateleira de manga FR MAP e OD MAP – Impressão Global e Aparência da Fatia e da Embalagem.	63
Figura 5.18.: Regressão linear da análise sensorial de vida de prateleira de manga FR MAP e OD MAP – Aroma, Sabor e Textura.	64
Figura 5.19.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PVC perfurado (FR AR a).	66
Figura 5.20.: Histograma de Intenção de Compra para fatia de manga fresca armazenada em PVC perfurado (FR AR b).	66
Figura 5.21.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PEBD (FR MAP a).	67
Figura 5.22.: Histograma de Intenção de Compra para fatia de manga fresca armazenada em PEBD (FR MAP b).	67
Figura 5.23.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PEBD (OD MAP a).	68
Figura 5.24.: Histograma de Intenção de Compra para fatia de manga fresca armazenada em PEBD (OD MAP b).	68
Figura 5.25.: Fatias de manga FR AR após diferentes períodos de estocagem.	73
Figura 5.26.: Embalagem FR AR com fungos visíveis no dia 11.	73
Figura 5.27.: Embalagem FR AR com leveduras visíveis no dia 11.	73
Figura 5.28.: Fatias de manga FR MAP após diferentes períodos de estocagem.	75
Figura 5.29.: Diferentes embalagens abertas no dia 14. Vista da parte superior das fatias.	75

Figura 5.30.: Diferentes embalagens abertas no dia 14. Vista da parte inferior das fatias.	75
Figura 5.31.: Fatias de manga OD MAP após diferentes períodos de estocagem.	77
Figura 5.32.: Diferentes embalagens abertas no dia 18. Vista da parte superior das fatias.	77
Figura 5.33.: Diferentes embalagens abertas no dia 18. Vista da parte inferior das fatias.	77

Nomenclatura

PP (%)	perda de peso do produto desidratado
m_i	peso total do produto no tempo inicial (g)
m_f	peso total do produto no tempo final (g)
PA (%)	perda de água do produto desidratado
X_{bui}	teor de umidade em base úmida inicial do produto (%)
X_{buf}	teor de umidade em base úmida final do produto (%)
GS (%)	ganho ou incorporação de sólidos do produto desidratado
AT_i	teor de açúcares totais inicial do produto (%)
AT_f	teor de açúcares totais final do produto (%)
L^*	Luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco)
a^*	cromaticidade (+ a^* vermelho e – a^* verde)
b^*	cromaticidade (+ b^* amarelo e – b^* azul)
ΔE^*	diferença média de cor entre a fruta fresca e processada
C^*	croma
H^*	tom
RQ	quociente de respiração
Y	resposta do modelo de análise de superfície de resposta
x_1, x_2	codificação das variáveis de análise de superfície de resposta
$b_{índice}$	parâmetros do modelo de análise de superfície de resposta
P_{O_2}	coeficiente de permeabilidade do filme ao oxigênio (mL $\mu\text{m m}^{-2} \text{dia}^{-1} \text{atm}^{-1}$)
A	área do filme disponível para trocas gasosas (m^2)
Δx	espessura do filme (μm)
$RR_{O_2} ([O_2]_{pct})$	taxa de respiração do produto (O_2 consumido) em função da pressão parcial de O_2 dentro da embalagem (mL $\text{kg}^{-1} \text{dia}^{-1}$)
W	peso de fruta embalada (kg)
$[O_2]_{atm}$	pressão parcial de O_2 fora da embalagem (atm)
$[O_2]_{pct}$	pressão parcial de O_2 dentro da embalagem (atm)
TR	taxa de transmissão de gases através da embalagem (mL $\text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
Δp	gradiente de pressão parcial de gás permeante (atm)

Índice Geral

1. Introdução	01
2. Objetivos	03
3. Revisão Bibliográfica	
3.1. A Manga	05
3.2. O Processamento Mínimo	10
3.3. O Conceito de Barreiras	11
3.4. Qualidade	11
3.4.1. Contaminação Microbiológica	13
3.5. A Desidratação Osmótica	14
3.6. A Embalagem com Atmosfera Modificada	18
4. Material e Métodos	
4.1. Material	
4.4.1. Matéria-prima	23
4.4.2. Agente Sanitizante	23
4.4.3. Agente Desidratante	23
4.4.4. Embalagens	23
4.2. Métodos	
4.2.1. Caracterização da Matéria-Prima	24
4.2.2. Caracterização das Amostras	24
4.2.3. Etapas do Processamento	
4.2.3.1. Sanitização, Descascamento e Corte	25
4.2.3.2. Desidratação Osmótica	25
4.2.4. Análises Físico-Químicas	27
4.2.5. Ensaio Preliminares	31

4.2.5.1. Planejamento Fatorial e Análise de Superfície de Resposta	31
4.2.5.2. Análise Sensorial Preliminar	32
4.2.6. Medida da Taxa de Respiração	33
4.2.7. Escolha da Embalagem de Acondicionamento	33
4.2.7.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada	34
4.2.7.2. Perda de Peso	35
4.2.7.3. Análise Sensorial para Escolha de Embalagem	35
4.2.8. Determinação da Vida de Prateleira	35
4.2.8.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada	36
4.2.8.2. Perda de Peso	36
4.2.8.3. Análises Físico-Químicas	37
4.2.8.4. Análise Sensorial Comparativa	37
4.2.8.5. Análise Microbiológica	37
 5. Resultados e Discussão	
5.1. Caracterização da Manga Variedade ‘Tommy Atkins’	39
5.2. Efeito da Desidratação Osmótica em Fatias de Manga	40
5.3. Análise Sensorial Preliminar	43
5.4. Determinação da Taxa de Respiração do Produto	45
5.5. Escolha da Embalagem de Acondicionamento	47
5.5.1. Embalagens Selecionadas	48
5.5.2. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada	49
5.5.3. Perda de Peso	51
5.5.4. Análise Sensorial para Escolha de Embalagem	52
5.5.5. Aspecto Visual dos Produtos	54
5.6. Determinação da Vida de Prateleira	57
5.6.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada	57

5.6.2. Perda de Peso	58
5.6.3. Características Físico-Químicas	59
5.6.4. Análise Sensorial Comparativa	62
5.6.5. Análise Microbiológica	69
5.6.6. Aspecto Visual dos Produtos	71
 6. Conclusões	 79
 7. Referências Bibliográficas	 81
 Apêndice I	 87
 Apêndice II A	 90
Apêndice II B	91
Apêndice II C	92
 Apêndice III A	 94
Apêndice III B	95
 Apêndice IV	 97
 Apêndice V	 98

1. Introdução

“A crescente participação da mulher no mercado de trabalho, o aumento do número de restaurantes de comida a quilo, a estabilização da moeda e a preocupação com o consumo de alimentos mais saudáveis, especialmente frutas e hortaliças em suas diversas formas, têm provocado verdadeira revolução nos hábitos de consumo da população brasileira, particularmente nos grandes centros urbanos. Com núcleos familiares cada vez menores e sem dispor de tempo suficiente para o preparo de frutas e hortaliças da maneira tradicional, os consumidores têm demandado cada vez mais produtos que recebem algum tipo de preparo, antes de serem adquiridos (A IMPORTÂNCIA, 1999)”.

Frutas e hortaliças frescas nunca deixaram de ser consumidos pela população urbana, mas o estilo de vida dos grandes centros faz com que, a cada dia, menos pessoas tenham tempo disponível para preparar seus próprios alimentos. A comodidade oferecida pelos produtos processados e industrializados reside principalmente em sua longa vida de prateleira, o que permite o estocagem destes alimentos por períodos maiores. Segundo reportagem sobre o assunto (A IMPORTÂNCIA, 1999), “a praticidade é o predicado que 74% dos consumidores dos pré-processados mais levam em consideração na hora da compra”.

A descoberta de novos componentes nutricionais e avanços na área de nutrição fez com que a procura por alimentos mais saudáveis por parte da população urbana mundial se tornasse uma tendência, há tempos percebida pela indústria e comércio. Pesquisadores de todo o mundo buscam meios de conservar os alimentos sem alterar suas características de cor, aroma, sabor e textura, preservando ao máximo suas características nutricionais.

Neste contexto, surgiu o que se denominam hoje de produtos frescos em corte e/ou produtos minimamente processados. Verduras e legumes frescos cortados, em porções pequenas e prontas para consumo, como saladas prontas, já são uma realidade nos supermercados brasileiros. Além de conveniência, esses produtos conferem como vantagem a diminuição do desperdício ao se adquirir porções pequenas, pois há uma tendência brasileira clara na diminuição do

tamanho das famílias, percebida principalmente nas classes sociais mais elevadas, e o aumento do número de pessoas que residem sozinhas.

O termo minimamente processado abrange uma grande variedade de tecnologias e métodos para a preservação de alimentos, durante seu transporte do local de produção agrícola ao consumidor, envolvendo procedimentos e processos que modificam os atributos de qualidade e frescor inerentes aos alimentos o mínimo possível (OHLSSON, 1994).

A manga é uma fruta muito apreciada pelos brasileiros, além de ser largamente exportada. Há algumas centenas de variedades conhecidas, mas de pequena importância comercial devido a características pouco desejáveis, como tamanho pequeno e grande quantidade de fibras e de fiapos. Frutas de cores vermelha e rosada também são mais apreciadas que as demais. Variedades comerciais, como a 'Tommy Atkins', são resultados de extensas pesquisas de seleção e melhoramento genético.

A desidratação osmótica é um processo de remoção de água baseado na colocação de alimentos, tais como pedaços de frutas ou hortaliças, em uma solução hipertônica (LERICI *et al.*, 1985; LENART, 1996). Além de diminuir a atividade de água do produto, confere características físicas e sensoriais peculiares ao mesmo. A embalagem com atmosfera modificada pode ser definida como o confinamento de produtos alimentícios em materiais com barreira a gases, nos quais o conteúdo gasoso tenha sido modificado de modo tanto a inibir agentes deteriorantes como a manter a alta qualidade de um alimento perecível durante sua vida útil (CHURCH & PARSONS, 1995). Esta tecnologia visa diminuir a taxa de respiração dos tecidos e inibir o crescimento microbiano, e atua em sinergia com a refrigeração.

2. Objetivo

O objetivo do estudo foi desenvolver um produto minimamente processado utilizando a desidratação osmótica, embalagem com atmosfera modificada e refrigeração como barreiras para aumentar a vida de prateleira do produto final, mantendo as características de frescor da manga fresca e assegurando sua qualidade microbiológica.

Como objetivos específicos tem-se:

1. Definir as melhores condições do processo de desidratação osmótica para o produto minimamente processado, baseado em literatura e planejamento experimental.
2. Escolher o sistema de embalagem mais adequado baseado na taxa de respiração, cálculos teóricos e análise sensorial em produtos estocados em diferentes condições de atmosfera modificada.
3. Estudar a vida de prateleira do produto desidratado osmoticamente embalado com atmosfera modificada, na melhor condição selecionada no objetivo 2, utilizando como controle a fruta fresca em fatias embalada com atmosfera modificada e a fruta fresca em fatias embalada com filme perfurado (ao ar atmosférico).

3. Revisão Bibliográfica

3.1. A Manga

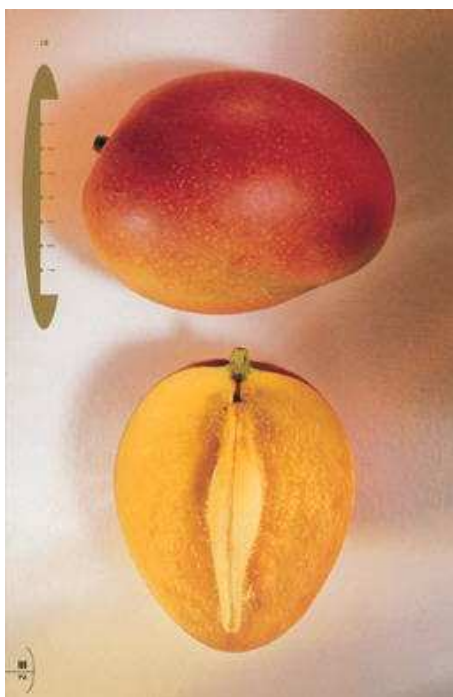


Figura 3.1.: Manga variedade 'Tommy Atkins'.
Fonte: <http://www.tropicalfruit.com>

A manga (*Mangifera indica*) é uma fruta de forma alongada, ovóide ou arredondada, de casca geralmente esverdeada com manchas pretas, amarelas ou róseas quando madura. Sua polpa carnosa e succulenta é fibrosa em algumas variedades e possui coloração amarela ou amarelo-alaranjada. Possui semente achatada de tamanho variável (GOMES, 2003). É uma fruta climatérica, altamente perecível, devido a atividades enzimáticas degradativas (tais como poligalacturonase e celulase), entre outras causas, que são ativadas no período de maturação, causando redução no conteúdo de fibras dietéticas e amolecimento da fruta (GIRALDO *et al.*, 2003).

É uma fruta nativa da Ásia, mais precisamente da Índia, do sudoeste do continente asiático e das ilhas circunvizinhas, de grande variação genética, sendo encontradas de 500 a 1000 variedades diferentes, dependendo da literatura consultada (GOMES, 2003). No entanto, as mangas mais cultivadas comercialmente alcançam menor número, cerca de 350 variedades (TFNet, 2004). Basicamente, são cultivares obtidos após cuidadoso processo de seleção e de melhoria da fruta (GOMES, 2003). No Brasil, as variedades mais cultivadas comercialmente são 'Tommy Atkins', que responde por cerca de 80% da área cultivada, Haden e Keitt (ALMEIDA & SILVA SOUZA, 2000).

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma planta cujo cultivo aceita qualquer tipo de solo, adaptando-se melhor em regiões de clima quente e chuvoso. É uma árvore de grande porte e longevidade, que pode chegar até a 30 metros de altura. Possui copa densa e frondosa com folhas coriáceas, de coloração avermelhada quando jovem, mas que se tornam verde



Figura 3.2.: Inflorescências da mangueira variedade 'Tommy Atkins'.
Fonte: Ian Maguire <http://tfphotos.ifas.ufl.edu>

escura. Suas flores são alvas, róseas ou esverdeadas (GOMES, 2003).

Atualmente é cultivada em todos os países da faixa tropical e equatorial do globo (GOMES, 2003). A produção mundial foi de 26,5 milhões de toneladas em 2002. A Índia é o maior produtor mundial, com 10,6 milhões de toneladas. A Ásia respondeu por cerca de 75,34% de toda produção. Os maiores produtores mundiais foram Índia, China, Tailândia, México e Paquistão. O Brasil produziu 3,3% do total mundial, ou 842.349 mil toneladas, sendo que os maiores estados produtores foram Bahia, São Paulo e Pernambuco, que responderam por 71,0% da produção (FAO, 2003; MI, 2004).

Apesar da produção relativamente pequena, o Brasil tem tido uma crescente participação no mercado mundial, exportando para a Europa e Estados Unidos, sendo, talvez, a fruta brasileira com maior potencial de crescimento de exportações no curto prazo (ARAÚJO, 2004; GOMES, 2003; CATI, 2003). O país está entre os maiores exportadores, ofertando a fruta no período de entressafra mundial. Mas as exportações poderiam ser maiores, já que a fruta ainda é considerada exótica nos principais países importadores (ALMEIDA & SILVA SOUZA, 2000).

Devido ao grande número de cultivares, as informações nutricionais encontradas geralmente apresentam divergências em alguns componentes. No entanto, é reconhecida como boa fonte de fibras e vitaminas A e C por vários autores. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação da UNICAMP, traz a composição centesimal (umidade, proteínas, lipídeos totais, carboidratos totais e cinzas), minerais, vitaminas e colesterol da variedade ‘Tommy Atkins’, que surpreende no resultado da análise de retinol, considerado zero.

Tabela 3.1.: Composição centesimal e informação nutricional.

Componente	por porção de 100 g	
	TFNet	TACO
Umidade (%)	-	86
Calorias (kcal)	69,0	51
Proteínas (g)	2,1	1
Lipídios (g)	0,5	Tr
Colesterol (mg)	-	0
Carboidratos (g)	14,1	13
Fibras (g)	0,4 (Bruta)	2,1 (Alimentar)
Cinzas (g)	0,4	0,3
Cálcio (mg)	19,0	8
Cobre (mg)	-	0,06
Fósforo (mg)	15,0	14
Ferro (mg)	0,2	0,1
Magnésio (mg)	-	7
Manganês (mg)	-	0,3
Zinco (mg)	-	0,1
Sódio (mg)	7,0	< 0,4
Potássio (mg)	45,0	138
Vitamina A (mg)/ Retinol (mcg)	3894,2	0
Vitamina B1 (mg)/ Tiamina (mg)	0,1	< 0,03
Vitamina B2 (mg)/ Riboflavina (mg)	0,1	0,04
Vitamina B6 (mg)/ Piridoxina (mg)	-	0,03
Niacina (mg)	0,2	-
Vitamina C (mg)	27,7	-

Fonte: TFNet – International Tropical Fruits Network (2004) e TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2004).

A manga da variedade ‘Tommy Atkins’ apresenta tempo de estocagem mais prolongado e maior resistência mecânica e térmica quando comparada a outras variedades comerciais. É a mais comercializada e exportada pelo Brasil e está disponível praticamente durante todo o ano (ARAÚJO, 2004). É a variedade preferida dos fruticultores por ser tolerante à antracnose e responder melhor aos processos tecnológicos, como a indução floral e o estresse hídrico, entre outros,

cujas finalidades são a antecipação da colheita para o mercado e a oferta na entressafra. Responde por cerca de 77% da área cultivada no vale do rio São Francisco (BRASIL, 1998; BRASIL, 1999). Por esses motivos, foi a variedade escolhida para a pesquisa. Além destes convenientes, é uma das variedades menos doces, o que pode ser vantajoso quando se pretende processar osmoticamente.

3.2. O Processamento Mínimo

O termo minimamente processado encobre uma grande variedade de tecnologias e métodos para a preservação de alimentos durante seu transporte do local de produção agrícola ao consumidor. Todos os métodos de processamento mínimo envolvem procedimentos e processos que modificam o mínimo possível os atributos de qualidade e frescor inerentes aos alimentos, ao mesmo tempo em que fornecem aos produtos alimentícios uma vida de prateleira suficiente para seu transporte da planta de processamento aos consumidores (OHLSSON, 1994).

Processamento mínimo já foi definido como o manuseio, preparação e distribuição de “commodities” agrícolas frescas, mas atualmente pode incluir diversas tecnologias como salas limpas, aplicação de alta pressão, irradiação e pulsos eletromagnéticos de alta intensidade nos alimentos, aquecimento por alta frequência, ôhmico e por microondas, entre outras novas tecnologias de preservação disponíveis, além de uso de preservantes e embalagem e estocagem com atmosfera modificada (OHLSSON, 1994).

A centralização da lavagem, descascamento e corte tem como objetivo produzir hortaliças e outros produtos agrícolas que ofereçam grande conveniência (AHVENAINEN, 1996; OHLSSON, 1994). Os produtos obtidos são freqüentemente menos estáveis devido à atividade enzimática das paredes celulares cortadas e também à contaminação bacteriológica do manuseio durante o processamento (OHLSSON, 1994; WILEY, 1997).

As tecnologias de processamento mínimo representam uma maneira de conciliar a já bem estabelecida tendência das demandas dos consumidores por

conveniência, variedade e qualidade de produtos frescos (AHVENAINEN, 1996; ALZAMORA *et al.*, 1998).

Grande parte das pesquisas nesta área está sendo desenvolvida na Europa Ocidental, Japão e Estados Unidos como resposta a uma forte demanda por parte do consumidor, tanto individual como institucional (WILEY, 1997).

3.3. O Conceito de Barreiras

O conceito de barreiras é uma ilustração simplificada do princípio da combinação de processos. A estabilidade na estocagem é alcançada pela combinação de um número de “barreiras” (substâncias ou processos que inibem os processos de deterioração), tal qual baixa temperatura de estocagem, baixo pH e alto conteúdo de sal (OHLSSON, 1994), ou como proposto, a desidratação osmótica, embalagem com atmosfera modificada e estocagem refrigerada.

O conceito da tecnologia de barreiras (ou mais precisamente, obstáculos) não é novo, e a combinação de fatores preservantes já é conhecida e utilizada há séculos. No entanto, foi adotado há algumas décadas como um método para preservar alimentos utilizando tratamentos brandos, cujo objetivo é inibir o crescimento e proliferação de microrganismos indesejáveis, e não efetivamente eliminar esses microrganismos (LEISTNER & GORRIS, 1995).

Há um reconhecimento crescente de que produtos minimamente processados são bons meios para o crescimento de microrganismos e de que representam um risco potencial à saúde dos consumidores. Com uma seleção cuidadosamente estudada de barreiras, as proliferações microbiológicas em alimentos minimamente processados podem ser muito reduzidas, sem perda da qualidade do alimento (ALZAMORA *et al.*, 1998).

3.4. Qualidade

Qualidade pode ser vista como a ausência de defeitos ou nível de excelência. A qualidade de alimentos engloba tanto atributos sensoriais, que são facilmente percebidos pelos sentidos humanos, quanto atributos imperceptíveis,

como segurança e valor nutricional, que requerem sofisticada instrumentação para medição. A qualidade pode ser orientada para o produto ou para o consumidor (SHEWFELT, 1999). Produtos minimamente processados podem ser incluídos na segunda opção, pois representam, além de tudo, comodidade.

Os consumidores esperam que produtos frescos em cortes sejam livres de defeitos, no grau de maturação ótima e em condições de frescor. Essas condições incluem aparência geral, qualidade sensorial (textura e sabor) e qualidade nutricional, que são afetados por vários fatores (SHEWFELT, 1987; WATADA & QI, 1999), como substâncias endógenas e abusos físicos, além dos fatores que limitam a vida de prateleira de um produto (KADER *et al.*, 1989). Mangas “de vez” (no tempo próprio de ser colhido, mas ainda não madura) e maduras em excesso, desidratadas osmoticamente, apresentam baixa qualidade sensorial (SAGAR & KHURDIYA, 1996).

A vida útil desses produtos pode ser limitada pela perda de água, escurecimento enzimático, crescimento microbiológico, perda de cor da superfície e senescência causada pela contínua respiração e produção de etileno (AHVENAINEN, 1996; CHURCH & PARSONS, 1995; KADER *et al.*, 1989). A senescência começa quando o estoque de amido/açúcar contido no produto é consumido. A taxa de consumo de amido/açúcar é determinada pela taxa de respiração, portanto, a vida de prateleira é inversamente proporcional à taxa de respiração (CHURCH & PARSONS, 1995). Com o aumento da taxa de respiração, a deterioração aumenta em taxas comparáveis, portanto, baixa temperatura é essencial para manter boa qualidade (WATADA & QI, 1999). A embalagem com atmosfera modificada pode reduzir a taxa de respiração aeróbica pela redução da pressão de O₂ (CHURCH & PARSONS, 1995).

Frutas e hortaliças frescas em cortes são altamente perecíveis devido aos danos e exposição dos tecidos e falta de camada de proteção ou casca (WATADA & QI, 1999). Durante as operações de descascamento e corte, muitas células são rompidas e produtos intracelulares, como enzimas oxidativas, são liberadas (AHVENAINEN, 1996). Os danos causados pelo processamento podem ser minimizados pelo uso de ferramentas de corte afiadas e inibidores de escurecimento enzimático (WATADA & QI, 1999).

3.4.1. Contaminação Microbiológica

Durante o descascamento e corte, a superfície do produto é exposta ao ar e a possíveis contaminações de bactérias, fungos e leveduras. Os altos níveis iniciais da microflora são, provavelmente, devidos aos equipamentos de corte e ao ar ambiente, assim como às contaminações naturais e de manuseio (AHVENAINEN, 1996).

A alta contagem inicial de microrganismos faz com que seja difícil estabelecer um valor além do qual um produto possa ser considerado impróprio. Vários estudos mostraram que não existe uma correlação simples entre medidas químicas, tais como pH, níveis de ácido láctico, ácido acético e CO₂, qualidade sensorial e contagem microbiológica (AHVENAINEN, 1996). De fato, diferentes frutas e hortaliças minimamente processadas aparentam ter diferentes padrões de contaminação, os quais variam de acordo com as características da matéria-prima (AHVENAINEN, 1996; ALZAMORA *et al.*, 1998).

Os tipos e população de microrganismos que estarão presentes serão afetados pela microflora nativa, pelos contaminantes antes e depois do processamento, pelos efeitos do processamento e embalagem, pelas propriedades intrínsecas do alimento (como atividade de água, pH, tipo de acidez, antimicrobianos, nutrientes, O₂, potencial redutor, componentes do alimento, etc), e pelos fatores extrínsecos aplicados (como composição da atmosfera interna da embalagem, temperatura durante estocagem, umidade relativa, luz, tratamento térmico antes do consumo, entre outros) (ALZAMORA *et al.*, 1996).

Surtos de infecção alimentar associados com microrganismos patogênicos em frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas vêm recebendo atenção nos últimos tempos, e diversas pesquisas sobre o assunto estão sendo publicadas. Apesar do número de casos ser pequeno, pesquisas sobre Boas Práticas de Fabricação e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle estão sendo desenvolvidas com o intuito de assegurar a qualidade destes produtos (HOWARD & GONZALES, 2001).

