AUREA YUKI SUGAI

PROCESSAMENTO CONTÍNUO DE PURÊ DE MANGA
(*Mangifera indica* Linn.), VARIEDADE PALMER

São Paulo
2007

AUREA YUKI SUGAI

PROCESSAMENTO CONTÍNUO DE PURÊ DE MANGA
(*Mangifera indica* Linn.), VARIEDADE PALMER

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia

Área de concentração:
Engenharia Química

Orientadora: Prof. Titular
Carmen Cecília Tadini

São Paulo

2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Sugai, Aurea Yuki

**Processamento contínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Palmer / A.Y. Sugai. -- São Paulo, 2007.
83 p.**

**Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia Química.**

**1.Purê de manga 2.Tratamento térmico 3.Vida de prateleira
4.Análise sensorial de alimentos I.Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.**

Ao meu pai, Satio, e ao Harm,
com amor

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao Harm e à Tati Matuda pelo incentivo, compreensão e carinho, que foram fundamentais para finalização deste trabalho.

À professora Carmen Cecília Tadini, pela orientação.

Aos professores Bernadette Franco, Mariza Landgraf, Teresa Destro, Thereza Penna, Ronaldo Pitombo, Eduardo Purgatto e Franco Lajolo, por todo o apoio na parte experimental deste trabalho

Ao sempre gentil e atencioso Sr. Hermes Pinhatti Filho, pela doação de mangas, e ao Sr. Sidney Alegria, pelo auxílio e pelas conversas sempre agradáveis.

À Kátia, Nathalia e Tatiana Tribess, pela amizade, companhia e apoio em todos os momentos.

Aos amigos Bruno, Carol, Cynthia, Denise, Lúcia, Luciana e Viviane, pela colaboração na execução deste trabalho e pelos bons momentos que passamos no LEA.

Às queridas amigas Juliana e Marta, sempre presentes na minha vida.

À Sandra, Gisele e Patrícia, pela amizade, incentivo e pelos encontros sempre divertidos.

Aos amigos e funcionários do Departamento de Engenharia Química: Ivan, Vanessa Alexandre, Elisete, Graça, Orlinda e Teresinha, por toda colaboração.

À Dra. Maria Luiza Gómez e aos técnicos Alexandre Mariani e Kátia Leani Souza, pela colaboração fundamental na parte experimental deste trabalho, e principalmente pela atenção e dedicação.

Às técnicas e aos alunos do Laboratório de Microbiologia de Alimentos da FCF, pelo apoio e por todo carinho com que me receberam.

À minha família, por todo o apoio nos momentos difíceis

À CAPES pelo apoio financeiro

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho

RESUMO

No presente trabalho, diferentes condições de pasteurização foram estudadas a fim de desenvolver um purê de manga para pronto consumo, sem adição de açúcares e de conservantes, com estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial. A qualidade e a vida de prateleira do purê foram avaliadas por meio de análises físico-químicas, microbiológicas, enzimáticas, reológicas e sensoriais. Na primeira etapa do trabalho, foram estudadas temperaturas de pasteurização entre 65 e 85 °C, em trocador de calor a placas e tubular. Os ensaios mostraram que o trocador tubular foi o mais indicado para a pasteurização do purê de manga. A inativação térmica da peroxidase, uma das enzimas mais termorresistentes encontradas naturalmente em mangas, foi utilizada como parâmetro de pasteurização. Os parâmetros cinéticos para inativação da enzima foram calculados: $D_{77,2\text{ °C}}$ e z iguais a 4,4 s e 14,3 °C, respectivamente. Na segunda etapa, duas condições de pasteurização, P1 (70°C/13s) e P2 (75 °C/13s), foram selecionadas para determinação da vida de prateleira do purê. A pasteurização nestas condições, combinada ao armazenamento refrigerado, foi eficiente para manter a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial do purê por 17 semanas. Análises microbiológicas indicaram que os maiores contaminantes do purê cru foram os microrganismos mesófilos e os bolores e leveduras. Com a pasteurização, houve redução significativa destes microrganismos e de coliformes fecais. Todas as características físico-químicas (pH, acidez titulável, teor de sólidos totais, sólidos solúveis, ácido ascórbico e cor) foram influenciadas significativamente pelo tempo de armazenamento. Foi observada diferença significativa do pH a partir da 17ª semana de armazenamento e a perda de ácido ascórbico foi de aproximadamente 45 % após 20 semanas. As medidas reológicas mostraram a natureza pseudoplástica do purê de manga: os valores de n variaram entre 0,27 e 0,29 e os valores de K entre 5,00 e 7,16 Pa.sⁿ. O tempo de armazenamento praticamente não influenciou os parâmetros reológicos dos purês pasteurizados. Na análise sensorial, notas superiores a 6,7 foram obtidas, indicando que o produto teve boa aceitação durante as 17 semanas de armazenamento. O tempo de armazenamento não influenciou significativamente os atributos sensoriais, exceto no purê processado na condição P1.

Palavras-chave: purê de manga, processamento térmico contínuo, peroxidase, análise microbiológica, análise sensorial, reologia

ABSTRACT

In this work, different pasteurization conditions were studied in order to develop a ready-to-serve mango purée, with microbiological safety and physical-chemical and sensorial stability. Physical-chemical, microbiological, enzymatic and sensory analyses and rheological measurements were carried out to evaluate quality and shelf life of mango purée. Two types of heat exchanger were used to pasteurize mango purée: a plate heat exchanger and a double pipe heat exchanger. Pasteurization temperatures ranged from 65 to 85°C. The double pipe exchanger showed to be more suitable for the process, due to characteristics of purée. Thermal inactivation of peroxidase, one of most thermostable enzymes naturally present in mangoes, was used as indicator of pasteurization. Kinetic parameters were calculated: $D_{77.2\text{ °C}} = 4.4\text{ s}$ and $z = 14.3\text{ °C}$. Two pasteurization conditions P1 (70 °C / 13s) and P2 (75 °C / 13s) were selected in order to determine shelf life of mango purée. Pasteurization, combined to refrigerated storage, was effective to maintain microbiological, physical, chemical and sensory quality of purée for 17 weeks. Microbiological analysis showed that the main contaminants of raw purée were mesophilic microorganisms and yeast and moulds. After pasteurization, there was significant reduction of these microorganisms and of thermo-tolerant coliforms. All physical-chemical attributes (pH, titratable acidity, total solids, soluble solids, ascorbic acid and color) were affected significantly by storage time. It was observed significant difference in pH after 17 weeks of storage and ascorbic acid loss was approximately 45 % after 20 weeks. Rheological measurements showed shear thinning nature of mango purée: n values varied from 0.27 to 0.29 and K values from 5.00 to 7.16 Pa.sⁿ. Storage time did not affect significantly rheological parameters of pasteurized purées. Sensory analysis of pasteurized mango purée indicated that the product has good acceptance (scores $\geq 6,7$) over 17 weeks of refrigerated storage. Storage time did not affect significantly sensory attributes, except color of P1 mango purée.

Keywords: mango purée, continuous thermal processing, peroxidase, microbiological analysis, sensory analysis, reology

