



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E BIOQUÍMICA  
DO SUCO TROPICAL DE MANGA (*Mangifera indica* L.) NÃO  
ADOÇADO OBTIDO PELO PROCESSO *HOT FILL*.**

Aurelice Barbosa de Oliveira

FORTALEZA - CEARÁ

2006

AURELICE BARBOSA DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E BIOQUÍMICA  
DO SUCO TROPICAL DE MANGA (*Mangifera indica* L.) NÃO  
ADOÇADO OBTIDO PELO PROCESSO *HOT FILL*.**

Dissertação submetida à  
Coordenação do curso de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos como  
requisito para obtenção do grau de Mestre  
em Tecnologia de Alimentos pela  
Universidade Federal do Ceará.

Orientadora: Dra. Isabella Montenegro Brasil

FORTALEZA - CEARÁ

2006

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E BIOQUÍMICA DO SUCO  
TROPICAL DE MANGA (*Mangifera indica* L.) NÃO ADOÇADO OBTIDO PELO  
PROCESSO *HOT FILL*.

Dissertação submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos como requisito para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Dissertação aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Isabella Montenegro Brasil (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Geraldo Arraes Maia (Co-orientador)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Maria Raquel Alcântara de Miranda  
Universidade Federal do Ceará

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, motivação para todas as coisas; aos meus pais pelo apoio durante esta jornada; e, em especial, ao meu noivo por ter sido companheiro fiel e grande incentivador desta empreitada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que eu superasse todas as dificuldades, encorajando-me a seguir com confiança e determinação;

À minha família pelo apoio e suporte concedidos para meu crescimento pessoal e profissional;

Ao meu noivo pelo carinho e companheirismo e pelo apoio em todas as decisões importantes na minha vida;

À empresa Jandáia Agroindústria LTDA pelo fornecimento do suco tropical de manga;

À professora Dra. Isabella Montenegro pela orientação e interesse com que acompanhou este trabalho;

Ao professor Dr. Geraldo Arraes pela co-orientação e incentivo na realização deste trabalho;

À professora Dra. Raquel Alcântara pela ajuda, dedicação e interesse na realização deste trabalho;

Aos professores Dra. Dirce Fernandes, Dr. Joaquim Enéas Filho e Dr. Enéas Gomes Filho, por disponibilizar seus laboratórios para análises;

Aos amigos Robson, Suely, Cintia, Fernanda Passos, Érica Milô, Fernanda Vanessa pelo incentivo e pelos momentos alegres, compartilhados ao longo do curso;

Ao Paulo Henrique pela sua contribuição na revisão deste trabalho;

Às bolsistas do Laboratório de Frutas e Hortaliças pela ajuda na realização de parte deste trabalho;

Ao Fabrício e Gislane, alunos de doutorado do curso de Bioquímica, pela ajuda na realização de parte deste trabalho;

Ao Juan Pablo e Eduardo, alunos de mestrado do curso de Bioquímica, pela ajuda na realização de parte deste trabalho;

Ao Paulo, da secretária do mestrado, pela disposição em ajudar-me em todos os momentos de dúvidas

À FUNCAP e CNPq pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e químicos e a atividade da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) nas etapas de processamento e durante a vida de prateleira do suco tropical de manga não adoçado envasado pelo processo *hot fill*. Foram retiradas amostras após as etapas de despolpa, homogeneização e pasteurização e do produto logo após o processamento e aos 55, 110 e 165 dias de armazenamento ( $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). A acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), açúcares redutores e totais, ácido ascórbico, carotenóides, antocianinas e cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) foram analisados. Os resultados apresentaram que o pH, a acidez total titulável, o conteúdo de açúcar total e carotenóides não apresentaram significância estatística ao nível de 5% durante o período de armazenagem. Foi observada uma maior atividade da PPO durante as etapas de processamento estudadas bem como na vida de prateleira do produto, de um modo geral mantendo-se oscilante. A POD apresentou atividade crescente nas etapas de processamento e em seguida mantendo-se constante durante o armazenamento. Conclui-se que os parâmetros físico-químicos e químicos para esse produto encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Legislação Brasileira e o tratamento térmico não se apresentou eficiente para a inativação dessas enzimas, devido possivelmente a presença de isoformas com diferentes graus de termoestabilidade e/ou renaturação de isotipos.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica*; peroxidase; polifenoloxidase; termoestabilidade; parâmetros físico-químicos; suco de manga *hot fill*

## ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the physicochemical and chemical parameters and polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD) activity on the processing stages and shelf life of the tropical non sweetened mango juice preserved by *hot fill* method. The samples were removed afterwards the pulp discharged, homogenation, pasteurization and the product in the end of the processing and after 55, 110 and 165 days of storage ( $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Total titratable acidity, pH, total soluble solids ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), reducing and total sugar, ascorbic acid, carotenoids, anthocyanins and colour ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) were analysed. The results showed that pH, total titratable acidity, total sugar content and carotenoids not have a statistical significance at a level of 5% along the storage time. It was observed a higher PPO activity during the studied processing stages and in the shelf life of the product, keeping oscillating in a general manner. The POD showed an increasing activity during the processing stages and keeping stable along the storage. In conclusion the physicochemical and chemical parameters for this product were within the limits established by the Brazilian legislation and the thermal treatment was not efficient to inactivate these enzymes probably due to the possible presence of isoforms with different thermo stability grades and/or isotypes renaturation.

**Keywords** : *Mangifera indica*; peroxidase; polyphenoloxidase; thermo stability; physicochemical parameters; mango juice preserved by *hot fill* method.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxograma de tratamento da manga visando à exportação para os Estados Unidos.

FIGURA 2 - Participação dos principais países produtores de manga (1.000t) na produção mundial.

FIGURA 3 - Estrutura da ferriprotoporfirina

FIGURA 4 - Esquema proposto para o mecanismo de ação da peroxidase nos quatro tipos de reações em que a enzima está envolvida.

FIGURA 5 - Fluxograma de elaboração do suco tropical de manga envasado pelo processo *hot fill*.

FIGURA 6 - Variação de pH em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 7 - variação de acidez total em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 8 - Variação dos sólidos solúveis totais em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 9 - Variação dos açúcares redutores em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 10 - Variação dos açúcares totais em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 11 - Variação do ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 12 - Variação dos carotenóides totais em função do tempo de

armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 13 - Variação do teor de antocianinas totais em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 14 - Variação de  $L^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 15 - Variação de  $a^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 16 - Variação de  $b^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 17 - Variação de atividade da PPO em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

FIGURA 18 - Variação de atividade da POD em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Produção de manga por região em 2004.

TABELA 2 - Principais estados produtores de manga em 2004.

TABELA 3 - Parâmetros físico-químicos da polpa de diversas variedades de manga madura.

TABELA 4 - Concentração de carotenóides totais em diferentes estádios de maturidade da manga (cv. "Keitt" e "Tommy-Atkins").

TABELA 5 - Valores de média e desvio padrão das análises físico-químicas e químicas durante o processamento do suco tropical de manga não adoçado envasado pelo processo *hot fill*.

TABELA 6 - Características físico-químicas e químicas do suco tropical de manga não adoçado durante o período de armazenagem.

## ÍNDICE

1. Introdução	16
2. Revisão Bibliográfica	21
2.1. A Manga	21
2.1.1. Origem	21
2.1.2. Descrição botânica	22
2.1.3. Clima e Solo	23
2.1.4. Variedades	25
2.1.5. Colheita e Pós-colheita da manga	26
2.1.6. Aspectos Socioeconômicos	31
2.1.7. Composição e valor nutricional da manga	35
2.1.8. Processamento da manga	41
2.2. Processamento de Sucos Tropicais	42
2.2.1. Suco Tropical de Manga	45
2.3. Escurecimento Enzimático	47
2.3.1. Polifenoloxidase	49
2.3.2. Peroxidase	53
3. Material e Métodos	58
3.1. Material	58

3.1.1. Matéria prima	58
3.1.2. Embalagem	58
3.2. Metodologia	58
3.2.1. Processamento do suco tropical de manga não adoçado envasado pelo processo hot fill	58
3.2.2. Análises físico-químicas e químicas	61
3.2.2.1. pH	61
3.2.2.2. Acidez total titulável	61
3.2.2.3. Sólidos solúveis totais	62
3.2.2.4. Açúcares totais	62
3.2.2.5. Açúcares redutores	62
3.2.2.6. Ácido ascórbico	62
3.2.2.7. Antocianinas totais	62
3.2.2.8. Carotenóides totais	63
3.2.2.9. Cor	63
3.2.3. Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)	63
3.2.3.1. Extração protéica	63
3.2.3.2. Determinação de atividade da Polifenoloxidase (PPO)	64
3.2.3.3. Determinação de atividade da Peroxidase (POD)	64

3.2.4. Estatística	65
4. Resultados e discussão	66
4.1. Análises químicas, físico-químicas e bioquímicas das etapas do processamento do suco tropical de manga não adoçado <i>hot fill</i>	66
4.1.1. pH e acidez total titulável	67
4.1.2. Sólidos solúveis totais e açúcares	68
4.1.3. Ácido ascórbico	68
4.1.4. Carotenóides totais	69
4.1.5. Antocianinas totais	70
4.1.6. Cor	71
4.1.7. Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)	72
4.2. Estabilidade do suco tropical de manga não adoçado <i>hot fill</i>	73
4.2.1. pH	74
4.2.2. Acidez total titulável	75
4.2.3. Sólidos solúveis totais	77
4.2.4. Açúcares redutores	78
4.2.5. Açúcares totais	80
4.2.6. Ácido ascórbico	81
4.2.7. Carotenóides totais	83
4.2.8. Antocianinas totais	84

4.2.9. Cor	85
4.2.10. Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)	88
5. Conclusões	91
6. Referências bibliográficas	93

## 1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e figura entre as frutas tropicais de maior expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional (BRANDÃO et al.,2003). Sua importância econômica é refletida pela sua posição no mercado mundial de frutas (IAGHER, REICHER & GANTER, 2002), sendo a segunda fruta mais importante, depois da banana, em termos de produção e de área cultivada (BERNARDES-SILVA, LAJOLO & CORDENUNSI, 2003).

Atualmente a oferta mundial de manga é de aproximadamente 24 milhões de toneladas, entretanto sua produção é bastante concentrada, visto que, mais de 50% deste total são produzidos na Índia e cerca de 10% na China, seguidos do México, Tailândia e Filipinas (EMBRAPA, 2004).

O Brasil com uma produção anual de cerca de 823 mil toneladas, é o nono produtor com uma participação de 3,4% no volume total ofertado. Em 2003, os Estados Unidos da América e a União Européia importaram juntos 126 mil toneladas de manga do Brasil, resultando em divisas da ordem de US\$ 71 milhões ao País, o que garantiu o segundo lugar entre os maiores exportadores de manga, sendo superado apenas pelo México (FAO,2005)

A região Nordeste é a principal região produtora de manga do país com 53% da produção nacional, sendo o Vale do São Francisco o eldorado brasileiro da produção e exportação de manga.



Efetivamente a manga vem apresentando as maiores taxas de crescimento entre as frutas exportadas pelo Brasil, e a perspectiva é de aumento dessa participação. Entretanto, as mudanças no mercado internacional nos últimos anos, bem como o aumento da concorrência e das exigências por parte dos principais mercados importadores, têm resultado em grandes desafios.

Embora o Brasil seja um grande produtor de manga, o volume exportado ainda é pequeno, devido principalmente à curta vida de prateleira do fruto (YAMASHITA et al., 2001), que como todos os outros frutos podem ter sua qualidade comprometida devido a diversos fatores como doenças, pragas e deficiências nutricionais, variando em função do cultivar, do grau de maturação e dos tratamentos utilizados na pré-colheita, colheita e pós-colheita (SILVA & MENEZES, 2001). Deste modo, a conservação de frutas na forma de sucos, polpas e outros produtos foram desenvolvidos para aumentar o oferecimento dos mesmos e para a utilização dos excedentes de produção (BRUNINI, DURIGAN & OLIVEIRA, 2002).

A manga é um exemplo de fruta cultivada em regiões tropicais que é consumida principalmente na forma *in natura*, mas que tem na industrialização uma excelente alternativa para a manutenção de seus atributos de qualidade. Podendo ser processada em sucos, néctares, purês, desidratados, compotas, geléias, sorvetes. Apesar dessa diversidade, o grande potencial para processamento da manga ainda não é devidamente explorado.

O mercado mundial de sucos de frutas movimenta atualmente mais de 4 bilhões de dólares por ano, tornando a indústria de sucos de frutas um dos maiores negócios agrícolas do mundo. Não há estatísticas corretas sobre o comércio mundial de sucos, polpa e concentrados especificamente de frutas tropicais, mas estima-se que totalize cerca de 175 mil a 200 mil toneladas (excluindo o abacaxi), com um valor total aproximado de 150 milhões a 200 milhões de dólares, ou seja, 5% do valor das exportações mundiais. Entre os sucos tropicais, depois do abacaxi, têm importância o de banana, o de maracujá e o de manga, que juntos perfazem aproximadamente de três quartos dos sucos de frutas tropicais (DONADIO, 2004).

O mercado do setor de suco de frutas mostra constante ascensão e o principal consenso desta preferência segundo os especialistas é a opção do consumidor por alimentos saudáveis e funcionais que marcou o final do século XX e continua inabalável no século XXI, em função da mania mundial do culto a saúde e à boa forma (BERTO, 2003a). No Brasil e no mundo, os alimentos e bebidas com apelo saudável e funcional tiveram um impulso significativo nos últimos anos (BERTO, 2003b).

Dentre os principais avanços do segmento destaca-se o crescente interesse da sociedade brasileira pela comercialização dos sucos e polpas nas mais diversas formas de apresentação do produto. No Brasil, apesar da laranja continuar sendo a fruta mais utilizada para o processamento de sucos, outras estrelas começam a brilhar na preferência popular: maracujá, abacaxi, manga, goiaba, pitanga, acerola, coco anão verde e caju (EMPRESAS, 2003).

O Suco Tropical de manga é a bebida não fermentada, obtida pela dissolução em água potável, da polpa de manga, por meio de processo tecnológico adequado. Devendo este suco ser conservado por meios físicos adequados ou por meio de conservadores químicos autorizados para sucos de frutas. Essa bebida pode apresentar-se com características de suco adoçado, o qual pode ter declarado no rótulo a expressão “suco pronto para beber”, ao passo que, quando caracterizado como suco não adoçado, este deve ser diluído e adoçado antes do consumo, de acordo com as recomendações do fabricante (BRASIL, 1999).

Atualmente, a indústria processadora de suco tropical de manga enfrenta um sério problema devido à natureza química e bioquímica desse suco. Durante a vida de prateleira do suco tropical de manga ocorre um processo de descoloração com aparecimento de *off-flavor*, alterando as características sensoriais do produto. Esse problema é de considerável importância para a indústria processadora de sucos tropicais, pois afeta a aparência e a qualidade nutricional do produto, reduzindo a aceitabilidade do consumidor e por conseqüência um significativo impacto econômico para a indústria.

De acordo com VALDERRAMA & CLEMENTE (2004), a peroxidase (POD) e a polifenoloxidase (PPO) têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos frutos e derivados, além de participarem de um grande número de reações oxidativas e de biodegradação tais como: mudança de cor, degradação da clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indol acético (AIA) e biossíntese de lignina. Muitos

destes fatores também podem ser associados ao *flavor*, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos.

Estudos de natureza bioquímica feitos com mangas nacionais são escassos (YUKISUGAI, 2002). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo efetuar uma caracterização química e físico-química do suco tropical de manga não adoçado obtido pelo processo *hot fill*, bem como detectar atividade residual da POD e PPO nos pontos críticos do processamento e na vida de prateleira do produto, com fins de analisar a influência da atividade residual dessas enzimas oxidativas no processo de descoloração do produto visando com isso, obter parâmetros para otimização da tecnologia de processamento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A Manga**

#### **2.1.1. Origem**

A mangueira é originária do Sul da Ásia, mais especificamente da Índia, onde existem mais de mil variedades e tem sido cultivada por mais de 4 mil anos, do Arquipélago Malaio, de onde se espalhou para outras partes do mundo, inclusive as Américas (ANILA & VIJAYALAKSHMI, 2003). A primeira difusão desde a região de origem foi feita pelo chinês Hwen Tisang que, visitando o Indostão, entre 622 e 645 AC, levou a manga para outras nações (FILHO, ALVES & MAZZEI, 2004).

No século XVI, quando os pomares não passavam de algumas raras fruteiras em torno das casas rurais, o imperador Akbar Mogul, que reinou no Norte da Índia de 1556 a 1605, plantou mil mangueiras perto de Darbhanga. É um fato que demonstra o valor que, há tantos séculos, a mangueira já merecia num país de civilização milenar. O policultor inglês Charles Maries, três séculos após, encontrou algumas daquelas árvores vivas e vigorosas. É um atestado insofismável da extraordinária longevidade da mangueira (GOMES, 1972).

Os portugueses trouxeram a mangueira para o Brasil, mais especificamente para a Bahia (GOMES, 1972), caracterizando-o como o primeiro país da América a cultivar a mangueira (SIMÃO, 1971). Em seguida, os exploradores espanhóis

introduziram a mangueira em suas colônias americanas por meio do tráfego entre as Filipinas e a Costa do México (GENÚ & PINTO, 2002).

Hoje, bastante difundida no Brasil, tornou-se quase obrigatória na paisagem do Nordeste, onde encontra calor e uma longa estação úmida seguida de uma estação seca, que lhe é indispensável (GOMES, 1972).

### **2.1.2. Descrição Botânica**

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à classe Dicotiledônea e à família das Anacardiáceas. Esta família consiste de vinte e quatro gêneros, em geral de árvores ou arbustos, muitas vezes contendo um sumo leitoso e acre, alguns dos quais são até venenosos (SINGH, 1960).

A mangueira é uma bela árvore de 15 a 25 metros de altura, até 2,5 metros de diâmetro, muito esgalhada e de copa muito densa e frondosa (GOMES, 1972). A inflorescência gera flores perfeitas e masculinas na mesma panícula (polígama). Esta é geralmente terminal, às vezes lateral, ramificada e de contorno piramidal, tendo a raque normalmente ereta. O número de flores produzidas é variável de 500 a mais de 4.000, podendo variar também de 400 a 17.000 (MATOS, 2000). As flores são pequenas, poligâminas, monécias e de cor verde amarelada (GANGOLLY et. al., 1957).

As folhas são lanceoladas, de textura coriácea; possuem a face superior plana e o pecíolo curto. Medem de 15 a 40 cm de comprimento e apresentam coloração que vai do verde-claro a uma tonalidade levemente amarronzada ou

arroxeadas, quando maduras. Uma característica fundamental está na coloração da nervura central que se apresenta amarelada quando a folha está madura, e arroxeadas quando se encontra em crescimento (MATOS, 2000).

O fruto, a manga, suspenso num longo pedúnculo, é uma drupa oblonga, ovóide ou mesmo arredondada ou lembrando um S. A forma muda muito com a variedade, o mesmo sucedendo quanto ao tamanho. A coloração da casca também varia muito, podendo ser "verde, verde com pintas pretas, amarelada, dourada ou ainda rósea, quando madura". A polpa é suave, sumarenta, saborosa, amarela ou amarelo-alaranjada, fibrosa em algumas variedades ou com pouca ou nenhuma fibra nas variedades selecionadas para comercialização (GOMES, 1972).