3.5. A Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica é um processo de remoção de água, baseado na imersão de alimentos, tais como pedaços de frutas ou hortaliças, em uma solução hipertônica. Desde que esta solução tenha alta pressão osmótica e, portanto, baixa atividade de água, um gradiente de concentração é criado entre solução e alimento, enquanto as paredes naturais das células agem como uma membrana semipermeável (Figura 3.3.). Como a membrana é somente parcialmente seletiva, há sempre alguma migração de soluto da solução para o alimento e do alimento para a solução. A desidratação osmótica direta é, portanto, um processo simultâneo de difusão de água e solutos (LERICI *et al.*, 1985; LENART, 1996). Como sempre há a migração do soluto da solução para o alimento, é possível introduzir quantidade desejada de um princípio ativo, agente preservante, soluto de interesse nutricional ou melhorador da qualidade sensorial no produto de interesse (RAOULT-WACK, 1994).

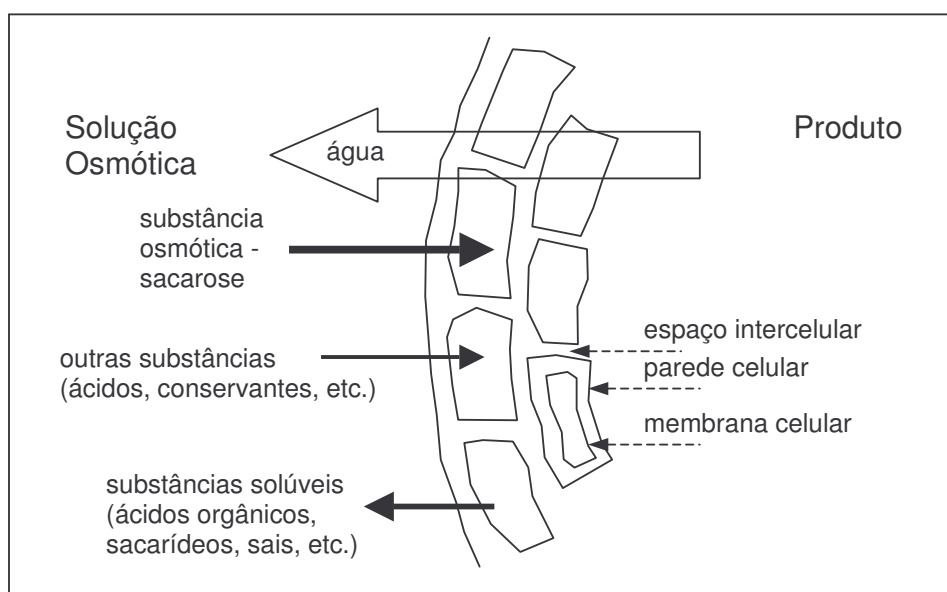


Figura 3.3.: Transferência de substâncias durante desidratação osmótica.

A desidratação osmótica é um processo utilizado comumente no processamento de frutas e hortaliças para a obtenção de diversos tipos de produtos, tais como produtos minimamente processados, de umidade

intermediária ou como pré-processamento para processos de secagem convencional ou congelamento / liofilização (CHIRALT *et al.*, 2001).

Algumas das vantagens da desidratação osmótica, em comparação com outros processos de secagem convencionais, incluem minimizar os efeitos negativos do calor à cor e ao aroma e diminuir a descoloração de frutas pelo escurecimento enzimático oxidativo (LERICI *et al.*, 1985). Outro fator que pode ou não ser benéfico é a incorporação do agente desidratante ao alimento, o que pode causar acentuada mudança sensorial.

PONTING *et al.* (1966), indicaram a sacarose, ou xarope de sacarose, como o melhor agente desidratante para frutas, devido a sua efetividade, conveniência e sabor agradável. Além desses fatos, pode-se citar a possibilidade da reutilização desse xarope e seu baixo custo. BOLIN *et al.* (1983) confirmaram esse fato trabalhando com a comparação entre xarope de milho com alto teor de frutose, sacarose e sorbitol na desidratação de frutas. HAWKES & FLINK (1978) e LENART (1996) também obtiveram resultados favoráveis à sacarose.

A desidratação osmótica de frutas e hortaliças vem sendo estudada há décadas por diversos pesquisadores em todo o mundo. Alguns trabalhos sobre a desidratação osmótica da manga já foram publicados, foram investigadas as influências do tempo, temperatura, agentes desidratantes, concentração desses agentes, utilização ou não de vácuo, geometria dos pedaços e efeito de diferentes pré-tratamentos.

MÚJICA-PAZ *et al.* (2003) relataram que a utilização de vácuo na desidratação osmótica de manga influencia tanto na perda de água quanto na incorporação de sólidos, mas afeta pouco a perda de peso, principalmente em xaropes de altas concentrações (perda de peso de aproximadamente 8 a 9%, a 60°Brix, para vácuo de 135 a 180mmHg). A influência da concentração do xarope de sacarose se mostrou independente da utilização do vácuo e a perda de água, assim como a atividade de água, foi proporcional à concentração dos xaropes, sendo máxima a 60°Brix (máxima concentração estudada), com incorporação mínima de sólidos.

GIRALDO *et al.* (2003) estudaram a influência da concentração do xarope de sacarose na cinética de desidratação osmótica de mangas e chegaram aos

mesmos resultados que MÚJICA-PAZ *et al.* (2003). Ambos os estudos indicaram menor ganho de sólidos e maior perda de peso com o aumento da concentração do xarope de sacarose utilizado nos experimentos. GIRALDO *et al.* (2003) ressaltaram que a sacarose é o principal açúcar presente na manga e que, portanto, tratamentos osmóticos utilizando soluções desse açúcar são as que alteram menos as propriedades sensoriais da fruta.

Os estudos de SABLANI *et al.* (2003) com a influência da temperatura (22, 40, 60 e 90°C), concentração do xarope de sacarose (30 a 70% em peso) e geometria dos pedaços (cubos, fatias e cunhas), permitiram concluir que a influência da geometria é mínima e da temperatura, máxima, para o coeficiente de partição. Cabe ressaltar que PONTING *et al.* (1966) indicaram que a utilização de altas temperaturas (acima de 50°C) na desidratação osmótica de frutas não é recomendada, pois afetam negativamente a cor, facilitam a perda de substâncias voláteis (aromas) e provocam danos à parede celular.

TEDJO *et al.* (2002), comparando a influência de diferentes pré-tratamentos (aplicação de pulsos elétricos de alta intensidade, alta pressão e dióxido de carbono supercrítico) na cinética de difusão de mangas desidratadas osmoticamente concluíram que, apesar de todos os pré-tratamentos utilizados influenciarem positivamente no processo, nenhum pré-tratamento afeta o tempo em que as taxas de trocas de água e solutos tendem à estabilização. Nos primeiros 60 minutos as taxas de troca foram acentuadas, e começaram a estabilizar em 3 horas, para todas as amostras, com e sem pré-tratamentos. Segundo trabalhos de ISSE & SCHUBER, *in* GIRALDO *et al.* (2003), após 60 minutos de tratamento osmótico com xarope concentrado de sacarose ocorre uma apreciável redução no número de poros dos tecidos de superfície, causando o endurecimento dos tecidos e diminuindo a velocidade do processo.

MADAMBA & LOPEZ (2002) e SANTOS (2003) trabalharam com a otimização da desidratação osmótica de fatias de mangas utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta. Os primeiros utilizaram mangas da variedade carabao, e variáveis de tempo de tratamento (3, 5 e 7h), temperatura (20, 30 e 40°C), concentração de sacarose (40, 50 e 60% em peso) e espessura de fatias (2, 4 e 6mm). Concluíram que as condições ótimas para o produto, determinado pelo

resultado de painéis sensoriais previamente estabelecidos (mínimo de 30% em perda de peso e mínimo de 8% em absorção de sacarose), são encontradas para fatias de 5mm, xarope de sacarose 65°Brix a 35°C, durante 6 horas, pois o objetivo era a máxima desidratação.

SANTOS (2003), trabalhando com mangas da variedade 'Tommy Atkins', objetivou maximizar a perda de umidade e minimizar a incorporação de sólidos. Suas variáveis foram tempo de tratamento (1,5 a 4h) e temperatura (30 a 50°C), a concentração de sacarose foi fixada em 65% em peso e as fatias em 5mm de espessura. Seus ensaios indicaram a utilização de 30°C por 90 a 165min, para obtenção de até 40% de perda de água e incorporação de sólidos inferiores a 8%. Sugeriu que para valores de perda de água superiores a 30% e incorporação de sólidos inferiores a 10%, a temperatura ambiente da região de Campinas-SP, para tempos maiores, poderia ser utilizada.

TOVAR *et al.* (2001 a; 2001 b) estudaram a fisiologia da manga fresca e desidratada osmoticamente em fatias de 10mm, utilizando xarope de sacarose 65°Brix a 35°C, sob 211mbar de vácuo, por 30min. Ácido cítrico e benzoato de sódio foram empregados como preservantes, e as fatias, depois de desidratadas foram acondicionadas em câmaras de acrílico cobertas com polietileno de alta densidade. Em TOVAR *et al.* (2001 a) indicaram que tratamentos brandos de desidratação osmótica não alteram a qualidade sensorial de fatias de mangas e previnem perdas da integridade das membranas durante os primeiros estágios da estocagem refrigerada. Pelos resultados não foi detectado etileno nas fatias de manga estocadas, embora os tecidos não tenham perdido a habilidade de sintetizar a substância. Além disso, concluíram que tratamentos brandos de desidratação osmótica sob vácuo, combinados com baixas temperaturas de estocagem podem ser utilizados para estender a vida de prateleira de mangas minimamente processadas por até 20 dias. Em TOVAR *et al.* (2001 b) é comprovada a formação de uma camada de proteção nas fatias de manga, decorrentes da aplicação de cloreto de cálcio (CaCl_2) na concentração de 2g L^{-1} em solução, que diminui as mudanças fisiológicas ocorridas por injúrias mecânicas. As fatias de mangas desidratadas osmoticamente armazenadas a 5 e 13°C produziram maior quantidade de CO_2 nessas condições que as fatias não

desidratadas. Os autores sugerem que a maior produção de CO₂ deva estar relacionada ao metabolismo de ácido málico pelos tecidos, apesar de concluírem que a desidratação provoca menos alterações no balanço de ácidos orgânicos da fruta.

NASSU *et al.* (2001) obtiveram bons resultados na avaliação sensorial de mangas tratadas osmoticamente, embora o método de desidratação empregado não tenha sido usual, devido ao longo tempo de processo e uso de conservante. Trabalharam com cubos branqueados e desidratados em solução de sacarose 25°Brix a 28-30°C, por 5 dias, contendo dióxido de enxofre (SO₂) em duas diferentes concentrações (600 e 900ppm).

De acordo com a literatura, permite-se concluir que a utilização de xarope de sacarose 65°Brix a 30°C, por tempo de processamento inferior a 3 horas, para obtenção de fatias de frutas desidratadas osmoticamente com manutenção de suas características sensoriais foi a condição indicada para processar fatias de manga.

3.6. A Embalagem com Atmosfera Modificada

A embalagem com atmosfera modificada pode ser definida como o confinamento de produtos alimentícios em materiais com barreira a gases, nos quais o conteúdo gasoso tenha sido modificado de modo tanto a inibir agentes deteriorantes, como a manter alta a qualidade de um alimento perecível durante sua vida útil ou, na verdade, estender sua vida de prateleira (CHURCH & PARSONS, 1995).

Pode se apresentar de três formas: a embalagem a vácuo, a embalagem com conteúdo gasoso e a embalagem com aplicação de vácuo moderado (AHVENAINEN, 1996; CHURCH & PARSONS, 1995). A embalagem a vácuo evita os dois maiores agentes deteriorantes de alimentos, as bactérias aeróbicas e as reações oxidativas, que requerem oxigênio. No entanto, como o sistema de embalagem precisa acomodar as trocas gasosas da respiração, a embalagem a vácuo é inaplicável para frutas e hortaliças (CHURCH & PARSONS, 1995).

O princípio básico da embalagem com atmosfera modificada é que essa atmosfera pode ser criada passivamente, utilizando apropriadamente a permeabilidade do material; ativamente, utilizando uma mistura específica de gases ou absorvedores, ou com uma combinação entre as duas. O objetivo principal é criar um balanço de gases ótimo dentro da embalagem, em que a atividade respiratória dos tecidos seja a mais baixa possível, mas os níveis de O₂ e CO₂ não sejam prejudiciais ao produto (AHVENAINEN, 1996; KADER *et al.*, 1989).

O mais interessante seria desenvolver um sistema de embalagem que produzisse uma atmosfera apropriada, relacionando a respiração do produto e a permeabilidade do material de embalagem. Em tal sistema, a permeabilidade do material de embalagem (entrada de O₂ e saída de CO₂) é selecionada de acordo com a taxa de respiração do produto (taxa de consumo de O₂ e de produção de CO₂) de modo que, com o passar dos dias, a atmosfera se modifique de 20,95% v/v O₂ e 0,03% v/v CO₂, como encontrado no ar, para 2-5% v/v e 3-8% v/v, respectivamente (CHURCH & PARSONS, 1995).

Entretanto, este objetivo é o mais difícil entre todos os itens a serem desenvolvidos na produção de frutas e hortaliças prontas para uso ou consumo, de boa qualidade e com vida de prateleira de vários dias. O principal problema é que nenhum dos materiais de embalagem disponíveis no mercado é permeável o suficiente. A maioria dos filmes não resulta em atmosferas ótimas de CO₂ e O₂, especialmente quando o produto tem alta taxa de respiração (AHVENAINEN, 1996).

Modificando a composição e algumas vezes a pressão total da atmosfera interna da embalagem, as reações biológicas que reduzem a qualidade e segurança podem ser muito diminuídas ou inibidas. No caso da estocagem de frutas e hortaliças, o aumento da concentração de dióxido de carbono tem um efeito antimicrobiano. O CO₂ é bacteriostático e fungistático, altas concentrações de CO₂ irão inibir o crescimento de microrganismos durante o tempo em que a concentração de CO₂ dissolvido for mantida na superfície do alimento. A estocagem refrigerada é necessária para que a alta concentração de CO₂ seja efetiva. Além disso, a redução da concentração de oxigênio (3-5%) retarda a

respiração e prolonga a vida de prateleira. A redução da pressão durante a estocagem também é utilizada, freqüentemente em combinação com níveis de CO₂ e O₂ modificados (OHLSSON,1994).

No entanto, o desenvolvimento de tais embalagens é complicado pelo fato de que tanto a taxa de respiração quanto a permeabilidade das embalagens é variável. A taxa de respiração depende de vários fatores, como tipo de produto, variedade, grau de maturação, quantidade do produto na embalagem, severidade do processamento deste produto (tamanho de fatias ou cubos, ou seja, a quantidade de superfície exposta à atmosfera da embalagem), temperatura de estocagem e possivelmente luz. A permeabilidade das embalagens depende do material e área de superfície, sendo grandemente influenciada pela temperatura de estocagem (CHURCH & PARSONS, 1995; KADER *et al.*, 1989).

KADER *et al.* (1989) forneceram alguns valores utilizados como referência em trabalhos com embalagens com atmosfera modificada. Sugeriram que a mínima concentração de O₂ tolerada pela maior parte de frutas e hortaliças em cortes ou fatiados seja de 1,0%, e que a máxima concentração de CO₂ tolerada por mangas frescas inteiras seja de 5,0%. Exposições a menos de 2% de O₂ e/ou a mais de 8% de CO₂ podem induzir à descoloração da casca, coloração acinzentada da polpa e desenvolvimento de odores indesejáveis em mangas frescas inteiras (KADER, 2003).

Tabela 3.2.: Valores de referência para manga 'Tommy Atkins'.

Atmosfera	Temperatura (°C)	Respiração (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
Ar	10	15,0
Ar	15	31,0
Ar	20	61,0
4% O ₂ + 7% CO ₂	10	8,0
4% O ₂ + 7% CO ₂	15	14,0
4% O ₂ + 7% CO ₂	20	44,0

Fonte: KADER *et al.*, 1989.

COOPERHOUSE (2003) recomenda que a porcentagem de O₂ em embalagens de frutas e hortaliças, visando tanto a segurança, quanto a qualidade do produto, decresça a valores entre 1 e 5%. Ressalta a importância do

desenvolvimento de sistemas de embalagens que assegurem a permanência de atmosfera aeróbica interna e aconselha a incorporação de outras barreiras ao produto para minimizar os riscos de crescimento de microrganismos patogênicos.

As consequências de um desenvolvimento de embalagem inadequado ou deficiente serão, portanto, significativas. Se um filme com permeabilidade excessiva for utilizado, não haverá modificação na atmosfera interna. Do contrário, se um filme com insuficiente permeabilidade for utilizado, uma atmosfera com conteúdo de O₂ de menos de 2% v/v se desenvolverá, causando perdas de qualidade tanto devido à respiração anaeróbica (formação de etanol e acetaldeídos, causando odores desagradáveis), quanto a desordens fisiológicas específicas (CHURCH & PARSONS, 1995; KADER *et al.*, 1989).

A mistura ideal de gases para produtos minimamente processados sob atmosfera modificada tem sido baseada na recomendada para o produto inteiro. Produtos em cortes provavelmente podem tolerar níveis mais extremos de O₂ e CO₂, porque estes não possuem mais pele ou casca para restringir a difusão de gases, e a distância da difusão dos gases do centro para fora do produto é muito menor que para o produto inteiro. Entretanto, níveis mínimos, que podem causar danos, devem ser evitados, porque a mistura de gases em atmosfera modificada não pode ser regulada com muita acuracidade (WATADA & QI, 1999).

Produtos frescos em cortes são altamente susceptíveis à perda de água porque os tecidos internos são expostos sem proteção (WATADA & QI, 1999). Como já mencionado anteriormente, a perda de água pode limitar a vida de prateleira, uma vez que o produto tende a perder água pela evaporação a uma taxa determinada por sua composição e estrutura. Isto deve ser levado em conta na seleção do material de embalagem, de modo que o equilíbrio da umidade relativa ocorra, normalmente, a um valor que não exceda 90% (CHURCH & PARSONS, 1994). A umidade relativa da composição gasosa geralmente é muito alta em embalagens de sacos plásticos e pratos cobertos por filmes, portanto, a desidratação não é um problema típico. Apesar dos filmes manterem alta umidade relativa, problemas potenciais existem: mistura de água e nutrientes condensam na superfície interna dos filmes de embalagens, o que dificulta a visão do produto,

e as gotículas podem se tornar locais de possível crescimento microbiológico e causar umidade excessiva em apenas partes do produto (WATADA & QI, 1999).

MARTÍNEZ-FERRER *et al.* (2002) pesquisaram o acondicionamento de pedaços de mangas em diferentes condições de atmosfera modificada: mistura de gases (4% O₂, 10% CO₂ e 86% N₂), vácuo, 100% O₂ e controle (ar ambiente). Pedaços de manga estocados a 5°C sob a mistura de gases apresentaram melhores resultados sensoriais e microbiológicos após 25 dias, apesar da pequena diferença sensorial detectada. A embalagem utilizada foi a Cryovac PD-941 (152 por 203mm).

MEGALE (2002), em seu estudo sobre a influência da condição de armazenagem em mangas frescas 'Palmer' maduras, cortadas, refrigeradas ou congeladas, concluiu que refrigeração em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60µm e estocagem a 5°C manteve melhor as características de sabor e odor que o congelamento. Conseguiu uma vida de prateleira de 10 dias para o produto em fatias.

4. Material e Métodos

4.1. Material

4.1.1. Matéria-prima

Manga da variedade 'Tommy Atkins' foi adquirida de comerciantes das Centrais de Abastecimento S. A. (CEASA), Campinas-SP. Foram adquiridas caixas de 6 kg, contendo de 11 a 12 mangas, provenientes da região do Vale do São Francisco, Bahia, maior região produtora brasileira.

4.1.2. Agente Sanitizante

A sanitização da matéria-prima foi feita com a utilização do desinfetante clorado para verduras e frutas, Sumaveg, da Diversey Lever, São Paulo-SP, de princípio ativo: dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada com 3% de cloro ativo. Foi utilizado nas concentrações de 0,66% para fruta com casca e 0,07% para fruta descascada.

4.1.3. Agente Desidratante

A solução desidratante utilizada na desidratação osmótica das várias etapas do trabalho foi preparada com água da rede de abastecimento e sacarose comercial, em diferentes concentrações, para a realização do planejamento fatorial, e a 65°Brix para os estudos de escolha de embalagem e avaliação da vida de prateleira.

4.1.4. Embalagens

Foram utilizados filmes e potes plásticos com permeabilidade seletiva ao O₂, CO₂ e vapor de água. A escolha dos filmes e potes foi feita através da taxa de respiração do produto após desidratação osmótica, de acordo com cálculos

descritos na metodologia. As fatias de mangas foram embaladas em bandejas envoltas por filmes plásticos e em potes plásticos pré-formados. Nas embalagens de filmes plásticos, adquiridos no formato de sacos de 150 por 200mm, foi utilizado bandeja quadrada de poliestireno expandido (80mm de base e 110mm de topo, com 30mm de altura). Essas bandejas, por serem extremamente permeáveis, não constituem barreira a gases. Os tipos de embalagens selecionados foram:

1. Filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60 μ m.
2. Filme laminado de polipropileno biorientado (BOPP) de 20 μ m e polietileno de baixa densidade (PEBD) de 50 μ m.
3. Pote redondo de 250mL de polietileno tereftalato (PET) com tampa acoplada, marca Rotlen.
4. Pote redondo de 250mL de polipropileno (PP) com tampa autolacre, da Plast & Pack.

Testes prévios foram realizados para a seleção do melhor tipo de embalagem, com o qual foi realizada a avaliação da vida de prateleira.

4.2. Métodos

4.2.1. Caracterização da Matéria-Prima

O critério utilizado para seleção das mangas foi uma combinação de aparência, firmeza (teste manual) e sólidos solúveis. Mangas maduras firmes, apresentando entre 13 e 15°Brix, foram selecionadas para os testes preliminares, de escolha de embalagem e vida de prateleira (LIMBANYEN *et al.*,1998; MEGALE, 2002; CHEIRO, 2002).

4.2.2. Caracterização das Amostras

As amostras foram compostas por fatias de manga de 5mm de espessura, de acordo com o sugerido pelos trabalhos de MADAMBA & LOPEZ (2002) e de SANTOS (2003). Após desidratação, foram utilizadas amostras de cerca de 40

gramas para os testes preliminares e de medida da taxa de respiração e amostras de cerca de 80 gramas para os testes de escolha de embalagem e avaliação da vida de prateleira. As amostras de manga fresca também foram preparadas com cerca de 80 gramas.

4.2.3. Etapas do Processamento

4.2.3.1. Sanitização, Descascamento e Corte

O método ideal encontrado foi o descascamento manual com faca afiada. A higienização foi feita com desinfetante clorado antes e após o descascamento (item 4.1.2.).

O mesocarpo da fruta foi cortado longitudinalmente junto à semente e fatiado no sentido perpendicular às fibras.



Figura 4.1.: Corte escolhido para o processamento.

4.2.3.2. Desidratação Osmótica

Amostras de fatias de manga foram colocadas em béqueres contendo solução de sacarose aquecida a 30°C. Os frascos foram colocados em agitação a 120rpm por 26, 60, 90, 154 e 180min em agitador termostático TE-420, Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP. Após o processamento, as fatias de manga foram enxaguadas com água resfriada e drenadas para a remoção da água em excesso. Para o planejamento fatorial foram utilizadas soluções de diferentes

concentrações, e para o estudo de escolha de embalagem e determinação da vida de prateleira, soluções a 65°Brix. Em todos os experimentos a proporção fruta:xarope foi de 1:10.

A perda de peso em relação ao peso inicial, a perda de água em termos percentuais e o ganho de sólidos foram avaliados através das seguintes equações (PEREIRA, 2002):

$$PP(\%) = 100 \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) \quad (4.1.)$$

em que:

$PP(\%)$ = perda de peso do produto desidratado

m_i = peso total do produto no tempo inicial (g)

m_f = peso total do produto no tempo final (g)

$$PA(\%) = 100 \left(\frac{X_{bui} \cdot m_i - X_{buf} \cdot m_f}{m_i} \right) \quad (4.2.)$$

em que:

$PA(\%)$ = perda de água do produto desidratado

X_{bui} = teor de umidade em base úmida inicial do produto (%)

X_{buf} = teor de umidade em base úmida final do produto (%)

$$GS(\%) = 100 \left(\frac{AT_f \cdot m_f - AT_i \cdot m_i}{m_i} \right) \quad (4.3.)$$

em que:

$GS(\%)$ = ganho ou incorporação de sólidos do produto desidratado

AT_i = teor de açúcares totais inicial do produto (%)

AT_f = teor de açúcares totais final do produto (%)

4.2.4. Análises Físico-Químicas

Análises foram realizadas em triplicata nas amostras de mangas frescas e desidratadas osmoticamente, durante os testes preliminares e de determinação da vida de prateleira do produto. O resultado final foi dado pela média aritmética e desvio padrão. As análises de cor foram realizadas somente durante o estudo de determinação da vida de prateleira. As análises de sólidos totais, fibras, proteínas, cinzas, lipídios e vitamina C, assim como as medidas de comprimento e diâmetro da fruta, foram realizadas somente para caracterização.