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Diagrama de um trocador de calor tubular	10
Figura 3.1 - Mangas utilizadas no processamento contínuo de purê de manga	25
Figura 3.2 - Despolpadeira Hauber Macanuda, modelo DM-Ji	26
Figura 3.3 - Trocador de calor a placas ARMFELD FT43A	27
Figura 3.4 - Trocador de calor tubular do Laboratório de Engenharia de Alimentos	28
Figura 3.5 - Dimensões dos tubos interno e externo do trocador de calor tubular	29
Figura 3.6 - Câmara de fluxo laminar e envase asséptico do purê de manga	31
Figura 3.7 - Potes de vidro utilizados para acondicionar o purê de manga	31
Figura 3.8 - Amostra de purê de manga servida aos provadores na análise sensorial do produto	38
Figura 3.9 - Cabines individuais utilizadas na análise sensorial	38
Figura 3.10 - Ficha de avaliação da análise sensorial do purê de manga	39
Figura 4.1 - Exemplos de curvas obtidas de atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após o tratamento térmico (condição C14) do purê de manga	48
Figura 4.2 - Atividade residual da peroxidase de purê de manga em função do tempo equivalente	51
Figura 4.3 - Valores de D da peroxidase em purê de manga em função da temperatura	51
Figura 4.4 - Exemplo de curva de atividade da polifenol oxidase de amostra de purê de manga cru	53
Figura 4.5 - Deterioração do purê de manga cru, após 5 semanas de armazenamento refrigerado	57
Figura 4.6 - Reogramas dos purês de manga (cru, P1 e P2) obtidos imediatamente após o processamento (semana 0)	69
Figura 4.7 - Reogramas dos purês de manga (P1 e P2) obtidos na 17 ^a semana de armazenamento refrigerado	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Produção de manga no ano de 2004	03
Tabela 2.2 -	Produção de manga nas principais regiões produtoras do Brasil	04
Tabela 2.3 -	Composição centesimal da manga	06
Tabela 2.4 -	Composição química da manga da variedade Palmer em estágio maduro	07
Tabela 2.5 -	Características químicas do purê ou polpa de manga, destinado ao consumo como bebida, definidas pela legislação brasileira	08
Tabela 2.6 -	Parâmetros reológicos do modelo Lei de Potência descritos em literatura para purês de manga	12
Tabela 2.7 -	Limites máximos microbiológicos para polpas de frutas segundo a legislação brasileira	16
Tabela 3.1 -	Condições de temperatura e tempo de retenção estudadas no trocador de calor a placas	28
Tabela 3.2 -	Condições de temperatura e tempo de retenção estudadas no trocador de calor tubular	30
Tabela 4.1 -	Quantidade de mangas processadas em cada ensaio em trocador de calor a placas	41
Tabela 4.2 -	Características físico-químicas do purê de manga cru utilizado em cada ensaio em trocador de calor a placas (valores médios de três medidas)	42
Tabela 4.3 -	Condições de temperatura e tempo de retenção dos ensaios conduzidos em trocador de calor a placas, atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê de manga	43
Tabela 4.4 -	Quantidade de mangas processadas em cada ensaio em trocador de calor tubular	45
Tabela 4.5 -	Características físico-químicas do purê de manga cru utilizado em cada ensaio em trocador de calor tubular (valores médios de três medidas)	46

Tabela 4.6 -	Condições de temperatura e tempo de retenção dos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular, atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê de manga	47
Tabela 4.7-	Temperatura na saída do tubo de retenção, velocidade máxima ($v_{m\acute{a}x}$), tempo de residência mínimo ($t_{m\acute{i}n}$) e tempo equivalente (t_{equiv}) do purê de manga submetido a tratamento térmico em trocador de calor tubular	50
Tabela 4.8 -	Valores de D e z para a peroxidase de purê de manga, calculados a partir da velocidade máxima, e valores de D e z para a peroxidase de suco de manga encontrados em literatura	52
Tabela 4.9 -	Características físico – químicas do purê de manga, atividade inicial da peroxidase na amostra crua e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê em trocador de calor tubular (76,8 °C por 13,5 s)	54
Tabela 4.10 -	Contagem de microrganismos (UFC/g) do purê de manga, antes e depois do tratamento térmico	54
Tabela 4.11 -	Temperatura de pasteurização e tempo de retenção aplicados nos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular para avaliação da estabilidade microbiológica do purê de manga	56
Tabela 4.12 -	Contagens de microrganismos mesófilos, psicrotrófilos, coliformes fecais e bolores e leveduras do purê de manga em 20 semanas de armazenamento refrigerado	58
Tabela 4.13 -	Características físico-químicas do purê de manga em 20 semanas de armazenamento refrigerado	61
Tabela 4.14 -	Parâmetros de cor (HunterLab) do purê de manga em 20 semanas de armazenamento refrigerado	63
Tabela 4.15 -	Condições de temperatura de pasteurização e tempo de retenção aplicados nos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular para análise sensorial	64
Tabela 4.16 -	Contagens microbiológicas no purê de manga realizadas na semana inicial de armazenamento sob refrigeração na fase 2	65

Tabela 4.17 - Contagem de mesófilos (UFC/g) no purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado	65
Tabela 4.18 - Características físico-químicas do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado	66
Tabela 4.19 - Parâmetros de cor L*, a* e b* (Hunter Lab) do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado	67
Tabela 4.20 - Parâmetros reológicos K e n (modelo Lei de Potência) do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado	68
Tabela 4.21 - Notas médias de cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade geral dos purês P1 e P2 dadas pelos provadores	70

LISTA DE SÍMBOLOS

$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento (s^{-1})
τ	Tensão de cisalhamento (Pa)
ρ	Densidade ($kg.m^{-3}$)
d	Diâmetro (m)
D	Tempo de redução decimal (s)
F	Tempo total de processo a uma temperatura de referência (s)
k	Parâmetro cinético de inativação térmica
K	Índice de consistência ($Pa.s^n$)
L	Comprimento do tubo (m)
N	Contagem final de microrganismos (UFC/g)
n	Índice de comportamento (adimensional)
N_0	Contagem inicial de microrganismos (UFC/g)
R	Raio total do tubo (m)
r	Raio (m)
Re	Número de Reynolds (adimensional)
S	Letalidade do processo ou número de ciclos reduzidos (adimensional)
T	Temperatura na saída do tubo de retenção ($^{\circ}C$)
t_{equiv}	Tempo equivalente (s)
$t_{mín}$	Tempo de residência mínimo (s)
T_{ref}	Temperatura de referência ($^{\circ}C$)
$v_{máx}$	Velocidade máxima ($m.s^{-1}$)
$v_{méd}$	Velocidade média ($m.s^{-1}$)
v_r	Velocidade do fluido em um raio r ($m.s^{-1}$)
z	Parâmetro de inativação térmica ($^{\circ}C$)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1. Importância econômica da manga	03
2.2. Manga	06
2.3. Purê de manga	07
2.4. Tratamento térmico	09
2.4.1. <i>Trocadores de calor</i>	09
2.4.2. <i>Letalidade do processo</i>	11
2.5. Aspecto microbiológico	15
2.6. Enzimas	17
2.6.1. <i>Polifenol oxidase</i>	17
2.6.2. <i>Peroxidase</i>	18
2.6.3. <i>Pectinesterase</i>	20
2.7. Análise sensorial	21
2.8. Aspectos nutricionais – Ácido ascórbico	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1. Matéria-prima	25
3.2. Purê de manga	26
3.3. Tratamento térmico	26
3.3.1. <i>Trocador de calor a placas de bancada</i>	26
3.3.2. <i>Trocador de calor tubular</i>	28
3.4. Envase asséptico e embalagem	30
3.5. Análises físico-químicas	32
3.6. Determinação do teor de ácido ascórbico	33
3.7. Medida da atividade das enzimas	33
3.7.1. <i>Peroxidase</i>	34
3.7.2. <i>Polifenol oxidase</i>	34
3.8. Análises microbiológicas	35
3.8.1. <i>Contagem de mesófilos, psicrotróficos e termófilos</i>	35
3.8.2. <i>Contagem de esporos mesófilos e termófilos</i>	36
3.8.3. <i>Contagem de bolores e leveduras</i>	36

3.8.4. Contagem do número mais provável (NMP) de coliformes a 45 °C	36
3.8.5. Ausência/presença de <i>Salmonella</i>	37
3.9. Medidas reológicas	37
3.10. Análise sensorial	37
3.11. Análise estatística	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Etapa 1	41
4.1.1. Processamento contínuo em trocador de calor a placas	41
4.1.2. Processamento contínuo em trocador de calor tubular	45
4.1.3. Cálculo dos parâmetros <i>D</i> e <i>z</i> para peroxidase	48
4.1.4. Polifenol oxidase	52
4.1.5. Análise microbiológica do purê de manga	53
4.2. Etapa 2	55
4.2.1. Fase 1 – Avaliação da estabilidade microbiológica do purê de manga	55
4.2.2. Fase 2 – Análise sensorial	63
5. CONCLUSÕES	72
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* Linn.) é uma fruta muito apreciada, por seu sabor e aroma marcantes e de grande importância econômica para os países tropicais. No Brasil, sétimo maior produtor mundial, são cultivadas cerca de 30 variedades de manga, com destaque para a *Tommy Atkins*, *Haden* e *Palmer* (CTENAS; CTENAS; QUAST, 2000; FAO, 2004).

Atualmente, tanto a oferta quanto a demanda pela fruta são crescentes no Brasil. Em 2002 foi verificada uma super oferta da fruta no mercado e o aumento da produção deve continuar, principalmente devido à idade das mangueiras. Levantamento realizado em 2004 mostrou que 58 % dos pés de manga estavam em produção crescente, 35 % em produção plena e 6 % em desenvolvimento (CAMARGO FILHO; ALVES; MAZZEI, 2004; HENRIQUE, 2002).