Na mangueira observa-se uma alta taxa de polinização cruzada, que tem como resultado uma enorme diversidade de variedades para a espécie *Mangifera indica* L. As variedades mais indicadas e de importância econômica são as que apresentam alta produtividade, pequeno porte, coloração atraente do fruto, preferencialmente avermelhado, de polpa doce, com percentagem de açúcares (Brix) superior a 17%, pouca ou nenhuma fibra, além da resistência ao manuseio e ao transporte para mercados distantes (GENÚ & PINTO, 2002).

### **2.1.3. Clima e Solo**

A manga é bem adaptada ao clima tropical e subtropical. O florescimento ocorre em temperatura de mais ou menos 27 °C e pode suportar forte geada, especialmente quando a árvore é jovem. As boas variedades para mercado

desenvolvem-se em lugares com boa precipitação e estação seca. A distribuição da precipitação é mais importante do que a quantidade. O tempo nublado e chuvoso na época do florescimento interfere na polinização, que é feita pelas moscas e abelhas e, portanto, é indesejável (GANGOLLY et. al., 1957).

O melhor clima para a mangueira é o quente e úmido, porém com uma estação seca bem definida. É o clima da maior parte do litoral e dos planaltos e serras do Nordeste. Daí a excelência de suas mangas: grandes muitas vezes, sempre de casca colorida, brilhante, sadia e com uma polpa saborosíssima (GOMES, 1972).

A umidade relativa do ar é outro fator importante no cultivo da mangueira, pois níveis de umidade elevados favorecem os surtos de doenças, como a antracnose, por exemplo. Assim, as áreas de baixa umidade (menos de 60%) devem ser as preferidas (CUNHA et al., 1994).

A mangueira cresce bem em quase qualquer solo, desde que não seja encharcado, alcalino, rochoso, extremamente raso ou demasiado pobre (GOMES, 1972). A alta percentagem de húmus no solo é desejável, especialmente para o desenvolvimento de frutos de boa qualidade (GANGOLLY et al., 1957). A fertilidade do solo depende de suas características física, química e físico-química (SINGH, 1960).



#### **2.1.4. Variedades**

Existem muitas variedades de manga, cada uma com características próprias. Na horticultura, a variedade é geralmente definida como "um grupo de indivíduos propagados assexuadamente". Variedades hortícolas são terminantemente designadas como clones, desde que eles tenham sido derivados de um único indivíduo por propagação vegetativa e, portanto, são considerados como partes do mesmo indivíduo (SINGH, 1960).

Levando em conta os grandes investimentos necessários para instalação de um pomar de mangueiras e o fato de que só a partir do terceiro ou quarto ano tem início a produção econômica, cuidados especiais devem ser tomados na escolha das variedades a serem plantadas, a fim de evitar sérios prejuízos.

A mangueira adaptou-se muito bem às condições climáticas, principalmente às do Norte e Nordeste brasileiros e, devido ao seu modo de reprodução, originou diversas variedades. Embora as variedades chamadas de "crioulas" ou "nativas" brasileiras não possuam determinadas características exigidas pelo mercado (como coloração vermelha do fruto e ausência de fibras), as mesmas são de fundamental importância para uso no melhoramento genético, como fonte de resistência a doenças, ausência do colapso interno da polpa e maior teor de açúcares. As mais importantes variedades brasileiras obtidas por meio de programa de melhoramento oficial ou selecionadas pelos produtores são: "Alfa Embrapa 142", "Beta", "Bourbon", "Coquinho", "Espada", "IAC Espada Vermelha",

"Itamaracá", "Lita", "Natalina", "Rosa", "Roxa Embrapa 141", "Surpresa" e "Ubá" (GENÚ & PINTO, 2002).

As variedades desenvolvidas na Flórida, EUA, a partir dos materiais introduzidos da Índia, são a base dos plantios comerciais em várias partes do mundo, principalmente naqueles países exportadores. Muitas dessas variedades da Flórida foram introduzidas no Brasil a partir da década de 60 e muitas são a base da mangicultura brasileira para exportação. Dentre as variedades norte-americanas, as mais importantes são: "Edward", "Haden", "Kent", "Palmer", "Tommy Atkins" e "Van Dyke" (GENÚ & PINTO, 2002).

Até pouco tempo atrás, a variedade "Haden" era a de maior aceitação no mercado e a mais difundida nos plantios comerciais do Brasil pela excelente qualidade de seu fruto. Hoje, está sendo substituída por outras variedades mais promissoras quanto à produtividade e resistência a doenças: "Tommy Atkins", "Keit", "Kent", "Van Dyke", "Palmer". Essas são as principais variedades-copa cultivadas para consumo *in natura* (fruto para mesa), ao lado de outras, tais como a "Carlota", "Espada", "Extrema", "Maranhão", "Rosa", "Coité", "Lira", "Mamão", "Ubá" e "Badbudaran" (resistente à malformação), usadas também para o fabrico de suco (MATOS, 2000).

#### **2.1.5. Colheita e Pós-colheita da Manga**

Antes de iniciar o processo produtivo da manga, é preciso estar atento ao mercado que se pretende trabalhar. Existe consumidores dispostos a pagar pelos mais variados tipos desse produto, tornando-se necessário otimizar os processos

desde a escolha da variedade a ser cultivada até os tratos finais com a fruta já colhida.

O fruto da mangueira é classificado como climatérico, isto é, completa a maturação mesmo depois de colhido, num processo que geralmente leva de três a oito dias (CUNHA & SAMPAIO, 2000).

O grau de maturidade ideal para a colheita, depende do tempo que a manga levará para ser consumida ou industrializada. Para utilização imediata, colhem-se frutos completamente maduros e para transporte ou armazenamento por períodos longos, no estágio "de vez", a fim de chegarem ao mercado varejista em bom estado de conservação e maturação (MEDINA, 1995).

Vários parâmetros têm sido sugeridos para determinar a maturidade da manga, com base no seu aspecto externo, no aspecto físico e na composição química à época da colheita. Todavia, esses índices variam bastante de cultivar para cultivar, não podendo ser generalizados para todas as espécies existentes. Dentre estes parâmetros, podem ser citados: a coloração da casca, o aspecto das lenticelas, a forma do ápice e a forma do bico (BLEINROTH, 1994).

Além dos critérios mencionados, outros têm sido usados para estabelecer o ponto ótimo de colheita: densidade específica de 1,01 a 1,02; resistência da polpa à pressão de 1,75 Kg/cm<sup>2</sup> a 2,0 Kg/cm<sup>2</sup>, sólidos solúveis totais (SST) de 12 °Brix e acidez total titulável (ATT) de 4,0 meq/100 ml, resultando em uma relação SST/ATT igual a 3,0, carotenóides totais de 3 a 4 mg/100 g de polpa e transparência do látex que exsuda do pedúnculo. Porém, nenhum desses

parâmetros é suficientemente seguro para determinar o grau de maturação ideal para a colheita, quando analisados isoladamente (CUNHA & SAMPAIO, 2000).

Após ser determinado o grau de maturidade ideal, procede-se à colheita. Em plantações jovens ou em mangueiras de copa não muito desenvolvida, cujos frutos podem ser alcançados com a mão, o método usual de colheita consiste em agarrá-los e incliná-los para o lado ou para cima e, com pequena torção, quebrar o pedúnculo. Este é depois aparado com tesoura de poda, para evitar que no processo de manuseio, embalagem e transporte venha a perfurar a casca de outra fruta e causar-lhe ferimentos que são uma porta aberta para a contaminação (BLEINROTH, 1994).

Concluída a colheita, em parte ou totalmente, as caixas são transportadas em carretas para o galpão de beneficiamento, onde os frutos são recepcionados/inspecionados, lavados, selecionados e classificados, embalados, armazenados e transportados manual ou mecanicamente (MEDINA, 1995).

Na etapa de armazenamento e transporte, a temperatura ideal está na faixa de 10 °C a 13 °C. Durante o transporte, é imprescindível a renovação do ar dentro dos contêineres (CUNHA & SAMPAIO, 2000).

Ao se exportar manga para determinados países, como Estados Unidos e Japão, é necessário, primeiramente, a obtenção da autorização de seus órgãos de defesa vegetal, os quais vão especificar as exigências a que devem ser submetidas as frutas, para que elas possam entrar nestes países. As normas são rigorosamente estabelecidas pelo país, através de sua legislação, que define o

tratamento a ser utilizado nas frutas e que tem o seu método cientificamente aprovado por seus órgãos de defesa vegetal (BLEINROTH, 1994). O FLUXOGRAMA 1 mostra todas as etapas do tratamento da manga exportada para os Estados Unidos.

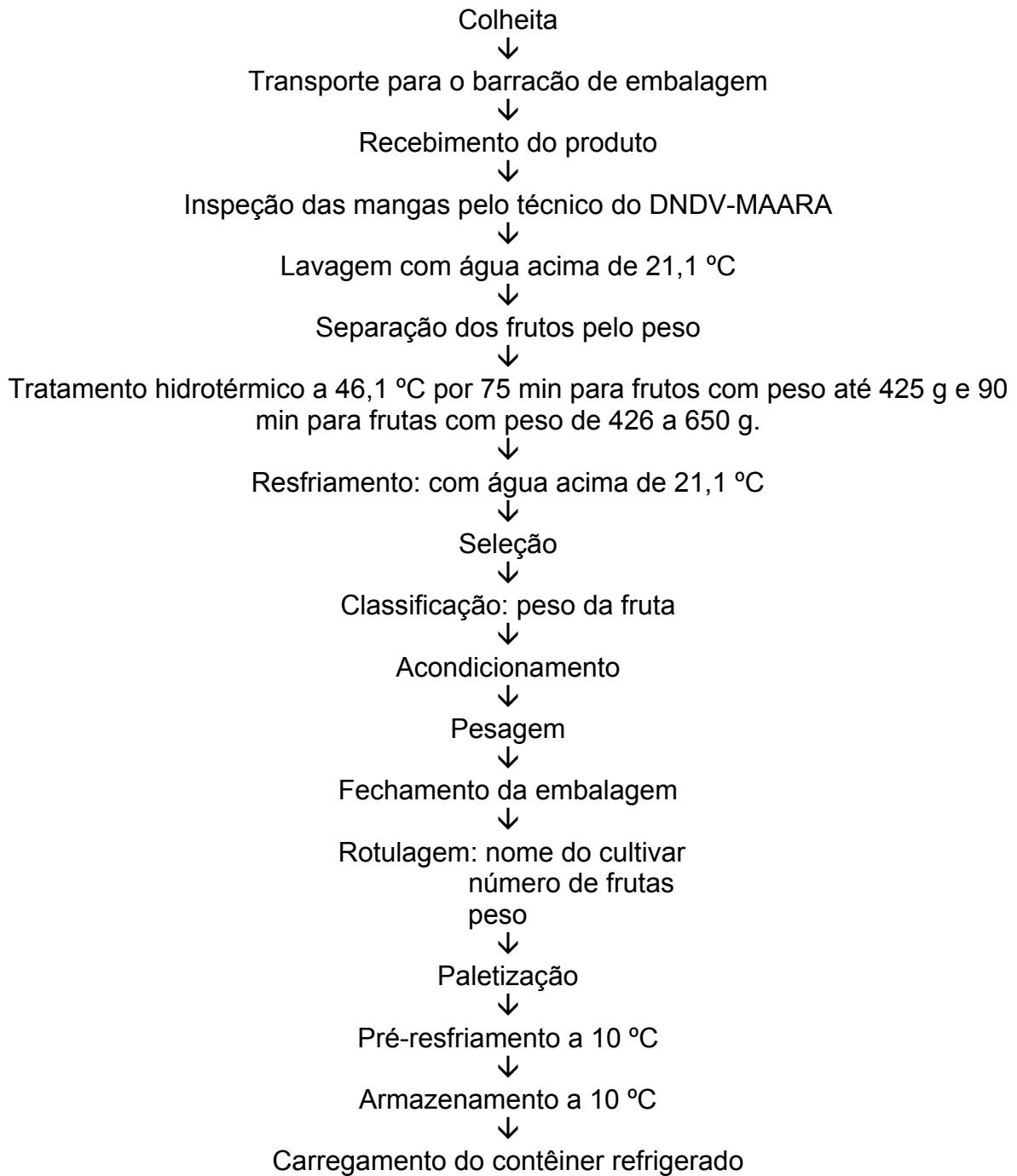


FIGURA 1. Fluxograma de tratamento da manga visando à exportação para os Estados Unidos.

### **2.1.6. Aspectos Socioeconômicos**

Inicialmente, a exploração da manga no Brasil era feita de forma extensiva, sendo comum o plantio em áreas esparsas, nos quintais e fundos de vales de pequenas propriedades (SILVA & CORREIA, 2004). Entretanto, o cultivo da mangueira experimenta atualmente uma fase de elevado nível tecnológico, como irrigação, indução floral e variedades melhoradas.

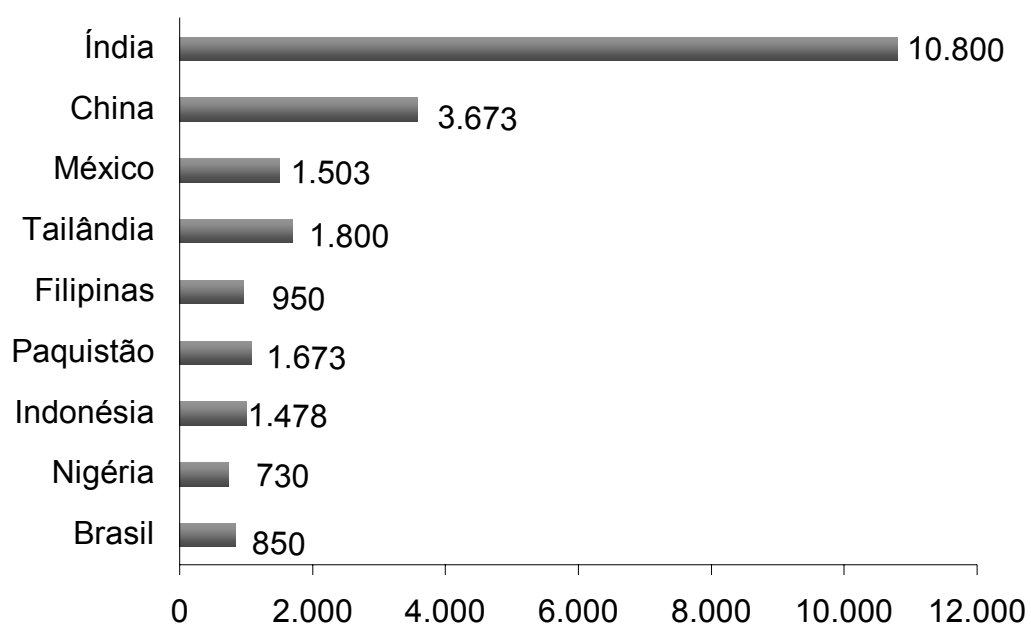
A manga encontra no Brasil excelentes condições para o seu desenvolvimento e produção, sendo cultivada em quase todos os estados. Da produção nacional de 823 mil toneladas de frutas/ano, conseguida de 67,6 mil hectares, cerca de 84 % se concentra em sete estados: Bahia, São Paulo, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, Ceará e Paraíba.

Devido ao excelente sabor aliado às boas características nutritivas e funcionais da manga, a mangicultura ganhou importância econômica estando entre as dez culturas mais plantadas no mundo, em aproximadamente 94 países nas regiões tropicais (MATOS, 2000).

De acordo com dados da EMBRAPA (2005), a produção mundial de manga é de, aproximadamente, 24 milhões de toneladas, sendo a Índia o principal produtor do fruto responsável por mais de 50% da produção mundial. O Brasil ocupa a nona posição na classificação mundial de produtores de manga, participando com 3,4 % da produção mundial total. A FIGURA 2 também ilustra a

participação dos principais países produtores de manga, segundo os dados da FAO (2005). Além disso, o Brasil está conseguindo ampliar espaço no mercado internacional para a exportação de manga e ocupa a segunda posição entre os países exportadores (FAO, 2005).

FIGURA 2 – Participação dos principais países produtores de manga (1.000 t) na produção mundial (FAO, 2005).



No Brasil, a produção de manga foi de aproximadamente 823 mil toneladas de frutos, tendo sido registrados cerca de 8000 hectares (FAO, 2005). A região Nordeste concentra a maior parte da produção de manga, sendo seguida pela região Sudeste (TABELA 1). Esses dados revelam as boas perspectivas da cultura da manga no Nordeste, principalmente nas áreas irrigadas, evidenciando a grande importância que esta região já assume na oferta da fruta (GENÚ & PINTO, 2002).



As variedades "Tommy Atkins", "Haden", "Keitt" e "Kent" são as mais comercializadas nos maiores mercados consumidores do mundo (Estados Unidos e Europa), segundo a EMBRAPA (2002).

A ascensão do Brasil como fornecedor de manga à Europa, Ásia e Estados Unidos é bastante favorecida, porque o Nordeste do país já conta com o Programa de Produção Integrada de Frutos (PIF), a irrigação controlada e o clima favorecem a produção que tem calendário coerente com a época de menor oferta do Hemisfério Norte (FILHO, ALVES & MAZZEI, 2004).

As principais variedades de manga produzidas no Ceará são "Tommy Atkins" e "Haden", além das variedades nativas como a "Coité" e a "Itamaracá". De acordo com LEITE et al. (1998), as variedades nativas de manga têm grande importância no paladar da região, uma vez que parte dos consumidores não substitui as características marcantes de sabor e aroma de uma manga "Espada" ou "Coité", por exemplo, pela cor e menor quantidade de fibras de uma manga "Tommy Atkins".

O mercado de manga no Ceará é abastecido tanto pela produção local como também por produtores de outros estados. Na CEASA-CE, no ano de 2000 foram comercializadas 1.126 toneladas das variedades "Keitt" e "Tommy Atkins", sendo que 53,8 % deste total foram fornecidos por produtores do próprio estado e o restante (46,2 %) proveniente de outros estados (SIGA, 2001).

TABELA 1 - Produção de manga por região em 2004.

Região	Produção de manga (toneladas)
Nordeste	610.177
Sudeste	317.341
Norte	6.190
Centro-Oeste	6.604
Sul	9.298
Total	949.610

FONTE: IBGE, 2006 (Produção Agrícola Municipal).

TABELA 2 - Principais estados produtores de manga em 2004.

Estado	Produção de manga (toneladas)
Bahia	305.658
São Paulo	245.085
Pernambuco	145.893
Minas Gerais	61.318
Ceará	42.341
Rio Grande do Norte	40.077
Paraíba	23.795
Sergipe	22.973
Piauí	17.498

FONTE: IBGE, 2006 (Produção Agrícola Municipal).

### **2.1.7. Composição e valor nutricional da manga**

Das centenas de variedades de manga existentes no mundo, apenas 100, aproximadamente, estão representadas no Brasil, sendo que poucas delas possuem características que as tornam apropriadas à industrialização (DE MARTIN, 1981). A TABELA 3 mostra a composição química e físico-química de algumas variedades de mangas maduras muito comuns no estado do Ceará, em estudo realizado por SILVA (1985).