Determinação do peso e perda de peso da amostra

A determinação de peso das amostras durante os ensaios preliminares foram feitas em balança analítica A200S (Sartorius Analytic, Sartobras, São Paulo-SP). As determinações durante os demais ensaios foram feitas na balança semi-analítica AM 5500 (Marte, São Paulo-SP). A perda de peso foi determinada segundo equação 4.1.

Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)

Realizada por medida direta na polpa da fruta amassada em pHmetro Analyses pH300 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP) a 25°C.

Determinação da acidez

Determinada pelo método titulométrico: Acidez (Titulável) de Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 942.15.

Determinação da umidade

Determinada por método gravimétrico: Sólidos (Totais) em Frutas e Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 920.151, modificado, utilizando Estufa de Cultura 002 CB (Fanem Ltda, São Paulo-SP), a 60°C para secagem de 1 grama das amostras até peso constante.

Determinação da atividade de água (a_w)

Determinada por leitura direta em analisador de atividade de água Aqualab CX-2 (Decagon Devices Inc, Pullman, WA) à temperatura de 25°C.

Determinação de sólidos solúveis

Determinada por leitura direta do suco da polpa da fruta em refratômetro de bancada Zeiss (West Germany).

Determinação de açúcares redutores e totais

Determinada segundo o Método Geral de Munson-Walker: Açúcares Invertidos em Açúcares e Xaropes, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 906.03.

Determinação de sólidos totais

Determinada pela diferença entre a matéria analisada e a umidade em base úmida, em porcentagem.

Determinação de fibras

Determinada pelo Método de Digestão: Fibra (Bruta) em Plantas, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 930.10, modificado.

Determinação de proteínas

Determinada pelo Método de Kjeldahl, para Proteína em Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 920.152.

Determinação de cinzas

Determinada pelo método Cinzas de Frutas e Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 940.26.

Determinação de lipídios

Determinada pelo método de Bligh & Dyer (extração a frio), segundo metodologia descrita em CECCHI (1999).

Determinação de vitamina C

Determinada pelo método titulométrico: 2,6-dicloroindofenol, segundo método oficial da AOAC (1995) no. 967.21.

Medidas de comprimento e diâmetro

Tomadas com o uso de paquímetro comum da Stainless Hardened.

Propriedades Mecânicas

Medidas reológicas em alta deformação (tensão na ruptura) foram realizadas sob compressão uniaxial utilizando-se um Texturômetro Universal (TA-XT2i Texture Analyser, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK). As medidas foram feitas com sondas de geometria acrílica cilíndrica de 60mm de diâmetro.

Testes foram realizados a uma velocidade constante de 1 mm s^{-1} até atingir 80% de deformação da amostra (garantindo a ruptura da estrutura). Os valores de força e altura obtidos nos testes foram convertidos à tensão (σ_H) e deformação (ϵ_H) de Hencky, considerando um volume constante da amostra durante a compressão (RODRIGUES, 2005).

A tensão na ruptura foi determinada a partir do pico da curva tensão-deformação para as fatias de manga frescas e desidratadas osmoticamente.

Determinação da cor

A cor foi avaliada através do sistema de leitura de três parâmetros, o CIELab, proposto pela Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Uma análise comparativa entre o produto formulado e a amostra controle foi realizada por determinação de diferença total de cor, cromaticidade e luminosidade. Os parâmetros L^* , a^* e b^* fornecidos pelo espectrofotômetro de bancada Color Quest II, (Hunter Associates Laboratory, Inc – HunterLab, Virgínia, USA), onde L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde, $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). Com esses parâmetros foi calculada a diferença média de cor entre a fruta fresca e a processada através da equação 4.4. e foram avaliadas as coordenadas cilíndricas C^* e H^* , em que C^* define o croma e H^* o tom, a partir das equações (4.5.) e (4.6.).

$$\Delta E^* = \sqrt{(a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (L^* - L_0^*)^2} \quad (4.4.)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4.5.)$$

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4.6.)$$

sendo que o índice zero (L_0^* , a_0^* , b_0^*) representa o valor do parâmetro para a fruta fresca (PEREIRA, 2002).

Foram utilizados: módulo de calibração de Reflectância Especular Excluída (RSEX), com o iluminante D65, ângulo de observação de 10 graus e área de observação de $161,29\text{ mm}^2$.

4.2.5. Ensaios Preliminares

O Planejamento Fatorial e Análise de Superfície de Resposta são instrumentos úteis na otimização de processos e desenvolvimento de produtos, pois permitem a construção de modelos que podem prever a influência do atributo estudado. Usado para estudar o efeito do tempo e da concentração do xarope de sacarose como parâmetros da desidratação osmótica, esta metodologia permitiu a modelagem de uma superfície de resposta que descreve os resultados obtidos. Os dados foram analisados por regressão múltipla através do coeficiente de determinação que melhor se ajustou ao modelo quadrático:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (4.7.)$$

em que:

Y = resposta do modelo

x_1 e x_2 = codificação das variáveis tempo e concentração do xarope de sacarose

$b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}$ = parâmetros do modelo

A Análise de Variância foi realizada através do software Statistica^R (Statsoft).

O uso de temperaturas acima de 30°C não foi considerado oportuno. SANTOS (2003), que estudou a influência da temperatura em fatias de manga (30 a 50°C), indicou 30°C ou temperatura ambiente para o processamento. Testes com temperaturas abaixo de 30°C não foram possíveis devido à falta de equipamento disponível. A agitação do equipamento foi fixada a 120rpm.

4.2.5.1. Planejamento Fatorial e Análise de Superfície de Resposta

Cada ensaio foi realizado em triplicata. A avaliação do efeito da concentração de sacarose e do tempo foi feita pelo cálculo de perda de peso, perda de água e incorporação de sólidos, segundo cálculo descrito pelas equações (4.1.), (4.2.) e (4.3.) A atividade de água e a tensão de ruptura e deformação de ruptura também foram medidas.

O Planejamento Fatorial Completo (2^2 , de cinco níveis) com $\alpha = \sqrt{2}$, foi realizado de acordo com a codificação indicada nas tabelas 4.1. e 4.2.

Tabela 4.1.: Dados do Planejamento Fatorial.

	- 1,41	-1	0	1	1,41
Tempo (h)	0	0,44*	1,5	2,56**	3
Concentração do xarope de sacarose (°Brix)	45	48	55	62	65

* 0,44 h = 26min

** 2,56 h = 154min

Tabela 4.2.: Planejamento Fatorial Completo codificado e com valores reais.

ensaio	Variável		Valores reais	
	x ₁	x ₂	t (min)	C (°Brix)
1	-1	-1	26	48
2	1	-1	154	48
3	-1	1	26	62
4	1	1	154	62
5	0	0	90	55
6	0	0	90	55
7	0	0	90	55
8	-1,41	0	0	55
9	1,41	0	180	55
10	0	-1,41	90	45
11	0	1,41	90	65

4.2.5.2. Análise Sensorial Preliminar

A análise sensorial preliminar foi realizada com fatias de mangas frescas e desidratadas osmoticamente em xarope de sacarose 65°Brix por 30, 60, 90 e 120min, a 30°C, sob agitação de 120rpm.

O objetivo desta primeira análise foi identificar se a incorporação de sacarose à fruta desidratada osmoticamente seria percebida pela equipe de 30 consumidores de manga, representativos do público alvo.

Foram avaliadas aparência, doçura, textura e avaliação global nesta primeira análise sensorial. Os resultados foram analisados estatisticamente pela Análise de Variância e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software Statistica^R (Statsoft). A ficha utilizada nesta análise sensorial encontra-se no Apêndice II A.

4.2.6. Medida da Taxa de Respiração

A taxa de respiração do produto foi determinada por método estático. Esse método consiste no acondicionamento das amostras em recipientes herméticos, providos de septo de silicone para a retirada de alíquotas de gás de seu interior, que são analisadas por um medidor de gases, para que, por meio das diferenças nas quantidades de CO₂ e O₂, durante um intervalo de tempo, a taxa de respiração seja calculada (MANOLOPOULOU & PAPADOPOULOU, 1998; MARTÍNEZ-FERRER *et al.*, 2002; FONSECA *et al.*, 2002).

Foram utilizados potes herméticos de vidro de 330mL para o acondicionamento de cerca de 40g de amostra. O medidor de gás utilizado foi o Dual Head Space Analyzer, Pack CheckTM Model 650 (Modern Controls Inc – MOCON, MN, USA). A respiração de fatias de manga fresca e desidratadas osmoticamente foi medida à 5, 10°C e à temperatura ambiente (20, 22 e 25°C) em triplicatas, após 1 hora de acondicionamento. A curva da respiração de frutas inteiras (KADER *et al.*, 1989) serviu como comparação.

4.2.7. Escolha da Embalagem de Acondicionamento

CAMERON *et al.* (1989), baseado na Lei de Fick, propõe a determinação do fluxo difusivo de O₂ por unidade de tempo através de um filme como:

$$P_{O_2} = \frac{\Delta x \cdot RR_{O_2} ([O_2]_{pct}) \cdot W}{A \cdot ([O_2]_{atm} - [O_2]_{pct})} \quad (4.8.)$$

P_{O_2} = coeficiente de permeabilidade do filme ao Oxigênio (mL O₂ μm m⁻² dia⁻¹ atm⁻¹)

A = área do filme disponível para trocas gasosas (m²)

Δx = espessura do filme (μm)

$RR_{O_2} ([O_2]_{pct})$ = taxa de respiração do produto (O₂ consumido) em função da pressão parcial de O₂ dentro da embalagem (mL kg⁻¹ dia⁻¹)

W = peso de fruta embalada (kg)

$[O_2]_{atm}$ = pressão parcial de O₂ fora da embalagem (atm)

$[O_2]_{pct}$ = pressão parcial de O₂ dentro da embalagem (atm)

Estimado o coeficiente de permeabilidade do filme ao oxigênio, pode-se calcular a taxa de permeabilidade do filme necessária ao produto, através da equação utilizada para essa determinação experimental, segundo OLIVEIRA *et al.* (1996).

$$P_{O_2} = \frac{TR}{\Delta p} \cdot \Delta x \quad (4.9.)$$

TR = taxa de transmissão de gases através da embalagem ($\text{mL m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)

Δp = gradiente de pressão parcial de gás permeante (atm)

O desenvolvimento dessas equações com mais detalhes encontra-se no Apêndice I.

As fatias de manga desidratadas osmoticamente e embaladas foram armazenadas a 5°C em equipamento de refrigeração de temperatura controlada, BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP).

4.2.7.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi realizada com o medidor de gases Dual Head Space Analyzer, Pack Check™ Model 650 (Modern Controls Inc, MN, USA) pela inserção de uma seringa acoplada ao equipamento através de um septo de silicone aderido à embalagem. Foi medida em quintuplicata, nas amostras armazenadas em quatro diferentes sistemas de embalagens (descritos em 4.1.4.) e em amostras controles. Amostras controle consistiram em fatias de manga desidratadas osmoticamente em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de policloreto de vinila (PVC), perfurados manualmente com uma agulha. Foram feitos oito furos na parte superior da embalagem. As medidas foram tomadas 1, 2, 5, 7, 9, 12 e 14 dias após o processamento.

4.2.7.2. Perda de Peso

A perda de peso foi medida em quintuplicata, nas amostras armazenadas em quatro diferentes sistemas de embalagens (descrito em 4.1.4.) e em amostras controles. As medidas foram tomadas 1, 2, 5, 7, 9, 12 e 14 dias após o processamento, segundo a equação 4.1.

4.2.7.3. Análise Sensorial para Escolha de Embalagem

Fatias de manga processadas osmoticamente e armazenadas em quatro diferentes embalagens foram avaliadas sensorialmente por uma equipe de 30 consumidores de manga, representativos do público alvo.

As amostras foram submetidas a uma análise sensorial através de escala hedônica não estruturada de 9cm ancorada nos extremos à esquerda e à direita, tendo como limites à direita: gostei muitíssimo e à esquerda: desgostei muitíssimo, pela avaliação da aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. Os resultados foram analisados estatisticamente pela Análise de Variância e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância na comparação dos produtos estocados em diferentes embalagens, utilizando o software Statistica^R (Statsoft). A ficha utilizada nesta análise sensorial encontra-se no Apêndice II B.

As análises foram realizadas 1, 5, 9 e 12 dias após o processamento.

4.2.8. Determinação da Vida de Prateleira

Fatias de mangas frescas e desidratadas osmoticamente foram acondicionadas no filme selecionado para essa fase, o sistema de embalagem composto pelo filme PEBD e bandeja de poliestireno expandido. Fatias de mangas frescas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de policloreto de vinila (PVC) perfurado manualmente serviram como controle.

Os produtos foram avaliados periodicamente até a não aceitação de seus principais atributos de qualidade através da determinação da composição da

atmosfera modificada, perda de peso, características físico-químicas, análise microbiológica e análise sensorial comparativa.

Nesta fase do trabalho as amostras foram codificadas e estão referenciadas do seguinte modo:

- fatias de manga fresca embaladas em PVC perfurado – FR AR.
- fatias de manga fresca embaladas em PEBD – FR MAP.
- fatias de manga desidratadas osmoticamente embaladas em PEBD – OD MAP.

As amostras foram preparadas e resfriadas a 5°C por duas horas, antes de serem embaladas.

O acompanhamento das análises físico-químicas, sensorial e microbiológicas foi planejado para ser realizado em intervalos de tempo especificados em 1, 4, 8, 11, 14, 16, 18, 20 e 21 dias após o dia de preparo (dia zero) ou até a não aceitação do produto pelo painel sensorial. A análise no dia 1 substituiu a análise do dia zero, devido à falta de tempo hábil para a realização de todos os procedimentos no dia de preparo das amostras.

4.2.8.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi realizada com o medidor de gases Dual Head Space Analyzer, Pack Check™ Model 650 (Modern Controls Inc, MN, USA) pela inserção de uma seringa acoplada ao equipamento através de um septo de silicone aderido à embalagem.

As medidas foram tomadas em quintuplicatas, 1, 4, 8, 10, 14, 16, 17 e 18 dias após o processamento ou até a não aceitação do produto pelo painel sensorial.

4.2.8.2. Perda de peso

A perda de peso foi medida em quintuplicata 1, 4, 8, 10, 14, 17 e 18 dias após o processamento, segundo a equação 4.1. ou até a não aceitação do produto pelo painel sensorial.

4.2.8.3. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas de atividade de água, umidade em base úmida (%), sólidos solúveis (°Brix), acidez (expressa em % de ácido cítrico), pH, açúcares totais, textura e cor instrumental descritas no item 4.2.4. foram realizadas durante todo o experimento para acompanhamento das mudanças ocorridas e eventuais implicações no tempo de vida de prateleira do produto. Os resultados foram analisados estatisticamente pela análise de variância e teste de Duncan ao nível de 5% de significância, utilizando o software Statistica (Statsoft).

4.2.8.4. Análise Sensorial Comparativa

As amostras foram submetidas à análise sensorial de aceitação através de escala hedônica não estruturada de 9cm ancorada nos extremos à esquerda e à direita, tendo como limites à direita: gostei muitíssimo e à esquerda: desgostei muitíssimo, através da avaliação da aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. A aparência e a intenção de compra também foram avaliadas através de amostras embaladas no filme selecionado. As amostras foram avaliadas sensorialmente por uma equipe de 30 consumidores de manga, representativos do público alvo. A avaliação da influência do tempo nos atributos de qualidade foi realizada por regressão linear a 5% de significância utilizando o software The SAS^R System for Windows V8 (SAS). As fichas utilizadas nesta análise sensorial encontram-se no Apêndice II C.

4.2.8.5. Análise Microbiológica

As amostras foram analisadas quanto ao desenvolvimento de bolores e leveduras, bactérias lácticas, coliformes e *Salmonella sp* pelo Departamento de Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas-SP.

As análises de coliformes e *Salmonella sp* foram realizadas somente após o processamento. Segundo a Resolução RCD nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, para frutas frescas, frescas preparadas

(descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, a tolerância para amostra representativa é de ausência de *Salmonella sp* em 25g e máximo de 5×10^2 NMP/g de coliformes a 45°C (*Escherichia coli*).

As análises de bolores e leveduras e bactérias lácticas foram realizadas com o intuito de monitorar os microorganismos deteriorantes do produto, e assim, determinar o fim de sua vida de prateleira.

5. Resultados e Discussão

5.1. Caracterização da Manga Variedade 'Tommy Atkins'

Análises de caracterização foram realizadas em um lote de 120 mangas utilizadas para os experimentos. Os resultados se encontram na Tabela 5.1. e foram comparados com dados obtidos por SANTOS (2003), que em seu trabalho com mangas da variedade 'Tommy Atkins' obteve dados de caracterização das frutas e os comparou com alguns dados de literatura, sendo que seus resultados divergiram somente para o conteúdo de vitamina C, que ficou com valores abaixo das referências.

Tabela 5.1.: Determinações físico-químicas de um lote de mangas 'Tommy Atkins'.

Determinações	Este trabalho	SANTOS (2003)
Peso (g)	475,6 ± 36,7***	478,61 ± 57,93**
Comprimento (cm)	11,3 ± 0,6***	11,31 ± 0,58**
Diâmetro maior (cm)	9,1 ± 0,3***	-
Diâmetro menor (cm)	-	8,43 ± 0,43**
pH*	4,04 ± 0,08	4,11 ± 0,07
Atividade de água*	0,985 ± 0,001	0,993 ± 0,001
Sólidos solúveis (°Brix)*	14,33 ± 0,29	15,00 ± 0,57
Açúcares redutores (%)*	4,07 ± 0,37	3,88 ± 0,07
Açúcares totais (%)*	13,17 ± 1,22	11,77 ± 0,03
Umidade em base úmida (%)*	85,49 ± 0,40	82,54 ± 0,03
Sólidos totais (%)*	14,51 ± 0,40	17,46 ± 0,03
Fibras Brutas (%)*	0,337 ± 0,003	0,08 ± 0,07
Proteínas (N x 6,25)*	0,549 ± 0,047	0,25 ± 0,01
Cinzas (%)*	0,257 ± 0,013	0,20 ± 0,01
Lipídios (%)*	0,365 ± 0,028	0,22 ± 0,01
Vitamina C (mg/ 100 g)*	19,32 ± 0,24	17,30 ± 0,01
Acidez (expressa em % de ácido cítrico)*	0,25 ± 0,01	0,41 ± 0,04

*realizadas em triplicata

**realizadas em 100 frutas

***realizadas em 50 frutas

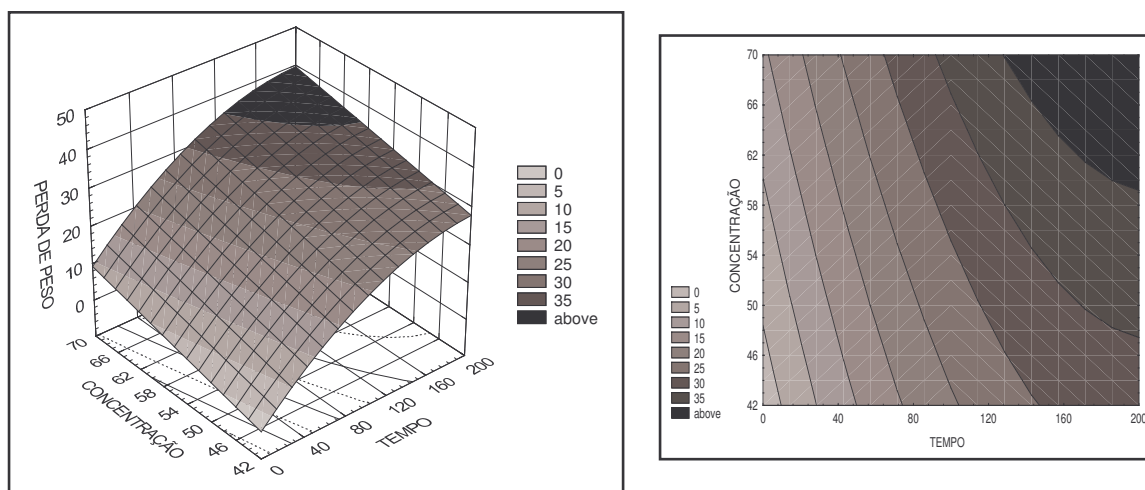
Deve-se ressaltar que, além da variação de composição centesimal e nutricional entre as diversas variedades de manga, frutas de uma mesma espécie plantadas em diferentes regiões também podem apresentar variações em sua composição. O clima, solo e manejo das plantações influem diretamente na qualidade final das frutas. Mesmo frutas colhidas em diferentes épocas do ano, provenientes de uma mesma região, diferem em pH, acidez, sólidos solúveis e

açúcares redutores e totais devido às variações naturais de clima na qual se desenvolvem. Frutas mais doces são encontradas no período de outubro a dezembro, época de maior produção da variedade.

5.2. Efeito da Desidratação Osmótica em Fatias de Manga

O planejamento fatorial completo foi realizado com frutas de $14,0 \pm 1,0^\circ\text{Brix}$, pH de $4,25 \pm 0,08$ e acidez de $0,20 \pm 0,02$ (expressa em % de ácido cítrico).

Os gráficos de superfície de resposta permitem visualizar a influência do tempo e concentração de xarope de sacarose na perda de peso, perda de água e incorporação de sólidos na fruta (Figuras 5.1., 5.2. e 5.3.). O modelo para cada resposta analisada acompanha os respectivos gráficos. As análises de variância validaram os resultados para tensão de ruptura e deformação de ruptura, mas os coeficientes de determinação (R^2) foram considerados baixo, e os modelos não confiáveis, portanto, as superfícies de resposta não foram construídas. Os resultados das análises se encontram no Apêndice III A e resultados das análises de variância (ANOVA) no Apêndice III B.



$$R^2 = 0,95$$

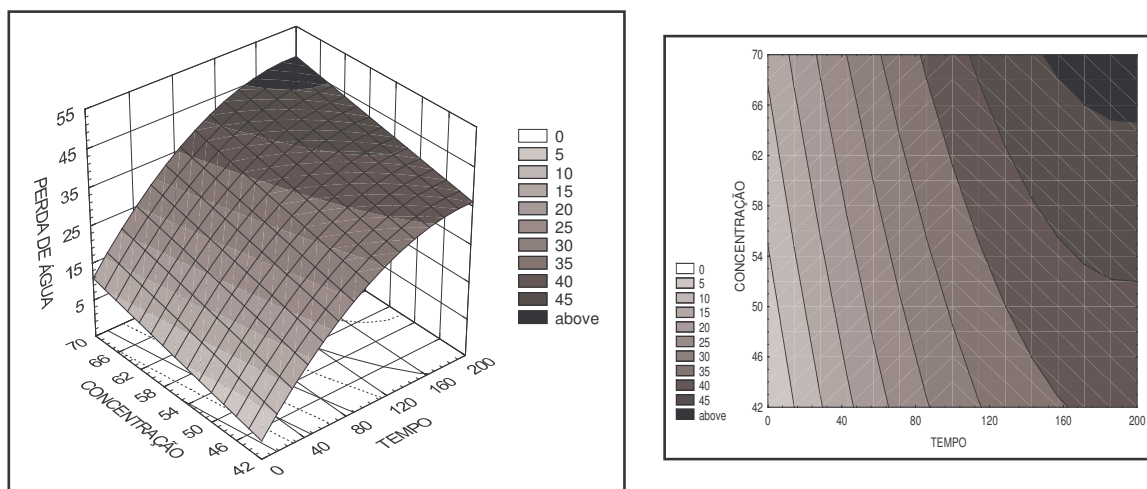
$$Y = -20,5835 + 0,2903 t - 0,0007 t^2 + 0,4255 C \quad (5.1.)$$

Y = perda de peso

T = tempo (0 a 180 min)

C = concentração do xarope de sacarose (45 a 65°Brix)

Figura 5. 1.: Perda de peso em fatias de manga.



$$R^2 = 0,94$$

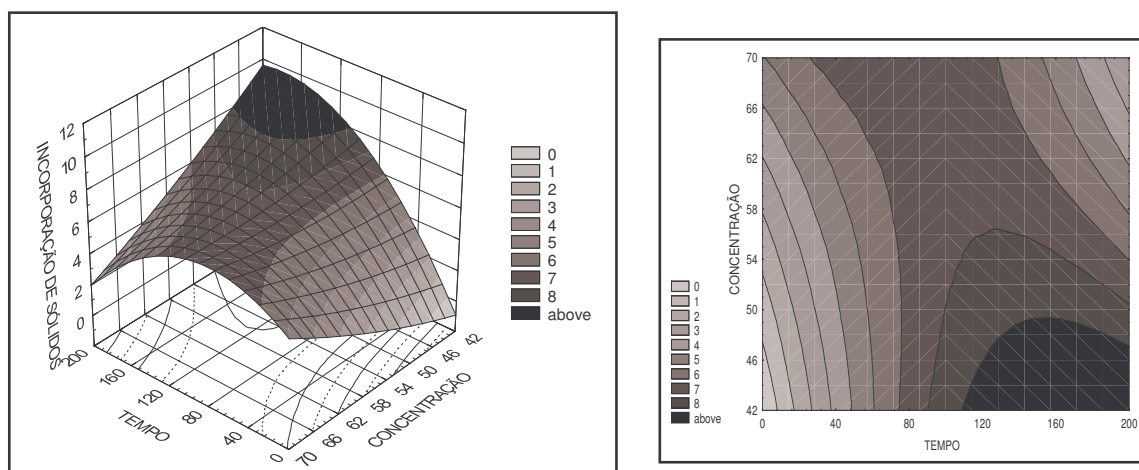
$$Y = - 16,6874 + 0,3698 t - 0,0009 t^2 + 0,3949 C \quad (5.2.)$$

Y = perda de água

T = tempo (0 a 180 min)

C = concentração do xarope de sacarose (45 a 65°Brix)

Figura 5.2.: Perda de água em fatias de manga.



$$R^2 = 0,87$$

$$Y = - 4,21573 + 0,21830 t - 0,00032 t^2 + 0,00187 C^2 - 0,00241 t C \quad (5.3.)$$

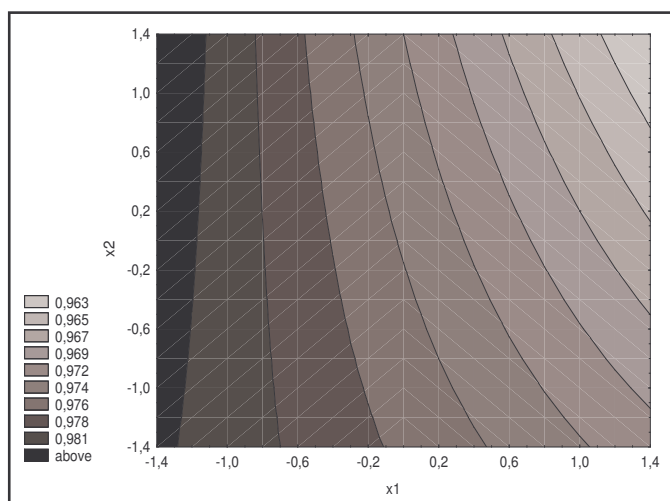
Y = incorporação de sólidos

T = tempo (0 a 180 min)

C = concentração do xarope de sacarose (45 a 65°Brix)

Figura 5.3.: Incorporação de sólidos em fatias de manga.