Por outro lado, a demanda pela fruta também está crescendo. A procura por dietas mais saudáveis e o crescente interesse da indústria são dois dos fatores responsáveis por este aumento (GLOBAL 21, 2005).

A industrialização da manga representa uma alternativa vantajosa, principalmente para os produtores paulistas, uma vez que a indústria estabeleceu um preço mínimo viável de venda para a fruta (SOUZA, 2004). Além disso, o processamento da manga diminui as perdas de produção, já que a comercialização da fruta *in natura* é dificultada por ser altamente perecível, susceptível a doenças, a mudanças bruscas de temperatura e a injúrias físicas (LIZADA, 1993).

Há, no entanto, uma necessidade de melhorar as qualidades sensoriais dos produtos processados (WELTI-CHANES et al., 2004). A determinação adequada dos parâmetros de temperatura e tempo do tratamento térmico é essencial para produção de alimentos seguros para consumo e com máxima retenção das suas qualidades nutricionais e sensoriais.

Justificativa e objetivos do projeto

Processos para a industrialização de frutas têm sido estudados no Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP com intuito de diminuir as perdas das frutas *in natura*. A alta perecibilidade dos frutos e as dificuldades em seu armazenamento na forma *in natura* são os principais fatores responsáveis por estas perdas.

O estudo do processamento de mangas foi iniciado em 2000 e resultou na dissertação de mestrado intitulada “Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo” (SUGAI, 2002). Neste trabalho, foram estudadas quatro condições distintas de processamento descontínuo, com temperaturas de tratamento térmico entre 65 e 95 °C. Os purês foram mantidos sob refrigeração e apresentaram estabilidade físico-química e microbiológica por 36 dias.

Como continuação do trabalho, estudou-se o processamento contínuo do purê de manga em trocador de calor a placas e tubular. A pasteurização em trocadores de calor é o método de conservação geralmente utilizado para os purês de manga e segundo a literatura são empregadas temperaturas de 85 a 100 °C. No presente trabalho, foram estudadas temperaturas mais brandas de pasteurização, entre 65 e 85 °C, a fim de diminuir as perdas sensoriais e nutricionais do purê.

Diferentes condições de pasteurização foram estudadas com o objetivo principal de desenvolver um purê de manga para pronto consumo, sem adição de açúcares e de conservantes, estável quanto ao aspecto microbiológico, físico-químico e sensorial. A qualidade e a vida de prateleira do purê foram avaliadas por meio de análises físico-químicas, microbiológicas, enzimáticas, reológicas e sensoriais. As perdas nutricionais do produto também foram avaliadas por meio da análise do teor de ácido ascórbico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Importância econômica da manga

A manga (*Mangifera indica* Linn.) é uma fruta de grande importância econômica para os países tropicais. Com uma produção de 845.000 Mt, o Brasil foi o sétimo maior produtor mundial da fruta em 2004 (Tabela 2.1). A Índia, que responde por cerca de 40 % da produção mundial, China, Tailândia e México são os grandes produtores mundiais da fruta (FAO, 2004).

Tabela 2.1 – Produção de manga no ano de 2004.

País	Produção em 2004 (Mt)
Mundo	26.286.255
Índia	10.800.000
China	3.622.000
Tailândia	1.750.000
México	1.503.010
Paquistão	1.072.000
Filipinas	890.000
Brasil	845.000

Fonte: FAO, 2004.

No Brasil, a manga é cultivada em todos os estados, com exceção do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CTENAS; CTENAS; QUAST, 2000). Os grandes produtores são a Bahia, São Paulo e Pernambuco, com destaque para Monte Alto e Taquaritinga (ambas em SP) e o eixo Petrolina (PE) e Juazeiro (BA) no Vale do Rio São Francisco (Tabela 2.2) (CINTRA; BOTEON, 2003).

Tabela 2.2 – Produção de manga nas principais regiões produtoras do Brasil.

Local	Produção em 2003 (t)
Bahia	293.417
<i>Juazeiro</i>	108.000
São Paulo	235.094
<i>Monte Alto</i>	38.950
<i>Taquaritinga</i>	20.000
Pernambuco	152.549
<i>Petrolina</i>	130.000

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2003)

Atualmente, tanto a oferta quanto a demanda pela fruta são crescentes no Brasil. Segundo Camargo Filho; Alves e Mazzei (2004), houve aumento da produtividade com o uso de variedades produtivas, adensamento de plantas, maior uso de irrigação, tratos culturais adequados e exploração em regiões de condições edafoclimáticas favoráveis.

Este aumento da oferta tem sido observado tanto no Vale do Rio São Francisco como em São Paulo. Serão ofertadas a mais no mercado cerca de 280 mil toneladas ao ano, provenientes somente da região nordeste do país (ARAÚJO, 2005). Em São Paulo, citricultores que enfrentavam dificuldades no plantio da laranja, optaram recentemente pelo cultivo da manga como alternativa. A cidade de Taquaritinga, que já foi um dos maiores produtores de laranja do estado de São Paulo, triplicou o plantio de manga nos últimos dez anos (SOUZA, 2004).

Por outro lado, a demanda pela fruta cresce devido ao aumento da população, à procura por dietas mais saudáveis, às possibilidades de exportação e ao crescente interesse da indústria (FRANCISCO; CASER; AMARO, 2003; SOUZA, 2004).

Em 2000, o consumo de mangas no Brasil foi de 2,68 kg/habitante/ano, pouco quando comparado ao consumo de outros países que são grandes produtores da fruta, como Índia (11,29 kg/habitante/ano) e Tailândia (21,89 kg/habitante/ano). No entanto, tem sido observado um aumento significativo do consumo ao longo dos anos: na região metropolitana de São Paulo o consumo aumentou de 0,60 kg/habitante/ano em 1974/1975 para 2,5 kg/habitante/ano em 1995/1996

(CAMARGO FILHO; ALVES; MAZZEI, 2004). A demanda por sucos e néctares de frutas tropicais, especialmente de manga, abacaxi, maracujá e banana, também tem aumentado devido à preocupação dos consumidores com a saúde. Hoje, há uma maior procura por alimentos naturais com pouco ou nenhum conservante (GLOBAL 21, 2005).

Em relação ao comércio internacional, são boas as perspectivas, tanto para a fruta fresca como para a processada. Dados recentes da FAO (2004) indicam que o Brasil é o segundo maior exportador de manga, atrás apenas do México. Em 2004, foram exportadas cerca de 7 milhões de caixas para o EUA, 14 milhões para Europa e 2,3 milhões para outros mercados. Naquele ano também foram iniciadas as exportações de manga para o Japão, depois de 32 anos de negociações (SOUZA, 2004).

Já no primeiro trimestre de 2005, o aumento das exportações de manga foi de 42 % (em volume) em comparação ao mesmo período de 2004 (IBRAF, 2005). Quanto aos produtos processados, como sucos e polpas, a demanda atual também é crescente, principalmente nos países em desenvolvimento, que são responsáveis por 50 % das exportações mundiais (GLOBAL 21, 2005). Segundo Nanjundaswamy¹ (1998 apud SCHIEBER; ULLRICH; CARLE, 2000), é esperado um aumento da demanda por polpas e concentrados de manga, a serem utilizados principalmente como ingrediente básico pela indústria de bebidas e como flavorizante pela indústria de laticínios e de alimentos infantis.

Este crescente interesse da indústria é evidente: na cidade de Monte Alto, uma indústria processou 18 mil toneladas de manga em 2004, quatro vezes mais do que em 2003. Apesar do baixo preço pago pela fruta (cerca de R\$ 0,20/kg enquanto a fruta *in natura* é negociada a até R\$ 0,40/kg para o mercado), é a indústria que tem viabilizado o plantio em algumas regiões, especialmente em São Paulo (SOUZA, 2004).

¹ NANJUNDASWAMY, A. M. Processing. In: LITZ, R. E. **The mango. Botany, production and uses**. Wallingford, UK: CAB International, 1998. p. 509-544.

2.2. Manga

A manga (*Mangifera indica* Linn.) é uma fruta nativa da Ásia, cultivada há mais de 4.000 anos. No Brasil, foi introduzida por navegantes portugueses no início do século 16 em Pernambuco. Em todo o mundo, são mais de 500 variedades de manga, sendo que no Brasil, são cultivadas cerca de 30 (GOMES, 2005; CTENAS; CTENAS; QUAST, 2000).