TABELA 3 – Parâmetros físico-químicos e químicos da polpa de diversas variedades de manga madura.

Parâmetros	Variedades				
	Espada	Itamaracá	Jasmim	Coité	Rosa
pH	3,60	3,40	3,60	4,10	3,40
Sólidos solúveis (°Brix)	14,80	11,40	12,20	13,60	14,20
Acidez (% ác. cítrico)	0,54	0,81	1,50	0,46	0,79
Açúcares redutores (%)	4,53	2,83	3,60	4,24	4,04
Açúcares não redutores (%)	7,79	7,60	6,88	7,75	8,53
Açúcares totais (%)	12,32	10,43	10,48	11,99	12,57
Amido (%)	1,32	1,41	1,26	0,97	0,86
Vitamina C (mg/100g)	3,97	17,15	25,08	21,75	16,33

FONTE: SILVA, 1985

A acidez está relacionada com a cultivar; por exemplo, frutos imaturos de cultivares da Flórida têm baixa acidez (0,5-1,0 %) em comparação com "Alphonso" (3 %) (MUKHERJEE, 1997). A acidez total titulável diminui com o amadurecimento da manga. Essa diminuição vai de 48 meq.100 g<sup>-1</sup> no pré-climatério para 5,6 meq.100 g<sup>-1</sup> no pós-climatério, em mangas "Badami" (LIZADA, 1993). Resultados semelhantes foram obtidos com a variedade "Haden" (CARDELLO, 1998). O ácido orgânico predominante é o citrato, além de apresentar malato e succinato em quantidades significantes (LIZADA, 1993). Embora ambos, citrato e succinato,

diminuem consistentemente em todas as variedades examinadas, o malato exibe diferentes padrões de mudanças em diferentes cultivares (LIZADA, 1993).

A manga contém aminoácidos, carboidratos, ácidos graxos, minerais, ácidos orgânicos, proteínas e vitaminas. Durante o processo de amadurecimento, o fruto é inicialmente ácido, adstringente e rico em ácido ascórbico (vitamina C).

Os frutos frescos contêm muitas vitaminas conhecidas. A manga é uma rica fonte de vitamina C. Certos pigmentos carotenóides que são convertidos em vitamina A no organismo humano, são encontrados em frutos. A manga madura é mais rica em carotenos do que outros frutos. O conteúdo de vitaminas de diferentes variedades de manga indiana foi 121,9 a 422,6 mg de vitamina A por 1000 g, e 13,2 a 80,3 mg de vitamina C por 100 g de polpa (SINGH, 1960).

Açúcares livres, incluindo glicose, frutose e sacarose, geralmente aumentam durante o amadurecimento; contudo o conteúdo de sacarose quadruplica devido à hidrólise do amido (MUKHERJEE, 1997).

Estudos realizados com quatro variedades de manga demonstraram que os principais aminoácidos livres são os ácidos glutâmico e aspártico, glicina, alanina e em quantidades menores leucina e metionina (GOVINDARALAN & SREENIVASAYA, 1980).

Os compostos voláteis são os responsáveis pelo sabor característico dos alimentos. Em um estudo sobre os compostos voláteis, FRANCO et al. (2004) examinaram três variedades de manga e verificaram que os hidrocarbonetos

monoterpênicos predominam no aroma das três cultivares ("Haden", "Tommy-Atkins" e "Keitt") e, que o composto car-3-eno é o componente majoritário das cultivares "Haden" e "Keitt"; enquanto a cultivar "Tommy-Atkins" possui dois componentes de maior abundância, car-3-eno e  $\alpha$ -pineno.

A manga é um dos frutos tropicais mais estudados em termos de carotenóides. A quantidade de carotenóides pode variar devido a vários fatores como: estágio de maturidade, diferentes cultivares, efeitos climático e ou geográficos, processamento e condições de estocagem (TABELA 4).

TABELA 4 - Concentração de carotenóides totais em diferentes estádios de maturidade de manga das variedades "Keitt" e "Tommy Atkins".

Variedade	Concentração de carotenóides totais ( $\mu\text{g/g}$ )		
	verde	parcialmente maduro	maduro
Keitt	12,3 $\pm$ 3,2	23,6 $\pm$ 1,8	38,0 $\pm$ 7,7
Tommy Atkins	17,0 $\pm$ 7,8	45,1 $\pm$ 20,7	51,2 $\pm$ 16,8

Fonte: Mercadante et al., 1998

Os principais carotenóides da manga cv. "Keitt" são *trans*-violaxantina, todos *trans*- $\beta$ -caroteno e 9-*cis*-violaxantina com 38, 27 e 18 % do conteúdo total de carotenóides, respectivamente (MERCADANTE et al., 1998). Entretanto, mudanças quantitativas ocorrem durante o amadurecimento. Estudos demonstraram que o conteúdo total de carotenóides aumentou de 12,3 para 38,0

$\mu\text{g/g}$  na cv. "Keitt" e de 17,0 para 51,2  $\mu\text{g/g}$  na cv. "Tommy Atkins" do estágio verde-maduro ao estágio maduro. Também, foram observadas alterações nos carotenóides individuais em ambas as cultivares, com maior mudança ocorrendo no conteúdo de  $\beta$ -caroteno e violaxantina. Nas mangas "Keitt", *trans*- $\beta$ -caroteno, *trans*-violaxantina e 9-*cis*-violaxantina aumentaram em conteúdo de 1,7; 5,4 e 1,7  $\mu\text{g/g}$  no fruto verde-maduro para 6,7; 18,0 e 7,2  $\mu\text{g/g}$  no fruto maduro, respectivamente. Na cv. "Tommy Atkins", estes carotenóides aumentaram em conteúdo de 2,0; 6,9 e 3,3  $\mu\text{g/g}$  para 5,8; 22,4 e 14,5  $\mu\text{g/g}$ , respectivamente (MERCADANTE & RODRIGUEZ-AMAYA, 1998).

Estudos recentes têm demonstrado que muitos flavonóides e polifenóis contribuem significativamente para a atividade antioxidante de muitos frutos e vegetais (EINBOND et al., 2004).

Alguns autores sugerem uma dieta rica em frutas e vegetais como fonte natural de antioxidantes, contribui para aumentar os níveis plasmáticos de antioxidantes, diminuindo a mortalidade por aterosclerose coronária (GORINSTEIN et al., 1999). Sabe-se da ocorrência de ácido gálico, ácidos m-digálico e m-trigálico, galotanino, quercetina, isoquercetina, mangiferina, e ácido elágico em manga (SCHIEBER, ULLRICH & CARLE, 2000). O ácido gálico ocorre naturalmente nos vegetais, sendo farmacologicamente ativo como um agente antioxidante, antimutagênico e anticarcinogênico.

AZEVEDO (2006) em estudo de compostos bioativos em mangas produzidas no Brasil, analisou treze padrões de polifenóis avaliados por CLAE, sete foram encontrados nas amostras de polpa de manga analisadas, sendo eles,

ácido gálico, metil galato, catequina, epicatequina, ácido ferúlico, ácido isoferúlico e propil galato. Estes compostos responderam de maneira diferente à influência da maturação. A concentração de epicatequina apresentou aumento inicial seguido de redução significativa em seu teor até o final do período de avaliação. O propil galato, metil galato e ácido gálico apresentaram aumento gradual durante todo o período de avaliação. As concentrações de catequina e ácido ferúlico aumentaram do estágio verde para “de vez”, mantendo estáveis até o estágio maduro. O teor de ácido isoferúlico aumentou durante a maturação. No estudo de determinação da mangiferina, detectou-se sua presença apenas na casca da manga e observou-se que este composto apresentou maior teor na casca de manga verde e gradativa redução até atingir o estágio maduro.

Em seus estudos comparativos do conteúdo de polifenóis e fibras em frutas tropicais, GORINSTEIN (1999) encontrou em manga madura da (cv. "Keaw") 6,25 mg de polifenóis em 100 g de fruta fresca. O conteúdo de ácido gálico variou de 147,2 a 397,4 g/100 g na manga madura. Pesquisas realizadas com administração de flavonóides da *Mangifera indica* em ratos alimentados com uma dieta contendo colesterol, revelaram uma significativa elevação da atividade das superóxido dismutase e catalase (ANILA & VIJAYALAKSHMI, 2003). Esta elevação em atividade dessas enzimas demonstra um efeito antilipoperoxidativo dos flavonóides. Além disso, a quercetina presente na manga apresenta efeitos antitumoral, antitrombônico, assim como efeitos de inibição da agregação plaquetária e o crescimento de certos tipos de câncer (DAJAS et al., 2003), além de reduzir o conteúdo de triglicerídios (LIMA et al., 2001).



A manga é rica em enzimas oxidativas como a polifenoloxidase e peroxidase, envolvidas principalmente com reações de defesa que resultam no escurecimento de tecidos. O controle da atividade de tais enzimas é fundamental na preservação e no processamento de produtos derivados. De acordo com VALDERRAMA & CLEMENTE (2004), essas enzimas participam de várias reações que resultam em mudança de cor, degradação da clorofila, oxidações de fenólicos, oxidação de ácido indol acético e biossíntese de lignina. Muitos desses compostos estão associados ao “flavor”, cor, textura e qualidades nutricionais de frutos.

#### **2.1.8. Processamento da Manga**

Na maioria dos países tropicais em desenvolvimento, a abundância natural de frutas frescas leva freqüentemente a um excedente em relação à demanda local. Infelizmente, o excesso de frutas frescas nem sempre é completamente utilizado, pois apenas uma quantidade limitada desses frutos é processada (GENÚ & PINTO, 2002).

As variedades de manga polposa e pouco fibrosa são normalmente usadas para processamento. A composição físico-química é um importante fator na seleção de cultivares adequadas para o processamento (NANJUNDASWAMY, 1997).

A manga pode ser processada de diferentes formas, sendo seus principais produtos a fruta em calda e a polpa. Esta última pode ser empregada na elaboração de sucos, néctares, geléias e doces entre outros, ou adicionada como

ingrediente a produtos aos quais se queira conferir sabor característico de manga, como misturas de sucos, licores e sorvetes. A partir de mangas verdes, pode-se produzir picles, *chutney* e manga verde em pó, entre outros produtos. Outra modalidade de produtos que está sendo ofertada no mercado é a dos produtos minimamente processados. As principais características desses produtos são tanto a praticidade de consumo como as semelhanças com o produto fresco, mas com vida útil prolongada. Os produtos minimamente processados são produzidos no Brasil desde a década de 90 por algumas empresas, atraídas pela nova tendência de mercado.

O valor agregado ao produto pelo processamento mínimo também aumenta a competitividade do setor produtivo e propicia meios alternativos para a comercialização (GENÚ & PINTO, 2002).

## **2.2. Processamento de sucos tropicais**

Seguindo os passos da indústria de alimentos mundial, a indústria processadora de sucos no Brasil está passando por um processo de concentração produtiva e de propriedade e de crescente inserção internacional, até como exportadora de capital. Nesse sentido, há uma mudança na visão da agroindústria processadora de sucos identificada especificamente com algumas regiões produtoras, principalmente São Paulo. Os desafios competitivos são enormes e vão além do rompimento das barreiras protecionistas impostas por alguns competidores, como os EUA.

O mercado mundial de sucos de frutas movimentava cerca de US\$ 5,0 bilhões/ano. O Brasil tem liderança mundial das exportações de sucos de laranja e cítricos, e ocupa a 8ª posição no ranking dos exportadores de sucos tropicais, com vendas ao exterior no valor de US\$ 14,9 milhões em 1999, significando um incremento de aproximadamente 100%, se comparado a 1990 (TROPICAL JUICE, 2004).

Existem poucas informações disponíveis com relação a sucos de frutas tropicais, principalmente com relação a tecnologias adequadas para os diferentes tipos de frutas. Cumpre salientar que tecnologias aplicadas na obtenção de sucos de frutas de clima temperado não podem ser diretamente utilizadas para sucos de frutas tropicais (JAGTIANI et al., 1988), daí a necessidade de mais estudos nesta área.

Segundo ALVES & GARCIA (1993), os sucos de frutas são sistemas complexos que consistem de uma mistura aquosa de vários componentes orgânicos voláteis e instáveis, responsáveis pelo sabor e aroma do produto, além de açúcares, ácidos, sais minerais, vitaminas e pigmentos.

O suco é o produto obtido por expressão ou extração de frutas maduras por processos tecnológicos adequados. Pode ser classificado, em função de sua concentração em integral, concentrado (parcialmente desidratado) e desidratado (produto sólido obtido por desidratação do suco com teor de umidade não superior a 3 %).

O suco mais comum no mercado é o integral. O suco concentrado, como o nome indica, difere do integral por sofrer uma concentração parcial e por empregar outro sistema de embalagem. As embalagens mais comuns para o suco concentrado são os tambores e, menos freqüentemente, embalagens de vidro ou de plástico de menor volume, dependendo da concentração do produto, especificação do fabricante e exigências dos órgãos fiscalizadores.

Caracteriza-se como suco tropical o produto obtido pela dissolução, em água potável, da polpa da fruta de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure sua conservação e apresentação até o momento do consumo (BRASIL, 2003).

A conservação dos sucos de frutas é determinada, primeiramente, pela prevenção do desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e pela inibição da ação de enzimas naturais (ALVES e GARCIA, 1993), podendo ser realizada por meio do tratamento térmico ou concentração do produto ou pela comercialização sob refrigeração/congelamento (RUTLEDGE, 2001) e/ou pelo uso de conservantes químicos (ALVES e GARCIA, 1993), bem como combinações desses métodos.

Dentre os métodos que fazem uso do calor, os processos “Hot fill” e asséptico são os mais utilizados pelas indústrias para a preservação de sucos de frutas tropicais.

### 2.2.1. Suco tropical de Manga

Os Padrões de Identidade e Qualidade para polpas e sucos de frutas no Brasil, estabelecidos pela Instrução Normativa nº 12 de 10 de setembro de 1999 (DOU, nº 175, 13 de setembro de 1999, seção I, p. 76), definem o suco de manga como “bebida não fermentada, obtida da parte comestível da manga (*Mangifera indica* L.) através de processo tecnológico adequado”. A mesma instrução normativa estabelece que o suco de manga deve obedecer às seguintes características e composição:

Cor: amarela.

Sabor: doce, levemente ácido, próprio.

Polpa de manga (%): mínimo de 60,0.

Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C: mínimo de 10,0.

Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g): mínimo de 0,30.

Açúcares totais, naturais da manga (g/100 g): máximo de 14,0.

Sabe-se que os dois métodos mais utilizados para o envase do suco de manga são: o processo *hot fill* (garrafas) e em menor escala o processo asséptico (caixinhas TBA). São escassos os estudos bioquímicos sobre as alterações enzimáticas que resultam no escurecimento do suco de manga durante o processamento e que influem em sua vida de prateleira.

LEITE et al. (1998) citam a preferência da indústria de sucos pela variedade "Espada" e a indicação da variedade "Coité" para o preparo de sorvete de qualidade especial. Esses exemplos apontam a importância de se manter a diversidade genética e de melhorar esses materiais que geralmente provêm de culturas extrativistas, direcionando-os para os mercados de sucos, polpas, sorvetes, etc.

Segundo MAIA et al. (1998), a elaboração de sucos pelo processo "Hot fill" segue as etapas de seleção e lavagem dos frutos, extração de suco, formulação, homogeneização, desaeração, pasteurização em trocador de calor, enchimento à quente da embalagem (a aproximadamente 85 °C), fechamento e resfriamento. O processo asséptico segue o mesmo fluxo de operações descritas acima até a etapa de pasteurização, após a qual o suco é resfriado (a aproximadamente 25 °C) e envasado, sob condições assépticas, em embalagens previamente esterilizadas. Os produtos envasados por ambos os processos são armazenados à temperatura ambiente.

Na unidade de processamento, os frutos são imersos em água clorada (20 ppm de cloro livre por 20 min.) e em seguida aspergidos com água clorada (5 ppm de cloro livre) em um lavador contínuo.

Os frutos são selecionados quanto à sanidade, integridade física, uniformidade de coloração e maturação. A operação de descascamento é realizada manualmente empregando facas de aço inoxidável comum ou especial para frutas. A separação do caroço é feita em um despulpador dotado de peneiras

de 1,5 a 2,0 mm de abertura com adição de até 5 % de água, respeitando-se os limites estabelecidos pelos Padrões de Identidade e Qualidade dos produtos.

O suco refinado é bombeado para o tanque de equilíbrio e em seguida homogeneizado à pressão de 100 atm. Seguindo para o desaerador, onde é submetido a 600 mm de vácuo. Na seqüência, o tratamento térmico a 90 °C por 60 segundos é realizado em um trocador de tubos, seguido de enchimento a quente (85 °C) em garrafas de vidro e do fechamento imediato por cápsulas plásticas (“Roll-on”). Após o fechamento, as garrafas seguem para um túnel resfriador contínuo por esteira, depois são acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas à temperatura ambiente.

### **2.3. Escurecimento Enzimático**

Os fatores importantes ao processamento são as mudanças bioquímicas que ocorrem nas frutas após a colheita, as quais freqüentemente resultam em diminuição da qualidade (MEDINA, 1980). O problema principal em frutas está relacionado com o escurecimento, que resulta da oxidação enzimática ou não enzimática de compostos fenólicos (MARTINEZ & WHITAKER, 1995).

O escurecimento é atualmente responsável por sérias perdas na indústria de alimentos (FRAIGNIER et al., 1995). O escurecimento normalmente ocorre em certos frutos e vegetais durante o manuseio, processamento e estocagem após a colheita (JANG et al., 2002). O escurecimento deteriora as propriedades sensoriais dos produtos, pois está associado às mudanças na cor, flavor e amolecimento (devido provavelmente à ação de enzimas pécticas). Uma vez que

as paredes das células e membranas celulares perdem sua integridade, a oxidação enzimática avança rapidamente (MARTINEZ & WHITAKER, 1995). Embora indesejável na maioria dos casos, em virtude das alterações causadas, o escurecimento oxidativo em chá, café, cacau e ameixa seca é desejável (ARAÚJO, 1999).

No tecido intacto, os substratos fenólicos encontram-se separados das fenolases, por isso não ocorre o escurecimento. No entanto, observa-se o escurecimento nas superfícies de cortes das frutas e verduras de cor clara como, por exemplo, em maçã, banana e batata. A exposição da superfície de corte ao ar dá lugar a um rápido escurecimento, devido à oxidação enzimática dos fenóis a ortoquinonas, que por sua vez se polimerizam rapidamente para formar melaninas e pigmentos de cor escura (FENNEMA, 1993). Para tanto, três componentes são indispensáveis a este tipo de reação: a enzima, o oxigênio molecular e os substratos fenólicos. Dentre os compostos naturais mais susceptíveis a esse tipo de reação destacam-se o catecol, a tirosina, os ácidos clorogênico, cafeíco, gálico e ascórbico, a hidroquinona, a antocianidina, os flavonóides, etc. (MEDINA, 1980).

Mason (1980) divide o escurecimento enzimático em dois grupos distintos: funcional e acidental. O primeiro ocorre durante o desenvolvimento normal da fruta, enquanto o segundo somente ocorre quando há alguma avaria nas células. O escurecimento acidental em frutas, vegetais e bebidas é um dos principais problemas na indústria de alimentos, uma vez que 50% das perdas pós-colheita de frutas tropicais devem-se às enzimas oxidantes (ARAÚJO, 1999).