A análise de variância validou os resultados para atividade de água, que variou com o tempo e com a concentração do xarope. No entanto, o modelo real não pode ser determinado por falta de ajuste (Figura 5.4.).



$$R^2 = 0,92$$

$$Y = 0,9736 - 0,0060 x_1 - 0,0014 x_2 - 0,0015 x_1 x_2 \quad (5.4.)$$

Y = atividade de água

x_1 = tempo codificado (-1,41 a 1,41)

x_2 = concentração do xarope de sacarose codificado (-1,41 a 1,41)

Figura 5.4.: Atividade de água em fatias de manga.

Através da análise da superfície de resposta pode-se confirmar os resultados encontrados em literatura, que apontam diminuição na incorporação de sólidos para desidratação osmótica de fatias de manga com o aumento da concentração do xarope utilizado (MÚJICA-PAZ, 2003; GIRALDO, 2003). A perda de peso e a perda de água não atingiram a estabilidade no tempo estudado, que não foi suficiente para que o equilíbrio de trocas de soluto e água se estabelecesse entre a fruta e a solução.

A superfície de resposta para incorporação de sólidos indica que é preferível a utilização de xaropes de concentração acima de 57°Brix para uma incorporação máxima menor que 8%. Como a velocidade da desidratação osmótica aumenta com a concentração do xarope e é preferível um processo curto a um mais longo para a obtenção dos mesmos resultados, optou-se pela

utilização do xarope de 65°Brix, como utilizado por SANTOS (2003) e TOVAR (2001 a; 2001 b) e indicado por MADAMBA & LOPEZ (2002).

5.3. Análise Sensorial Preliminar

Apenas para aparência e doçura houve diferenças significativas entre as amostras ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Em relação à aparência, somente a amostra desidratada por 120 minutos diferiu da amostra sem tratamento ao nível de 5% de significância. Para doçura, todas diferiram. Na avaliação global e textura não houve diferenças.

A Figura 5.5. mostra as respostas médias para cada variável.

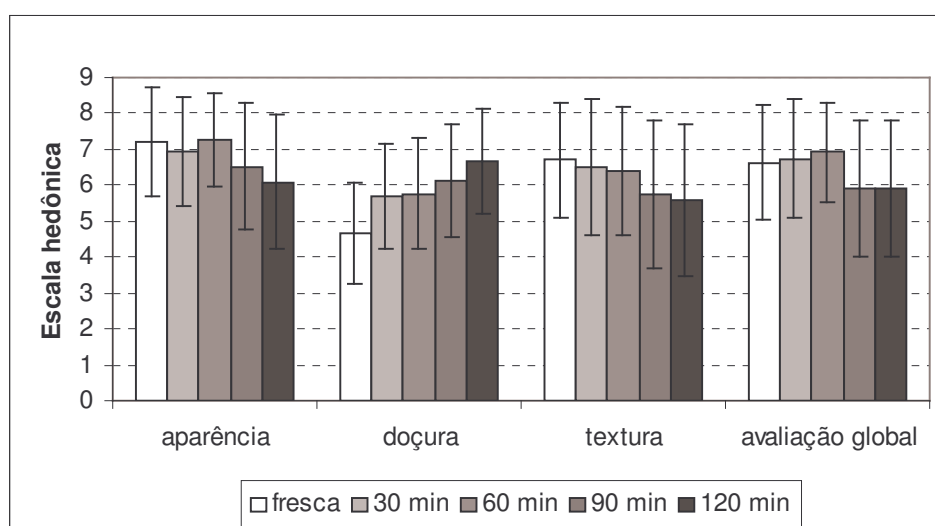


Figura 5.5.: Média das respostas da análise sensorial preliminar para aparência, doçura, textura e avaliação global de manga desidratada osmoticamente.

Deste modo, de acordo com os resultados do planejamento fatorial e análise sensorial, optou-se pelo processo de desidratação osmótico utilizando xarope 65°Brix, a 30°C, por 60 minutos, sob agitação de 120rpm.

As características físicas e químicas da fruta obtida pelo processo escolhido estão apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2.: Caracterização da manga fresca e desidratada osmoticamente nas condições escolhidas para o processo.

	Amostra Fresca	Amostra D. O.*
Atividade de água	0,987 ± 0,002	0,976 ± 0,001
pH	4,62 ± 0,10	4,73 ± 0,09
Acidez (expressa em % de ácido cítrico)	0,18 ± 0,02	0,16 ± 0,01
Umidade em base úmida (%)	83,66 ± 1,24	70,94 ± 1,34
Sólidos Solúveis (°Brix)	14,0 ± 0,5	25,5 ± 0,9
Açúcares redutores (%)	3,71 ± 0,43	3,84 ± 0,40
Açúcares Totais (%)	13,43 ± 1,12	22,52 ± 1,17
Tensão de ruptura (Pa)	27104,5 ± 2631,1	14428,8 ± 1050,5
Perda de Peso (%)	-	25,19 ± 2,11
Perda de Água (%)	-	30,58 ± 2,16
Ganho de Sólidos (%)	-	6,96 ± 0,05
ΔE^*	-	22,85 ± 2,68

*D. O. = desidratada osmoticamente

Pode-se verificar pelos resultados que apesar da perda de água significativa (em torno de 30,0%) e ganho de sólidos (7,0%), a atividade de água (a_w) do produto sofreu apenas uma pequena redução. Isto porque a atividade de água está diretamente relacionada à concentração de sólidos na fase líquida da fruta. Quando se utilizam soluções desidratantes de sacarose, como a sacarose é também o principal açúcar da manga, não acontece uma diferença apreciável nos valores de atividade de água do produto final com a perda de água do produto após a desidratação osmótica. Este comportamento foi observado por GIRALDO *et al.* (2003) e relatado em seu trabalho.

A diferença na tensão de ruptura entre a amostra fresca e desidratada osmoticamente indica um amolecimento da fruta, fácil de ser notado no manuseio da amostra. No entanto, os valores absolutos não podem ser considerados. O erro da medição é bastante grande, sendo difícil a reprodutibilidade dos resultados, fato que influenciou a não aceitação do modelo determinado pelo planejamento experimental, apesar de terem sido realizadas cinco repetições por amostra. Além disso, a análise instrumental da textura é influenciada diretamente pela posição das fibras na fatia da manga, que varia abruptamente mesmo entre fatias de uma mesma fruta. A título de comparação, foi realizado um teste no início deste trabalho com 2 tipos de corte: um perpendicular às fibras (corte A), selecionado para todo o experimento, e um segundo corte, no comprimento da fibra (corte B). Para fatias de 5mm de espessura em ambos os casos, os resultados para o teste

de ruptura foram de $27104,5 \pm 2631,1\text{Pa}$ para o corte A e $12122,2 \pm 3316,0\text{Pa}$ para o corte B.

5.4. Determinação da Taxa de Respiração do Produto

A taxa de respiração da fruta obtida por método fechado ou estático, em diferentes temperaturas, foi calculada pela diferença da porcentagem de O_2 e de CO_2 no interior de frascos herméticos contendo 5 fatias de manga durante intervalo de tempo de 1 hora. Os resultados podem ser visualizados na Figura 5.6. A e B. Os dados para fruta fresca inteira são de KADER *et al.* (1989). As médias e desvios padrão se encontram no Apêndice IV.

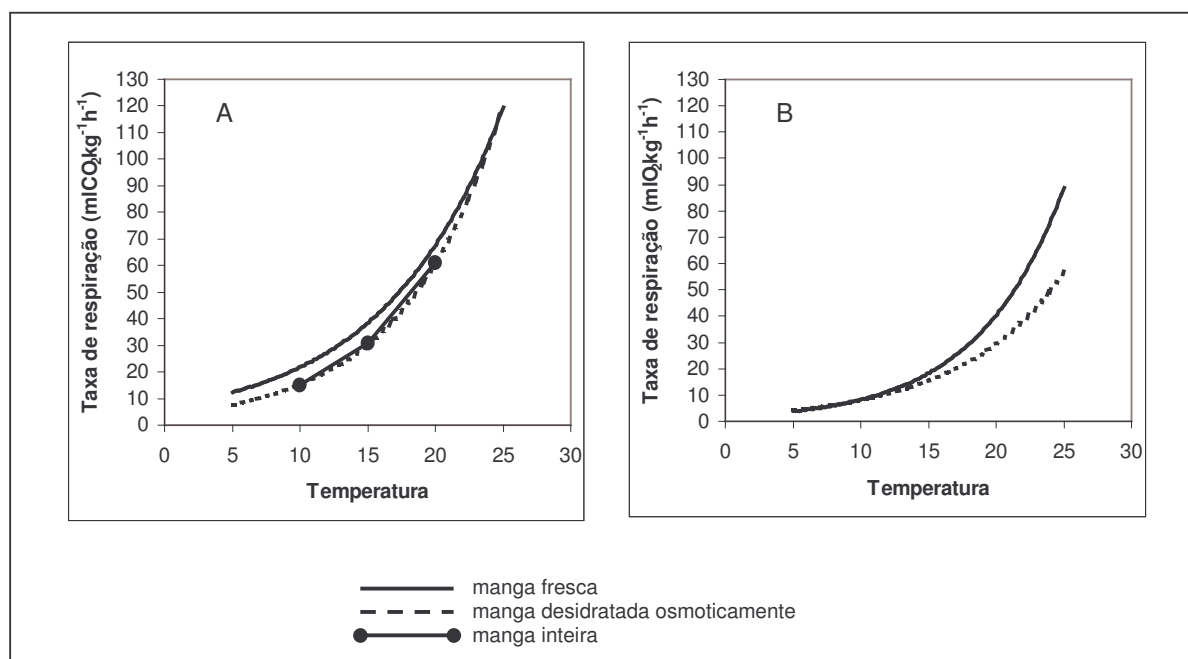


Figura 5.6.: Taxa de respiração de fatias de manga fresca, desidratada osmoticamente e da fruta inteira.

Na maior parte dos trabalhos encontrados em literatura a taxa de respiração é medida pela produção de CO_2 pelo produto e o RQ (quociente de respiração) é considerado 1, ou seja, considera-se que a produção de CO_2 seja totalmente devida ao metabolismo do O_2 (a concentração de CO_2 inicial no ar é geralmente considerada como 0,03%).

As taxas de produção de CO₂ e de consumo de O₂ medidas nas frutas fresca e desidratada osmoticamente diferiram significativamente, indicando RQ maior que 1, que varia com a temperatura. FONSECA *et al.* (2002) explicam que o RQ é considerado igual a 1 quando o substrato metabólico é formado por carboidratos. Se o substrato é um ácido, o RQ é maior que 1.

RATTAPANONE *et al.* (2001), trabalhando com a variedade 'Tommy Atkins', encontraram uma taxa de respiração de 6ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5 e 10°C para frutas frescas em cubos (a temperatura não influenciou a taxa de respiração). Utilizaram em seu trabalho o sistema de fluxo contínuo para medida da taxa de respiração, no qual o recipiente que contém a amostra recebe um fluxo de ar contínuo, a uma determinada taxa, e alíquotas de gás são medidas em intervalos de tempo regulares. Neste trabalho chegou-se a 4,8ml O₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5°C e 5,7ml O₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 10°C, resultados similares ao obtido pelos autores, por método mais complexo de medição.

TOVAR *et al.* (2001), trabalhando com as variedades 'Haden' e 'Kent', frescas e desidratadas osmoticamente, encontraram uma taxa de respiração de 19 a 22ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ no dia de preparo das amostras, a 5°C. A taxa de respiração da fruta fresca ficou levemente abaixo da taxa da fruta desidratada, em ambas as variedades.

Outros autores obtiveram resultados distintos. LIMBANYEN *et al.* (1998) obtiveram taxas respiratórias de 32 a 40ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5°C para as variedades 'Tommy Atkins', 'Haden' e 'Palmer'. MARTÍNEZ-FERRER *et al.* (2002) obtiveram 76ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5°C para a variedade 'Keitt'. Ambos os trabalhos foram realizados com frutas frescas em corte.

Deve-se lembrar que a taxa de respiração de frutas em corte é dependente de um grande número de variáveis, tanto relacionada à matéria-prima utilizada, (variedade, local de cultivo e maturidade na época da colheita) como quanto ao processamento (atmosfera interna da embalagem, senescência e formação de compostos devido ao metabolismo dos tecidos). Além dessas variáveis, a severidade do processo – seleção, descascamento, lavagem, tipo de corte e aplicação de outras tecnologias de preservação, também podem exercer uma influência significativa na taxa de respiração.

FONSECA *et al.* (2002) apontam ainda que, independentemente do método, a determinação da taxa de respiração leva em conta não somente o processo de respiração celular, mas também o processo de troca gasosa (resistência dos tecidos à difusão gasosa, a solubilidade dos gases e a difusão dos gases no produto) porque se mede a mistura gasosa que envolve o produto. Aponta também, que diferentes variedades de um mesmo produto podem exibir taxas de respiração muito diferentes.

5.5. Escolha da Embalagem de Acondicionamento

Neste trabalho considerou-se a taxa de respiração medida pelo consumo de O₂ pelas amostras, pois a permeabilidade dos polímeros é sempre maior para o CO₂ que para o O₂.

Considerando 80 gramas de amostra embalada em uma bandeja de poliestireno expandido com cobertura de um filme de 300cm² de área, foi estimada a taxa de transmissão necessária aos filmes. A Tabela 5.3. mostra esses valores para as temperaturas indicadas.

Tabela 5.3.: Taxa de transmissão (*TR*) estimada pelo modelo.

	Temperatura (°C)	Taxa (mL O ₂ m ⁻² dia ⁻¹)
Fatias de manga fresca	20	13475
Fatias de manga D. O.*	20	9707
Fatias de manga fresca	10	1874
Fatias de manga D. O.*	10	1979
Fatias de manga fresca	5	1575
Fatias de manga D. O.*	5	1549

*D. O. = desidratada osmoticamente

Experiências com goiabas (PEREIRA, 2002) e mamão (RODRIGUES, 2005) minimamente processados indicaram que uma barreira superior à calculada deveria ser empregada para o acondicionamento em atmosfera modificada passiva, uma vez que o emprego de filmes com barreiras similares à calculada gerou pouca ou nenhuma modificação na concentração dos gases dentro das embalagens.

Deve-se ressaltar que pequenas diferenças na medida da taxa de respiração das fatias de manga provocam um aumento significativo na taxa de transmissão calculada, e que, portanto, pode-se considerar como desejável um filme com taxa de transmissão em torno de $2000 \text{ mL O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para temperaturas de 5 a 10°C .

5.5.1. Embalagens Seleccionadas

O pote de PET foi selecionado devido ao seu ótimo desempenho em trabalhos sobre goiaba (PEREIRA, 2002) e mamão (RODRIGUES, 2005) desidratados osmoticamente. O pote de PP foi selecionado devido à sua boa aparência e estanqueidade (evitando o vazamento de líquido), e por ser reaproveitável pelo consumidor.

O filme PEBD é um filme comum, muito utilizado na embalagem de alimentos. A espessura de $60\mu\text{m}$ foi escolhida por ter uma taxa de transmissão de O_2 próxima ao considerado ideal e ser de fácil obtenção no mercado. O filme BOPP/PEBD escolhido foi um filme laminado com $15\mu\text{m}$ de BOPP, segundo os dados disponíveis no banco de dados consultado. No entanto, o fornecedor dispunha apenas de material de $20\mu\text{m}$ de BOPP, utilizado como opção, por apresentar barreira maior que a calculada.

A média da taxa de transmissão de O_2 medida nos laboratórios do CETEA (ITAL), nas embalagens seleccionadas está apresentada na Tabela 5.4.

Tabela 5.4.: Taxa de transmissão de O_2 (TR) das embalagens seleccionadas.

Sistema	Taxa de transmissão de O_2		
	Média* ($\text{mL m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)	Intervalo de variação* ($\text{mL m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)	CV***
Filme PEBD ($60\mu\text{m}$)	2962,0	2675,7 – 3530,6	16,6%
Filme BOPP/PEBD ($20\mu\text{m}/50\mu\text{m}$)	807,1	799,1 – 815,1	1,4%
	Média** ($\text{mL embalagem}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	Intervalo de variação** ($\text{mL embalagem}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	CV***
Pote de PP 250mL	88,6	47,2 – 131,3	48,6%
Pote de PET 250mL	4,3	3,5 – 5,0	26,0%

*a 23°C e 1 atm de gradiente de pressão parcial de gás permanente, a seco.

**a 23°C e 0,21 atm de gradiente de pressão parcial de gás permanente, a seco.

***CV = coeficiente de variação.

5.5.2. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada

A Figura 5.7. mostra os resultados do desenvolvimento da modificação da atmosfera para os cinco diferentes tipos de embalagens testadas.

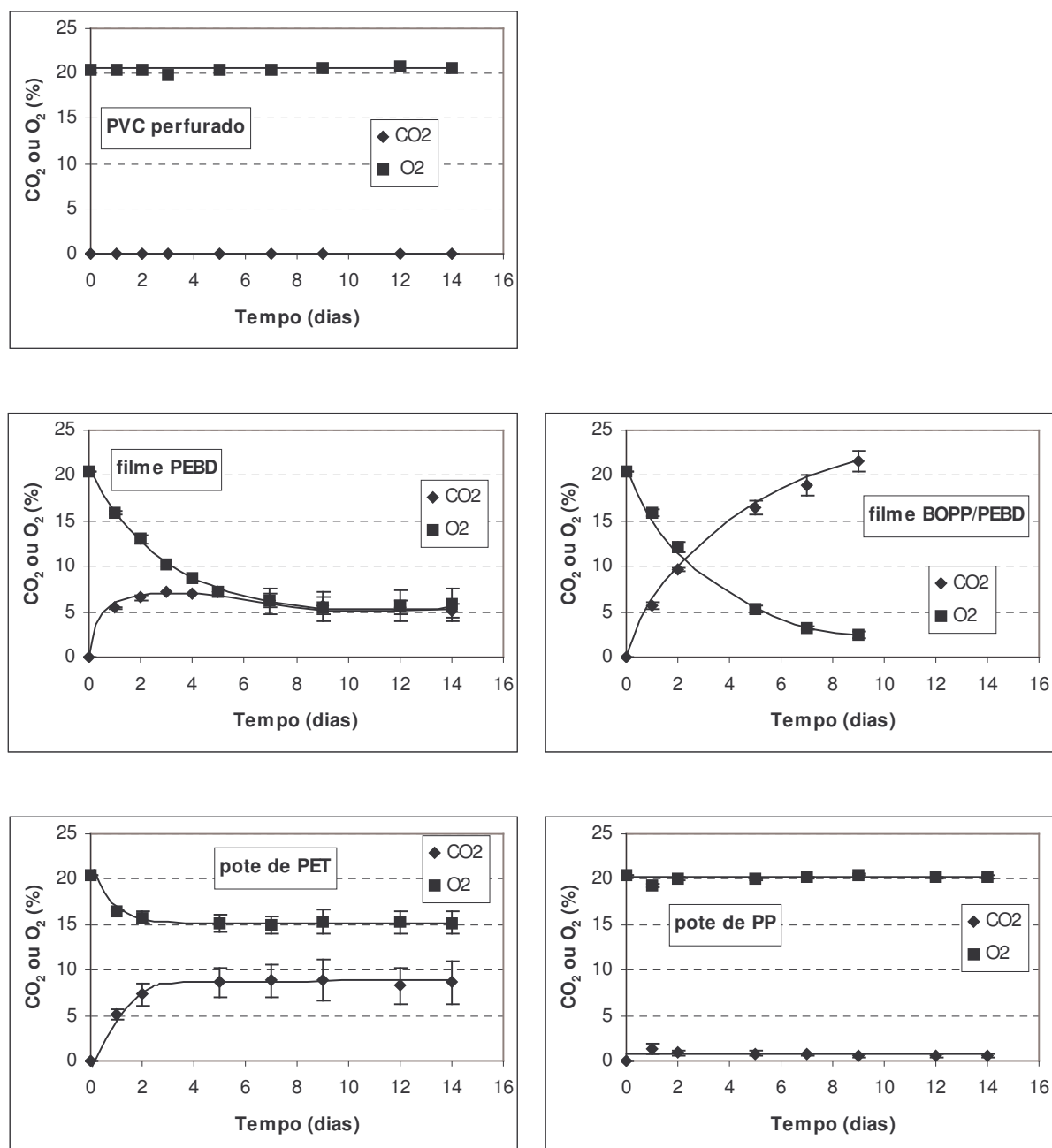


Figura 5.7.: Modificação da atmosfera interna em diferentes embalagens contendo fatias de manga desidratadas osmoticamente.

Na prática, as quantidades de O_2 e CO_2 na embalagem desviam das calculadas e tidas como objetivo devido à variação natural dos produtos na taxa de consumo de O_2 e produção de CO_2 , e das variações entre filmes de mesmo material na permeabilidade a esses gases (TALASILA & CAMERON, 1995). Apesar de todas essas influências, os resultados parecem ter sido mais afetados pelo sistema de fechamento das embalagens, pois os maiores desvios padrão foram encontrados para o pote de PET, que não foi vedado.

Pela Figura 5.7. pode-se observar que para o pote de PP praticamente não houve modificação da atmosfera interna, provavelmente devido ao vazamento de gases pelo sistema de fechamento. Os níveis de CO_2 apresentaram pouquíssima variação em relação ao valor inicial. Desse modo, pode-se considerar que foi armazenado em ar atmosférico, assim como as amostras embaladas em PVC perfurado manualmente. Apesar desse fato, apenas amostras embaladas em PVC perfurado apresentaram crescimento de bolor visível após 12 dias.

A embalagem BOPP/PEBD apresentou barreira excessiva. A análise sensorial desse produto foi realizada somente nos dias 1 e 5, devido a perigos de crescimento de microorganismos em condições anaeróbicas, já que a concentração de O_2 chegou até níveis inferiores a 2% em algumas embalagens no quinto dia após o processamento.

A embalagem PEBD, assim como o pote de PET, apresentou boa resposta para o produto, com boa modificação passiva da atmosfera interna. No entanto, a utilização do pote de PET traz dois inconvenientes: maior custo e fechamento por encaixe (não selado). A troca de gases ocorre principalmente através de vazamento entre o pote e a tampa (o PET possui alta barreira a gases) e depende muito da hermeticidade da embalagem. Além disso, o equilíbrio foi atingido com aproximadamente 6% de O_2 e 5% de CO_2 na embalagem PEBD, o que está mais próximo do objetivo pretendido, de 2 a 5% de O_2 e de 3 a 8% de CO_2 (CHURCH & PARSONS, 1995; KADER, 2003), o que fez com que essa embalagem fosse selecionada para o estudo da vida de prateleira.

5.5.3. Perda de Peso

A Figura 5.8. mostra que a perda de peso por perda de água do produto para fatias de manga embaladas em filme PVC perfurado foi bastante alta, chegando a quase 10% aos 14 dias. Já para as diferentes embalagens, a perda foi mínima (menos de 0,45% em 14 dias para todas as embalagens). Esses resultados indicam que as diferentes embalagens foram capazes de manter a umidade do produto, independente da sua permeabilidade a gases, minimizando a perda de peso.