A manga é constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos (Tabela 2.3) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2005).

Tabela 2.3 – Composição centesimal da manga.

Composição centesimal	Valor por 100 g
Energia	60 kcal
Umidade	82,11 g
Proteínas	0,44 g
Lipídios totais	0,61 g
Carboidratos totais	16,50 g
Cinzas	0,34 g
Fibra alimentar total	3,28 g

Fonte: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2005.

Boa fonte de potássio, vitamina C e excelente fonte de vitamina A, a manga também é rica em antioxidantes, devido à presença de polifenóis e de carotenóides, especialmente de β -caroteno (CTENAS; CTENAS; QUAST, 2000; SCHIEBER; ULLRICH; CARLE, 2000).

Variedade Palmer

As mangas da variedade Palmer foram originadas na Flórida, em 1945. São frutos médios (300 a 500 g) e ovalados. Sua polpa, de cor amarelo-alaranjada, é doce, muito aromática, suculenta e apresenta sabor agradável. É bem aceita no mercado interno, pois tem poucas fibras e um alto rendimento (relação polpa/fruto de

72 %). Esta variedade serve tanto para consumo *in natura*, como para produção de compotas em calda e néctares (CAMARGO FILHO; ALVES; MAZZEI, 2004; COSTA; SANTOS, 2005; CTENAS; CTENAS; QUAST, 2000). Sua composição química é apresentada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Composição química da manga da variedade Palmer em estágio maduro.

pH	4,16 ± 0,02
Sólidos totais (%)	20,37 ± 0,02
Sólidos solúveis (°Brix)	17,9 ± 0,5
Acidez total titulável (%)	0,35 ± 0,07
Lipídios (%)	0,49 ± 0,15
Proteína bruta (%)	0,16 ± 0,02
Ácido ascórbico (mg/100g)	56,7 ± 14,4
Carotenóides naturais (mg/100g)	4,0 ± 0,2
Açúcares redutores (%)	4,08 ± 1,12
Pectina (%)	0,93 ± 0,10
Fibra alimentar total (%)	1,71 ± 0,22
Carboidratos totais (%)	18,78 ± 0,15
Calorias (kcal/100g)	80,2 ± 0,7

Fonte: CARVALHO et al. (2004)

2.3. Purê de manga

A manga é comercializada principalmente *in natura*, embora apresente diversas formas de aproveitamento (suco, polpa, néctar, sorvete, doce, geléia, *chutney*) (ARAÚJO, 2005).

Por ser um fruto altamente perecível, as perdas verificadas durante sua comercialização são elevadas, cerca de 40 % (LEITE et al., 1998). A industrialização da fruta é uma alternativa para diminuição destas perdas; segundo um produtor paulista, hoje a indústria compra as mangas que antes eram descartadas no campo (SOUZA, 2004).

No mercado brasileiro, são encontrados poucos produtos processados de manga: sucos integrais, néctares e polpas congeladas são os mais comuns enquanto purês para pronto consumo, doces e geléias são escassos.

Segundo Luh² (1980 apud AVENA; LUH, 1983), o purê é uma boa alternativa de industrialização por ser um produto de fabricação simples, que pode ser utilizado na fabricação de outros produtos de manga.

Na legislação brasileira, não há definição de purê de manga para pronto consumo. A legislação somente define padrões de identidade e qualidade para purês e polpas de manga destinadas ao consumo como bebida. Segundo a Instrução Normativa nº 12, de 10 de setembro de 1999, a polpa ou purê de manga (para consumo como bebida) é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da manga (*Mangifera indica*, L.), através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais. Ainda segundo a instrução, o purê deve ter cor amarela, sabor doce, levemente ácido e sabor e aroma próprios de manga (BRASIL, 1999). A Tabela 2.5 apresenta algumas características que o purê deve apresentar.

Tabela 2.5 – Características químicas do purê ou polpa de manga, destinado ao consumo como bebida, definidas pela legislação brasileira.

	Mínimo	Máximo
pH	3,3	4,5
Sólidos solúveis (°Brix), a 20 °C	11,00	–
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)	0,32	–
Açúcares totais, naturais da manga (g/100g)	–	17,00
Sólidos totais (g/100g)	14,00	–

Fonte: BRASIL, 1999.

² LUH, B. S. Tropical fruit beverages. In: NELSON, P. E.; TRESSLER, D. K. **Fruit and Vegetable Juice Processing**. Westport: AVI Publishing Co., 1980.

2.4. Tratamento térmico

O principal objetivo do tratamento térmico é inativar e/ou eliminar os microrganismos patogênicos e deteriorantes para tornar os alimentos seguros para consumo. Além disso, o tratamento térmico apropriado é de grande importância para inativação de algumas enzimas presentes nas mangas, como a peroxidase, a polifenol oxidase e a pectinesterase, que podem causar alterações indesejáveis de cor, sabor, aroma e textura. Deve ser ressaltado que durante o tratamento térmico, diversas reações químicas, bioquímicas e físicas podem ocorrer, o que pode afetar a qualidade e a aceitabilidade do produto. Portanto, os parâmetros de temperatura e tempo devem ser bem definidos, a fim de não somente inativar os microrganismos e as enzimas, como também minimizar as perdas nutricionais e sensoriais das frutas durante o processamento (LEWIS; HEPPELL, 2000).

2.4.1. *Trocadores de calor*

O aquecimento e o resfriamento de alimentos líquidos podem ser conduzidos em trocadores de calor, que são equipamentos que transferem energia térmica entre dois fluidos com temperaturas diferentes. Podem ser classificados em trocadores de calor a placas, tubulares (Figura 2.1) ou de superfície raspada, de acordo com o formato da superfície de transferência de calor.

Figura 2.1 – Diagrama de um trocador de calor tubular

A pasteurização de produtos de baixa viscosidade, como leite e sucos de frutas, é feita geralmente em trocadores de calor a placas. Estes trocadores apresentam diversas vantagens, como a grande área de transferência de calor em um pequeno espaço físico, custos de fabricação baixos e a facilidade de limpeza e manutenção (LEWIS; HEPPELL, 2000; TAQUEDA, 2000).

Os trocadores de calor tubulares são utilizados para líquidos com média ou alta viscosidade, ou que contêm pequenas partículas sólidas. São os trocadores de construção mais simples e como são adquiridos na forma de módulos, podem ser montados em série ou em paralelo, sendo a área de troca térmica facilmente ajustada. No entanto, são trocadores pouco compactos e a probabilidade de ocorrência de vazamentos é alta devido ao grande número de conexões (LEWIS; HEPPELL, 2000; TAQUEDA, 2000).

Já os trocadores de superfície raspada apresentam inúmeras desvantagens e devem ser utilizados somente para aquecer ou resfriar produtos extremamente viscosos ou que contêm partículas sólidas grandes. São trocadores de difícil construção, com altos custos de manutenção (LEWIS; HEPPELL, 2000; TAQUEDA, 2000).

Os três tipos de trocador de calor podem ser utilizados para o tratamento térmico de purê de manga. Brekke; Cavaletto e Stafford (1968) utilizaram trocador de calor a placas, no qual o purê de manga foi aquecido a 91 – 93 °C, mantido a esta temperatura durante 1 minuto, resfriado a 32 – 38 °C e então congelado a – 23 °C. A qualidade sensorial do purê tratado nestas condições manteve-se satisfatória durante 8 meses, sendo armazenado a – 18 °C.

Já em estudo de Isaacs (1991), foi utilizado um trocador de calor de superfície raspada para o aquecimento do purê de manga e um trocador de calor tubular para o seu resfriamento. Diferentes combinações de tempo e temperatura de processo foram estudadas: 85 °C/15 s, 85 °C/60 s, 90 °C/60 s, 95 °C/15 s e 95 °C/60 s e em todas o produto manteve a qualidade microbiológica e não apresentou atividade enzimática durante 8 meses de armazenamento a temperatura ambiente. Em estudo de Kato et al. (1976) também foi utilizado um trocador de superfície raspada para pasteurização de polpa de manga, concentrada a 30 °Brix. A polpa foi pasteurizada a 99 °C durante 45 s e apresentou boa qualidade microbiológica e sensorial por 180 dias, em armazenamento a temperatura ambiente.