Diversas técnicas têm sido utilizadas para resolver esse problema, como por exemplo, geração de cultivares que não são susceptíveis ao escurecimento e o uso de inibidores químicos ou físicos do escurecimento (MACHEIX et al., 1990; MCEVILY et al., 1992; NICOLAS et al., 1994). Entre os compostos que têm sido demonstrados como inibidores da atividade da polifenoloxidase (PPO) são os sulfitos, ácido ascórbico e seus derivados, e compostos tióis como a cisteína (DING et al., 2002; JANG et al., 2002; MARTINEZ & WHITAKER, 1995; NEGISHI & OZAWA, 2000).

### **2.3.1. Polifenoloxidase (PPO)**

A polifenoloxidase (monofenol, dihidroxifenilalanina: oxigênio oxidoreductase; EC: 1.14.18.1; 1,2 - benzodiol: oxigênio oxidoreductase, EC 1.10.31) é encontrada em grande parte nos tecidos vegetais e em concentrações especialmente altas em cogumelos, tomates, pêssegos, maçãs, bananas, manga, folhas de chá, abacates e café. A atividade pode variar em diferentes variedades da mesma planta, diferentes estádios de maturidade, condições de cultivo, etc (WHITAKER, 1985).

A polifenoloxidase (PPO) é responsável pelo escurecimento enzimático ocorrido durante o manuseio, estocagem e processamento de frutas e vegetais (DINCER *et al.*, 2002). Devido a sua ampla especificidade de substrato a polifenoloxidase é também denominada tirosinase, polifenolase, fenolase, catecol oxidase, catecolase e cresolase (WHITAKER, 1985).

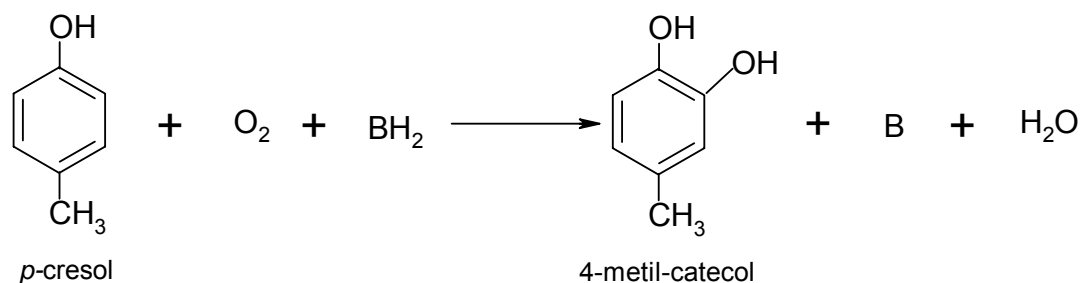
Técnicas histoquímicas revelam que as polifenoloxidases estão localizadas nos cloroplastos, apesar do gene da PPO ser codificado no núcleo e traduzido no

citoplasma. A pró-PPO formada é então transportada para o cloroplasto, onde é clivada pela protease, produzindo a forma ativa (MARTINEZ & WHITAKER, 1995). O peso molecular para as diferentes PPOs varia de 57 a 62 Kda, à exceção para a PPO do cogumelo, com PM de 128 KDa (ARAÚJO, 1999).

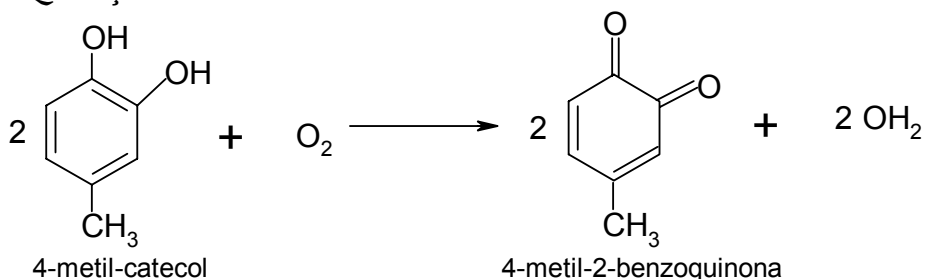
A inativação térmica da PPO no processamento de frutos e vegetais segue uma reação de cinética de primeira ordem com o tempo requerido variando com o tipo de produto. Dos estudos efetuados com inativação da PPO, somente alguns tem incluído os cálculos de Arrhenius e os parâmetros cinéticos da inativação térmica da PPO em frutos e vegetais (CHUTINTRASRIA & NOOMHORM, 2005).

A PPO é uma proteína multifuncional com cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ) no seu centro ativo que funciona como oxidase de função mista catalisando duas reações diferentes envolvendo o oxigênio molecular. O primeiro tipo de reação (EQUAÇÃO 2) é a hidroxilação de monofenóis, levando a formação de compostos *o*-dihidroxi (atividade cresolásica). O segundo tipo de reação (EQUAÇÃO 3) é a oxidação de compostos *o*-dihidroxi à benzoquinonas (atividade catecolásica) (BUSCH, 1999; VALERO et al., 1992).

### EQUAÇÃO 1

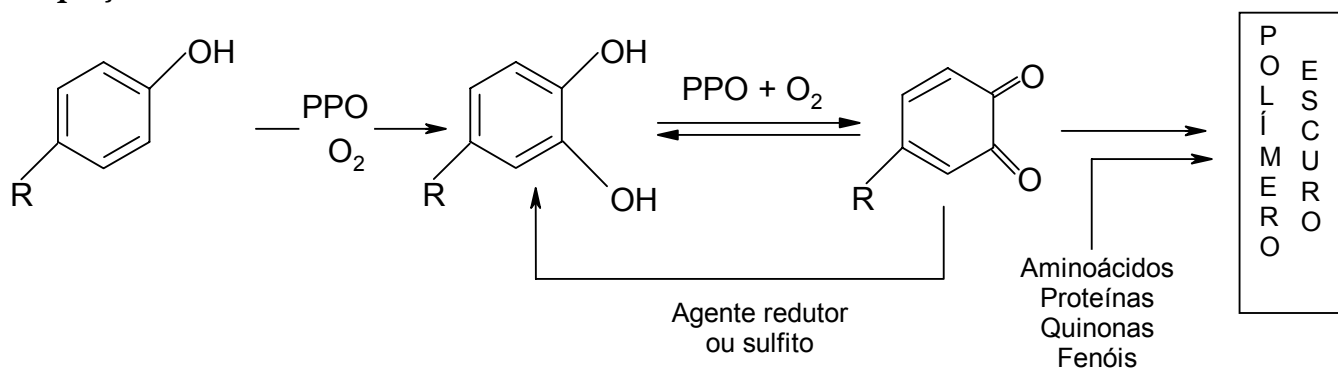


**EQUAÇÃO 2**



As benzoquinonas formadas são altamente reativas, podendo polimerizar-se ou reagir com aminoácidos ou proteínas, ocasionando a formação de pigmentos marrom, vermelho ou preto, dependendo da presença de compostos naturais em determinado tecido vegetal (DINCER et al., 2002; VALERO et al., 1992). A formação da benzoquinona é dependente do oxigênio e da enzima. Uma vez formadas, as reações subseqüentes ocorrem espontaneamente, não

**Equação 3.**

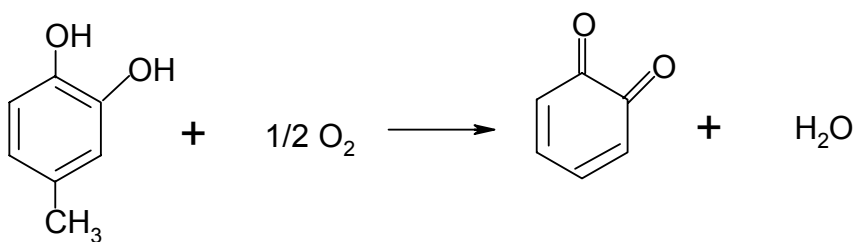


dependendo mais da enzima nem do oxigênio (EQUAÇÃO 3) (ARAÚJO, 1999).

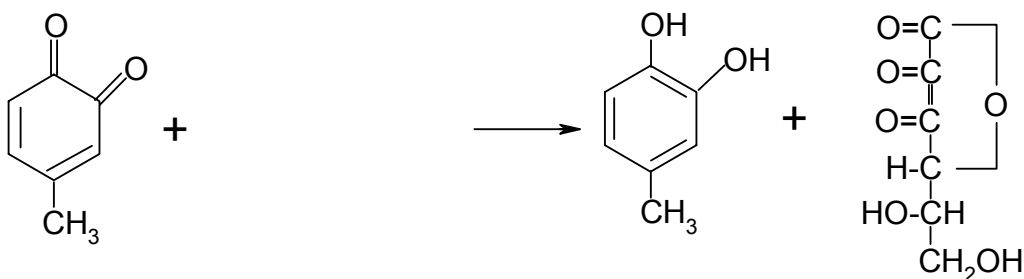
Nos tecidos vegetais, o escurecimento dos pigmentos leva a modificações organolépticas e nutricionais, que depreciam o produto (DINCER et al., 2002; VALERO et al., 1992), sendo responsável por sérias perdas econômicas na indústria de alimentos (FRAIGNIER et al., 1995).

O escurecimento de frutas causado pela polifenoloxidase pode ser prevenido pela exclusão do oxigênio molecular (limitação do substrato), por adição de agentes redutores que previnem a acumulação e polimerização de *o*-benzoquinonas, por complexação de metais como o fluoreto de sódio que inativa a enzima por agir com o cobre, ou por tratamento térmico (destruição térmica da enzima). A adição do agente redutor ácido L-ascórbico para prevenir o escurecimento enzimático tem sido estudada extensivamente. O ácido ascórbico previne o escurecimento por reduzir a *o*-benzoquinona a *o*-difenoil (EQUAÇÕES 4 e 5) (WHITAKER, 1972).

**EQUAÇÃO 4.**



### EQUAÇÃO 5.



#### 2.3.2. Peroxidase (POD)

A Peroxidase (doador: peróxido de hidrogênio oxidoreductase; EC 1.11.17) pertence a um grande grupo de enzimas conhecidas como oxidoreductases que possuem um grupo ferriprotoporfirina como grupo prostético (FIGURA 3) (WHITAKER, 1985). A peroxidase (POD) tem um aumento em sua solubilidade durante o período de maturação, conseqüentemente um aumento na atividade desta enzima no pós-climatério (VALTERRAMA et al., 2001).

Baseado em seus pontos isoelétricos, as isoperoxidasases têm sido classificadas em grupos ácidas, neutras e básicas: as isoperoxidasases mais básicas (catiônica) geralmente têm pontos isoelétricos na escala de pH de 8,0 a 10,0, enquanto as isoperoxidasases ácidas (aniônica) têm pontos isoelétricos na escala de pH de 3,5 a 6,0 (ROBINSON, 1991).

As isoperoxidasases não diferem significativamente entre si, com peso molecular em torno de 40 000 a 50 000 Da. Visto que os pontos isoelétricos das isoenzimas para uma determinada espécie de planta variam consideravelmente de acordo com mudanças amplas no pH, é razoável esperar que as isoenzimas

sejam substancialmente diferentes no conteúdo de aminoácidos (ROBINSON, 1991).

Essa enzima é importante do ponto de vista nutricional, de coloração e "flavor", pois a atividade da peroxidase pode levar à destruição da vitamina C e descoloração de carotenóides e antocianinas, além de catalisar (grupo heme) a degradação não-enzimática de ácidos graxos insaturados, com a conseqüente formação de compostos voláteis. É capaz de oxidar (EQUAÇÃO 6) compostos fenólicos somente na presença de peróxido de hidrogênio (ARAÚJO, 1999).

De acordo MDLULI (2005), a peroxidase pode estar envolvida com escurecimento enzimático desde que os difenóis funcionem como substratos reduzidos. Entretanto, o envolvimento dessa enzima nas reações de escurecimento, pode ser limitado pela disponibilidade de peróxido de hidrogênio.

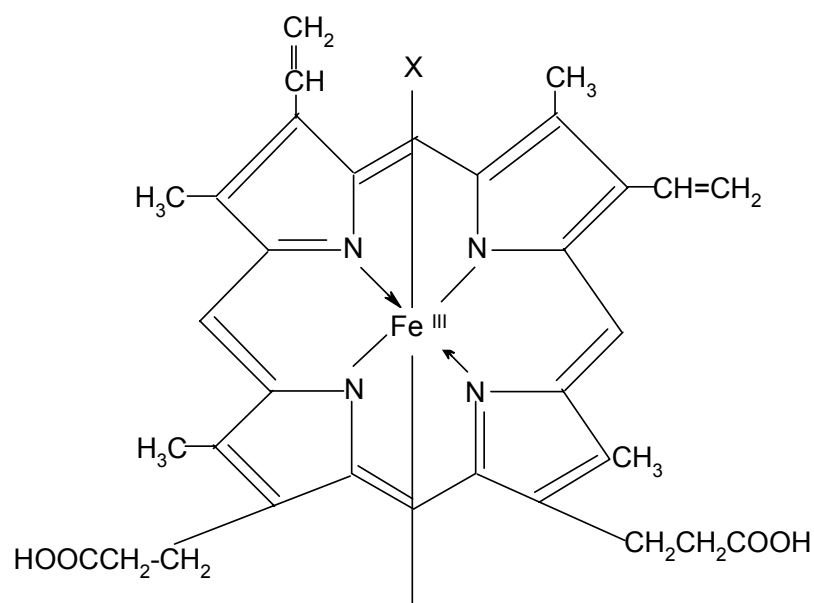
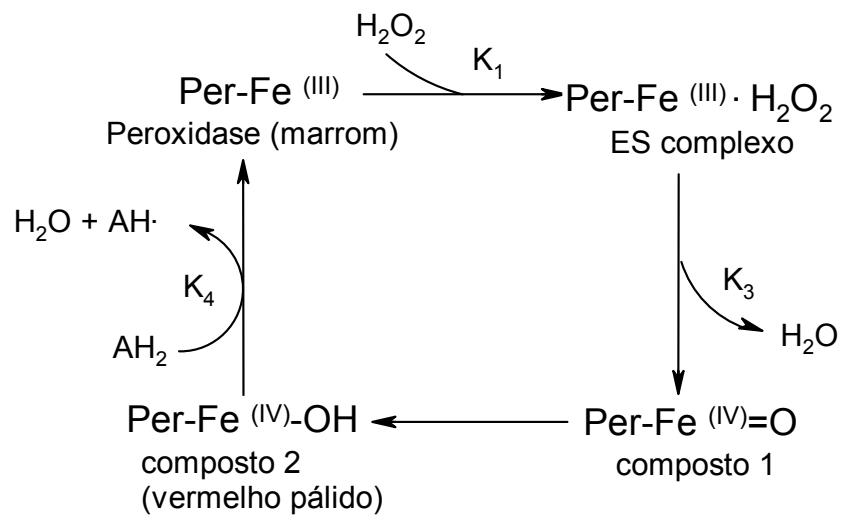


FIGURA 3. Estrutura da ferriprotoporfirina (WHITAKER, 1985).

### EQUAÇÃO 6



Em adição à atividade peroxidásica, a peroxidase também apresenta atividades catalásica, oxidásica e de hidroxilação. Essas reações, em relação à reação peroxidásica são mostradas na FIGURA 4. As reações oxidásica e de hidroxilação resultam da formação de  $AH^\cdot$  em presença de  $O_2$  (oxidásica) e monofenóis (hidroxilação) (WHITAKER, 1985).

A peroxidase é considerada uma das enzimas mais termorresistentes, de forma que, quando inativada, certamente as demais enzimas e os microrganismos patogênicos serão destruídos. Na maioria dos casos, o branqueamento entre 90 e 100 °C por 3 min é o suficiente para destruí-la (ARAÚJO, 1999).

A regeneração da atividade enzimática após desnaturação térmica é incomum para as enzimas em geral, embora esta propriedade seja bem identificada para a peroxidase. A habilidade da peroxidase para regenerar-se após desnaturação térmica varia não só entre diferentes espécies vegetais, mas também entre as isoenzimas que ocorrem dentro de uma única variedade. A restauração da atividade da peroxidase é geralmente observada depois de um período de poucas horas após o tratamento térmico de soluções teste de enzimas ou vegetais inteiros (ROBINSON, 1991).

Os inibidores químicos mais freqüentemente utilizados no controle da peroxidase na indústria são dióxido de enxofre e sulfitos. A utilização de 0,1 a 0,15% de metabissulfito de sódio previne a formação de *flavor* desagradável durante o armazenamento de vegetais processados. A ação do sulfito se verifica na destruição do  $H_2O_2$  ( $SO_2 + H_2O_2 \rightarrow SO_3 + H_2O$ ), bloqueando a atividade da



enzima, pela manutenção do substrato (doador de hidrogênio) na sua forma reduzida (ARAÚJO, 1999).

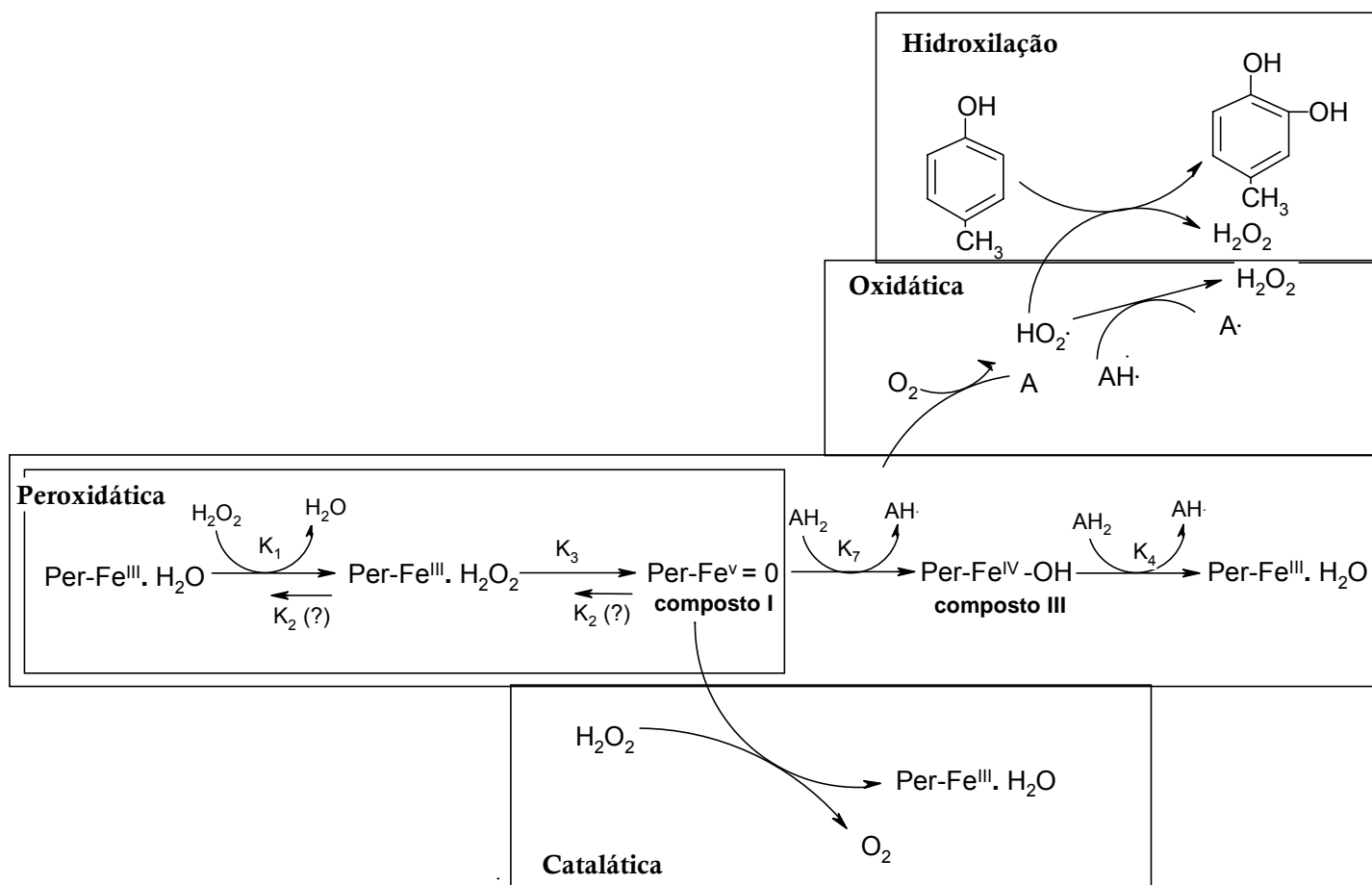


FIGURA 4. Esquema proposto para o mecanismo de ação da peroxidase nos quatro tipos de reações em que a enzima está envolvida (WHITAKER, 1985)

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

##### **3.1.1. Matéria - prima**

Para a realização dos experimentos foram utilizadas mangas (*Mangifera indica* L.) colhidas em estágio de maturação comercial, adquiridas de produtores da Região Metropolitana de Fortaleza.