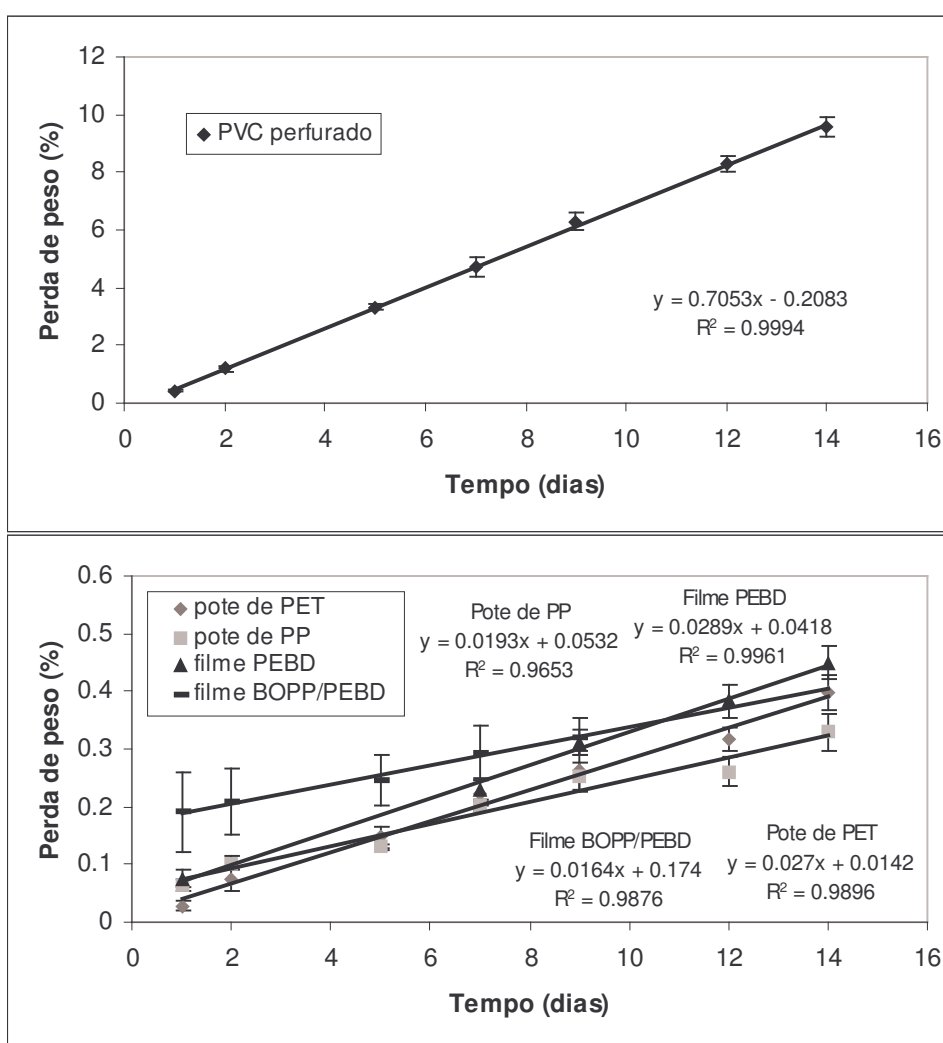


Figura 5.8.: Perda de peso nos diferentes sistemas de embalagem selecionados.

Deste modo, pode-se dizer que apesar do pote de PP não apresentar boa barreira a gases, devido a falhas de fechamento, possui um nível de barreira ao vapor de água capaz de minimizar a desidratação do produto.

Em todas as embalagens ocorreu condensação de água na superfície interna superior já no primeiro dia, o que prejudica a aparência do produto e contribui para o crescimento microbológico (WATADA & QI, 1999). Esta água condensada provém da respiração da fruta, que satura de umidade o ambiente interno da embalagem. Como as embalagens não apresentavam revestimento interno anti-embaçante, a condensação ocorreu devido à diferença de temperatura interna e externa da embalagem, por flutuações de temperatura no equipamento de estocagem (ocasionadas, por exemplo, por abertura e fechamento da porta).

Ficou definido que para os estudos de vida de prateleira, o produto seria resfriado por 2 horas a 5°C antes de ser embalado, para tentar minimizar esse problema. Este procedimento também causa impacto na taxa de respiração do produto, que abaixa aos níveis medidos e utilizados para o cálculo da taxa de transmissão de O₂ através da embalagem (*TR*).

5.5.4. Análise Sensorial para Escolha de Embalagem

A Figura 5.9. mostra os resultados das análises sensoriais realizadas após 1, 5, 9 e 12 dias de processamento da fruta.

Na comparação entre as amostras de diferentes embalagens não houve diferença significativa a 5% de significância, de acordo com a análise de variância, para nenhum dia analisado. Portanto, não houve diferença sensorial significativa ($p > 0,05$) no produto decorrente da embalagem utilizada para a estocagem. Para os itens aparência e avaliação global provavelmente há correlação da queda de qualidade com o tempo, mas o mesmo não pode ser afirmado para os demais itens. A aceitação em relação ao aroma permaneceu inalterada em função do tempo.

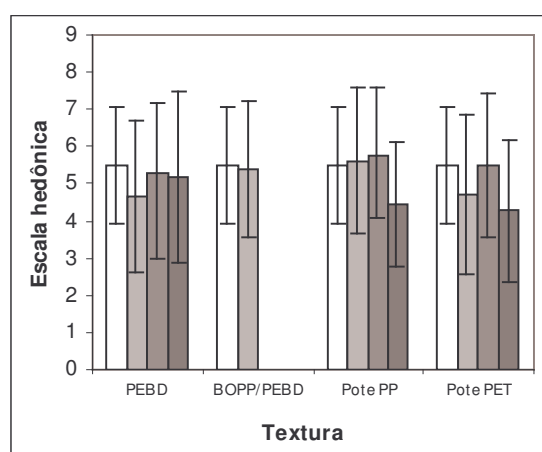
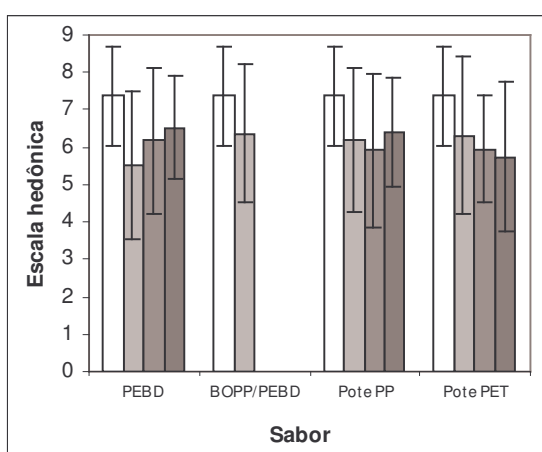
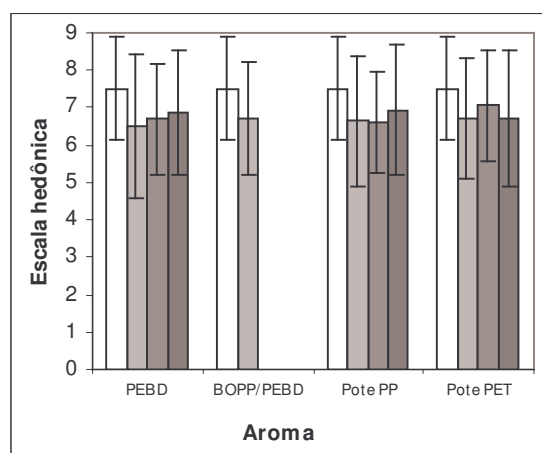
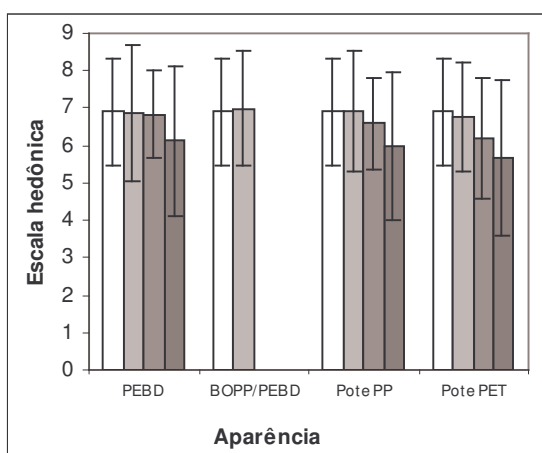
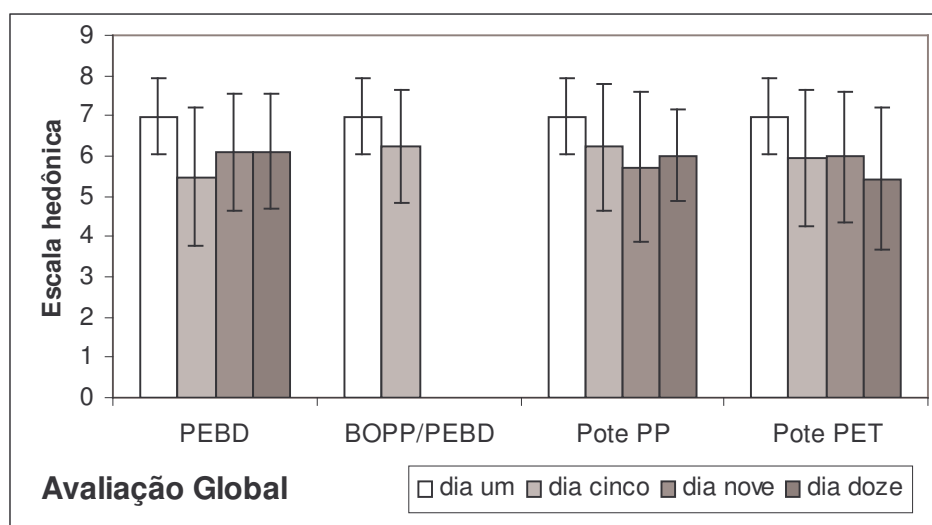


Figura 5.9.: Avaliação sensorial de fatias de manga desidratadas osmoticamente acondicionadas em diferentes embalagens.

A escolha da embalagem foi, portanto, baseada principalmente na manutenção de uma atmosfera modificada considerada satisfatória, pois pela análise sensorial não foi possível identificar a influência das diferentes embalagens e/ou atmosfera modificada na qualidade das fatias de manga estocadas.

5.5.5. Aspecto Visual dos Produtos

As Figuras 5.10. a 5.11. mostram o produto em diferentes embalagens, fotografadas no dia de preparo e após 14 dias do processamento.

O produto acondicionado na embalagem BOPP/PEBD foi descartado após 9 dias por apresentar baixa concentração de O_2 em sua atmosfera interna (menos de 2%).

O produto embalado em PVC perfurado apresentou visível crescimento de bolor após 12 dias de armazenamento, embora o mesmo não possa ser visualizado na fotografia, mesmo após 14 dias.

Pode-se constatar um leve escurecimento da fruta, após os 14 dias de estocagem, para todas as embalagens apresentadas.

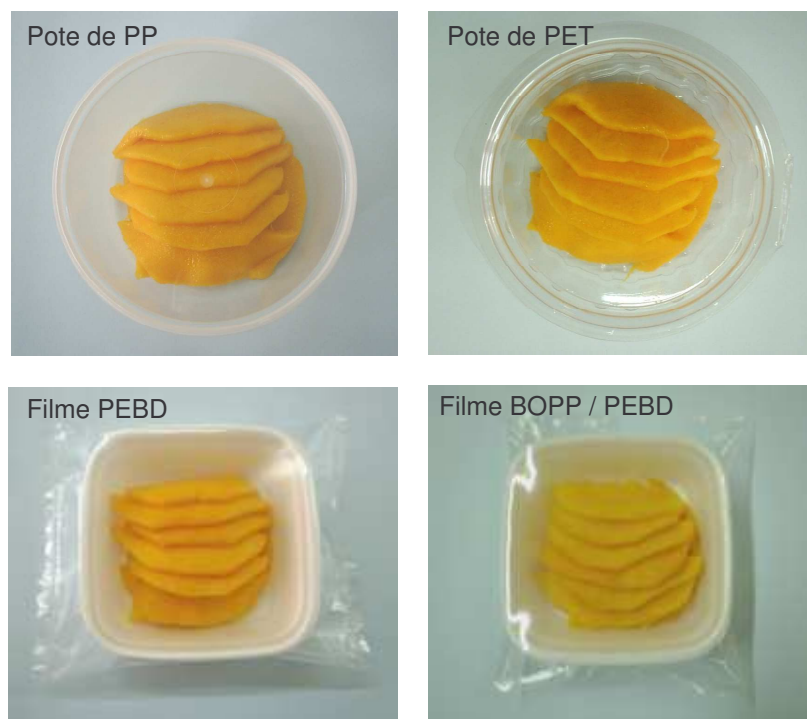


Figura 5.10.: Produtos acondicionados em diferentes embalagens no dia do processamento.

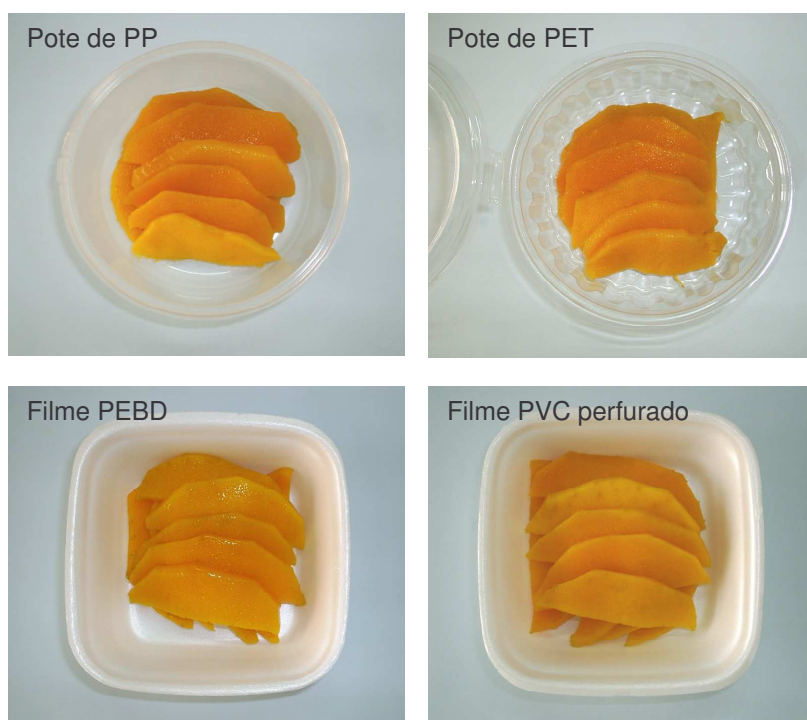


Figura 5.11.: Produtos acondicionados em diferentes embalagens após 14 dias de processamento.

5.6. Determinação da Vida de Prateleira

5.6.1. Determinação da Composição da Atmosfera Modificada

A Figura 5.12. mostra o desenvolvimento da modificação da atmosfera interna das embalagens. Observa-se que houve diferença significativa na quantidade de O_2 mantido no interior das embalagens OD MAP quando comparado à Figura 5.7. A concentração de O_2 se estabilizou a aproximadamente 10% nesta fase, contra 6% da fase de escolha da embalagem. Este resultado pode ser devido ao filme PEBD, de lote diferente do utilizado na fase anterior, com maior taxa de transmissão de O_2 . A taxa de transmissão de CO_2 , no entanto, foi semelhante.

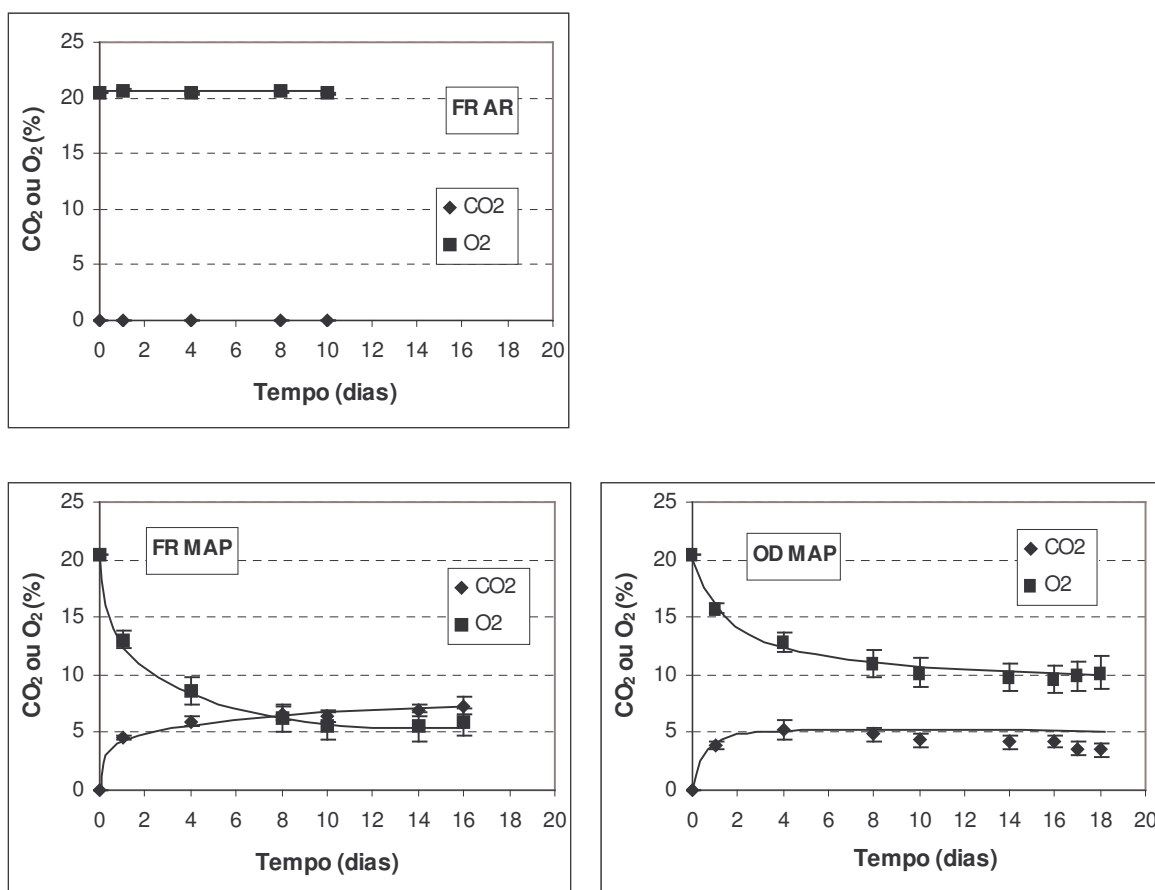


Figura 5.12.: Modificação da atmosfera interna de embalagens contendo fatias de manga fresca embaladas em filme PEBD (FR MAP) e PVC perfurado (FR AR) e desidratadas osmoticamente, em filme PEBD (OD MAP).

Pela análise das curvas de respiração (Figura 5.6.), criou-se a expectativa de que os níveis de O_2 no interior das embalagens de manga fresca (FR MAP) e desidratada osmoticamente (OD MAP) se manteriam aproximadamente nos mesmos valores, sendo a produção de CO_2 um pouco superior nas embalagens de manga fresca. No entanto, foi observada uma grande diferença na quantidade de O_2 entre esses produtos (6% de O_2 em FR MAP e 10% em OD MAP), que pode ser atribuída à maior influência da concentração de O_2 na atmosfera interna da embalagem sobre a taxa de respiração da manga desidratada osmoticamente.

5.6.2. Perda de Peso

A Figura 5.13. mostra a perda de peso das amostras devido à perda de água durante a estocagem com atmosfera modificada (FR MAP e OD MAP) e em ar atmosférico (FR AR) por um período de até 18 dias. Pode-se visualizar facilmente que as amostras embaladas em PVC perfurado (FR AR) perderam mais água que as amostras embaladas em PEBD. A perfuração do filme expôs o produto à desidratação superficial. O filme PEBD conferiu uma proteção ao produto, inexistente na embalagem com PVC perfurado.

Pode-se observar também que a perda de peso das amostras de manga fresca (FR MAP) foi inferior à perda de peso das amostras de fatias desidratadas (OD MAP). O mesmo acontece com as amostras de manga fresca estocada em PVC perfurado (FR AR) e amostras de manga desidratadas osmoticamente estocadas sob mesmas condições (Figura 5.8.), o que pode indicar que fatias desidratadas osmoticamente perdem mais peso durante a estocagem do que fatias de manga fresca.

No entanto, as amostras OD MAP também apresentaram perda de peso aproximadamente 50% inferior à verificada na fase de escolha de embalagem (Figura 5.8.). Uma possível explicação para o fato pode ser a falta de controle da umidade interna do equipamento de estocagem. No entanto, fica novamente clara a eficiência da embalagem como barreira ao vapor de água.

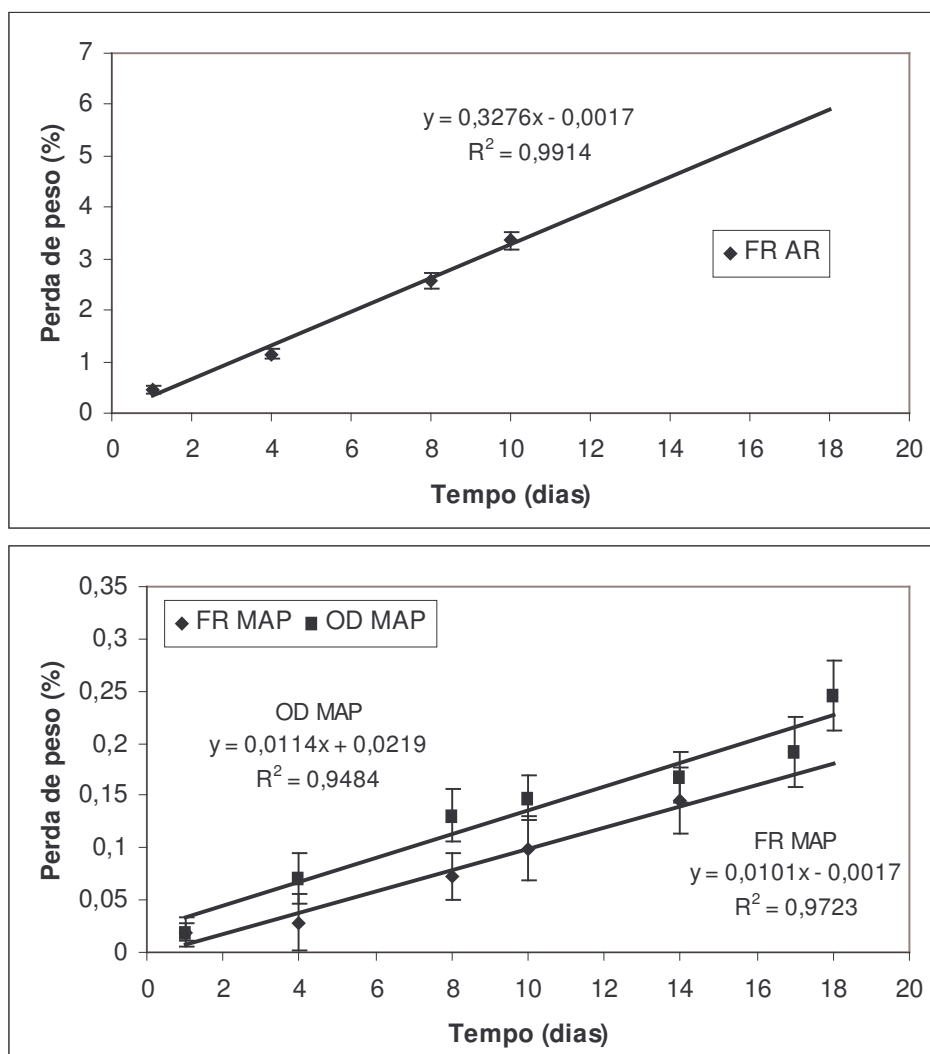


Figura 5.13.: Perda de peso em embalagens de mangas frescas e desidratadas osmoticamente.

5.6.3. Características Físico-Químicas

Os resultados das análises de atividade de água (a_w), umidade em base úmida (%), sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), acidez (expressa em % ácido cítrico), pH e açúcares totais se encontram no Apêndice V. Apesar da análise de variância (ANOVA) mostrar diferença significativa entre as análises, não foi verificado tendência entre elas, segundo análise de regressão linear. As diferenças entre as análises provavelmente são devidas a diferenças na matéria prima e ao erro dos métodos, ou seja, essas variáveis seriam maiores que a influência do tempo de estocagem do produto.

As Figuras 5.14. e 5.15. mostram os resultados de textura. Apesar da análise de regressão linear não indicar a influência do tempo no produto, há aparente diminuição da tensão e deformação de ruptura com o tempo.