2.4.2. Letalidade do processo

A letalidade de um processo (S) representa a destruição de microrganismos, enzimas, entre outros, causada pelo tratamento térmico e é dada pelo número de ciclos logarítmicos reduzidos da população microbiana ou da atividade enzimática. Para microrganismos, por exemplo, temos na eq. (2.1):

$$S = \text{número de ciclos logarítmicos reduzidos} = \log \left(\frac{N_0}{N} \right) \quad (2.1)$$

em que:

N_0 – contagem inicial de microrganismos (UFC/g)

N – contagem final de microrganismos após tratamento térmico (UFC/g).

Em processos de pasteurização, a letalidade é geralmente determinada em função do tempo de residência e da temperatura do produto na saída do tubo de retenção. O tubo de retenção, seção não aquecida entre as seções de aquecimento e resfriamento, deve ser então bem dimensionado de modo que o produto obtido apresente qualidade satisfatória (TOLEDO, 1999).

O dimensionamento correto do tubo de retenção depende das características reológicas do alimento, que indicarão qual o tipo de escoamento e qual o tempo de residência mínimo do fluido no interior do tubo.

Diversos estudos realizados com purê de manga mostraram a sua natureza não newtoniana. Sua viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de cisalhamento, o que classifica o purê como um fluido pseudoplástico (MANOHAR; RAMAKRISHNA; RAMTEKE, 1990; ROY; JOSHI; NATH, 1997; SUGAI, 2002, YOUSSEF et al., 2002; DAK; VERMA; SHARMA, 2006).

O comportamento reológico do purê de manga geralmente é descrito pelo Modelo Ostwald-de-Waele ou Lei de Potência (eq. 2.2). Na Tabela 2.6 são apresentados valores de n e K para purês de manga de diversas variedades. Não foram encontrados em literatura estudos reológicos sobre polpa de manga da variedade Palmer. Os valores de n variam entre 0,22 e 0,65 e os valores de K entre 1,9 e 385,2 Pa.sⁿ.

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2.2)$$

em que: τ – tensão de cisalhamento (Pa)
 K – índice de consistência (Pa.sⁿ)
 $\dot{\gamma}$ – taxa de cisalhamento (s⁻¹)
 n – índice de comportamento do fluido (adimensional)

Tabela 2.6 – Parâmetros reológicos do modelo Lei de Potência descritos em literatura para purês de manga.

Variedade	T (°C)	n	K (Pa.s ⁿ)	Fonte
Dushehari	17 – 85	0,285 – 0,299	2,1233 – 3,8384	Roy; Joshi e Nath (1997)
Haden	25 – 90	0,26 – 0,33	5,71 – 10,50	Sugai (2002)
Totapuri	30	0,295	5,129	Manohar; Ramakrishna e Ramteke (1990)
Totapuri	20 – 70	0,24 – 0,41	2,22 – 385,24	Dak; Verma e Sharma (2006)
Zebda	20	0,22 – 0,65	1,917 – 18,724	Youssef et al. (2002)

O escoamento do fluido no tubo de retenção pode ser laminar ou turbulento, o que pode ser determinado por meio do número de Reynolds. O escoamento dificilmente é ideal (*plug flow*), ou seja, com todas as partículas do fluido percorrendo o tubo na mesma velocidade. Existe então uma faixa de tempos de residência para o produto (LEWIS; HEPPELL, 2000).

Para um fluido como o purê de manga, que segue a Lei de Potência e é caracterizado pelo índice de comportamento n e pelo índice de consistência K , o número de Reynolds (Re) é dado por (STEFFE, 1996):

$$Re = \frac{d^n v_{méd}^{2-n} \rho}{8^{n-1} K} \left(\frac{4n}{1+3n} \right)^n \quad (2.3)$$

em que:

- d – diâmetro do tubo (m);
- $v_{méd}$ – velocidade média ($m.s^{-1}$);
- ρ – densidade do produto ($kg.m^{-3}$).

Conhecido o tipo de escoamento do fluido no tubo de retenção, pode-se então determinar o tempo de residência a partir da velocidade do fluido. A velocidade média $v_{méd}$ é calculada em função da vazão volumétrica do fluido e da área de seção transversal do tubo (eq. 2.4):

$$v_{méd} = \frac{4 \cdot \text{Vazão volumétrica}}{\pi d^2} \quad (2.4)$$

O tempo de residência do fluido no tubo de retenção pode ser calculado a partir da velocidade média; no entanto, o cálculo do tempo de residência utilizando a velocidade máxima, ou seja, da partícula mais rápida do fluido é mais preciso, por considerar que a probabilidade de não haver destruição de microrganismos, enzimas, nutrientes, entre outros, é maior para as partículas que estão próximas ao centro geométrico do tubo, isto é, que possuem maior velocidade. Para um fluido que segue a lei de potência, em regime laminar, em um tubo de seção transversal circular, a velocidade do fluido v_r em um raio r (a partir do centro) em um tubo de raio total R é dada por (TOLEDO, 1999):

$$\frac{v_r}{v_{méd}} = \frac{3n+1}{n+1} \left(1 - \frac{r^{((n+1)/n)}}{R} \right) \quad (2.5)$$

em que n é o índice de comportamento e $v_{méd}$ é a velocidade média do líquido, calculada a partir da vazão volumétrica e da área da seção transversal (eq. 2.4).

A velocidade da partícula mais rápida do fluido ($v_{máx}$), ou seja, em $r = 0$, é dada por:

$$v_{máx} = \frac{(3n+1)}{n+1} v_{méd} \quad (2.6)$$

E o tempo mínimo ($t_{mín}$) é dado por:

$$t_{mín} = \frac{L}{v_{máx}} \quad (2.7)$$

em que: L – comprimento do tubo de retenção (m)

Com o tempo mínimo de residência no tubo de retenção é possível determinar a letalidade do processo da seguinte forma (TOLEDO, 1999):

$$S = \frac{t_{mín}}{D} \quad (2.8)$$

em que: D – tempo de redução decimal (s)

O valor D , ou tempo de redução decimal, assim como o valor z são parâmetros cinéticos de grande importância na determinação da letalidade de um processo. Os valores D e z indicam, respectivamente, o intervalo de tempo e de temperatura necessários para redução de uma década logarítmica da população de microrganismos. É importante ressaltar que todas as afirmações feitas a respeito dos microrganismos também são válidas para enzimas e nutrientes (PENNA; MACHOSHVILI, 1997; TOLEDO, 1999).

2.5. Aspecto microbiológico

Uma das características físico-químicas mais importantes a ser considerada, para determinar a severidade do tratamento térmico ao qual um alimento é submetido, é o pH. A maioria das bactérias, inclusive o *Clostridium botulinum*, não germinam e não se reproduzem em alimentos com pH abaixo de 4,5. Muitas frutas e produtos derivados têm pH abaixo deste valor e conseqüentemente, a maior preocupação é inativar os microrganismos deteriorantes (LEWIS; HEPPELL, 2000). Em um processo brando como a pasteurização, estes microrganismos (bolores, leveduras, bactérias lácticas e acidúricas) são geralmente inativados ou destruídos, devido à sua sensibilidade ao calor (LEWIS; HEPPEL, 2000, RAJASHEKHARA; SURESH; ETHIRAJ, 2000).

O'Connor-Shaw et al. (1995) estudaram a presença de coliformes em produtos de manga, como purês, mangas em pedaços, purê com pedaços de manga e também em mangas frescas. Os resultados obtidos indicaram que a fonte de contaminação dos produtos foi, provavelmente, o equipamento utilizado na produção e não a casca dos frutos. Também foi observado que as mangas de maior pH não necessariamente apresentaram maiores contagens de microrganismos que as mangas de menor pH. Segundo os autores, a pasteurização dos produtos mostrou-se eficiente para destruição de microrganismos: a contagem total nos purês crus foi de 3×10^3 a $1,9 \times 10^7$ UFC/g e após o tratamento térmico foi de < 5 a 180 UFC/g. Além disso, a contagem de coliformes dos produtos foi geralmente menor que 10 % da contagem total de microrganismos, variando de $1,4 \times 10^2$ a 1×10^5 UFC/g. Dentre os coliformes, a *Klebsiella pneumoniae* foi o microrganismo predominante, isolado dos pedaços de manga e do purê com pedaços de manga.