O suco tropical de manga foi fornecido pela Jandáia Agroindústria LTDA localizada no município de Pacajus - Ce.

##### **3.1.2. Embalagem**

A embalagem utilizada para o envase do suco foram garrafas de vidro de capacidade de 500 mL, fechadas com tampas plásticas. Utilizou-se garrafas novas previamente lavadas a quente.

#### **3.2. Metodologia**

##### **3.2.1. Processamento do suco tropical de manga não adoçado obtido pelo processo *hot fill***

A FIGURA 5 descreve o fluxograma de processamento do suco tropical de manga não adoçado obtido pelo processo *hot fill*.

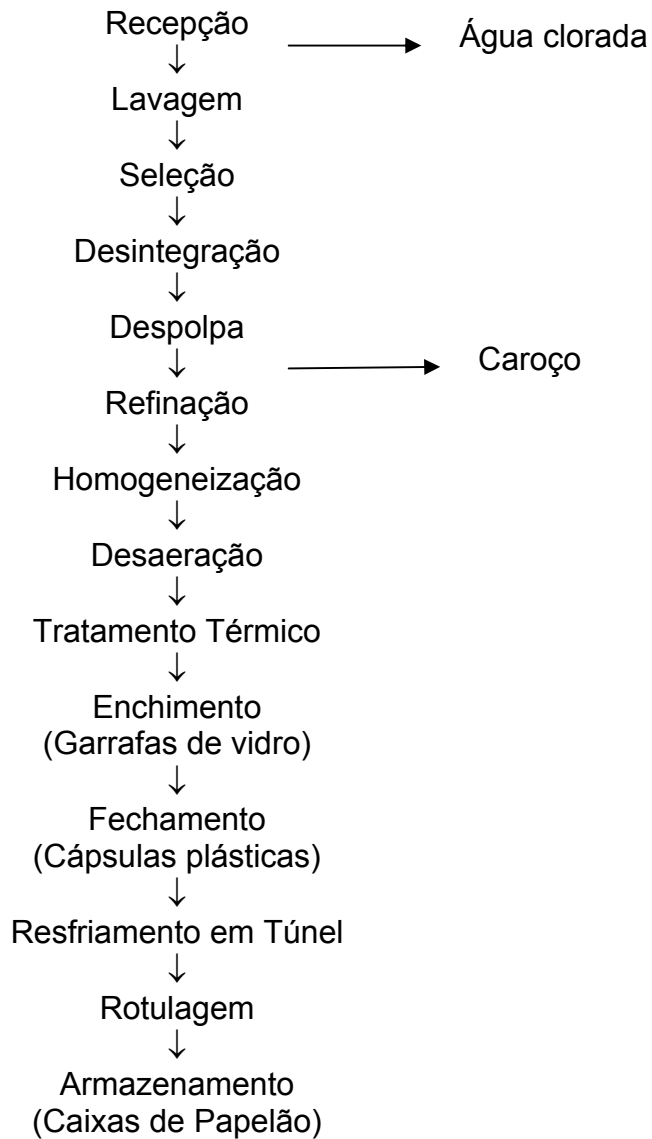


FIGURA 5. Fluxograma de elaboração do suco tropical de manga não adoçado obtido pelo processo *hot fill*.

Ao chegarem à indústria, os frutos foram recebidos e classificados quanto aos seus atributos de qualidade (uniformidade na coloração, integridade física, grau de maturação, isenção de doenças, etc). Com intuito de retirar as sujidades mais grosseiras do fruto, foi realizada uma pré-lavagem com água potável.

Em seguida, os frutos foram imersos em água clorada (20 ppm de cloro ativo) durante 20 min, com o intuito de reduzir a carga microbiana sendo posteriormente lavados por aspersão para remoção dos resíduos de cloro.

A separação do caroço foi feita em despulpador dotado de peneiras de 1,5-2,0 mm de abertura. A fim de se obter uma polpa livre de material fibroso e sólido, que podem prejudicar a qualidade do produto, realizou-se uma operação de refino (*finishing*) em refinadora dotada de peneiras com diâmetro de 0,8 mm. A partir da polpa de manga obtida realizou-se a formulação do suco : água, 60% de polpa de manga, conservantes: benzoato de sódio e metabissulfito de sódio, ácido cítrico até quantidade suficiente para baixar o pH para 3,5.

O produto formulado foi submetido a uma homogeneização, em homogeneizador de válvulas sob pressão (100 atm), para estabilizar a matéria sólida dispersa e posteriormente a desaeração em um desaerador sob vácuo (600mmHg de vácuo) à temperatura de 50 °C. Esta etapa teve como objetivo reduzir a separação da polpa na parte superior da embalagem, devido associação de bolhas de ar com a polpa bem como reduzir a formação de espuma mantendo a qualidade final do produto por retenção da vitamina C,  $\beta$ -caroteno e coloração adequada (MAIA et al., 1998).

Na seqüência, o suco foi submetido a um tratamento térmico em trocador de calor (90°C/60 seg). O processo de enchimento a quente, conhecido como *hot fill* consistiu no envase à quente do produto em garrafas de vidro (500 mL) sob sistema de vácuo para expulsar o ar, e fechamento imediato através de

encapsuladoras automáticas utilizando tampas plásticas rosqueadas. Finalmente o produto era encaminhado para um túnel de resfriamento para rotulagem e embalagem em caixas de papelão sendo armazenado à temperatura ambiente ( $28 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para a avaliação da estabilidade por 165 dias.

### **3.2.2 Análises físico-químicas e químicas**

As análises foram realizadas durante o processamento do produto na etapa de despolpa, homogeneização e pasteurização, bem como no período de avaliação da estabilidade em intervalos de 55 dias durante um período de 165 dias.

#### **3.2.2.1 pH**

O pH foi determinado por meio de potenciômetro WPW modelo pH 330I/sete, previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7, 0, conforme A.O.A.C (1992);

#### **3.2.2.2 Acidez total titulável**

A análise foi realizada titulando-se a amostra com solução de NaOH 0,1 N utilizando-se fenolftaleína como indicador, conforme descrito pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

### **3.2.2.3. Sólidos solúveis totais**

Determinados através da leitura do °Brix em refratômetro de bancada Analytikjena e compensando-se a leitura para 20 °C, de acordo com as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985);

### **3.2.2.4. Açúcares totais**

Obtidos pelo método de Eynon Lane, de acordo com a técnica citada pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 ml de suco.

### **3.2.2.5. Açúcares redutores**

Obtidos pelo método de Eynon Lane, de acordo com as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os valores foram expressos em gramas de glicose por 100 ml de suco.

### **3.2.2.6. Vitamina C**

Determinada pelo método de Tillmans modificado, através de titulação da amostra com solução de Diclorofenol Indofenol (DFI), conforme BRASIL (1998) pelo método descrito na Portaria n. 76 de 26 de novembro de 1986 do Ministério da Agricultura, que dispõe sobre métodos analíticos de bebidas e vinagres.

### **3.2.2.7. Antocianinas Totais**

Para análise das antocianinas totais seguiu-se a metodologia de FRANCIS (1982). Os resultados foram expressos em mg de antocianinas totais/100 ml de suco.

### **3.2.2.8. Carotenóides Totais**

Determinados pelo método de HIGBY (1962) sendo os resultados expressos em mg de carotenóides totais /100 ml de suco.

### **3.2.2.9. Cor (L\* a\* b\*)**

A cor foi determinada segundo RANGANA (1997) utilizando-se um colorímetro da marca MINOLTA, modelo CR 300, com valores expressos em L\*, a\* e b\*.

### **3.2.3. Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)**

Para determinar a atividade residual da PPO e da POD, foram realizadas análises nos pontos críticos do processamento (etapa de despolpa, homogeneização e pasteurização) bem como durante a vida de prateleira do produto, a cada 55 dias por um período de 165 dias.

#### **3.2.3.1. Extração protéica**

A extração das proteínas foi baseada na metodologia descrita em WISSEMAN & LEE (1980).

Todo o procedimento de extração enzimática foi realizado mantendo-se a temperatura próxima a 4 °C, dentro de um isopor contendo gelo.

Inicialmente foram tomados 30 ml de suco que foram ressuspensos em 30 ml de tampão fosfato 0,05 M (pH 7,0). Em seguida, homogeneizou-se a amostra

com bastão de vidro , centrifugando logo em seguida a 10.000 rpm por 20 min. Desta forma, o sobrenadante obtido constituiu a fonte enzimática.

### **3.2.3.2. Determinação de atividade da Polifenoloxidase (PPO)**

A determinação da atividade da PPO foi efetuada seguindo a metodologia descrita em MATSUNO & URITANI (1972).

Tomou-se 0,5 ml do extrato enzimático, ao qual foram adicionado 1,8 ml de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e por último 0,050 ml de catecol 10 mM. Posteriormente, a amostra foi incubada por 5 min a 30 °C. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro a 395 nm. No branco, o extrato enzimático foi substituído por água destilada. O resultado é expresso em unidade de absorbância por minuto por grama de amostra (UA/min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>)

### **3.2.3.3. Determinação de atividade da Peroxidase (POD)**

Para a detecção da atividade da POD foi utilizada como referência a metodologia descrita em MATSUNO & URITANI (1972).

Para determinar a atividade da POD, foi utilizado o extrato protéico, ao qual foram adicionados 5,0 ml do tampão fosfato - citrato 0,1 M (pH 5,0), 0,5 ml de Peróxido de hidrogênio 3% (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e 0,5 ml de Guaiacol. Em seguida, a amostra foi incubada a 30 °C por 5 min. Decorrido os 5 min, a leitura da absorbância da amostra foi realizada em espectrofotômetro a 470 nm. No branco, o extrato enzimático foi substituído por água destilada. O resultado é expresso em unidade de absorbância por minuto por grama de amostra (UA/min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>).



### 3.2.4. Estatística

Os dados das análises físico-químicas, químicas e bioquímicas (atividade da PPO e POD) durante as etapas de processamento consistiram no cálculo dos valores da média e desvio padrão para as amostras, que eram compostas por 03 repetições cada, para cada parâmetro avaliado.

Para a avaliação estatística de estabilidade, foi verificado o ajuste da regressão através do teste F e verificado a significância dos coeficientes da equação através do teste T, sempre ao nível de 5% de significância. Pode acontecer que uma regressão, embora significativa do ponto de vista do teste F, não seja útil para realizar previsões, por cobrir uma faixa de variação pequena dos fatores estudados. Portanto, para que isso não ocorra, isto é, para que uma regressão não seja apenas estatisticamente significativa, mas também útil para fins preditivos, o valor da razão  $MQ_R/MQ_r$  ( $F_{\text{calculado}}$ ) deve ser no mínimo dez vezes o valor de  $F_{\text{(tabelado)}}$  (BARROS NETO et al., 2002). As análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico SAS (1999).

## 4. RESULTADOS E DISCUSÃO

### 4.1. Análises químicas, físico-químicas e bioquímica das etapas do processamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

A TABELA 5 apresenta as médias e desvios padrões obtidos das análises físico-químicas, químicas e bioquímicas durante o processamento do suco tropical de manga não adoçado e envasado pelo processo *hot fill*.

TABELA 5. Valores da média e desvio padrão das análises físico-químicas, químicas e bioquímicas durante o processamento do suco tropical de manga não adoçado envasado pelo processo *hot fill*

			Etapas do processamento*		
Análises			Despolpa	Homogeneização	Pasteurização
pH			3,82 ± 0,01	3,42 ± 0,00	3,36 ± 0,00
Sólidos	solúveis	totais	15,1 ± 0,10	10,1 ± 0,10	9,13 ± 0,12
(° Brix)					
Acidez	total	titulável	0,80 ± 0,02	0,74 ± 0,02	0,72 ± 0,00
(% ácido cítrico)					
Açúcar redutor (g/100 ml)			8,74 ± 0,71	5,75 ± 0,18	4,60 ± 0,11
Açúcar total (g/100 ml)			15,36 ± 0,16	10,91 ± 0,14	8,28 ± 0,17
Ácido ascórbico (mg/100 ml)			34,5 ± 1,02	34,09 ± 0,00	31,82 ± 0,00
Carotenóides (mg/100ml)			1,34 ± 0,33	1,13 ± 0,08	1,57 ± 0,26
Antocianinas			2,55 ± 0,51	1,87 ± 0,29	0,15 ± 0,00
Cor (L*)			52,96 ± 0,42	48,57 ± 0,53	49,97 ± 1,09

Cor (a*)	2,28 ± 0,31	1,32 ± 0,30	1,77 ± 0,26
Cor (b*)	46,33 ± 0,71	39,29,± 0,93	41,18 ± 1,80
Polifenoloxidase (UA/min <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )	10,53 ± 3,97	8,20 ± 1,04	17,44 ± 11,77
Peroxidase (UA/min <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )	1,44 ± 1,04	2,35 ± 0,55	6,58 ± 0,34

---

\* Média ± desvio padrão.

#### 4.1.1. pH e acidez total titulável

O suco apresentou uma discreta diminuição do pH durante as etapas de processamento. A variação do pH e da acidez é devida à adição de ácido cítrico durante a etapa de formulação, ocasionando o aumento na acidez e abaixamento do pH do suco. SAMPAIO (1990) encontrou um ligeiro declínio no pH nas primeiras etapas de processamento de suco integral de caju e associou esse declínio a perda de parte dos polipeptídeos ligados ou não a polissacarídeos presentes naturalmente na polpa do fruto durante as etapas de extração e filtração, o que reduz o poder tamponante da solução.

O decréscimo da acidez na fase final do processamento pode estar relacionada ao efeito do tratamento térmico ocasionando reações cruzadas e fixações de grupamentos acídicos.

Pela Legislação Brasileira vigente, o suco tropical de manga não deve possuir acidez inferior a 0,30 g/100ml, e de acordo com os dados apresentados

observou-se que este valor manteve-se na faixa de 0,72 a 0,91 (FIGURA 3) enquadrando-se nas normas de qualidade para o mercado de suco tropical de manga.

Embora o pH não seja um parâmetro regulamentado pela Legislação Brasileira seu controle é importante, pois valores de pH acima de 4,5 propiciam o crescimento da bactéria *Clostridium botulinum*.

#### **4.1.2. Sólidos solúveis totais e açúcares**

Observou-se nos valores de sólidos solúveis totais uma variação numa faixa entre 9,13 a 15,1 °Brix, apresentando uma redução de 39,54% do conteúdo inicial durante o processamento. Esse declínio pode estar relacionado à diluição que o suco sofreu na etapa de formulação, onde foi adicionado cerca de 40% (p/p) de água bem como a redução dos teores de açúcares redutores e totais de aproximadamente 50%, possivelmente associados a reações de escurecimento não enzimático aceleradas pelo tratamento térmico.

De acordo com SANZ et al. (2004), parte das macromoléculas constituintes do fruto e outros sólidos insolúveis tendem a ser descartadas sobre os títulos gerais de resíduo durante as etapas de extração e filtração, deixando, portanto, de interferir nas propriedades refratométricas das soluções.

#### **4.1.3. Ácido ascórbico**

Ao final do processamento, constatou-se redução nos teores de ácido ascórbico da ordem de 10,6%. Esta redução pode ser atribuída principalmente ao tratamento térmico do produto acelerando reações químicas e bioquímicas de

degradação do ácido ascórbico durante o processamento. De acordo com FALADE et al. (2004) a estabilidade do ácido ascórbico em alimentos é afetada por vários fatores, como calor, luz, oxigênio e pH.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005) o teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação, o processamento e com o armazenamento de muitos hortícolas, devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase, ou pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase.

MOKADY et al. (1984) em estudo sobre variação do conteúdo de vitamina C no processamento de diferentes tipos de sucos de fruta e vegetais, observaram perdas de vitamina C da ordem de 60-80% logo após a esterilização de curto tempo e concentração e associaram às reações de escurecimento não enzimático.

#### **4.1.4. Carotenóides totais**

De acordo com HYMAVATHID & KHADER (2005) a manga é uma rica fonte de carotenóides (0,9-11 mg/100 de polpa) e o  $\beta$ -caroteno é o carotenóide predominante alcançando uma média de 48-84% do conteúdo de carotenóides totais da manga.

O conteúdo e os tipos de carotenóides em manga podem ser afetados por diversos fatores tais como condições de crescimento, estágio de maturação e variedades (CHEN et al, 2004).

Os valores encontrados estão próximos aos resultados obtidos por NANJUNDASWAMY (1997) em diferentes cultivares. Porém, ocorreu uma queda

de cerca de 15,67% logo após a etapa de despolpa devido possivelmente a influencia da luz e oxigênio na degradação de carotenóides com ocorrência de reações de trans-cis-isomerização. Foi verificado um aumento de cerca 38.9% do conteúdo de carotenóides após o tratamento térmico. Esse fato pode estar relacionado às etapas de formulação/homogeneização que aumentam a biodisponibilidade deste componente.

#### **4.1.5. Antocianinas totais**

Foi observada uma diminuição no conteúdo de antocianinas totais de cerca de 94% durante as etapas de processamento.

As antocianinas são altamente instáveis a mudanças de pH, à luz visível ou ultravioleta e a outras fontes de radiação ionizante e ao calor (KIRCA et al., 2005).