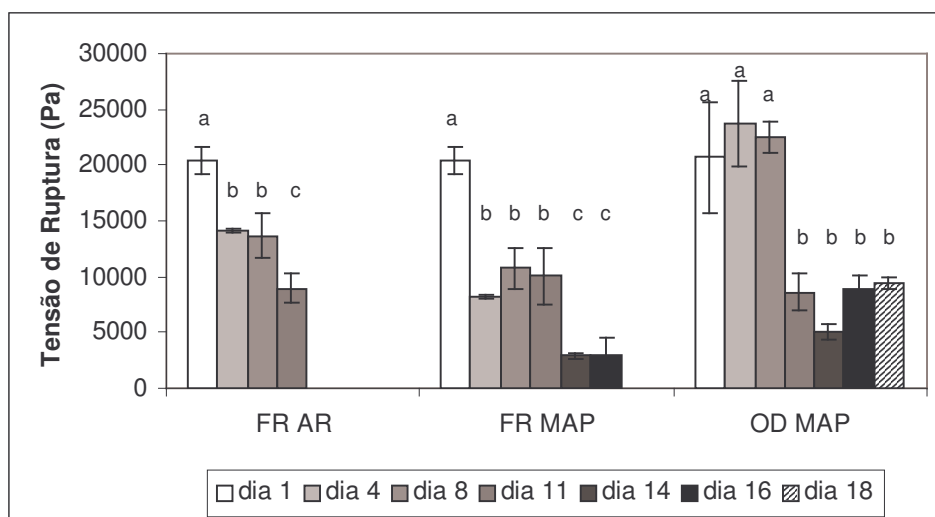


Figura 5.14.: Tensão de ruptura durante a vida de prateleira.

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

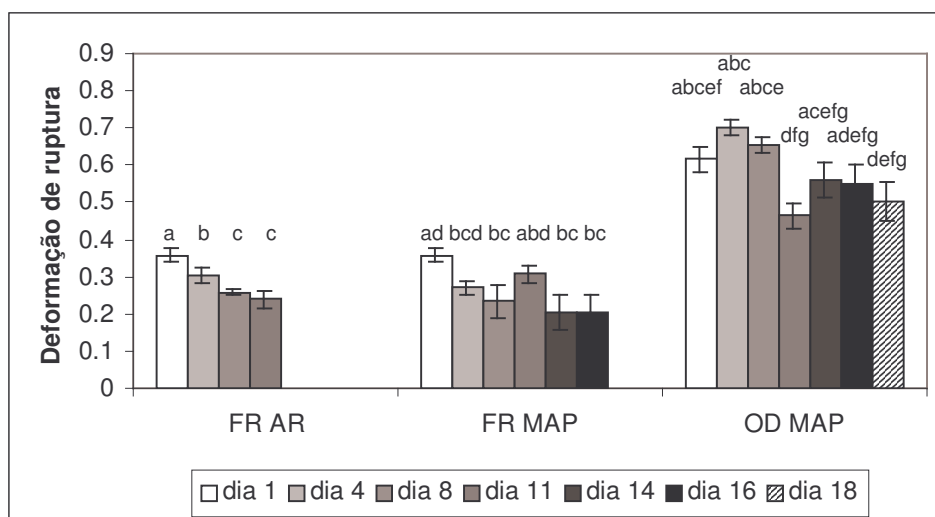


Figura 5.15.: Deformação de ruptura durante a vida de prateleira.

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

A cor instrumental não foi capaz de indicar o escurecimento das amostras nem o surgimento de pontos escuros. A diferença de cor das frutas utilizadas no processamento certamente influenciou esse parâmetro, mas também contribuiu a não homogeneidade da cor na própria fatia, pois a amostra é analisada em apenas 161,29mm² de área, na região central da fatia, e o escurecimento ocorreu principalmente na região próxima da casca e da semente da fruta de modo desigual, mesmo dentre as fatias de uma mesma embalagem. As Tabelas 5.5. a 5.6. mostram os resultados encontrados para ΔE^* (diferença média de cor entre a fruta fresca e desidratada osmoticamente) e H^* (tom) e a Figura 5.16. os resultados para Croma (C^*).

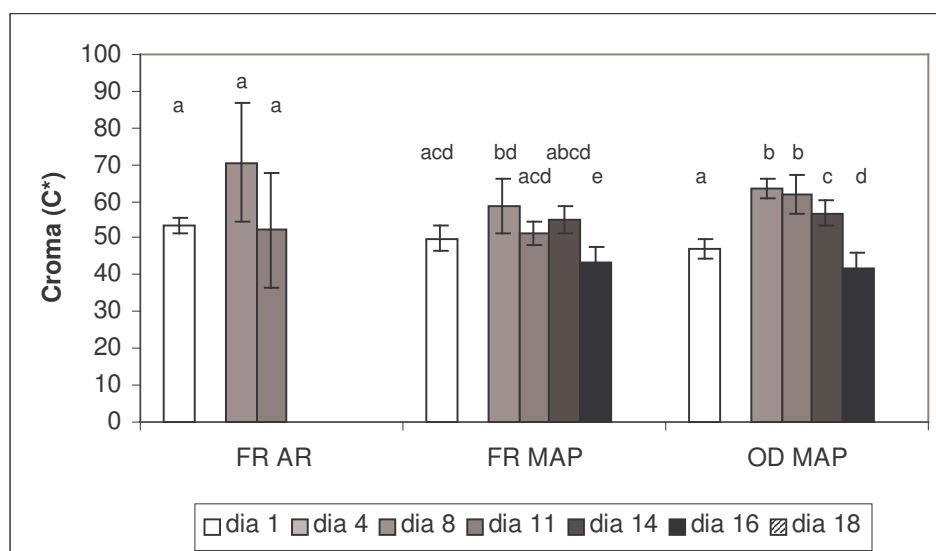


Figura 5.16.: C^* (Croma) durante a vida de prateleira.

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

Tabela 5.5.: Cor instrumental - ΔE^* (diferença média de cor entre a fruta fresca e desidratada osmoticamente)

	FR AR desvio ANOVA			FR MAP desvio ANOVA			OD MAP desvio ANOVA		
dia 1	16,074	4,691	a	16,074	4,691	a	17,383	3,115	a
dia 4									
dia 8	30,516	3,850	b	30,086	4,814	b	27,231	0,778	bce
dia 11	23,713	5,122	c	10,026	4,202	c	28,164	2,052	bc
dia 14				27,456	2,357	b	18,353	1,971	a
dia 16				19,076	5,674	a	23,130	5,502	be
dia 18									

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

Tabela 5.6.: Cor instrumental - H^* (tom)

	FR AR	desvio	ANOVA	FR MAP	desvio	ANOVA	OD MAP	desvio	ANOVA
dia 1	1,378	0,003	a	1,388	0,018	abd	1,393	0,015	abc
dia 4									
dia 8	1,417	0,001	b	1,371	0,036	ab	1,383	0,019	ab
dia 11	1,403	0,012	c	1,369	0,014	ab	1,385	0,008	ab
dia 14				1,440	0,029	c	1,413	0,013	abc
dia 16				1,406	0,016	ad	1,418	0,040	ac
dia 18									

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

5.6.4. Análise Sensorial Comparativa

As Figuras 5.17. e 5.18. apresentam a análise de regressão linear, que indica que alguns parâmetros da análise sensorial têm relação com o tempo, mas apenas para amostras frescas – impressão global e aparência da fatia e da embalagem (quando $p \leq 0,05$ há correlação). O tempo de estocagem não afetou os resultados da análise sensorial das fatias desidratadas osmoticamente nem os demais parâmetros, como aroma, sabor e textura.

As fatias frescas sofrem um abrupto amolecimento dos tecidos já no primeiro dia, que foi mais evidente no manuseio das amostras. No entanto, nos primeiros dias de estocagem a textura não pareceu se modificar profundamente, o que pode ser verificado pelos resultados das análises sensorial e instrumental.

Nota-se que em nenhuma análise sensorial realizada durante os estudos a avaliação global do produto foi superior a 7cm na escala hedônica. Esse fato pode estar ligado a dois fatores: à preferência dos provadores por outras variedades da fruta, como a ‘Palmer’ e a ‘Haden’, conhecidamente mais doces e de sabor mais intenso (CHEIRO, 2002), e à apresentação da fruta em fatias finas, que não permite ao provador sentir a suculência da fruta na boca (que geralmente é consumida inteira ou em pedaços grandes). A escolha por fatias de 5mm foi devida à maior eficiência da desidratação osmótica nos tecidos da fruta, e os parâmetros sensoriais foram deixados em segundo plano, o que pode ser um erro no desenvolvimento de produtos prontos para consumo.

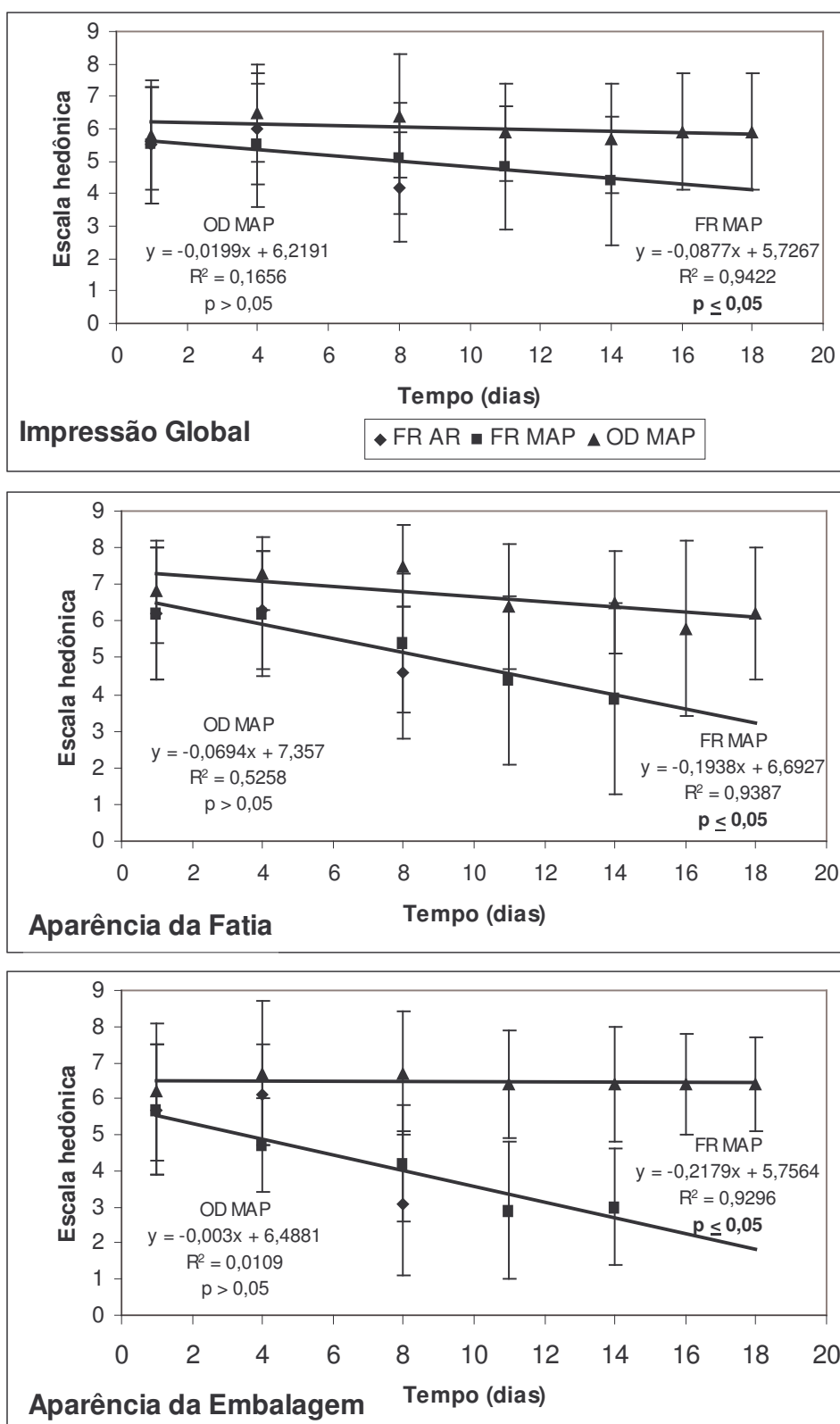


Figura 5.17.: Regressão linear da análise sensorial de vida de prateleira de manga FR MAP e OD MAP – Impressão Global e Aparência da Fatia e da Embalagem.

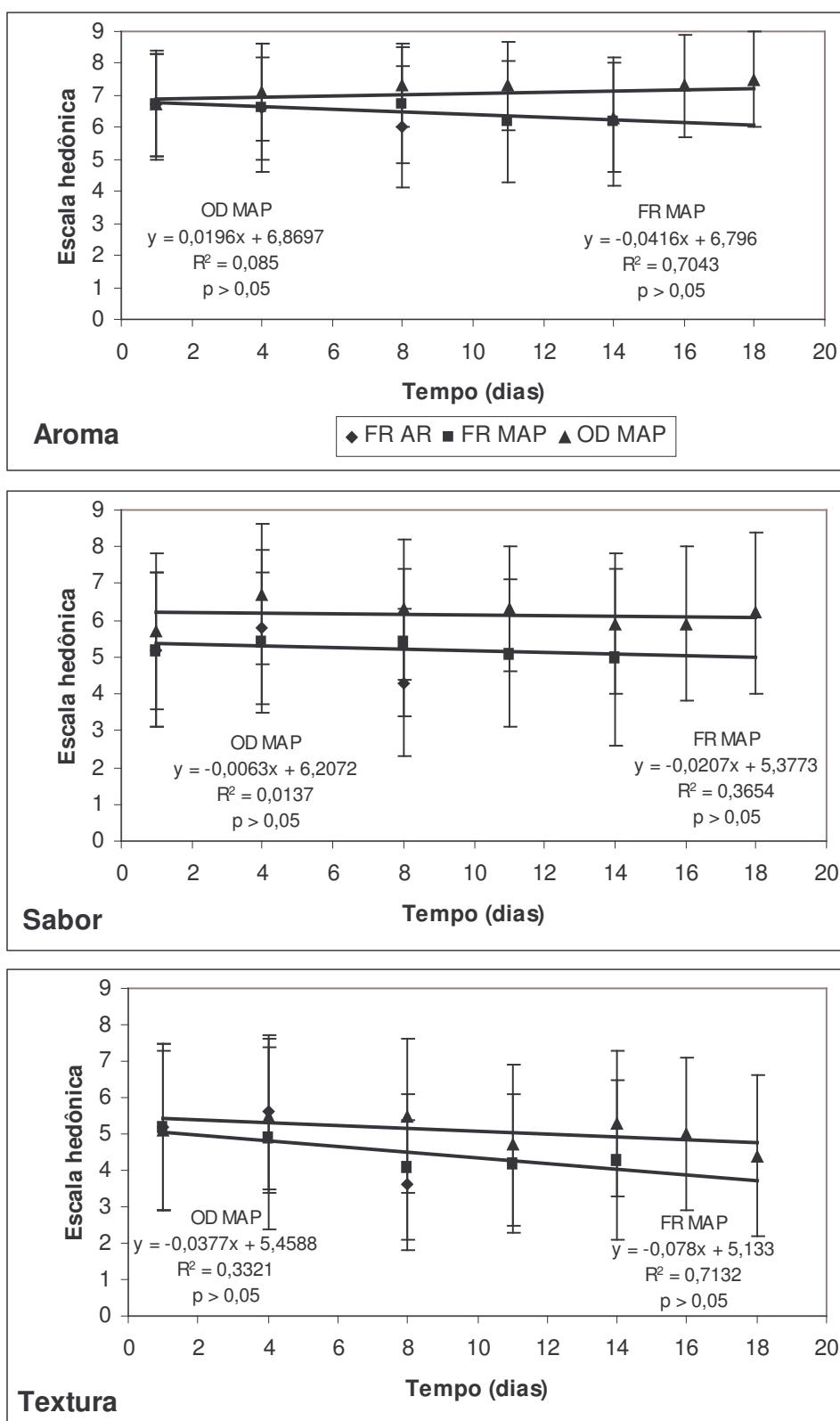


Figura 5.18.: Regressão linear da análise sensorial de vida de prateleira de manga FR MAP e OD MAP – Aroma, Sabor e Textura.

As Figuras 5.19. a 5.24. mostram a resposta para Intenção de Compra do produto. A avaliação foi feita em dois momentos: (a) com os produtos em uma embalagem de PEBD codificada, apenas levando em consideração a aparência do produto e (b) após a degustação de uma fatia do produto, apresentada com codificação diferente da anterior. Em ambos os casos foi apresentada uma escala de 5 pontos que foram codificadas como 1 – eu certamente compraria , até 5 – eu certamente não compraria (Apêndice II C).

Uma curva de distribuição Gaussiana (Normal) foi calculada para os resultados do primeiro dia e do último dia da sensorial (variável de acordo com a amostra), para evidenciar o deslocamento das respostas obtidas dos provadores. Apesar das amostras terem sido avaliadas por provadores diferentes, a curva serve como um indicativo valioso da aceitação do produto. Deve-se ressaltar que a curva não serve como análise estatística, é apenas ilustrativa.

As curvas permitem verificar que os produtos frescos (FR AR e FR MAP) sofreram forte impacto do tempo na intenção de compra, tanto para o produto apresentado para degustação, quanto para o produto apresentado na embalagem, o que não ocorreu com o produto desidratado osmoticamente (OD MAP).

Pode-se perceber pelas Figuras 5.19. e 5.20. que as amostras de fatias frescas embaladas em PVC perfurado (FR AR) sofreram uma grande rejeição no dia 8, mais pronunciada quando a aceitação da embalagem foi analisada, provavelmente devido ao escurecimento das fatias, mais perceptível em um volume maior da amostra.

As amostras frescas embaladas em PEBD sofreram rejeição no dia 11 (Figuras 5.21. e 5.22.), mas a análise sensorial foi conduzida até o dia 14, porque pareceu não haver modificação das amostras neste intervalo.

A aparência das fatias desidratadas na embalagem parece ter influenciado positivamente a intenção de compra do produto, pois um número maior de provadores respondeu que com certeza compraria o produto, comparando com os que responderam do mesmo modo após provarem as fatias, durante todo o período de análise.

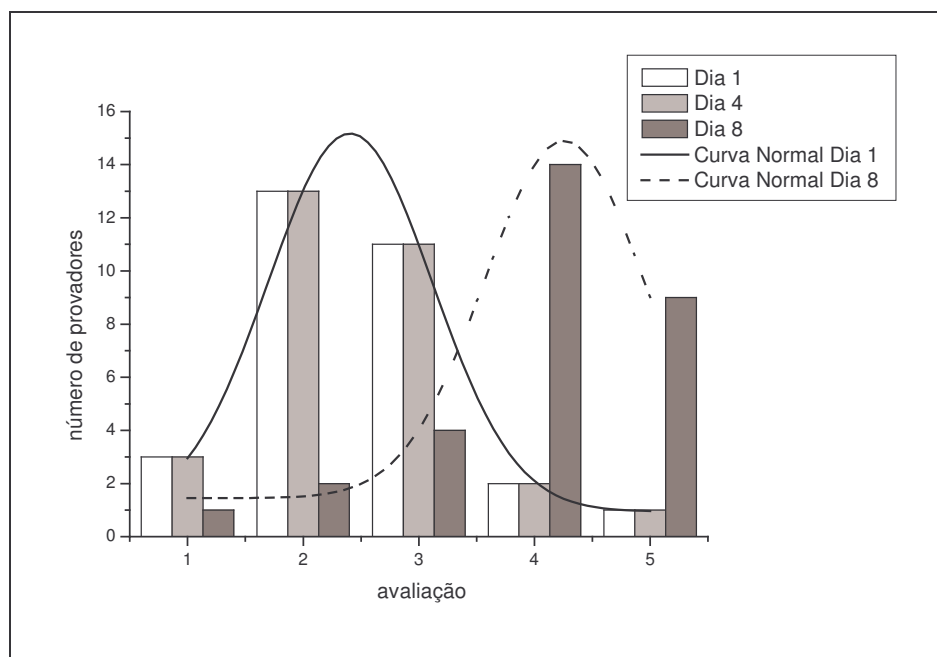


Figura 5.19.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PVC perfurado (FR AR a).

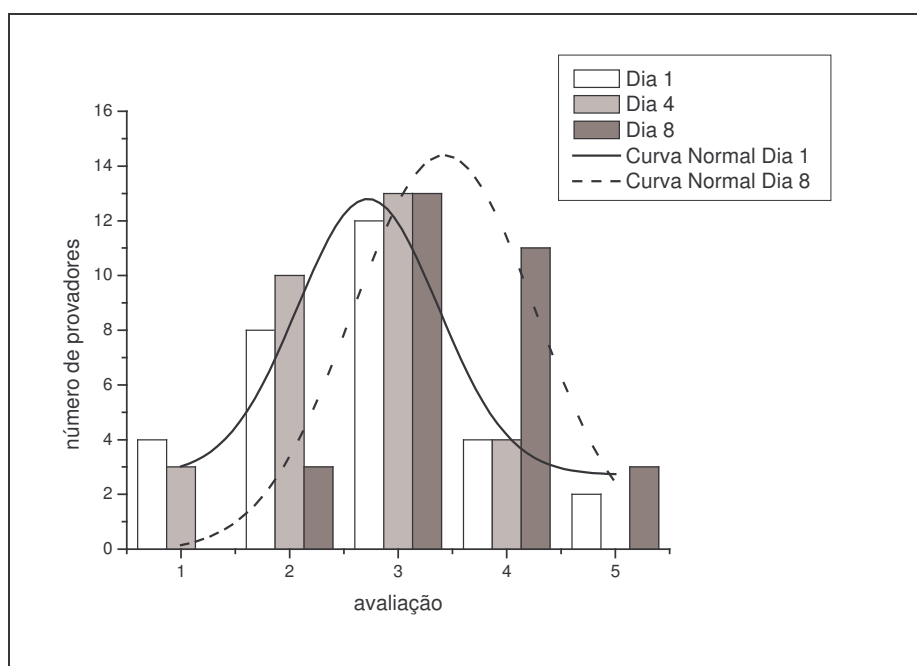


Figura 5.20.: Histograma de Intenção de Compra para fatias de manga fresca armazenada em PVC perfurado (FR AR b).

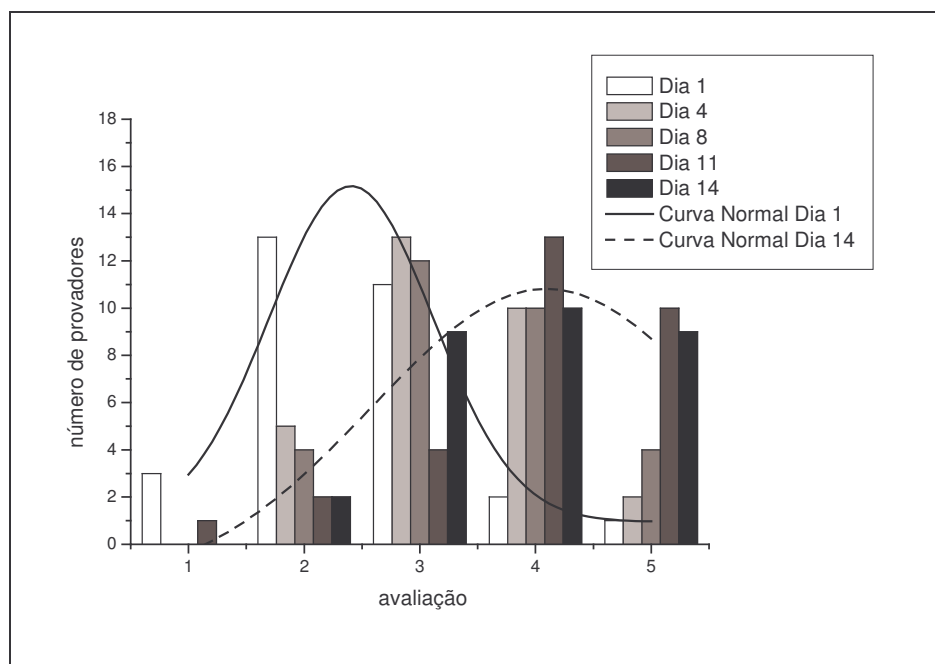


Figura 5.21.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PEBD (FR MAP a).

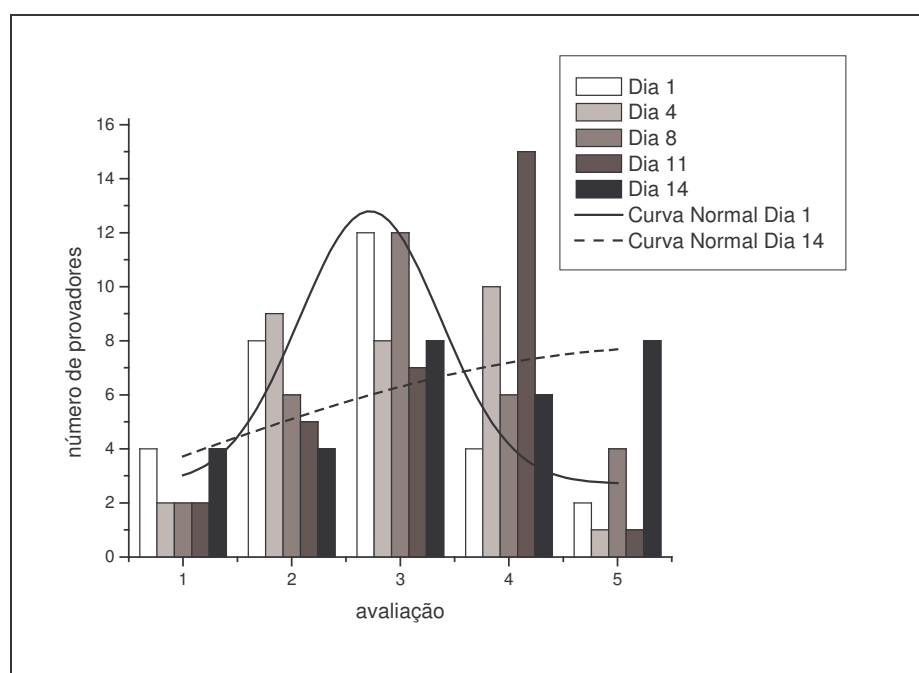


Figura 5.22.: Histograma de Intenção de Compra para fatias de manga fresca armazenada em PEBD (FR MAP b).