A completa destruição de microrganismos não é possível durante a pasteurização, devido à presença de microrganismos formadores de esporos e termo resistentes. Dentre os citados em literatura como termo resistentes estão os *Talaromyces flavus* e *Neosartorya fischeri*. Sua resistência geralmente é atribuída à formação de ascosporos, que podem persistir em um estado de dormência durante meses ou anos. O aumento da temperatura do tratamento térmico poderia destruir estes ascosporos, mas também causaria caramelização e outras alterações

indesejáveis ao produto (BEUCHAT, 1986; SCOTT; BERNARD, 1987; SPLITTSTOESSER; CHUREY, 1991).

De fato, a resistência térmica destes microrganismos é alta: Rajashekhara; Suresh e Ethiraj (2000) observaram que os ascosporos de *Neosartorya fischeri* em suco de manga sobrevivem por mais de 300 min em aquecimento a 70, 75 e 80 °C e sua completa inativação só foi alcançada após aquecimento a 85°C, durante 120 min. Em outro estudo, os autores determinaram parâmetros cinéticos de inativação térmica dos ascosporos também em suco de manga: $1/k_{85^{\circ}\text{C}}$ igual a 63,51 min. Com a adição de ácido cítrico, como acidulante, houve uma maior inativação dos microrganismos: $1/k_{85^{\circ}\text{C}}$ igual a 27,22 min (RAJASHEKHARA; SURESH; ETHIRAJ, 1998).

Outro microrganismo citado em literatura como deteriorante de produtos de manga é o *Zygosaccharomyces bailii*. Segundo López-Malo e Palou (2000), que estudaram o seu crescimento em purês de manga, este microrganismo possui uma excepcional tolerância a conservantes, baixo pH e processos de pasteurização e pode causar fermentação, produção de gás, perda de homogeneidade e desenvolvimento de *off-odor* no produto.

Quanto à legislação brasileira, foram definidos os limites máximos para bolores e leveduras, coliformes fecais e *Salmonella* a serem observados para as polpas de frutas (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 – Limites máximos microbiológicos para polpas de frutas segundo a legislação brasileira.

Microrganismo	Limite máximo
Bolores e leveduras	
Polpa <i>in natura</i> , congelada ou não	5×10^3 UFC/g
Polpa conservada quimicamente e/ou que sofreu tratamento térmico	2×10^3 UFC/g
Coliformes fecais	1 UFC/g
<i>Salmonella</i>	Ausente em 25 g

Fonte: BRASIL, 2001.

2.6. Enzimas

A inativação de enzimas, como a peroxidase, a polifenol oxidase e a pectinesterase presentes em frutas, pode servir como critério de pasteurização para obtenção de produtos seguros quanto ao aspecto microbiológico, uma vez que a resistência térmica de lactobacilos, bolores e leveduras é menor que a das enzimas citadas (SIDDALINGU et al., 1985). Em estudo de Ditchfield et al. (2006) com purê de banana acidificado, as enzimas peroxidase e polifenoloxidase foram utilizadas como bioindicadores na pasteurização contínua em trocador de calor tubular. Segundo os autores, se a atividade das enzimas for reduzida a um valor mínimo (entre 2 e 3 %), a contagem microbiana (mesófilos, psicrotrófilos, termófilos, esporos mesófilos e termófilos, bolores e leveduras) também será suficientemente reduzida.

2.6.1. Polifenol oxidase

O escurecimento enzimático de frutas é causado principalmente pela ação da polifenol oxidase. Esta enzima cataliza a oxidação de mono e difenóis para *o*-quinonas, que formam melaninas (pigmentos marrons). O escurecimento enzimático pode causar *off-flavor* e perdas da qualidade nutricional das frutas, além de diminuir a sua aceitabilidade pelo consumidor. Perdas de mais de 50 % da produção de algumas frutas tropicais são resultantes deste escurecimento (WHITAKER; LEE, 1995).

Embora a ação e os conseqüentes efeitos da polifenol oxidase sejam conhecidos e muito estudados, a inativação desta enzima não é usualmente utilizada como indicador da adequação do branqueamento. Isso ocorre porque a polifenol oxidase é geralmente considerada uma enzima de baixa termoestabilidade; tratamentos térmicos conduzidos em temperaturas de 70 – 90 °C com tempos de retenção relativamente curtos são suficientes para reduzir ou mesmo eliminar completamente a atividade da enzima. Além disso, existem dúvidas a respeito da confiabilidade dos métodos empregados para determinação da atividade da enzima. Isso ocorre porque as quinonas formadas durante a reação enzimática sofrem

reações secundárias, em que há formação de moléculas poliméricas complexas, que interferem na confiabilidade da determinação (ZAWISTOWSKI; BILIADERIS; ESKIN, 1991).

Polifenol oxidase em mangas

Segundo estudo de Azevedo e Pastore (2004), com mangas da variedade Tommy Atkins, a atividade da polifenol oxidase, ao contrário da peroxidase, decresce com a maturação das frutas. Estudo de Park et al. (1980), com mangas da variedade Haden, indicou que a enzima apresenta atividade máxima entre pH 5,6 e 6,0. Já estudo de Guerrero-Beltrán; Swanson e Barbosa-Cánovas (2005) mostrou que a diminuição do pH afeta a atividade da enzima: nos pHs 3,5; 4,0 e 4,5 a polifenol oxidase apresentou 11,7; 23,1 e 259,2 unidades de atividade respectivamente.

Quanto à termoestabilidade, foi observado que com aquecimento em banho termostaticado de água a 85 e 80 °C, durante 2,1 e 4,0 min respectivamente, a enzima perdeu 50 % de sua atividade. A inativação térmica da polifenol oxidase seguiu cinética de primeira ordem (PARK et al., 1980).

2.6.2. Peroxidase

A peroxidase é uma enzima do grupo das oxidoredutases, que utilizam o peróxido de hidrogênio como substrato oxidante. Esta enzima promove um grande número de reações e, devido à diversidade dos compostos que são susceptíveis à oxidação catalisada pela peroxidase, a gama de produtos formados é muito extensa. Como consequência, há uma grande dificuldade em correlacionar alterações pós-colheita, como perda de *flavor* e textura, com reações químicas específicas (ROBINSON, 1991).

É provável que a peroxidase seja responsável pela deterioração do *flavor*, cor, textura e das qualidades nutricionais de alimentos crus e processados; no entanto, a relação entre a atividade da enzima e o desenvolvimento de *off-flavor* e *off-color* em

vegetais crus é ainda muito empírica (BURNETTE, 1977; HAARD³, 1977 apud ROBINSON, 1991).

Segundo Robinson (1991), nos últimos 30 anos, a atividade da peroxidase tem sido relacionada freqüentemente à qualidade de alimentos processados, devido a sua bem conhecida termoestabilidade. As peroxidases são, juntamente com as lipoxigenases, as enzimas mais termo resistentes presentes em frutas e vegetais. Porém, o uso desta enzima como indicador da adequação do branqueamento de vegetais tem sido contestado devido às altas temperaturas empregadas para sua inativação.

Além disso, estudo de Halpin e Lee (1987) indicou que a atividade da peroxidase não apresentou relação direta com a qualidade de ervilhas congeladas. No entanto, em outro estudo de Halpin⁴ (1988 apud HALPIN et al., 1989), foi verificado que outras enzimas, como a polifenol oxidase, a lipoxigenase e a catalase, não foram apropriadas como indicadoras do branqueamento das ervilhas, e que a peroxidase ainda era a melhor enzima para este fim.

Peroxidase em mangas

Khan e Robinson (1993) estudaram a termoestabilidade da peroxidase presente em mangas da variedade *Chaunsa*. Os autores observaram que o pH ótimo da enzima era 5,0 e a relação entre perda de atividade da peroxidase com o tempo de aquecimento era não-linear. Com dois minutos de aquecimento, a diferentes temperaturas (65 a 80 °C), a atividade da enzima diminuiu mais de 50 %; no entanto, após 4 minutos de aquecimento, a atividade permaneceu praticamente constante para todas as temperaturas estudadas.

Em estudo de Rosenthal; Rodrigues e Slongo (2005), foram determinados os parâmetros cinéticos de inativação térmica da peroxidase de suco de manga (variedade Ubá ou Carlotinha): $D_{85\text{ °C}}$ e z iguais a 32,94 s e 10,68 °C. A atividade residual mais baixa, atingida a 85 °C, foi de 2,30 %.

³ HAARD, N. F. Physiological roles of peroxidase in post-harvest fruits and vegetables. In: ORY, R. L.; ST. ANGELO, A. J. **Enzymes in Food and Beverage Processing**, ACS Symposium Series no. 47, 1977. p. 143-171.