A interação de antocianinas com ácido ascórbico causa a degradação de ambos os compostos, com descoloração dos pigmentos, o que também ocorre em presença de aminoácidos, fenóis e derivados de açúcares. Portanto, a degradação das antocianinas e do ácido ascórbico ocorre simultaneamente em sucos de frutas (TALCOTT et al., 2003; BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Devido ao aumento de atividade da PPO e da POD durante o processamento essa diminuição no conteúdo das antocianinas pode estar também relacionada à degradação enzimática.

Segundo ZHANG et al. (2001) a PPO bem como a POD desempenham um importante papel na degradação das antocianinas em frutos e hortaliças. Na

ausência de compostos fenólicos, a degradação das antocianinas pela PPO é muito lenta, porém, aumenta rapidamente com o aumento da concentração destes compostos. As antocianinas são degradadas pela co-oxidação envolvendo o-quinonas formadas enzimaticamente.

#### **4.1.6. Cor (L\* a\* b\*)**

Os valores da luminosidade do suco (L\*) apresentaram uma discreta diminuição (5,6%) durante o processamento. Os parâmetros a\* (componente vermelho-verde) e b\* (componente amarelo-azul) diminuíram cerca de 22,37% e 11,11% respectivamente, durante o processamento. Essa diminuição deve-se possivelmente à degradação dos carotenóides por ocasião do tratamento térmico bem como o aumento de atividade da POD e PPO. SCHWEIGGERT et al. (2005) atribuiu um branqueamento dos carotenóides em extrato de pimentões à atividade de enzimas tipo POD (“POD-like proteins”) associada à lipoxigenase (LOX). Uma das maiores causas da perda de cor durante o processamento e estocagem é a oxidação de carotenóides, que é acelerada pela luz, temperatura e presença de catalisadores metálicos (SARANTÓPOULOS et al., 2001).

LEE & COATES (2003) também verificaram uma diminuição dos valores de a\* de  $-1,75 \pm 0,07$  para  $-2,64 \pm 0,15$  logo após o tratamento térmico do suco de laranja.

Os respectivos aumentos após a etapa de pasteurização podem ser atribuídos à formação de compostos de degradação de cor amarela resultantes da oxidação dos substratos fenólicos.

Um estudo sobre purê de pêssego observou que o aumento do tempo e da temperatura de tratamento térmico causou a diminuição do parâmetro  $L^*$  (escurecimento do produto), diminuição dos valores de  $b^*$  e aumento dos valores de  $a^*$  (GARZA et al., 1999).

Através desses resultados, verifica-se que o tratamento térmico afetou o principal componente do suco tropical de manga, pois o parâmetro  $b^*$ , que representa o principal constituinte da cor do produto, foi alterado.

#### **4.1.7. Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)**

De acordo com os dados da TABELA 5 ocorreu um aumento nas atividades das enzimas PPO e POD durante o processamento. A atividade residual da PPO foi superior a da POD, porém o incremento de atividade da POD foi maior (78%), que o da PPO (66%). Ocorreu uma queda de 22% na atividade residual da PPO logo após a etapa de homogeneização e logo após o tratamento térmico essa apresentou 112,7% de atividade. VALDERRAMA et al. (2001) encontraram resultados muito próximos em trabalho com PPO e POD de maçã.

GUERRERO-BELTRAN et al. (2005) em estudo de avaliação de diferentes agentes anti-escurecimento em purê de manga verificaram que a atividade da PPO na amostra controle foi de 11,7; 23,1 e 259,2 em pH de 3,5; 4,0 e 4,4; respectivamente. A atividade residual da PPO decrescia com a diminuição do pH

Com relação à POD a enzima apresentou um comportamento sempre crescente de atividade. KHAN & ROBINSON (1993) também observaram este tipo de comportamento em estudo de termoestabilidade de isoperoxidase catiônicas e aniônicas purificadas de polpa de manga. Os referidos autores atribuem esse tipo



de comportamento a microheterogeneidade dos resíduos de oligossacarídeos ligados covalentemente.

A presença de atividade residual da PPO e POD durante o processamento se deve possivelmente à presença de isoenzimas com diferentes graus de termoestabilidade.

Os tratamentos térmicos comercialmente usados no processo de extração de frutas e vegetais, como por exemplo o HTST (*high temperature short time*), são pouco efetivos para uma inativação irreversível principalmente da POD (VALDERRAMA et al., 2001).

#### 4.2. Estabilidade do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

A TABELA 6 apresenta as características físico-químicas e químicas do suco tropical de manga não adoçado *hot fill* durante o período de 165 dias de armazenagem ( $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).

TABELA 6 - Características físico-químicas e químicas do suco tropical de manga não adoçado *hot fill* durante o período de armazenagem

Análises	Período de armazenagem (dias)			
	0	55	110	165
pH	3,36 ± 0,00	3,37 ± 0,00	3,34 ± 0,01	3,30 ± 0,01
Acidez total (% ácido cítrico)	0,72 ± 0,00	0,91 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,85 ± 0,00

Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,13 ± 0,12	12,0 ± 0,00	10,8 ± 0,00	11,4 ± 0,17
Açúcares redutores (g/ 100ml)	4,60 ± 0,11	6,84 ± 0,11	9,58 ± 0,28	8,64 ± 0,06
Açúcares totais (g/ 100ml)	8,28 ± 0,17	10,91 ± 0,12	8,88 ± 0,07	9,66 ± 0,18
Ácido ascórbico (mg/ 100ml)	31,82 ± 0,00	29,55 ± 0,00	21,68 ± 0,40	20,27 ± 0,00
Carotenóides totais (mg/ 100ml)	1,57 ± 0,26	1,27 ± 0,27	1,22 ± 0,80	1,56 ± 0,24
Antocianinas (mg/ 100ml)	0,15 ± 0,00	0,24 ± 0,03	0,10 ± 0,00	0,53 ± 0,03
Cor (L*)	49,97 ± 1,09	48,15 ± 0,33	46,85 ± 0,14	45,99 ± 1,41
Cor (a*)	-1,77 ± 0,26	-1,56 ± 0,10	-0,67 ± 0,20	-1,20 ± 0,27
Cor (b*)	+41,18 ± 1,08	+38,81 ± 0,61	+36,95 ± 0,10	+34,46 ± 2,02

---

\* Média ± desvio padrão

#### 4.2.1. pH

Os valores obtidos para o pH no decorrer do tempo de armazenamento não apresentaram diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade ao longo do período de armazenamento e devido a isso, não pode ser expresso por meio de regressão (FIGURA 6).

Os valores de pH estão próximos aos obtidos por ALACA et al. (2003) em suco tropical de manga envasado em vasilhames de vidro transparentes armazenados durante 08 semanas em temperatura de 34°C; ANILA & VIJAYALAKSHMI (2003) para polpa de manga pasteurizada armazenada por um período de 150 dias (28°C ± 2°C); PINA et al. (2003) em estudo do processamento de manga por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente (28 ± 2 °C). Por outro lado, FALADE et al. (2004) obtiveram valores de pH superiores (5,00 - 5,40) avaliando a degradação dos atributos do suco de manga adoçado (cv. "Julie" e "Ogbomoso") durante a estocagem.

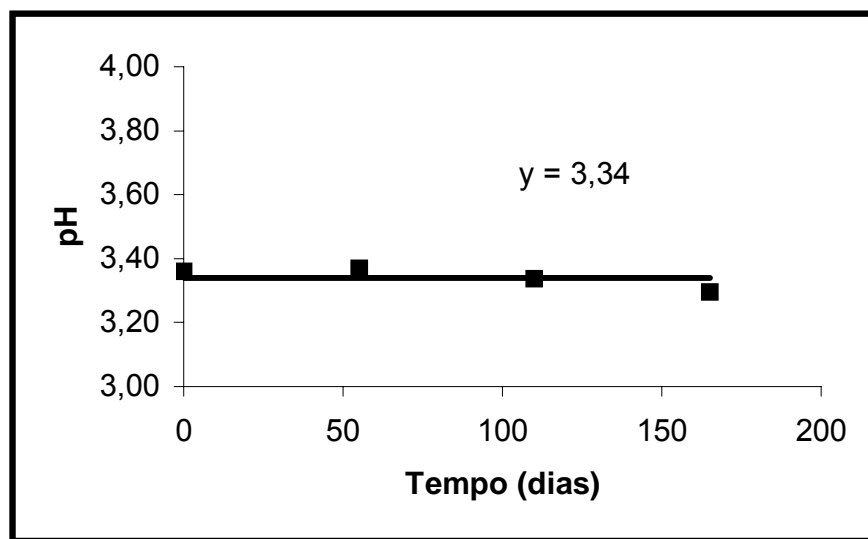


FIGURA 6 – Variação de pH em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado envasado pelo processo *hot fill*

#### 4.2.2. Acidez Total Titulável

Os valores obtidos para a acidez total titulável não apresentaram variação estatística significativa ao longo do período de armazenamento, ao nível de 5% de

probabilidade. A análise dos valores obtidos para acidez total titulável em função do tempo não pode ser expressa por meio de regressão, já que não houve variação estatística com o tempo ( FIGURA 7).

Os valores encontrados estão concordantes com os obtidos por BRUNINI et al. (2002) para polpa de manga "Tommy-Atkins" e JERÔNIMO & KANESIRO (2000) em manga "Palmer" *in natura*. Entretanto, PINA et al. (2003) obtiveram valores entre 0,514-0,557 em manga processada por métodos combinados durante 120 dias de armazenamento. ALACA et al. (2003) em estudo do efeito de diferentes embalagens nas características químicas do suco tropical de manga, encontraram que os valores de acidez total titulável decresceram, variando de 0,46 – 0,71, durante o período de 08 semanas de armazenagem em temperatura de 34 °C

Pela Legislação Brasileira vigente, o suco tropical de manga não deve possuir acidez inferior a 0,30 g/100ml e de acordo com os dados apresentados observou-se que este valor manteve-se na faixa de 0,72 a 0,85 enquadrando-se nas normas de qualidade para o mercado de suco tropical de manga.

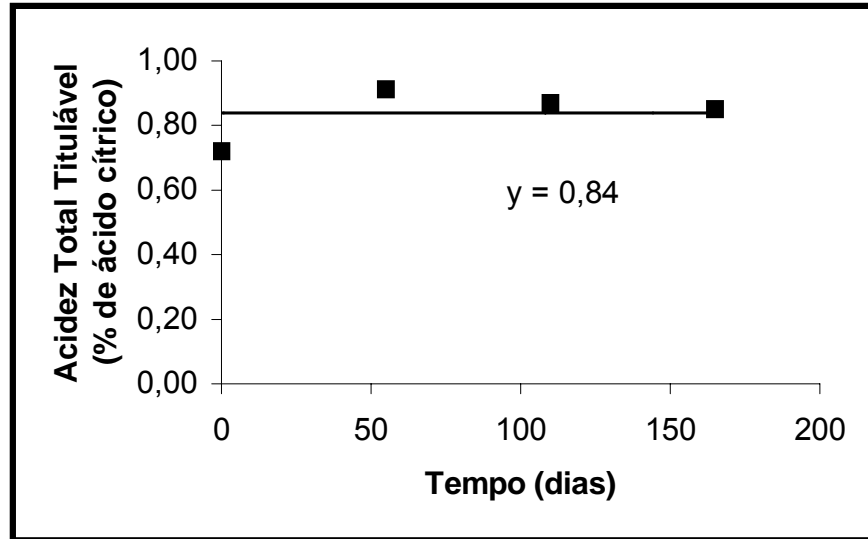


FIGURA 7 – Variação da acidez total em função do tempo de armazenamento para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.3. Sólidos Solúveis Totais

Os valores obtidos para os sólidos solúveis totais apresentaram variação estatística significativa ao longo do período de armazenamento, ao nível de 5% de probabilidade, porém mantiveram-se estáveis durante o período de armazenamento. ALACA et al.(2003) em estudo do efeito de diferentes embalagens nas características químicas do suco tropical de manga encontraram um valor constante (12 °Brix) em suco envasado nas embalagens de filme de polietileno, PET e vidro transparente durante um período de 08 semanas na temperatura de 34 °C.

A análise dos valores dos sólidos solúveis totais em função do tempo de armazenagem demonstrou que não pode ser expresso por meio de regressão (FIGURA 8).

Os sólidos solúveis totais encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Legislação para suco tropical de manga (BRASIL, 2005) que estabelece um valor mínimo de 10 °Brix. Resultados semelhantes foram obtidos por BRUNINI et al. (2002) em polpa de manga "Tommy-Atkins" congelada e FALADE et al. (2004) em suco de manga (cv. "Julie" e "Ogbomoso"). Por outro lado, PINA et al. (2003) encontrou valores entre 22,0 a 24,0 °Brix, em manga processada por métodos combinados.

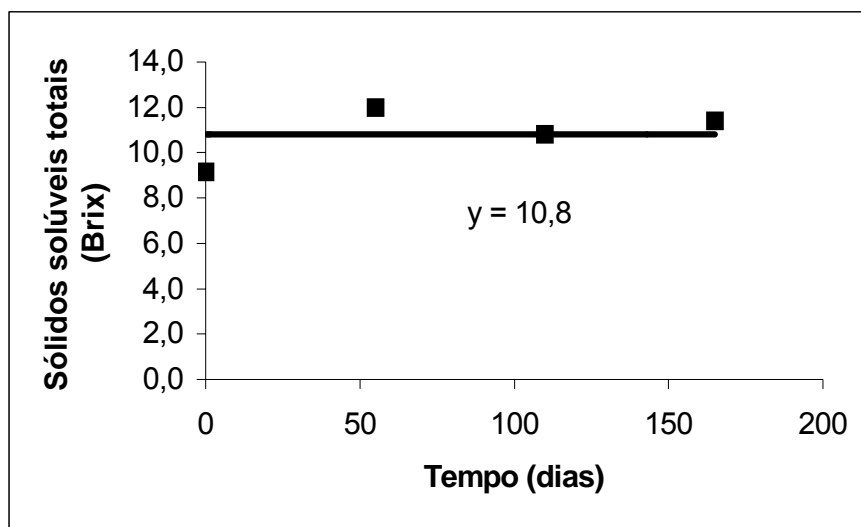


FIGURA 8 – Variação dos sólidos solúveis totais em função do tempo de armazenamento para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.4. Açúcares Redutores

Os valores obtidos para os açúcares redutores no decorrer do tempo de armazenamento apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade ao longo do período de armazenamento (TABELA 6).

A análise dos valores dos açúcares redutores em função do tempo de armazenagem demonstrou que não pode ser expresso por meio de regressão (FIGURA 9).

Os valores de açúcares redutores mostraram-se estáveis, apresentando uma média de 7,41%. Porém, observou-se um pequeno aumento das médias no decorrer do armazenamento, que pode ser principalmente devido às reações de hidrólise da sacarose em meio ácido. PINA et al. (2003) também constataram aumento no conteúdo dos açúcares redutores em manga variando numa faixa entre 5,03 a 18,38%.

Segundo BOBBIO e BOBBIO (1992), a sacarose é um açúcar facilmente hidrolisável por soluções de ácidos diluídos ou por enzimas como a invertase com formação de D-frutose e D- glicose. A ação do ácido cítrico utilizado para redução do pH pode ter sido suficiente para promover a hidrólise da sacarose.

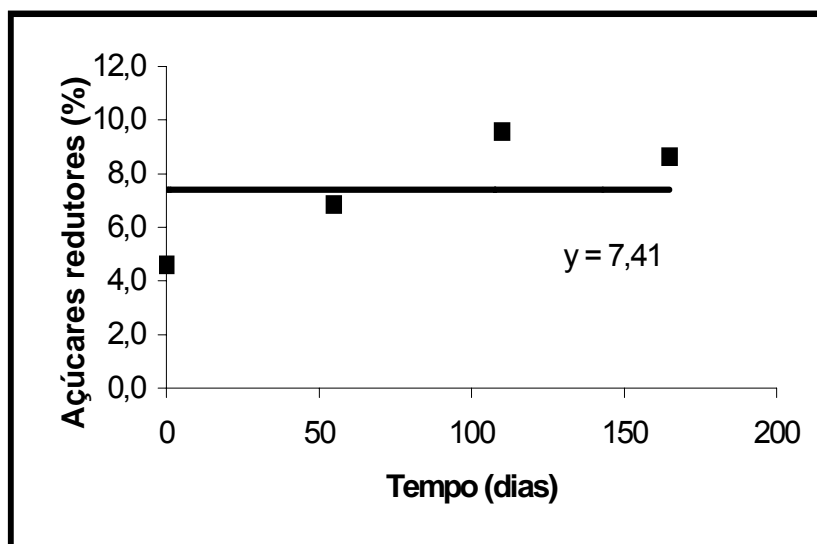


FIGURA 9 – Variação dos açúcares redutores em função do tempo de armazenagem para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.5. Açúcares Totais

Estatisticamente não houve diferença significativa entre as médias de açúcares totais em função do tempo, ao nível de 5% de probabilidade ( TABELA 6). A análise dos valores obtidos para açúcares totais em função do tempo não pode ser expressa por meio de regressão, já que não houve variação estatística entre as médias (FIGURA 10).

Os teores de açúcares totais estão de acordo com o estabelecido pela Legislação Brasileira para suco tropical de manga não adoçado (BRASIL, 2003), que estabelece um máximo de 14%.

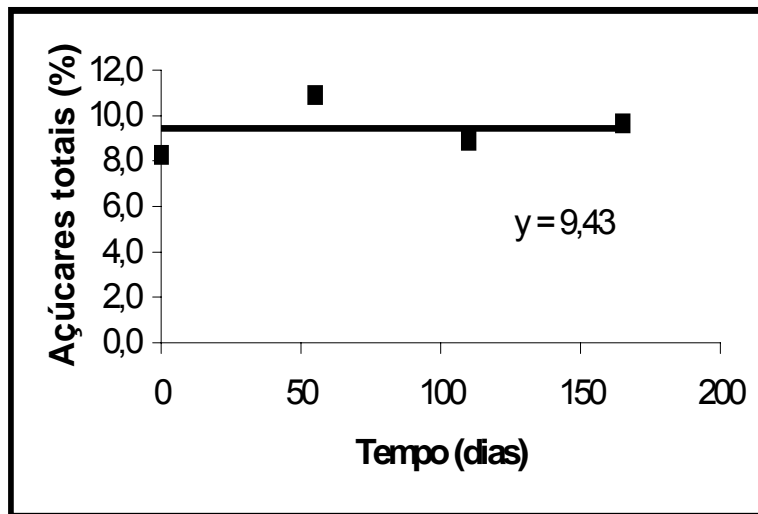


FIGURA 10 - Variação dos açúcares totais em função do tempo de armazenagem para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*



#### 4.2.6. Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico é um dos maiores nutrientes em suco de manga (FALADE et al., 2004).

A avaliação estatística demonstrou que houve variação estatística significativa ao longo do período de armazenamento, ao nível de 5% de probabilidade. (TABELA 6).

A análise dos valores de ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento mostrou que a regressão foi do tipo linear. O gráfico e a equação em função do tempo de armazenagem estão representados na FIGURA 11.

Ao final do processamento, constatou-se redução nos teores de ácido ascórbico da ordem de 38,5%. O nível de perda de ácido ascórbico observado foi maior que os valores constatados por FALADE et al. (2004) que verificaram perdas de 16,25 e 16,67% de ácido ascórbico após 12 semanas de estocagem em suco tropical de manga adoçado cv. "Julie" e "Ogbomoso", respectivamente.