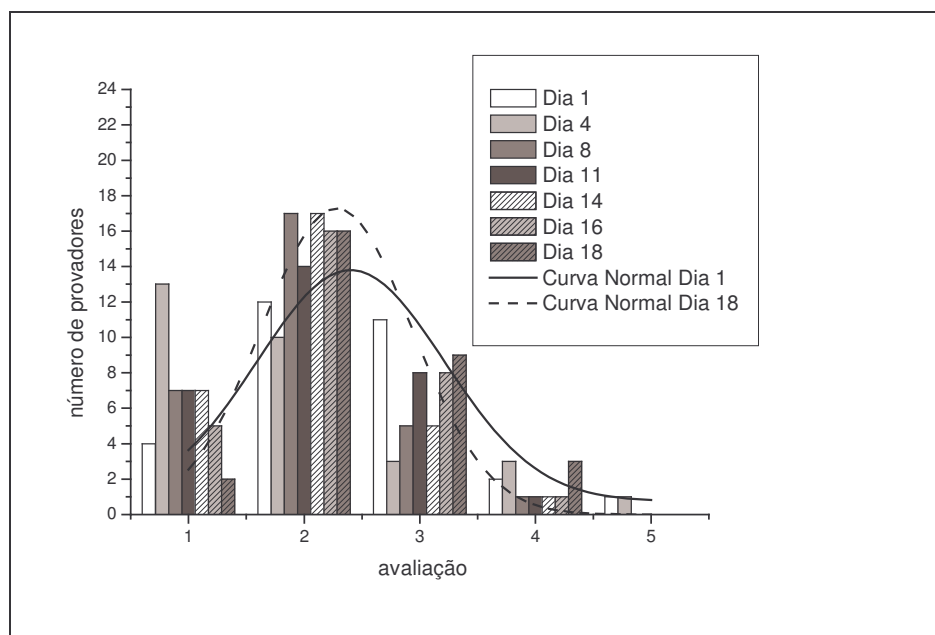


Figura 5.23.: Histograma de Intenção de Compra para embalagem de manga fresca armazenada em PEBD (OD MAP a).

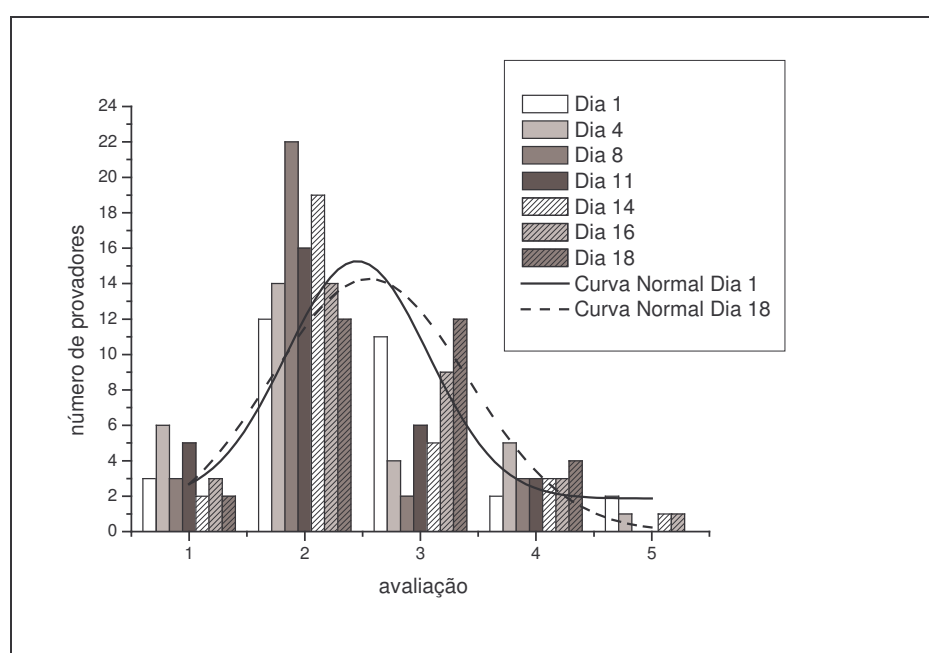


Figura 5.24.: Histograma de Intenção de Compra para fatia de manga fresca armazenada em PEBD (OD MAP b).

5.6.5. Análise Microbiológica

As análises microbiológicas confirmam as condições sanitárias satisfatórias do produto, sendo considerado próprio para consumo humano, de acordo com a legislação, que determina ausência de *Salmonella sp* em 25 gramas e máximo de 5×10^2 NMP/g de coliformes a 45°C (*Escherichia coli*) em amostra representativa.

Os resultados da análise microbiológica, apresentados na Tabela 5.7. permitem concluir que o crescimento de bactérias lácticas não foi um parâmetro para a deterioração do produto. A contagem total, que não estava prevista no planejamento, e de bolores e leveduras seriam parâmetros mais adequados para o julgamento do fim da vida de prateleira.

O produto desidratado (OD MAP) apresentou baixa contagem total e de bolores e leveduras, mesmo após 18 dias, o que indica a eficiência do processo combinado de desidratação osmótica e embalagem com atmosfera modificada. Quando comparado ao produto FR MAP, pode-se dizer que o OD MAP apresentou maior segurança microbiológica, já que não houve variações grandes entre os resultados.

Observa-se a eficiência da atmosfera modificada no controle do crescimento de bolores e leveduras, que não passou de 10^4 após 16 dias (FR MAP), quando comparado com o produto armazenado ao ar atmosférico, que chegou a 10^6 no dia 11 (FR AR).

Houve formação de condensado em todos os sistemas de embalagem utilizados, tanto para amostras frescas quanto para amostras desidratadas osmoticamente. A condensação de água na parte superior das embalagens prejudica a aparência do produto, além de contribuir para o crescimento de microorganismos, e é um desafio no desenvolvimento de produtos em atmosfera modificada (WATADA & QI, 1999).

Tabela 5.7.: Contagem microbiológica de fatias de manga durante a vida de prateleira a 5°C.

Amostra e determinação	Dia 1	Dia 4	Dia 8	Dia 11	Dia 14	Dia 16	Dia 18
FR AR							
<i>Salmonella</i> (em 25 g)	Ausente	-	-	-	-	-	-
Coliformes Totais (NMP/g)	$2,4 \times 10^2$ a $1,1 \times 10^3$	-	-	-	-	-	-
Coliformes a 45°C (NMP/g)	<3,0	-	-	-	-	-	-
Bolores e Leveduras (UCF/g)	$<10^2$ a $7,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$ a $1,3 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$ a $2,4 \times 10^4$	$4,9 \times 10^5$ a $1,6 \times 10^6$	-	-	-
Bactérias Láticas (UCF/g)	<10	<10	<10	<10	-	-	-
Contagem Total (NMP/g)	<10 a $2,9 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$ a $2,3 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$ a $5,7 \times 10^4$	$9,1 \times 10^5$ a $5,5 \times 10^6$	-	-	-
FR MAP							
<i>Salmonella</i> (em 25 g)	Ausente	-	-	-	-	-	-
Coliformes Totais (NMP/g)	$2,4 \times 10^2$ a $1,1 \times 10^3$	-	-	-	-	-	-
Coliformes a 45°C (NMP/g)	<3,0	-	-	-	-	-	-
Bolores e Leveduras (UCF/g)	$<10^2$ a $7,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$ a $3,0 \times 10^2$	$<10^2$ a $2,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$ a $4,4 \times 10^3$	$4,0 \times 10^2$ a $9,0 \times 10^2$	$5,8 \times 10^3$ a $6,6 \times 10^4$	-
Bactérias Láticas (UCF/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-
Contagem Total (NMP/g)	<10 a $2,9 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2$ a $3,5 \times 10^4$	<10 a $1,4 \times 10^3$	$3,7 \times 10^2$ a $1,0 \times 10^6$	-	$7,7 \times 10^3$ a $>6,5 \times 10^6$	-
OD MAP							
<i>Salmonella</i> (em 25 g)	Ausente	-	-	-	-	-	-
Coliformes Totais (NMP/g)	<3,0	-	-	-	-	-	-
Coliformes a 45°C (NMP/g)	<3,0	-	-	-	-	-	-
Bolores e Leveduras (UCF/g)	$<10^2$ a $1,0 \times 10^2$	$<10^2$ a $<10^2$	$1,0 \times 10^2$ a $3,0 \times 10^2$	$<10^2$ a $7,0 \times 10^2$	$<10^2$ a $4,0 \times 10^2$	$<10^2$ a $5,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$ a $3,0 \times 10^2$
Bactérias Láticas (UCF/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Contagem Total (NMP/g)	<10 a 10	<10 a $1,0 \times 10^4$	<10 a 10	$4,4 \times 10^2$ a $1,4 \times 10^3$	-	<10 a $1,2 \times 10^4$	$3,0 \times 10$ a $4,6 \times 10^3$

5.6.6. Aspecto Visual dos Produtos

As Figuras 5.25. a 5.27. apresentam fotos das amostras de fatias de mangas frescas embaladas em PVC perfurado (FR AR) nos dias 1, 4, 8 e 11.

As Figuras 5.28. a 5.30. apresentam amostras de fatias de mangas frescas embaladas em PEBD (FR MAP) nos dias 1, 4, 8, 11 e 14. Nas Figuras 5.29. e 5.30. pode-se observar a grande diferença na aparência de amostras estocadas nas mesmas condições, após o mesmo período de estocagem.

As Figuras 5.31. a 5.33. apresentam amostras de fatias de mangas desidratadas osmoticamente embaladas em PEBD (OD MAP). Nas Figuras 5.32. e 5.33. pode-se observar apenas uma pequena diferença na aparência das amostras estocadas nas mesmas condições, após o mesmo período de estocagem.

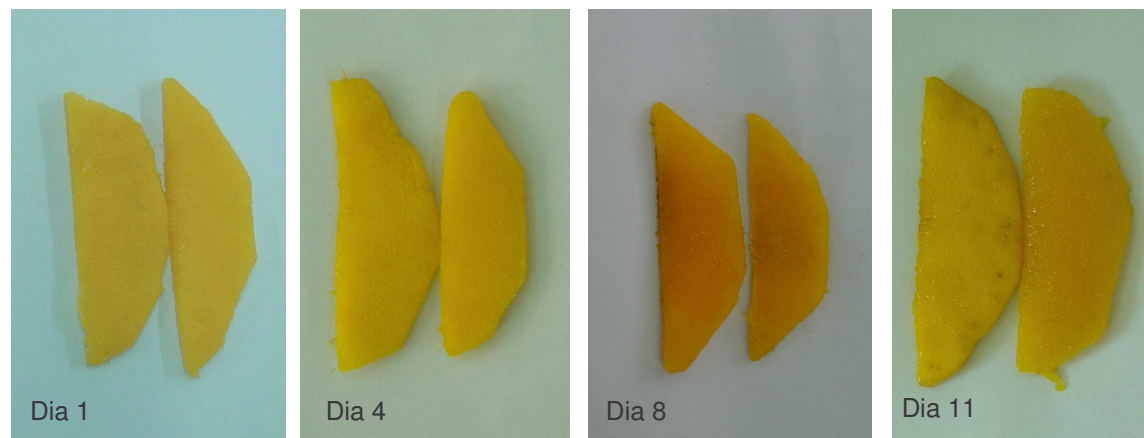


Figura 5.25.: Fatias de manga FR AR após diferentes períodos de estocagem.



Figura 5.26.: Embalagem FR AR com fungos visíveis no dia 11.



Figura 5.27.: Embalagem FR AR com leveduras visíveis no dia 11.

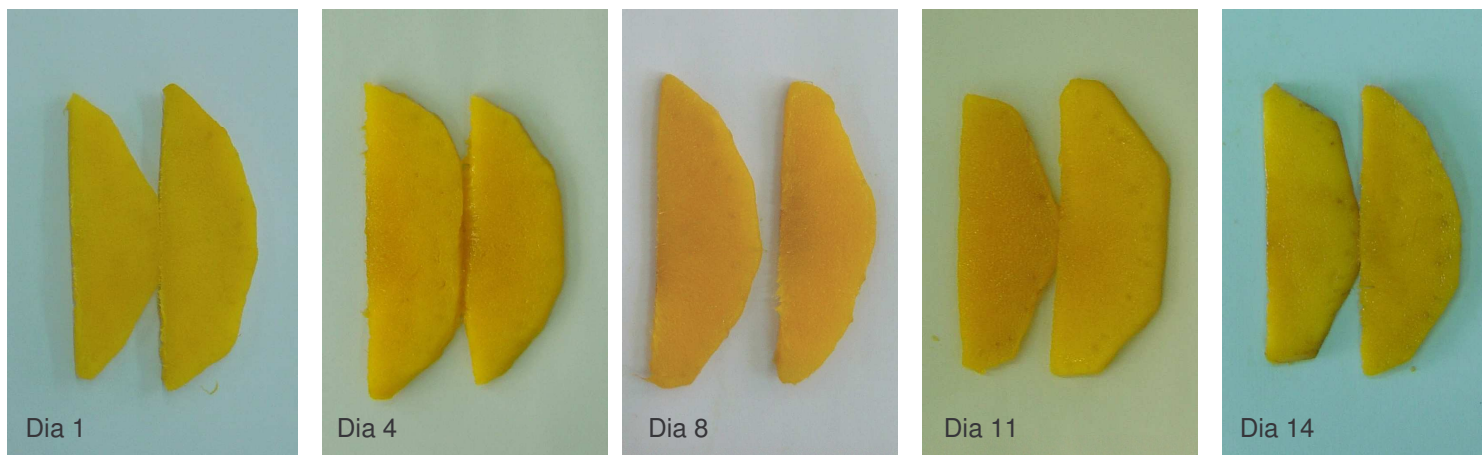


Figura 5.28.: Fatias de manga FR MAP após diferentes períodos de estocagem.



Figura 5.29.: Diferentes embalagens abertas no dia 14. Vista da parte superior das fatias.

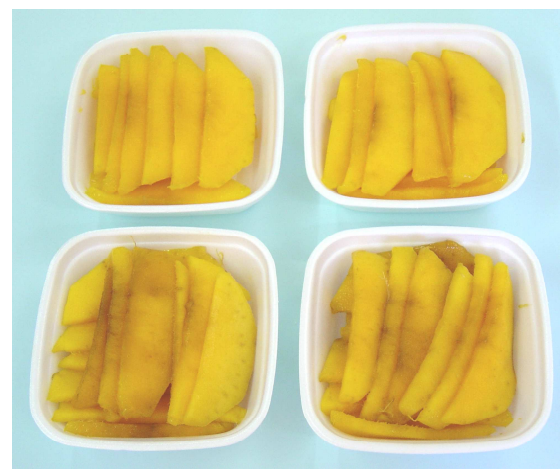


Figura 5.30.: Diferentes embalagens abertas no dia 14. Vista da parte inferior das fatias.

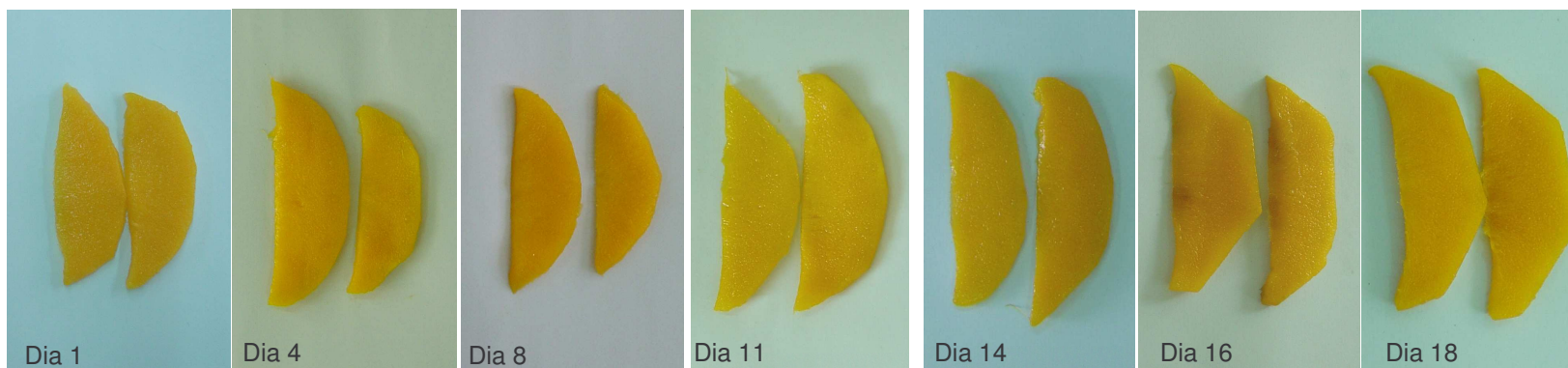


Figura 5.31.: Fatias de manga OD MAP após diferentes períodos de estocagem.



Figura 5.32.: Diferentes embalagens abertas no dia 18. Vista da parte superior das fatias.

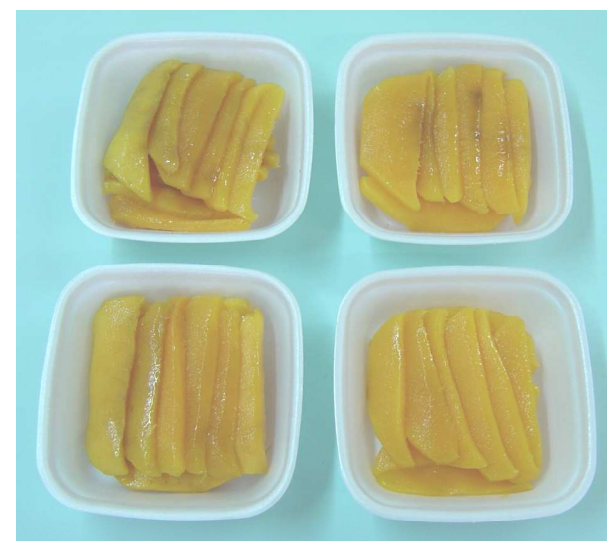


Figura 5.33.: Diferentes embalagens abertas no dia 18. Vista da parte inferior das fatias.

6. Conclusões

O processo de desidratação osmótica mais indicado para o preparo de manga minimamente processada foi estabelecido utilizando-se xarope de sacarose de 65°Brix a 30°C por 1 hora, sob agitação de 120rpm para fatias de manga de 5mm, na proporção de 1:10.

A embalagem escolhida para o produto foi o sistema de embalagem composto por bandeja de poliestireno expandido e filme PEBD de 60µm, apresentado como saco plástico de 150 por 200mm, selado, para 80 gramas de fatias de mangas frescas ou desidratadas osmoticamente.

Fatias desidratadas osmoticamente e embaladas em filme PEBD (mantendo atmosfera modificada) tiveram vida de prateleira de 18 dias. Fatias frescas utilizadas como controle tiveram vida de prateleira de 8 dias quando armazenadas em ar atmosférico e de 14 dias quando armazenadas sob atmosfera modificada.

O amolecimento dos tecidos, tanto pela desidratação osmótica, quanto devido ao tempo de armazenamento, foi certamente o maior problema do produto, e causou perda tanto na textura sensorial, tendo sido a observação mais freqüente dos provadores, quanto na aparência das fatias de manga.

A desidratação osmótica influenciou positivamente na manutenção da qualidade sensorial, prevenindo o escurecimento dos tecidos, e na qualidade microbiológica do produto. A atmosfera modificada influenciou positivamente na qualidade microbiológica das fatias de manga frescas, mas não exerceu influência na qualidade sensorial do produto fresco e desidratado osmoticamente.

Sugestões

A inativação enzimática por branqueamento pode ser recomendada para mangas frescas em corte, em uma tentativa de prevenir o escurecimento da fruta.

Soluções tecnológicas, como o uso de cálcio na desidratação osmótica para incorporação pelos tecidos da fruta podem ser testadas na tentativa de melhorar a textura de fatias frescas e desidratadas osmoticamente.

7. Referências Bibliográficas

A IMPORTÂNCIA dos Pré-processados. **FrutiFatos**, Brasília, p. 16-18, Dez, 1999 (on line). Disponível na Internet: www.irrigar.org.br Data de acesso: 30/09/2004.

ALMEIDA, C. O.; SILVA SOUZA, J. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Manga: Tendências de Mercado** (20/06/2000, on line). Disponível na Internet: www.embrapa.br Data de acesso: 10/07/2003.

AHVENAINEN, R. New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, no. 6, p. 179-187, Jun, 1996.

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; CHANES, J. W. New Strategies for Minimally Processed Foods. The Role of Multitarget Preservation. **Food Science and Technology International**, v. 4, no. 5, p. 353-361, Out, 1998.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (on line). Disponível na Internet: www.anvisa.gov.br Data de acesso: 02/08/2003.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 16^o ed. Arlington, AOAC International, 1995. 2 v.

ARAÚJO, J. L. P. **Mercado e Comercialização da Manga**. (on line). Disponível na Internet: www.cpatas.embrapa.br Data de acesso: 20/07/2004.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C.; JACKSON, R.; NG, K. C. Effect of Osmotic Agents and Concentration on Fruit Quality. **Journal of Food Science**, v. 48, no. 1, p. 202-205, Jan/Fev, 1983.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional – MI. **Manga – Tommy Atkins**. Brasília, DF, Jun, 1998. FrutiSéries 2 São Paulo (on line). Disponível na Internet: www.irrigar.org.br Data de acesso: 30/09/2004.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA. **Manga**. Brasília, DF, Dez, 1999. FrutiSéries 2 Minas Gerais (on line). Disponível na Internet: www.irrigar.org.br Data de acesso: 30/09/2004.

CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Produção Integrada de Manga (on line). Disponível na Internet: www.cati.gov.br Data de acesso: 10/07/2003.

CAMERON, A. C.; BOYLAN-PETT, W.; LEE, J. Design of Modified Atmosphere Packaging Systems: Modeling Oxygen Concentrations Within Sealed Packages of Tomato Fruits. **Journal of Food Science**, v. 54, no. 6, p. 1413-1421, Nov/Dez, 1989.

CAMERON, A. C.; TALASIL, P. C.; JOLLES, D. W. Predicting Film Permeability Needs for Modified-atmosphere Packaging of Lightly Processed Fruits and Vegetables. **HortScience**, v. 30, no. 1, p. 25-34, Fev, 1995.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Campinas, Editora da UNICAMP, 1999, 212 p.

CHEIRO das Mangas Atrai o Consumidor. **FrutiFatos**, p. 22-23, Jun, 2002. (on line). Disponível na Internet: www.irrigar.org.br Data de acesso: 30/09/2004.

CHIRALT, A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, A.; FITO, P. Changes in Mechanical Properties Throughout Osmotic Processes Cryoprotectant Effect. **Journal of Food Engineering**, v. 49, no. 2&3, p. 129-135, Ago, 2001.

CHURCH, I. J.; PARSONS, A. L. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 67, no. 2, p. 143-152, Fev, 1995.

COOPERHOUSE, H. L. Innovations in Modified Atmosphere Packaging. **Fresh Cut**, v. 11, no. 9, p. 24-26, Set, 2003.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z.; TOUPIN, C. Suitability of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. **Journal of Food Science**, v. 58, no. 6, p. 1365-1370, Nov/Dez, 1993.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Agriculture database (on line). Disponível na Internet: www.fao.org Data de acesso: 10/07/2003.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, no. 2, p. 99-119, Abr, 2002.

GIRALDO, G.; TALENS, P.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, Great Yarmouth, v. 58, no. 1, p. 33-43, Jun, 2003. *Apud*: ISSE, M. G.; SCHUBER, H. Osmotic Dehydration of Mango. Mass Transfer between Mango and Syrup. **Proceedings of the Fourth World Congress of Chemical Engineering**, 1991.

GOMES, P. **Fruticultura Brasileira** (on line). Disponível na Internet: www.bibvirt.futuro.usp.br Data de acesso: 10/07/2003.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic Concentration of Fruit Slices Prior to Freeze Dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 2, no. 4, p. 265-284, Out, 1978.

HOWARD, L. R.; GONZALES, A. R. Food Safety and Produce Operations: What is the Future? **HortScience**, v. 36, no. 1, p. 33-37, Fev, 2001.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEREVE, J. Validation of a Systematic Approach to Design Equilibrium Modified Atmosphere Packages for Fresh-Cut Produce. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 32, no. 7, p. 425-432, Nov, 1999.

KADER, A. A. Mango. **Recommendations for Maintaining Postharvest Quality** (on line). Disponível na Internet: rics.ucdavis.edu Data de acesso: 04/08/2003.