⁴ HALPIN, B. **Purification and characterization of peroxidase isoenzymes from green peas (*Pisum sativum*) and relation of enzyme activity to quality of frozen peas**. 1988. Tese (Doutorado) - Cornell University, Ithaca, NY, 1988.

2.6.3. *Pectinesterase*

A pectinesterase, enzima que utiliza como substrato substâncias pécicas que estão presentes na forma de polissacarídeos estruturais na lamela mediana e nas paredes celulares primárias de plantas superiores, pode causar importantes alterações de textura nas frutas durante o amadurecimento, armazenamento e processamento (PILNIK; VORAGEN, 1991).

Pectinesterase em mangas

A pectinesterase é uma das enzimas mais estudadas em mangas, sendo utilizada como critério de pasteurização em alguns estudos.

Em estudo de Faria et al. (1994), com mangas nacionais da variedade Haden, foi observada uma alta atividade da pectinesterase no início do amadurecimento, uma queda acentuada e constante após a colheita até uma perda quase total de atividade no décimo dia pós-colheita.

Segundo Labib et al. (1995), que estudaram mangas da variedade Zebda, a pectinesterase apresentou pH ótimo de 7,5, sendo que em pH 5,5 a enzima ainda manteve-se ativa e somente a pH igual ou inferior a 3,0, sua atividade não pode ser detectada. Quanto à sua termoestabilidade, foram determinados os parâmetros cinéticos $D_{85^{\circ}\text{C}}$ e z iguais a 2,5 min e 18,5 °C, respectivamente.

Em estudo de Argaiz e López-Malo (1995), foi determinada a termoestabilidade da pectinesterase em purê (com 93 a 94 % de polpa de manga em sua composição) e néctar (com 40 % de polpa e com xarope de sacarose a 20 °Brix). Os parâmetros cinéticos determinados foram: F igual a 1 minuto a 98,9 °C e z igual a 10,5 °C para o purê e F igual a 1 minuto a 99,6 °C e z igual a 11,1 °C para o néctar. Os autores concluíram que, em geral, a enzima foi mais resistente nos néctares, provavelmente porque a sacarose ocupou o sítio ativo da enzima, tornando-a estável.

Já em estudo de Nath e Ranganna (1980), a inativação da pectinesterase foi utilizada como critério para o tratamento térmico de fatias de manga, com xarope a 40 °Brix, em lata. O valor de F foi igual a 1 minuto a 98,2 °C e valor de z igual a

10,31 °C. Este valor de F foi equivalente a 2,19 D e não foi detectada atividade residual da pectinesterase nas latas processadas, imediatamente após o tratamento térmico e depois de 6 meses de armazenamento a temperatura ambiente. O tratamento térmico também foi eficiente para prevenir deterioração causada pelo *Clostridium pasteurianum*.

2.7. Análise sensorial

A aceitabilidade de um produto depende de suas características sensoriais que são afetadas pelas diversas reações físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem durante o tratamento térmico e o armazenamento (LEWIS; HEPPELL, 2000).

Brunini; Durigan e Oliveira (2002) avaliaram as alterações durante armazenamento de polpa triturada e congelada de manga da variedade Tommy Atkins. Foram avaliados aparência, coloração e sabor. A polpa manteve aspecto e coloração comercializável por até 20 semanas e o sabor permaneceu típico até a 24ª semana, quando se tornou amarga.

Brekke; Cavaletto e Stafford (1968) mostraram que, após 1 semana de armazenamento em freezer, néctares feitos a partir de purês com tratamento térmico receberam melhores pontuações de aroma e *flavor* que os néctares feitos com purê sem tratamento. Aparentemente o aquecimento do purê para inativação enzimática foi necessário para retenção das qualidades de fruta fresca durante o armazenamento em freezer.

Já estudo de Isaacs (1991) indicou que o armazenamento prolongado a temperatura ambiente (8 meses) afetou as qualidades sensoriais (especialmente cor e *flavor*) de purês de manga.

Argaiz e López-Malo (1995), em estudo com painel de provadores treinados, determinaram as cinéticas de primeira mudança no sabor (*first change on flavour*) e desenvolvimento de sabor “cozido” (*cooked flavour development*) em néctares e purês de manga, submetidos a tratamento térmico a 75 – 90 °C. Os parâmetros cinéticos determinados para primeira mudança no sabor em purê de manga foram: F

igual a 1 minuto a 114,3 °C e z igual a 18,9 °C. Já para o desenvolvimento de sabor “cozido” foram: F igual a 1 minuto a 168,6 °C e z igual a 38,4 °C. Segundo os autores, com o conhecimento destes valores, as características sensoriais do néctar e do purê de manga podem ser otimizadas durante o tratamento térmico.

2.8. Aspectos nutricionais - Ácido ascórbico

Mangas são boas fontes de vitamina C (ácido ascórbico), contendo até 110 mg/100 g dependendo da variedade. Em estágio maduro, mangas Palmer apresentam 56,7 mg/100 g da vitamina (CARVALHO et al., 2004). Nutriente essencial na nutrição humana para prevenção do escorbuto, o ácido ascórbico apresenta propriedades antioxidantes, o que aumenta sua importância (SILVA; COZZOLINO, 2005).

Vários fatores afetam o teor de vitamina C das mangas: a variedade, o estágio de maturação e no caso dos produtos processados, o tratamento térmico e o tempo de armazenamento. A vitamina C é a mais termolábil, o que a torna um importante indicador da qualidade dos alimentos: sua presença indica a preservação dos demais nutrientes (BENDER⁵, 1978 apud CARDELLO; CARDELLO, 1998).

Em relação aos produtos processados, a degradação do ácido ascórbico tem sido considerada a principal causa de alterações de qualidade e principalmente de cor, durante o processamento e armazenamento dos alimentos (YUAN; CHEN, 1998).

O teor de ácido ascórbico de sucos de manga, pasteurizados a 85 °C por 5 minutos e armazenados a temperatura ambiente por 12 semanas, foi estudado por Falade et al. (2004). Na semana inicial, o suco das variedades Julie e Ogbomoso apresentou 48 mg/100 mL de ácido ascórbico. Na 12ª semana de armazenamento, os sucos apresentaram 40 mg/mL, o que representou uma perda de aproximadamente 16% da vitamina.

Magalhães et al. (2004) estudaram a estabilidade físico-química de sucos de manga adoçados, pasteurizados a 90 °C por 60s, envasados por dois métodos

⁵ BENDER, A. E. **Food Processing and nutrition**. London: Academic Press, 1978. 243p.

diferentes: *hot fill* (garrafas de vidro) e asséptico (embalagens cartonadas). Em 150 dias de armazenamento a temperatura ambiente, o teor de ácido ascórbico variou de 13,30 a 11,30 mg/100 mL para o suco envasado pelo processo *hot fill* e de 9,09 a 5,33 mg/100 mL para o suco envasado por processo asséptico.

Estudos com polpas de manga congeladas e com pedaços de manga conservados por métodos combinados também mostraram perda elevada do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento. Pina et al. (2003) observaram perda total da vitamina em pedaços de manga após 90 dias de armazenamento a temperatura ambiente. Para as polpas congeladas, a perda foi de aproximadamente 70 % após 26 semanas a – 18 °C.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em duas etapas: na primeira etapa, foram estudadas diferentes condições de temperatura e tempo de retenção para o processamento contínuo do purê de manga. Ensaios foram conduzidos em trocador de calor a placas de bancada e em trocador de calor tubular. Para cada trocador, três temperaturas de processo (temperatura na saída do tubo de retenção) foram estudadas: no trocador de calor a placas foram realizados ensaios a 75, 80 e 85 °C e no tubular a 65, 70 e 75 °C. Diferentes vazões de produto, dependendo do trocador de calor, resultaram em diferentes tempos de retenção. Com amostras de purê cru e processado nas diferentes condições de processo foram realizadas análises físico-químicas (pH, acidez titulável, sólidos solúveis e sólidos totais) e medidas da atividade da peroxidase e polifenol oxidase.

Na segunda etapa, duas condições de processamento contínuo foram selecionadas para determinar a vida de prateleira do purê de manga. Esta etapa também foi dividida em duas fases: inicialmente foi avaliada a estabilidade microbiológica do purê e somente então foi realizada a análise sensorial do produto. Foram avaliadas amostras de purê cru e processado e as análises realizadas em cada fase são apresentadas a seguir.