ALACA et al. (2003) em estudo do efeito da embalagem do suco tropical de manga nas características químicas do suco, encontraram uma menor perda no conteúdo de ácido ascórbico em suco envasado em vasilhame de vidro transparente (45%) quando comparado às embalagens PET (63%) e filme de polietileno (70%) armazenado a 26 °C. A melhor capacidade protetora do vasilhame de vidro foi atribuída à propriedade impenetrável do vidro ao oxigênio e outros componentes do ambiente.

Sabendo-se que para adultos a IDR (Ingestão Diária Recomendada) de Vitamina C é de 45 mg (BRASIL, 2005), pode-se observar ao término dos 165 dias de armazenamento que 250 mL do suco diluído (1:2) fornece 37% dessa IDR, caracterizando este suco como boa fonte de vitamina C.

A perda de ácido ascórbico no suco investigado pode estar relacionada à temperatura de armazenamento ( $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) relativamente alta e a exposição à luz, devido à embalagem de vidro.

Segundo KABASAKALIS et al. (2000), a retenção de vitamina C em suco diminui com o tempo de estocagem.

A estabilidade do ácido ascórbico em alimentos é afetada por vários fatores, como calor, luz, oxigênio e pH (KLEIN, 1987), que podem ter influenciado na perda de ácido ascórbico durante o período de estocagem.

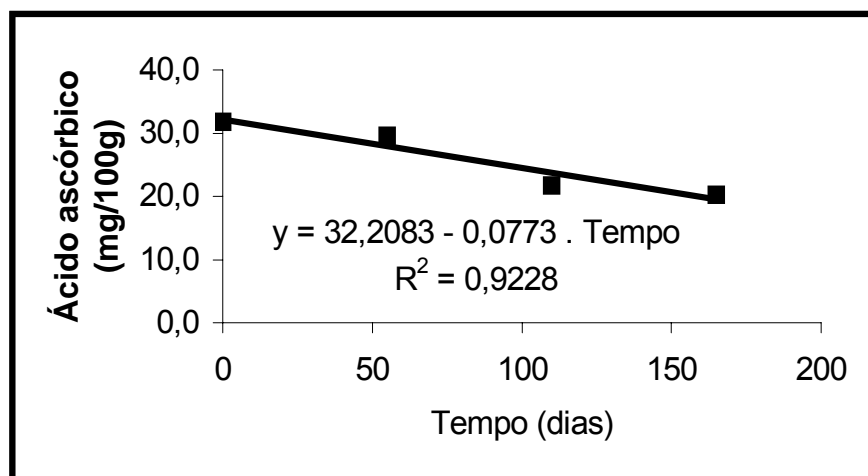


FIGURA 11 – Variação do ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.7. Carotenóides totais

Os teores de carotenóides totais não apresentaram diferença estatística com o tempo de armazenamento ao nível de 5% de probabilidade (TABELA 6) e devido a isso, não pode ser expressa por meio de regressão. O gráfico apresentado na FIGURA 12 representa os valores das médias em função do tempo para os carotenóides totais.

Os teores de carotenóides totais encontrados estão próximos aos resultados obtidos por BRUNINI et al. (2002) para polpa de manga "Tommy-Atkins" e FALADE et al. (2004) em suco de manga adoçado (cv. "Julie" e "Ogbomoso").

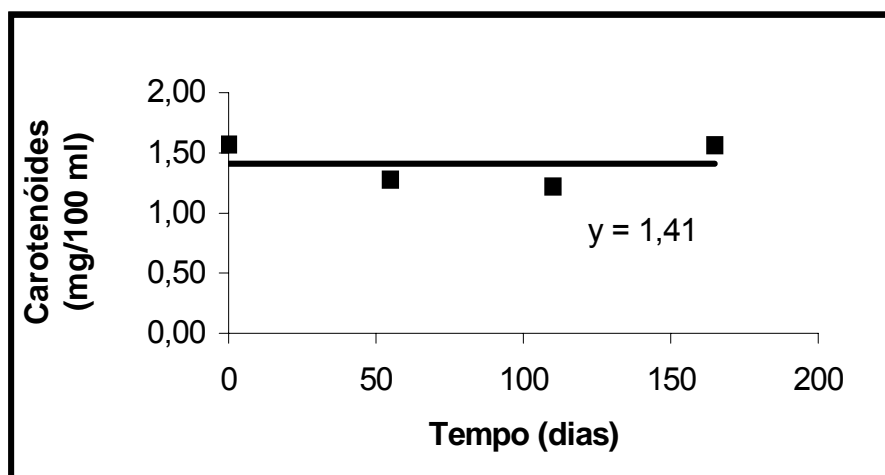


FIGURA 12 – Variação dos carotenóides totais em função do tempo de armazenagem do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### **4.2.8. Antocianinas totais**

As médias dos teores de antocianinas totais não apresentaram variação estatística significativa ao longo do período de armazenamento, ao nível de 5% de probabilidade. A FIGURA 13 apresenta a distribuição das médias em função do tempo de armazenagem dos teores de antocianinas totais, não sendo possível expressar a avaliação dos valores por meio de regressão

Esta variação nos valores de antocianinas pode estar relacionado com a embalagem de vidro transparente, que permite a incidência de luz sobre as antocianinas, a temperatura de estocagem, interações das antocianinas com o ácido ascórbico ( TALCOTT et al., 2003), bem como atividade da POD e PPO (ZHANG et al.,2001).

De acordo com KIRCA et al. (2005) a temperatura de estocagem exerce um forte efeito na estabilidade das antocianinas.

A decomposição das antocianinas é afetada pela temperatura, pH, presença de outros componentes fenólicos, açúcares e seus produtos de degradação, oxigênio, ácido ascórbico, luz e íons metálicos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

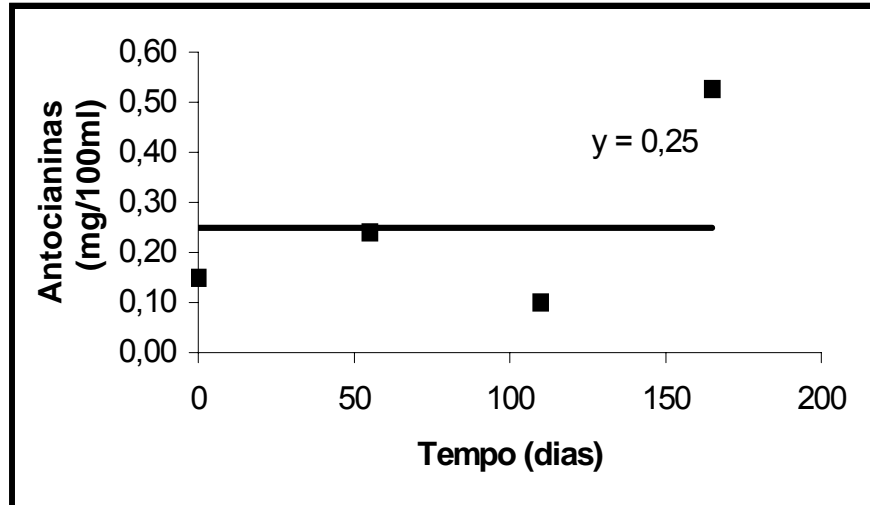


FIGURA 13 – Variação do teor de antocianinas totais em função do tempo de armazenamento para o suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.9. Cor

Os valores médios obtidos para os parâmetros de cor avaliados ( $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ ) não apresentaram diferença significativa ao longo do período de armazenamento, ao nível de 5% de probabilidade (TABELA 6) devido a isso não foram expressos por meio de regressão (FIGURAS 14,15 e 16).

O valor de  $L^*$  (FIGURAS 14) o qual pode ser um indicador da luminosidade da cor, diminuiu 8% no decorrer do período de estocagem ocorrendo também declínios nos valores de  $a^*$  (32,20%) (FIGURAS 15) e  $b^*$  (16,31%) (FIGURAS 16). Esse comportamento pode ser explicado pelo processo de escurecimento do produto devido à ocorrência de reações químicas (escurecimento não-enzimático) e bioquímicas (escurecimento enzimático).

ALACA et al. (2003) detectou um aumento do nível de escurecimento não-enzimático com o incremento da temperatura e tempo de armazenagem em suco tropical de manga envasado com diferentes tipos de embalagens.

GUERRERO-BELTRAN et al. (2005) em estudo de avaliação da cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) de purê de manga em 03 diferentes pH (3,5, 4,0 e 4,4) estocado em  $3^{\circ}\text{C}$  durante 03 semanas verificaram uma gradual alteração de cor nos 03 diferentes pH variando de amarelo limão brilhante no início do período de estocagem para um amarelo pálido que foi mantido até o período de 35 dias e após esse período gradativamente mudando para uma coloração amarelo escuro com o avanço do tempo de armazenamento. Os autores associam essa mudança de coloração à atividade da PPO.

RATTANATHANALERK et al. (2005) observaram diminuição no valor  $L^*$  durante o tempo de estocagem do suco de abacaxi e atribuíram ao aumento no valor de  $a^*$  e diminuição no valor de  $b^*$ . Porém, LEE & CHEN (1998) verificaram mudanças insignificantes no valor  $L^*$  durante o período de estocagem em suco clarificado de laranja.

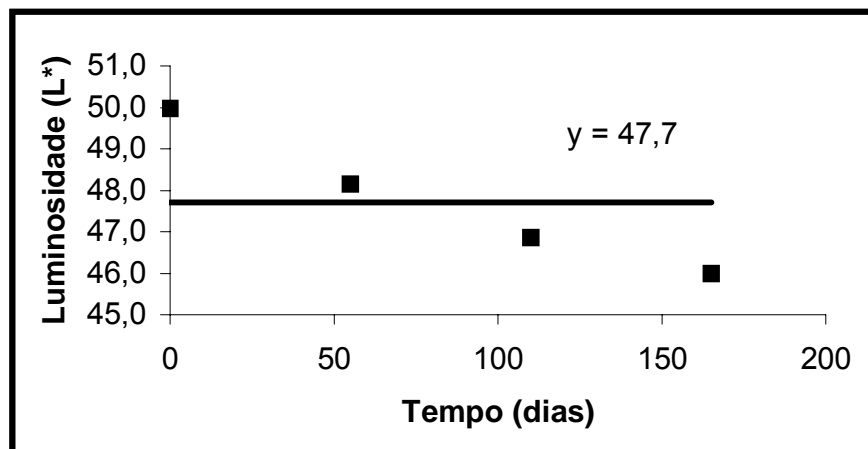


FIGURA 14 – Variação de  $L^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

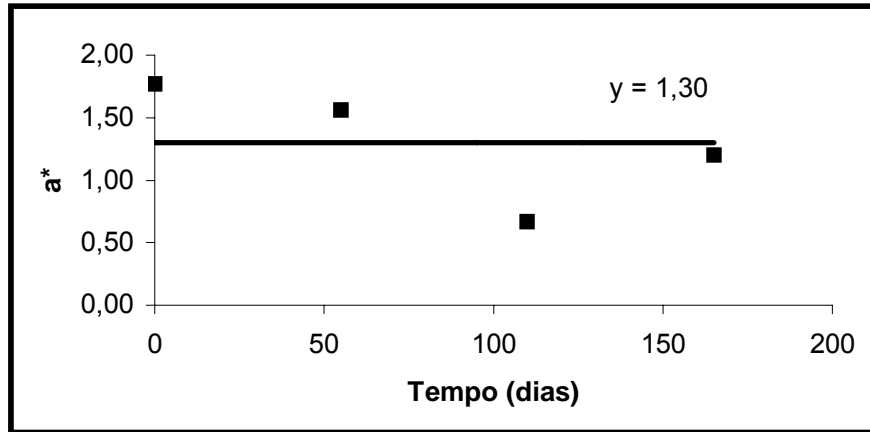


FIGURA 15 – Variação de  $a^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

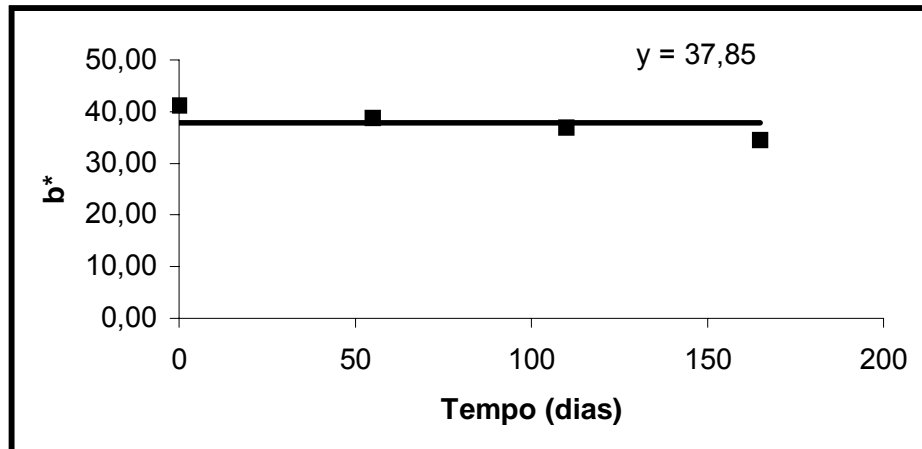


FIGURA 16 – Variação de  $b^*$  em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*

#### 4.2.10. Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)

Os gráficos apresentados nas FIGURAS 17 e 18 mostram os valores das médias com o tempo das atividades residual das enzimas PPO e POD do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*, respectivamente. Os valores das médias das atividades das enzimas PPO e POD não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, não sendo possível expressar a avaliação dos valores por meio de regressão.

A PPO mostrou um acréscimo de atividade residual de aproximadamente 100% logo após os primeiros 55 dias de estocagem e em seguida retornando ao valor inicial (20,0UA/g/min) com 110 dias de estocagem e finalmente revertendo 100% de sua atividade aos 165 dias finais de armazenamento. A atividade residual da PPO se deve possivelmente a presença de isoformas de diferentes termorresistência (BAHÇECI et al., 2005).

GUERRERO-BELTRAN et al. (2005) em estudo de avaliação da cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) de purê de manga em 03 diferentes pH (3.5, 4.0 e 4.4) estocado em 3<sup>o</sup>C durante 03 semanas verificaram uma gradual alteração de cor nos 03 diferentes pH e associam essa mudança de coloração ao incremento de atividade da PPO.

Por outro lado, VALDERRAMA, MARANGONI & CLEMENTE (2001), observaram em estudo do tratamento térmico utilizando diferentes temperaturas, um decréscimo quase contínuo de atividade da PPO em extratos de polpa e casca de maçã, sendo tal decréscimo diretamente relacionado ao incremento de temperatura.



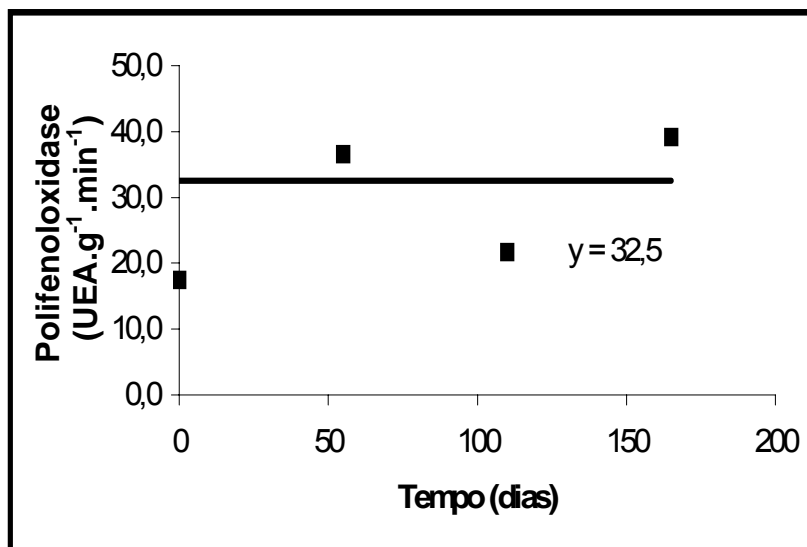


FIGURA 17 – Variação da atividade da PPO em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

A POD apresentou um comportamento estável durante todo o período de armazenagem. Esse comportamento está associado à ineficiência do tratamento térmico com relação à termoestabilidade dessa enzima devido possivelmente a presença de isoformas termorresistentes para o regime empregado tempo/temperatura do processamento e/ou renaturação de isotipos. VALDERRAMA & CLEMENTE (2004) também observaram este tipo de comportamento em estudo de termoestabilidade de isoperoxidase de maçã.

A reativação da POD já foi observada em muitos sistemas modelos. SCHWEIGGERT et al. (2005) encontraram 3,5% de atividade residual da POD em pimentões utilizando rigorosos regimes de tempo/temperatura

De acordo com BAHÇEÇI et al. (2005) a inativação térmica das enzimas é reversível e estas podem recuperar suas atividades sobre certas condições.

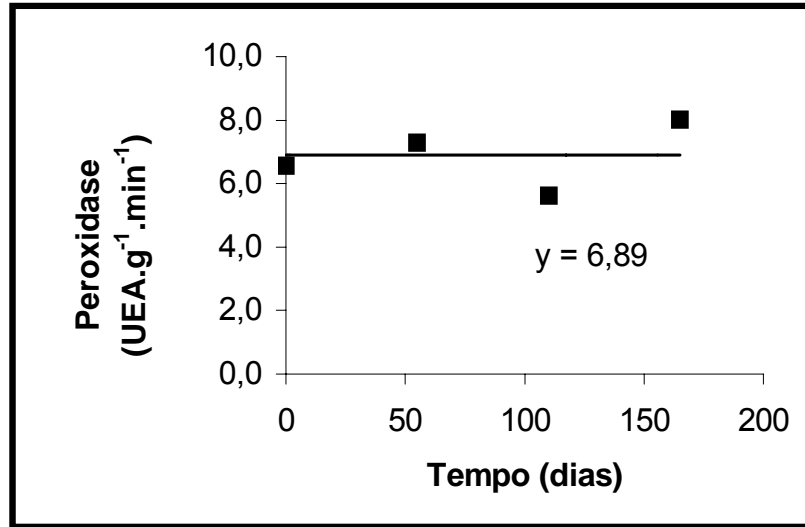


FIGURA 18 - Variação da atividade da POD em função do tempo de armazenamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill*.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados das análises químicas e físico-químicas permitem afirmar que os parâmetros de Identidade e Qualidade do suco tropical de manga não adoçado obtido pelo processo *hot fill* encontram-se de acordo com a Legislação Brasileira vigente.

Os teores de carotenóides totais, que se destaca como um dos principais grupos de componentes funcionais da manga, não apresentou diferença estatística com o tempo de armazenamento ao nível de 5% de probabilidade. O suco após 165 dias de armazenagem permaneceu com ca. de 1,56 mg/100 mL caracterizando esse suco como boa fonte de carotenóides.

Durante o armazenamento do produto o teor de ácido ascórbico variou de maneira significativa ao longo do período de armazenamento ao nível de 5% de probabilidade, atingindo ao final do período de 165 dias de armazenagem uma redução de cerca de 38,5%. Porém, ao término do período de armazenamento 250 mL do suco diluído (1:2) fornece 37% da IDR para vitamina C.