KADER, A. A.; ZAGORY D.; KERBEL, E.L. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, no. 1, p. 1-30, Jan, 1989.

LEISTNER, L.; GORRIS, L. G. M. Food Preservation by Hurdle Technology. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, no. 2, p. 41-46, Fev, 1995.

LENART A. Osmo-Convective Drying of Fruits and Vegetables: Technology and Application. **Drying Technology**, v. 14, no. 2, p. 391-413, Fev, 1996.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. **Journal of Food Science**, v. 50, no. 5, p. 1217-1219, Set/Out, 1985.

LIMBANYEN, A.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; BARTZ, J. A. Fresh-cut Mango Fruits Slices. **HortScience**, v. 33, no. 3, p. 457, Jun, 1998. Abstract.

MADAMBA, P. S.; LOPEZ, R. I. Optimization of the Osmotic Dehydration of Mango (*Mangifera indica* L.) Slices. **Drying Technology**, v. 20, no. 6, p. 1227-1242, Jul, 2002.

MANOLOPOULOU, H; PAPADOPOULOU, P. A Study of Respiratory and Physico-chemical Changes of Four Kiwi Fruit Cultivars During Cool-storage. **Food Chemistry**, v. 63, no. 4, p. 529-534, Dez, 1998.

MARTÍNEZ-FERRER, M.; HARPER, C.; PÉREZ-MUÑOZ, F.; CHAPARRO, M. Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits. **Journal of Food Science**, v. 67, no. 9, p. 3365-3371, Nov/Dez, 2002.

MEGALE, J. **Influência do Estágio de Maturação e da Condição de Armazenagem em Parâmetros Sensoriais, Químicos e Microbiológicos de Manga, Cultivar Palmer, Semi-processada**. Campinas, 2002. 98 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

MI – Ministério da Integração Nacional. Mercado Frutícola Nacional (on line). Disponível na Internet: www.irrigar.org.br Data de acesso: 30/09/2004.

MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation and Osmotic Dehydration of Some Fruits: Effect of the Vacuum Pressure and Syrup Concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 57, no. 4, p. 305-314, Mai, 2003.

NASSU, R. T.; LIMA, J. R.; SOUZA FILHO, M. S. M. Aceitação do Consumidor de Melão, Manga e Caju *in natura* e Processados por Métodos Combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, no. 3, “s.p.”, Dec, 2001. Disponível na Internet: www.scielo.br Data de acesso: 20/08/2003.

OHLSSON, T. Minimal Processing – Preservation Methods of the Future: an Overview. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, no. 11, p. 341-344, Nov, 1994.

OLIVEIRA, L. M.; ALVES, R. M. V.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; PADULA, M.; GARCIA, E. E. C.; COLTRO, L. **Ensaio para Avaliação de Embalagens Plásticas Flexíveis**. Campinas: Ed. Centro de Tecnologia de Embalagens – ITAL, 1996. 219 p.

PEREIRA, L. M. **Acondicionamento de Goiabas Minimamente Processadas por Desidratação Osmótica em Embalagens sob Atmosfera Modificada Passiva**. Campinas, 2002. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

PONTING, J. D.; WATTERS G. G.; FORREY R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic Dehydration of Fruits. **Food Technology**, v. 20, no. 10, p. 1365-1368, Out, 1966.

RAOULT-WACK, A. L. Recent Advances in the Osmotic Dehydration of Foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, no. 8, p. 255-260, Ago, 1994.

RATTANAPANONE, N.; LEE, Y.; WU, T.; WATADA, A. E. Quality and Microbial Changes of Fresh-cut Mango Cubes Held in Controlled Atmosphere. **HortScience**, v. 36, no. 6, p. 1091-1095, Oct, 2001.

RODRIGUES, A. C. C. **Estudo da Desidratação Osmótica com Aditivos e Acondicionamento sob Atmosfera Modificada de Pedacos de Mamão Formosa**. Campinas, 2005. 191 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SABLANI, S. S.; RAHMAN, M. S. Effect of Syrup Concentration, Temperature and Sample Geometry on Equilibrium Distribution Coefficients During Osmotic Dehydration of Mango. **Food Research International**, v. 36, no. 1, p. 65-71, Jan, 2003.

SAGAR, V. R.; KHURDIYA, D. S. Effect of Ripening Stages on Quality of Dehydrated Ripe Mango Slices. **Journal of Food Science and Technology**, v. 33, no. 6, p. 527-529, Nov/Dez, 1996.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um Estruturado de Polpa de Manga (*Mangifera indica* L. cv Tommy Atkins) Parcialmente Desidratada por Osmose**. Campinas, 2003. 80 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SHEWFELT, R. L. Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, no. 3, p. 143-156, Set, 1987.

SHEWFELT, R. L. What is Quality? **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, no 3, p. 197-200, Mar, 1999.

TALASIL, P. C.; CAMERON, A. C. Modeling Frequency Distribution of Steady-State O₂ Partial Pressures in Modified-Atmosphere Packages. **Journal of Food Process Engineering**, v. 18, no. 2, p. 199-217, Jun, 1995.

Tabela Brasileira de Composição Química – TACO, **versão 1 / NEPA – UNICAMP**. Campinas: **NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação / UNICAMP**, 2004. 42 p.

TEDJO, W.; TAIWO K. A.; ESHTIAGHI, M. N.; KNORR, D. Comparison of Pretreatment Methods on Water and Solid Diffusion Kinetics of Osmotically Dehydrated Mangos. **Journal of Food Engineering**, v. 53, no. 2, p. 133-142, Jun, 2003.

TFNet – International Tropical Fruits Network. Mango (on line). Disponível na Internet: www.itfnet.org Data de acesso: 26/05/2004.

TOVAR, B.; GRACÍA, H. S.; MATA, M. Physiology of pre-cut Mango I. ACC and ACC oxidase activity of Slices Subjected to Osmotic Dehydration. **Food Research International**, v. 34, no. 2&3, p. 207-215, Mar, 2001.

TOVAR, B.; GRACÍA, H. S.; MATA, M. Physiology of pre-cut Mango II. Evolution of Organic Acids. **Food Research International**, v. 34, no. 8, p. 705-714, Ago, 2001.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of Fresh-cut Produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, no. 3, p. 201-205, Mar, 1999.

WILEY, R. C. (editor). **Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas**. Tradução de José Fernández-Salguero Carretero. Zaragoza, Editorial Acribia S. A., 1997, 362 p.

Desenvolvimento das Equações para a Determinação da Taxa de Transmissão de Gases Através da Embalagem (TR)

CAMERON *et al.* (1989), baseado na Lei de Fick, propõe a determinação do fluxo difusivo de O₂ por unidade de tempo através de um filme como:

$$J_{O_2}^{filme} = \frac{P_{O_2} \cdot A}{\Delta x} ([O_2]_{atm} - [O_2]_{pct}) \quad (1)$$

Como o fluxo de O₂ pela fruta é uma função da respiração (que por sua vez é uma função da concentração de O₂ na embalagem), assumindo temperatura constante e não interferência da concentração de CO₂ na permeabilidade, temos:

$$J_{O_2}^{filme} = RR_{O_2} ([O_2]_{pct}) \cdot W \quad (2)$$

Como no equilíbrio o fluxo de O₂ através do filme e pela fruta devem ser iguais, combinando as equações (1) e (2), temos:

$$\frac{P_{O_2} \cdot A}{\Delta x} ([O_2]_{atm} - [O_2]_{pct}) = RR_{O_2} ([O_2]_{pct}) \cdot W$$

$$P_{O_2} = \frac{\Delta x \cdot RR_{O_2} ([O_2]_{pct}) \cdot W}{A \cdot ([O_2]_{atm} - [O_2]_{pct})} \quad (3)$$

$J_{O_2}^{filme}$ = fluxo difusivo de O₂ por unidade de tempo através de um filme (cm³ dia⁻¹)

P_{O_2} = coeficiente de permeabilidade do filme ao Oxigênio (mL O₂ μm m⁻² dia⁻¹ atm⁻¹)

A = área do filme disponível para trocas gasosas (m²)

Δx = espessura do filme (μm)

$RR_{O_2} ([O_2]_{pct})$ = taxa de respiração do produto (O₂ consumido) em função da pressão parcial de O₂ de dentro da embalagem (mL kg⁻¹ dia⁻¹)

W = peso de fruta embalada (kg)

$[O_2]_{atm}$ = pressão parcial de O₂ fora da embalagem (atm)

$[O_2]_{pct}$ = pressão parcial de O₂ dentro da embalagem (atm)

Apêndice I

A equação (3) foi utilizada em trabalhos de CAMERON *et al.* (1995) e TALASIL & CAMERON (1995), bem como por diversos outros autores. EXAMA *et al.* (1993) partindo de uma equação diferencial e considerando $\Delta x = \text{mil}$ ($25,4\mu\text{m}$), chegou a mesma equação obtida por CAMERON *et al.* (1989). JACXSENS *et al.* (1999), partindo de uma equação diferencial, mas desprezando Δx , também obteve a mesma equação.

Através da equação (3) pode-se obter o coeficiente de permeabilidade do filme ao oxigênio, necessária à obtenção da taxa de transmissão de gases através da embalagem (TR), valor pelo qual determinamos quais os filmes mais indicados para determinado produto, seguindo um banco de dados. Muitos autores utilizam diretamente um banco de dados de filmes de $25,4\mu\text{m}$ ($25,4\mu\text{m} = \text{mil}$). O coeficiente de permeabilidade do filme ao O_2 e ao CO_2 é expressa como $[\text{mL gás mil m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}]$.

Nota-se que a taxa de respiração do produto é função da pressão parcial de O_2 de dentro da embalagem, e que, portanto, não é constante, assim como a diferença entre a pressão parcial de O_2 de dentro e de fora da embalagem.

Estimado o coeficiente de permeabilidade do filme ao oxigênio, pode-se calcular a taxa de permeabilidade do filme necessária ao produto, através da equação utilizada para essa determinação experimental, segundo OLIVEIRA *et al.* (1996).

$$P_{O_2} = \frac{TR}{\Delta p} \cdot \Delta x \quad (4)$$

P_{O_2} = coeficiente de permeabilidade ($\text{mL } O_2 \mu\text{m m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$)

TR = taxa de transmissão de gases através da embalagem ($\text{mL m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

Δp = gradiente de pressão parcial de gás permeante (atm)

Δx = espessura do filme (μm)

Para simplificação, pode-se combinar as equações 3 e 4. Nota-se que a Δp é igual à $([O_2]_{\text{atm}} - [O_2]_{\text{pct}})$.

$$TR = \frac{RR_{O_2}([O_2]_{\text{pct}}) \cdot W}{A} \quad (5)$$

Apêndice I

A partir da equação (5), que fornece a taxa de transmissão de gases através da embalagem a uma taxa de respiração constante, foi feita a seleção dos filmes de embalagem de acordo com dados de permeabilidade fornecidos pelo Centro de Tecnologia de Embalagens (CETEA) do ITAL, de maneira a atender a taxa respiratória da manga desidratada osmoticamente, na temperatura de armazenagem. A permeabilidade ao O_2 à temperatura ambiente é geralmente a informação fornecida pela indústria sobre os filmes. Como a permeabilidade de diferentes filmes é afetada de diferentes maneiras pela temperatura, somente com um banco de dados é possível estimar com razoável aproximação a permeabilidade de um filme a uma dada temperatura. A permeabilidade dos filmes ao CO_2 é sempre maior que ao O_2 . Quando essa informação está disponível, geralmente é dada em termos de seletividade (razão da permeabilidade de CO_2 por O_2).

Pode-se notar que a diferença entre a pressão parcial de O_2 de dentro e de fora da embalagem não é mais uma variável a ser considerada, enquanto a taxa de respiração do produto continua sendo função da pressão parcial de O_2 de dentro da embalagem. Para o cálculo da taxa de transmissão de gases através da embalagem considero-se a taxa de respiração medida pelo método estático, ou seja, a taxa média de respiração durante 1 hora nas condições descritas no item 4.2.6.

Após a determinação da Taxa de Transmissão (TR), pela equação (5) na pressão atmosférica de O_2 (0,21atm), o valor deve ser corrigido para 1atm de pressão de O_2 , condição de medida dos filmes.

Apêndice II A

Ficha da Análise Sensorial Preliminar.

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____

Você está recebendo cinco amostras de fatias de manga. Por favor, avalie os atributos listados abaixo para cada uma das amostras codificadas, usando a escala para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra.

Quanto à **aparência**:

Cód. amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 9 – extremamente agradável
- 8 – muito agradável
- 7 – moderadamente agradável
- 6 – ligeiramente agradável
- 5 – nem agradável, nem desagradável
- 4 – ligeiramente desagradável
- 3 – moderadamente desagradável
- 2 – muito desagradável
- 1 – extremamente desagradável

Quanto à **doçura**:

Cód. amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 9 – extremamente mais doce que a característica
- 8 – muito mais doce que a característica
- 7 – moderadamente mais doce que a característica
- 6 – ligeiramente mais doce que a característica
- 5 – doçura característica
- 4 – ligeiramente menos doce que a característica
- 3 – moderadamente menos doce que a característica
- 2 – muito menos doce que a característica
- 1 – extremamente menos doce que a característica

Quanto à **textura**:

Cód. amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 9 – gostei extremamente
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei, nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei extremamente

Quanto à **avaliação global**:

Cód. amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 9 – gostei extremamente
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei, nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei extremamente

Comentários:

Ficha da Análise Sensorial para Escolha da Embalagem.

Nome: _____ Data: ____/____/____

Amostra no: _____

Por favor, avalie a fatia de manga recebida e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação:

- à aparência.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao aroma.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao sabor.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à textura.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à impressão global.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Comentários:

Apêndice II C

Ficha para Análise Sensorial Comparativa.

Nome: _____ Data: ____/____/____

Amostra no: _____

Por favor, avalie a fatia de manga recebida e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação:

- à aparência.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao aroma.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao sabor.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à textura.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à impressão global.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Intenção de compra. Assinale qual seria sua atitude se você encontrasse esse produto à venda.

- () eu certamente compraria este produto.
- () eu provavelmente compraria este produto.
- () tenho dúvidas se compraria ou não esse produto.
- () eu provavelmente não compraria este produto.
- () eu certamente não compraria este produto.

Comentários:

Ficha para Análise Sensorial Comparativa.

Nome: _____ Data: ____/____/____

Amostra no: _____

Por favor, avalie as embalagens de fatias de manga e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação à aparência.

Desgostei muitíssimo Gostei muitíssimo

|-----|

Assinale qual seria sua atitude se você encontrasse esse produto à venda.

- () eu certamente compraria este produto.
- () eu provavelmente compraria este produto.
- () tenho dúvidas se compraria ou não esse produto.
- () eu provavelmente não compraria este produto.
- () eu certamente não compraria este produto.

Justificativa:

Apêndice III A
Resultados das análises do Planejamento Fatorial.

		Processo			
		26 min 48°Brix	26 min 62°Brix	2 h 34 min 48°Brix	2 h 34 min 62°Brix
Perda de Peso	média	10,94	13,64	27,41	35,71
(%)	desvio padrão	0,32	0,17	1,94	0,93
Perda de Água	média	16,98	19,34	35,53	43,81
(%)	desvio padrão	0,46	0,28	2,32	2,02
Incorporação de Sólidos	média	3,41	6,04	7,90	6,35
(%)	desvio padrão	1,09	1,02	1,12	1,09
Atividade de Água	média	0,977	0,977	0,971	0,965
	desvio padrão	0,001	0,001	0,001	0,001
Tensão de Ruptura	média	21423,8	29888,1	17084,0	22542,1
(Pa)	desvio padrão	8301,5	1749,7	4108,1	2397,7
Deformação de Ruptura	média	0,371	0,452	0,506	0,642
	desvio padrão	0,075	0,015	0,064	0,122
		1 h 30 min 55°Brix	1 h 30 min 55°Brix	1 h 30 min 55°Brix	1 h 30 min 45°Brix
Perda de Peso	média	26,59	23,76	22,77	15,84
(%)	desvio padrão	0,65	0,74	2,10	1,06
Perda de Água	média	32,97	30,66	30,99	23,14
(%)	desvio padrão	1,07	0,98	0,93	0,96
Incorporação de Sólidos	média	6,32	6,15	6,42	7,15
(%)	desvio padrão	0,48	0,40	1,58	1,14
Atividade de Água	média	0,973	0,974	0,974	0,977
	desvio padrão	0,001	0,001	0,001	0,002
Tensão de Ruptura	média	21962,1	21342,2	21337,0	16926,3
(Pa)	desvio padrão	1546,1	3493,8	4944,6	4784,4
Deformação de Ruptura	média	0,546	0,554	0,559	0,438
	desvio padrão	0,028	0,065	0,087	0,054
		3 h 55°Brix	1 h 30 min 65°Brix	0 min 55°Brix	
Perda de Peso	média	32,64	24,99		
(%)	desvio padrão	0,21	1,19		
Perda de Água	média	41,71	31,33		
(%)	desvio padrão	0,57	1,67		
Incorporação de Sólidos	média	6,65	5,88		
(%)	desvio padrão	0,67	0,69		
Atividade de Água	média	0,964	0,973	0,985	
	desvio padrão	0,001	0,001	0,001	
Tensão de Ruptura	média	20118,2	20192,7	27869,0	
(Pa)	desvio padrão	3383,0	5723,6	2291,9	
Deformação de Ruptura	média	0,608	0,549	0,242	
	desvio padrão	0,022	0,077	0,036	

Resultados da Análise de Variância do Planejamento Fatorial.

CODIFICADAS

Perda de Peso

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	3	1017,40	339,13	85,86	4,35
Falta de ajuste	5	47,60	9,52	2,41	
Erro puro	2	7,90	3,95		
Total	10	1072,90			

$$R^2 = 0,95$$

$$Y = 23,35 + 10,59 x_1 - 2,82 x_1^2 + 2,99 x_2$$

Perda de Água

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	3	1454,10	484,70	312,71	4,35
Falta de ajuste	5	93,10	18,62	12,01	
Erro puro	2	3,10	1,55		
Total	10	1550,30			

$$R^2 = 0,94$$

$$Y = 30,66 + 12,75 x_1 - 3,85 x_1^2 + 2,78 x_2$$

Incorporação de Sólidos

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	4	41,43	10,36	517,88	4,53
Falta de ajuste	4	5,77	1,44	72,13	
Erro puro	2	0,04	0,02		
Total	10	47,24			

$$R^2 = 0,88$$

$$Y = 6,30 + 1,77 x_1 - 1,23 x_1^2 + 0,36 x_2^2 - 1,04 x_1 x_2$$

Atividade de Água

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	3	3,10E-04	1,03E-04	206,67	4,35
Falta de ajuste	5	2,80E-05	5,60E-06	11,20	
Erro puro	2	1,00E-06	5,00E-07		
Total	10	3,39E-04			

$$R^2 = 0,92$$

$$Y = 0,9736 - 0,0060 x_1 - 0,0014 x_2 - 0,0015 x_1 x_2$$

Textura - Tensão de Ruptura

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	5	1,88E+08	3,77E+07	292,00	5,05
Falta de ajuste	3	4,44E+07	1,48E+07	114,73	
Erro puro	2	2,58E+05	1,29E+05		
Total	10	2,33E+08			

$$R^2 = 0,81$$

$$Y = 21547 - 4056 x_1 - 2200 x_1^2 + 1093 x_2 - 517 x_2^2 + 1698 x_1 x_2$$

Apêndice III B

Textura - Deformação de Ruptura

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	5	9,98E-02	2,00E-02	399,20	5,05
Falta de ajuste	3	1,66E-02	5,53E-03	110,67	
Erro puro	2	1,00E-04	5,00E-05		
Total	10	1,17E-01			

$$R^2 = 0,86$$

$$Y = 0,553 + 0,094 x_1 - 0,050 x_1^2 + 0,035 x_2 - 0,016 x_2^2 + 0,037 x_1 x_2$$

REAL

Perda de Peso

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	3	1016,68	338,89	86,23	4,35
Falta de ajuste	5	48,35	9,67	2,46	
Erro puro	2	7,86	3,93		
Total	10	1072,89			

$$R^2 = 0,95$$

$$Y = -20,5835 + 0,2903 t - 0,0007 t^2 + 0,4255 C$$

Perda de Água

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	3	1452,16	484,05	310,29	4,35
Falta de ajuste	5	94,98	19,00	12,18	
Erro puro	2	3,12	1,56		
Total	10	1550,26			

$$R^2 = 0,94$$

$$Y = -16,6874 + 0,3698 t - 0,0009 t^2 + 0,3949 C$$

Incorporação de Sólidos

Fonte de variação	G.L.	SQ	SQM	Fcalc	Ftab
Regressão	4	41,30	10,33	516,25	4,53
Falta de ajuste	4	5,90	1,48	73,75	
Erro puro	2	0,04	0,02		
Total	10	47,24			

$$R^2 = 0,87$$

$$Y = -4,21573 + 0,21830 t - 0,00032 t^2 + 0,00187 C^2 - 0,00241 t C$$

Medida da Taxa de Respiração da Manga em Fatias.

Fruta Fresca

Temperatura (°C)	mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹		mL O ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
22	92,57	2,87	57,81	3,76
20	66,98	2,21	43,26	1,75
10	16,65	0,34	5,71	0,59
5	14,89	1,54	4,80	0,72

Fruta Desidratada Osmoticamente

Temperatura (°C)	mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹		mL O ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
25	96,28	3,69	57,91	4,71
20	77,05	5,12	31,17	3,91
10	18,06	1,41	6,03	0,37
5	6,30	0,51	4,72	1,25

Apêndice V

Análises físico-químicas realizadas durante ensaio de vida de prateleira.

Letras iguais, minúsculas, correspondem à diferença não significativa a 5% de significância entre as amostras na análise de variância, ou seja, resultados identificados pela mesma letra não possuem diferença significativa entre si.

Tabela 1: Atividade de água

	FR AR	desvio	ANOVA	FR MAP	desvio	ANOVA	OD MAP	desvio	ANOVA
dia 1	0,988	0,000	a	0,988	0,000	a	0,977	0,002	a
dia 4	0,985	0,002	b	0,981	0,002	b	0,976	0,001	a
dia 8	0,990	0,000	a	0,990	0,000	cd	0,976	0,000	a
dia 11	0,984	0,002	b	0,988	0,001	a	0,978	0,001	a
dia 14				0,991	0,001	d	0,976	0,003	a
dia 16				0,986	0,000	e	0,976	0,001	a
dia 18							0,976	0,001	a

Tabela 2: Umidade em base úmida (%)

	FR AR	desvio	ANOVA	FR MAP	desvio	ANOVA	OD MAP	desvio	ANOVA
dia 1	88,10	0,25	a	88,10	0,25	a	74,11	0,51	acdfg
dia 4	88,08	0,22	a	86,20	0,54	b	75,30	0,26	b
dia 8	88,27	0,07	a	86,73	0,31	b	74,22	0,29	acdf
dia 11	85,91	0,14	b	86,11	0,19	b	73,69	0,23	acdg
dia 14				86,62	0,20	b	72,87	0,18	e
dia 16				86,67	0,49	b	74,33	0,31	acf
dia 18							73,54	0,37	adg

Tabela 3: Sólidos Solúveis - oBrix

	FR AR	desvio	ANOVA	FR MAP	desvio	ANOVA	OD MAP	desvio	ANOVA
dia 1	12,3	0,3	a	12,3	0,3	abe	24,8	0,3	a
dia 4	12,5	0,0	a	12,3	0,3	abe	26,3	0,4	bcd
dia 8	12,2	0,3	a	12,0	0,0	ab	26,0	0,0	bc
dia 11	12,7	0,3	a	13,5	0,0	c	26,0	0,0	bc
dia 14				12,8	0,3	de	26,8	0,4	bd
dia 16				12,5	0,0	ade	26,5	0,5	bcd
dia 18							26,0	0,7	bc

Tabela 4: Acidez (expressa em % de ácido cítrico)

	FR AR	desvio	ANOVA	FR MAP	desvio	ANOVA	OD MAP	desvio	ANOVA
dia 1	0,12	0,00	a	0,12	0,00	a	0,21	0,01	a
dia 4	0,17	0,00	b	0,16	0,01	b	0,12	0,00	b
dia 8	0,16	0,02	b	0,18	0,00	c	0,23	0,01	a
dia 11	0,23	0,01	c	0,18	0,01	c	0,27	0,03	c
dia 14				0,16	0,00	b	0,27	0,03	c
dia 16				0,14	0,00	a	0,15	0,01	b
dia 18							0,20	0,01	a

Tabela 5: pH

	FR AR	FR MAP	OD MAP
dia 1	4,64	4,64	3,97
dia 4	4,40	4,50	4,24
dia 8	4,60	4,61	4,16
dia 11	4,12	4,40	3,91
dia 14		4,72	4,24
dia 16		4,83	4,40
dia 18			4,35

Tabela 6: Açúcares Totais (%)

	FR AR	FR MAP	OD MAP
dia 1	11,37	11,37	20,65
dia 4	10,21	11,82	19,94
dia 8	10,69	11,51	20,06
dia 11	10,24	11,73	22,51
dia 14		13,23	20,99
dia 16		11,80	21,77
dia 18			20,48