O tratamento térmico (90°C/60seg) utilizado no processamento do suco tropical de manga não adoçado *hot fill* não apresentou eficiência para inativação térmica das enzimas PPO e POD. Tal comportamento pode ser possivelmente atribuído à presença de isoformas de diferentes termoestabilidade e/ou renaturação de isotipos.

Os dados relacionados à atividade da PPO e POD não são suficientes para definição de parâmetros *tempo/temperatura* com fins de otimização da tecnologia de processamento desse produto. É necessário um ajuste adequado de modelos de cinética de inativação térmica através de curvas isotérmicas obtidas experimentalmente bem como estudo do escurecimento não enzimático do produto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAKA, O. O.; AINA, J. O.; FALADE, K. O. Effect of storage conditions on the chemical attributes of Ogbomoso mango juice. **Europe Food Research Technology**, v. 218, p. 79-82, 2003.

ALIMENTOS PROCESSADOS. **Modas y tendencias europeas**. v. 19, n. 7, Julho/Agosto, 2000.

ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagem para sucos de frutas**. In: Colet. ITAL, Campinas-SP, v.23, n.2, p. 105-122, 1993.

ANILA, L., VIJAYALAKSHMI, N. R. Antioxidant action of flavonoids from *Mnagifera indica* and *Embllica officinalis* in hypercholesterolemic rats. **Food Chemistry**, v. 83, p. 569-574, 2003.

AOAC - **Association of Official Analitical Chemists** - Official Methods of Analysis. Artlington, 1995.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 2<sup>a</sup> ed. - Viçosa: UFV, 1999. 416p.

AZEVEDO, A. C.S. **Estudo das enzimas oxidativas e presença de compostos bioativos em mangas (*Mangifera indica* L.) produzidas no Brasil**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2006.

BAHÇECI, K. S; SERPEN, A.; JALE, V. G. Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: change of enzyme activity, ascorbic acid and

chlorophylls during frozen storage **Journal of Food Engineering**. v. 66 , p. 187–192, 2005.

BERNADES-SILVA, A. P. F., LAJOLO, F. M., CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 116-120, 2003.

BERTO, D. Bebidas não alcoólicas - Apelo 'saudável' impulsiona consumo. **Food Ingredients**, n.24, p.32-34,2003.

BERTO, D. Mercado de bebidas apresenta grande potencial de crescimento. **Food Ingredients** n.23, p.32-33,2003b.

BLEINROTH, E. W. et all. Manga para exportação: Procedimentos de colheita e pós-colheita. **Brasília: EMBRAPA-SPI**, 1994. 44p. (FRUPEX).

BLISKA, F.M.M. Mercado interno de manga. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O.M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ: UESB, 1996. p. 241-52.

BOBBIO, F.O. ; BOBBIO, F. O. **Pigmentos naturais**. In: Introdução à química de alimentos. 2 ed., 1. reimpr. São Paulo: Livraria Varela, cap. VI, p.191-223, 1992.

BRANDÃO, M. C. C. et al. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprovar o "REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE A INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR) DE PROTEÍNA, VITAMINAS E MINERAIS". **Diário Oficial da União** de 23 de setembro de 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2

BRASIL., Ministério da Agricultura .Portaria n. 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre métodos analíticos de bebidas e vinagres. Disponível em: < [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)> acesso em: março 2005.

BRUNINI, M.M., DURIGAN, J.F., OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga "Tommy-Atkins" congelada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 651-653, 2002.

BUSCH, J. M. Enzymic browning in potatoes: A simple assay for a polyphenol oxidase catalysed reaction. **Biochemical Education**, v. 27, p. 171-173, 1999.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, Campinas, 1998.

CARVALHO, J. M. **Bebidas à base de água de coco e suco de caju: processamento e estabilidade**. Dissertação (Mestrado em tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, 2005.

CHEN, H. E.; PENG, H. Y.; CHEN, B. H. Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. **Food Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 497-503, 1996.

CHEN, H. E.; TAI. C.Y., CHEN, B. H. Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.) **Journal of Chromatography** v.1054 p.261–268, 2004

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª edição revisada e ampliada. Lavras: UFLA, 2005.

CHUTINTRASRI B., NOOMHORM A. Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. **Food Science and Technology, In Press, Corrected Proof**, Available online 24 May 2005.

COSTA, M. C. O. **Estudo da estabilidade do suco de caju preservados pelos processos *hot fill* e asséptico**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, 1999.

COX, H.E., PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos**. Zaragoza: Acríbia, 1976, 331p.

CUNHA, G. A. P. *et al.* **A cultura da manga**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. - Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 54p.; (Coleção Plantar; 10).

CUNHA, G. A. P.; SAMPAIO, J. M. M. **Manga. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). - Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63p. (Frutas do Brasil; 4).

DAJAS, F. *et al.* Neuroprotection by flavonoids. **Braz. J. of medicine and Biological Research**, v. 36, p. 1613-1620, 2003.



DE MARTIN, Z.J.; QUAST, D. G.; MEDINA, J.C.; HASHIZUME, T. **Processamento: produtos, características e utilização**. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Campinas, SP). Manga: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas, p. 293-358, 1981.

DINCER, B.; COLAK, A.; AYDIN, N.; KADIOGLU, A.; GÜNER, S. Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits (*Mespilus germanica L., Rosaceae*). **Food Chemistry**, v. 77, p. 1-7, 2002.

DING, C.; CHACHIN, K.; UEDA, Y.; WANG, C. Y. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. **Food Chemistry**, v. 76, p. 213-218, 2002.

DONADIO, L.C. **Mercado mundial de sucos de frutas**. Revista Coopercitrus. edição 62. Disponível em: <[www.revistacoopercitrus.com.br/index.php](http://www.revistacoopercitrus.com.br/index.php)> Acesso em : 30 de Dezembro de 2004.

EINBOND, L.; REYNERTSON, K. A.; LUO, X. D.; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. **Anthocyanin antioxidants from edible fruits**. Food Chemistry, v. 84, p. 23-28, 2004

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO SISTEMAS de producao. cnptia. [embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm](http://embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm), Julho,2004

EMPRESAS apostam na expansão do segmento de sucos. Panorama do mercado de bebidas. **Food Ingredients**, n. 24, p. 38, 2003

FAO. Disponível em  
<<http://apps.fao.org/lim500/nphwarp.pl?ProductionCrops.Primary&Domain=SUA>>.  
Acesso em: 11 out. 2004.

FAO. FAOSTAT Agriculture Data. Disponível em :  
<<http://apps.fao.org/lim500/nphwarp.pl?ProductionCrops.Primary&Domain=SUA>>.  
Acesso em: 10 jun. 2005.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Editorial Acribia S. A. Zaragoza (España), 1993. 1095p.

FILHO, W. P. C., ALVES, H. S., MAZZEI, A. R. Mercado de manga no Brasil: contexto mundial, variedades e estacionalidade. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 5, 2004.

FRAIGNIER, M. P.; MARQUÈS, L.; FLEURIET, A.; MACHEIX, J. J. Biochemical and immunochemical characteristics of polyphenol oxidases from different fruits of *Prunus*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2375-2380, 1995.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. Anthocyanins as food color. New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.

FRANCISCO, V. L. F. S., CASER, D. V., AMARO, A. A. Perfil da cultura de manga em São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 33, n. 3, 2003.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. Ed. Atheneu, 9ª edição, 307p., 2004.

FRANCO, M. R. B., RODRIGUEZ-AMAYA, D., LANÇAS, F.M. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v. 24, n 2, p. 165-169, 2004.

FREITAS, C. A. S. **Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) adoçado envasado pelos processos *hot fill* e asséptico.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, 2004.

GANGOLLY, S. R.; SINGH, R.; KATYAL, S. L.; SINGH, D. **The Mango.** 1th, ed. PREM NATH, New Delhi, 1957. 530p.

GARZA, S.; IBARZ, A.; PAGÁN, J.; GINER, J. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. **Food Research International**, Kidlington, v.32, p.335-343, 1999.

GAVIOLI, V. O.; TAKAKURA, V. **Cultura da Manga.** Revista Coopercitrus. edição 179. Disponível em: <[www.revistacoopercitrus.com.br/index.php](http://www.revistacoopercitrus.com.br/index.php)> Acesso em : 17 de Agosto de 2005.

GENÚ, P. J.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira.** Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2002. 454p.

GOMES, R.P na. **Fruticultura Brasileira.** São Paulo: Nobel, 12ª edição, 446p, 1972.

GOMES, W. L. R.; ANDRADE, L. M. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas.** Embrapa Agroindústria de Alimentos,

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. - Brasília: Embrapa. Informação Tecnológica, 2003. 123p (Série agronegócios).

GORINSTEIN, S. et al. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **Journal Nutrition Biochemistry**, v. 10, p. 367-371, 1999.

GOVINDARALAN, V. S.; SREENIVASAYA, M. **A papyrographic study of the nonprotein nitrogen of mangoes**. In: MEDINA, J. C. Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos. Série Frutas Tropicais-10. ITAL, 1980, 296p.

GUERRERO-BELTRA´ JOSE´ A. BARRY G. SWANSONB, GUSTAVO V.

BARBOSA-CA´ Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid **LWT** v. 38 p. 625, 2005.

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. **Sciences des aliments**, n. 10, p. 831-847, 1990.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and caroteno - fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago: [s.n.], v. 27, p. 42-49, 1962.

HYMAVATHID & KHADER V. Carotene, ascorbic acid and sugar content of vacuum dehydrated ripe mango powders stored in flexible packaging material **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.181-192, 2005.

IAGHER, F., REICHER, F. GANTER, J. L. M. S. Structural and rheological properties of polysaccharides from mango (*Mangifera indica* L.) pulp. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 31, p. 9-17, 2002.

IBGE (**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**). Censo Agropecuário: banco de dados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. v. 1, 3<sup>a</sup>. Ed. São Paulo, 1985. 533p.

JAGTIANI, J.; CHAN, H.T.; SAKAY, W.S. **Tropical Fruit Processing**. New York: Academic Press. 1988.

JANG, M. S.; SANADA, A.; USHIO, H.; TANAKA, M.; OHSHIMA, T. Inhibitory effects of 'Enokitake' mushroom extracts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 35, p. 697-702, 2002.

JERONIMO, E. M.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 22, n. 2, p.237-243, 2000.

KABASAKALIS, V.; SIOPIDON, D.; MOSHATON, E. Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate loss upon storage. **Food Chemistry**, v. 70, p. 325-328, 2000.

KHAN, A.A. & ROBINSON, D.S. The thermostability of purified mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, v. 47, p. 53-59, 1993.

KIRCA A, ZKAN M, CEMEROG B. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars **Food Chemistry**, 2005 ( *in press*)

KIRCA, A.; CEMEROĞLU, B. Degradation kinetics of anthocyanins in blood orange juice and concentrate. **Food Chemistry**, v.81, p. 583-587, 2003.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 10, p. 179-193, 1987.

LANDGRAF, M. **Deterioração microbiana de alimentos**. In: FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu, 2002.

LEE, H. S.; CHEN, C. S. Rates of vitamin C loss and discoloration in clear orange juice concentrate during storage at temperatures of 4-24 °C. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4723-4727, 1998.

LEE, H. S.; COATES, G. A. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 36, p. 153-156, 2003.

LEITE, L.A.S. *et al.* **O agronegócio manga no Nordeste do Brasil**. In: CASTRO, A.M.G. *et al.* *Cadeias produtivas e sistemas naturais: Prospecção tecnológica*. Brasília: Embrapa – SPI, p. 389-438, 1998.

LIMA, L. R. P. et al. Bixina Norbixina e Quercitina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos. **Braz. J. vest. Res. Anim. Sci.**, v. 38, n. 4, p. 196-200, 2001.

LIZADA, C. Mango. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

MACHEIX, J. J.; SAPI, J. C. BILLOT, J. **Fruit Phenolics**. CRC Press: Boca Raton, FL, 1990, p. 295-312.

MAIA, G.A.; OLIVEIRA,G.S.F.; GUIMARÃES,A.C.L. **Curso de Tecnologia em Processamento de Sucos e Polpas Tropicais** - Curso de especialização por tutoria à distância. Brasília-DF: ABEAS/UFC. 1998. Módulo 8.

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**. v.5, p. 195-200, 1995.

MASON, H. S. **The chemistry of melanin. III. Mechanism of the oxidation of dihydroxyphenylalanine by tyrosinase**. In: MEDINA, J. C. Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos. Série Frutas Tropicais-10. ITAL, 1980, 296p.

MATOS, A.P. **Manga - Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa - Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63p.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isoenzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Tokio, v. 13, p. 1091-1101, 1972.

MCEVILY, A. J.; LYENGAR, R.; OTWELL, W. S. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Crit. Ver. Food Sci. Nutr.**, v. 32, p. 253-273, 1992.

MDLULI, K. Partial purification and characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase from marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *Ca.ra*) **Food Chemistry**, v. 92, p.311–323, 2005.

MEDINA, J. C. **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. Série Frutas Tropicais-10. ITAL, 1980, 296p.

MEDINA, V. M. **Fisiologia pós-colheita da manga**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1995. 31p. (EMBRAPA-CNPMPF. CIRCULAR TÉCNICA, 24).

MELO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ª edição, Editora UNICAMP, 2002, 401p.

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 46, p. 128-130, 1998.

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; BRITTON, G. HPLC and Mass Spectrometric Analysis of Carotenoids from Mango. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, p. 120-123, 1997.

MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability of vitamin C in fruits and fruit blend. **J. Agric. Science. Food Agric** v. 35, n. 4, p.452-456, 1984.



MORGANO, M. A., QUEIROZ, S. C.N., FERREIRA, M. M. C. Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n 3, p. 344-348, 1999.

MUKHERJEE, S. K. **Botany and Importance of Mango**. In: LITZ, R. E. The Mango: Botany, Production and Uses. CAB INTERNATIONAL. 587p., 1997. London.

NANJUNDASWAMY, A. M. Processing In: LITZ, R. E. **The Mango: Botany, Production and Uses**. CAB INTERNATIONAL, 1997. 587p.

NEGISHI, O.; OZAWA, T. Inhibition of enzymatic browning and protection of sulfhydryl enzymes by thiol compounds. **Phytochemistry**, v. 54, p. 481-487, 2000.

NICOLAS, J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. **Crit. Ver. Food Sci. Nutr.**, v. 34, p. 109-157, 1994.

PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos**. Zaragoza, Editora Acribia, 1976, 331 p.

PINA, M. G. M.; MAIA, G. A.; FILHO, M. S. M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 63-66, 2003.

QUINTEROS, E .T.T. **Processamento e estabilidade de néctares de acerola – cenoura**. Campinas: UEC, 1995. 95p.

RANGANA, M. Manual of Analysis of Fruits and Vegetables products. McGraw-Hell, New Dehli,

RATTANATHANALERK, M.; CHIEWCHAN, N.; SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 259-265, 2005.

RIBEIRO, M.S.; SABAA-SRUR, A.U.O. Saturação de manga var. rosa com açúcares. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 19, n. 1, p. 118-122, 1999.

ROBINSON, D. S. **Peroxidases and their significance in fruits and vegetables**. In: FOX, P. F. Food Enzymology. Elsevier Applied Science London and new York. v. 1, 1991, 636p.

SAMPAIO, T. M. T. **Estudo dos sucos límpidos simples, concentrado e reconstituído de caju *Anacardium occidentale L.*** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990. 172 p.

SANZ M.L. VILLAMIEL B, I. MART\_INEZ-CASTRO Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices **Food Chemistry** v.87, p.325-328, 2004.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. ; OLIVEIRA, L. M. ; CANAVESI, É. **Alterações de Alimentos que resultam em Perda de Qualidade**. In: SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M. ; CANAVESI, É. Requisitos de Conservação de Alimentos

em Embalagens Flexíveis. Campinas – SP: CETEA / ITA, capítulo 01, p. 1-22, 2001.

SAS (**Statistical Analysis System for Windows**), Versão 8, USA: Microsoft Corporation, 1999. 1 CD-ROM.

SCHIEBER, A., ULLRICH, W., CARLE, R. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. **Innovative Food Science & Emerging Technology**, v. 1, p. 161-166, 2000.

SCHWEIGGERT, U.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. **Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material** **Innovative Food Science & Emerging Technology**, v. 6, p.403-411, 2005

SIGA (**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL AGRÍCOLA**): banco de dados. Disponível em: <<http://www.ce.gov.br/paginas/siga1.html>>. Acesso em: 20 ago. 2001.

SILVA, A. V., MENEZES, J. B. Caracterização físico-química da manga "Tommy Atkins" submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 67-72, 2001.

SILVA, M.F.A. **Estudo de maturação de algumas variedades de manga, caracterização físico-química e química do fruto e processamento da polpa.**

1985. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1985.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. **Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semi Árido (versão eletrônica). Disponível em: <[www.embrapa.gov.br](http://www.embrapa.gov.br)> Acesso em: Julho de 2004.

SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Ceres, 1971.

SINGH, L. B. **The Mango: botany, cultivation and utilization**. London, World Crops Books, Leonard Hill (Books), 438p, 1960.

SOARES, L. M. et al. Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n 2, p. 202-206, 2004.

TALCOTT, S.T.; BRENES, C.H.; PIRES, D.M.; POZO-INSFRAN, D. Phytochemical Stability and Color Retention of Copigmented and Processed Muscadine Grape Juice. **Journal. Agriculture Food Chemistry.**, v. 51, p. 95-63, 2003.

TROPICAL JUICE. Acessível em: <[www.tropicaljuice.net/port/index.html](http://www.tropicaljuice.net/port/index.html)> Acesso em 29 de Julho de 2004.

VALDERRAMA, P. MARANGONI, E. CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 321-325, 2001.

VALDERRAMA, P.; CLEMENTE, E. Isolation and thermostability of peroxidase isoenzymes from apple cultivars Gala and Fuji. **Food Chemistry**. v. 87, p. 601-606. 2004.

VALERO, E.; VARÒN, R.; GARCIA-CARMONA, F. Kinetic study of the effect of metabissulfite on polyphenol oxidase. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 904-908, 1992.

WEST, C.; CASTENMILLER, J. **Food Processing and Bioavailability of Food Antioxidants**. In Proceedings of FAIR CT95-0158 Symposium Natural Antioxidants in Processed Foods Effects on Storage Characteristics and Nutritional Value, Agricultural University, Frederiksberg, Denmark, 1998.

WHITAKER, J. R. **Mechanisms of Oxidoreductases important in food component modification**. In: Richardson, T.; Finley, J. W. Chemical changes in food during processing. Institute of Food Technologists. Basic Symposium Series. 514p, New York, 1985.

WHITAKER, J. R. **Principles de enzymology for the food sciences**. v. 2, 636p. Marcel Dekker, INC., New York. 1972.

WISSEMANN, K. W.; LEE, C. Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 31, n 3, p. 206-211, 1980.

YAMASHITA, F. et al. Embalagem individual de manga cv. Tommy Atkins em filme de plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 288-292, 2001.

YUKISUGAI, AUREA. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.) variedade Haden: Estudo da viabilidade do produto para pronto consumo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, . 172 p.

ZHANG Z, PANG X, JI Z, JIANG Y Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. **Food Chemistry** V. 75 , p. 217–221, 2001.