Fase 1: Avaliação da estabilidade microbiológica do purê de manga

- ✓ Análises microbiológicas: contagem de microrganismos mesófilos e psicrófilos, bolores e leveduras, coliformes totais a 45 °C e *Salmonella*;
- ✓ Análises físico-químicas: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, sólidos totais, teor de ácido ascórbico, cor;
- ✓ Análise enzimática: atividade da peroxidase.

A Fase 1 teve duração de 20 semanas, sendo os purês analisados no dia do processamento (semana zero) e com 2, 5, 8, 12, 17 e 20 semanas de armazenamento refrigerado (4°C).

Fase 2: Análise sensorial

- ✓ Análise sensorial: foram avaliados cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade de forma geral do purê de manga;
- ✓ Análise microbiológica: contagem de microrganismos mesófilos;

- ✓ Análises físico-químicas: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, sólidos totais, cor;
- ✓ Medidas reológicas.

A Fase 2 teve duração de 17 semanas, sendo os purês analisados no dia do processamento (semana zero) e com 2, 5, 8, 10, 12 e 17 semanas de armazenamento refrigerado (4°C).

A frequência com que as amostras foram analisadas nas duas fases foi determinada de acordo com a norma da ASTM E 2454 – 05 (2005).

A seguir são detalhados a matéria-prima, os equipamentos utilizados e as análises realizadas neste trabalho.

3.1. Matéria-prima

Foram utilizadas mangas maduras da variedade Palmer, doadas pela empresa Frutas Pinhatti, da cidade de Monte Alto (estado de São Paulo), colhidas nos meses de janeiro, fevereiro e março dos anos 2004, 2005 e 2006. Também foram utilizadas mangas da mesma variedade, comercializadas na cidade de São Paulo. As mangas foram selecionadas de acordo com a coloração e aparência da casca, pois segundo Sugai (2002), estas características são boas indicadoras do estágio de maturação das mangas. Foram escolhidas frutas que apresentavam manchas e/ou estavam com a casca enrugada (Figura 3.1), o que comprometia a sua aceitabilidade pelo consumidor da fruta *in natura*.

Figura 3.1 – Mangas utilizadas no processamento contínuo de purê de manga.

3.2. Purê de manga

As mangas foram selecionadas, lavadas, descascadas e suas sementes retiradas. Partes estragadas foram removidas e os pedaços de manga foram despulpados (despulpadeira HAUBER MACANUDA, modelo DM-Ji, Figura 3.2.) com peneira de 1,0 mm para remoção das fibras. Quando necessário, o purê foi acidificado com ácido cítrico cristal até atingir pH abaixo de 4,5; nesta condição a maioria das bactérias, incluindo o *Clostridium botulinum*, não germina e não se reproduz no produto (LEWIS; HEPPELL, 2000).

Figura 3.2 – Despulpadeira Hauber Macanuda, modelo DM-Ji.

3.3. Tratamento Térmico

3.3.1. Trocador de calor a placas de bancada

Foi utilizado um trocador de calor tipo placas de bancada, marca ARMFIELD, modelo FT43A (Figura 3.3). Este trocador possui uma unidade processadora de pasteurização, que opera com vazão máxima de 30 litros/hora e viscosidade máxima do fluido de 2 mPa.s. Possui dois tubos de retenção, com 75,8 e 240,0 cm³ de volume.

Figura 3.3 – Trocador de calor a placas ARMFIELD FT43A

O sistema de aquecimento do trocador consiste de uma bomba centrífuga de circulação de água quente, que é aquecida por uma resistência elétrica de 1,5 kW, imersa em um tanque de água. O sistema de resfriamento é composto por um reservatório, uma bomba de circulação de água e de um trocador de calor, no qual a água é resfriada com líquido refrigerante Freon.

O trocador também dispõe de um controlador de temperatura PI + D, que indica e controla continuamente a temperatura de pasteurização pré-estabelecida. Quando o fluido não atinge a temperatura requerida para pasteurização, o controlador desvia o fluido de volta para o tanque de alimentação. A temperatura em diferentes pontos do trocador é registrada *on-line* por meio de seis sensores semicondutores providos de poço de aço inoxidável, conectados em interface de aquisição de dados, acoplada em computador.

Nos ensaios com o purê de manga, foi utilizada uma configuração de placas lisas (área de troca efetiva: $53,2 \text{ cm}^2$) de seis passes na seção de aquecimento, dez passes na regeneração e quatro passes no resfriamento, sendo todos os passes de única passagem. O tubo de retenção utilizado foi o de menor volume, $75,8 \text{ cm}^3$. O bombeamento do purê foi feito com uma bomba peristáltica, de velocidade variável.

No trocador de calor a placas, foram estudadas nove condições distintas de temperatura e tempo de retenção, apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Condições de temperatura e tempo de retenção estudadas no trocador de calor a placas.

Condição	Tempo de retenção (s)	Temperatura de pasteurização desejada (°C)
C1	28,6	75
C2	36,6	
C3	51,7	
C4	53,9	80
C5	103,5	
C6	125,5	
C7	30,8	85
C8	40,7	
C9	44,8	

3.3.2. Trocador de calor tubular

Foi utilizado um trocador de calor tubular em escala de laboratório, projetado e construído especialmente para as pesquisas do Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia Química (EPUSP) (Figura 3.4). Estudos sobre o processamento contínuo de purê de banana e o escoamento de iogurte batido foram realizados neste equipamento (COLLET, 2005; DITCHFIELD, 2004).

Figura 3.4 – Trocador de calor tubular do Laboratório de Engenharia de Alimentos.

O trocador possui uma bateria de dez módulos de troca térmica na seção de aquecimento, cada um com 1,8 m de comprimento, sendo que o tubo interno de cada módulo tem diâmetro externo de 6 mm e interno de 4,5 mm, e o tubo externo tem diâmetro interno de 30 mm. (Figura 3.5). Ao final da seção de aquecimento, foi instalado um tubo de retenção, de mesmo diâmetro do tubo interno do módulo de troca térmica e comprimento de 4,5 m. A área de troca térmica na seção de aquecimento totaliza 0,339 m².

Figura 3.5 – Dimensões dos tubos interno e externo do trocador de calor tubular de tubo duplo.

Um gerador de vapor (CLAYTON, modelo RO430) forneceu vapor para aquecer a água que circula na seção de aquecimento. Uma válvula solenóide (SPIRAXSARCO modelo D892DPVC) foi instalada no sistema de aquecimento e ligada a um controlador de temperatura (COEL modelo HW500), que por sua vez, foi conectado a um termopar tipo J (IOPE) instalado ao final do tubo de retenção.

A temperatura em diferentes pontos do trocador foi registrada *on-line* por meio de termopares tipo T (IOPE, modelo DM-0330), conectados em interface de aquisição de dados NATIONAL INSTRUMENTS, acoplada em PC.

O bombeamento do purê foi feito com uma bomba monofuso excêntrico (NETZSCH modelo 3NE10A), com variador de frequência (DANFOSS modelo VLT Micro).

No trocador de calor tubular, foram estudadas 10 condições distintas de temperatura e tempo de retenção, apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Condições de temperatura e tempo de retenção estudadas no trocador de calor tubular.

Condição	Tempo de retenção (s)	Temperatura de pasteurização desejada (°C)
C10	3,4	65
C11	6,5	
C12	13,1	
C13	3,3	70
C14	6,4	
C15	13,4	
C16	4,1	75
C17	5,2	
C18	7,9	
C19	12,9	

3.4. Envase asséptico e embalagem

O purê, cru e processado, foi envasado de forma asséptica, com a utilização de uma câmara de fluxo laminar (marca VECO, modelo HLFS-09M, série FL-03710), como ilustrado na Figura 3.6. O produto foi acondicionado em potes de vidro (marca VIDRARIA ANCHIETA, referência 089) de 150 mL de capacidade útil (Figura 3.7), previamente esterilizados em autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

Os purês foram armazenados em refrigerador (marca BOSCH, modelo KSR 39), a 4 °C.

Figura 3.6 – Câmara de fluxo laminar e envase asséptico do purê de manga.

Figura 3.7 – Potes de vidro utilizados para acondicionar o purê de manga.

3.5. Análises físico-químicas

Foram realizadas, no mínimo em duplicata, as seguintes análises físico-químicas no purê de manga cru e processado:

✓ pH

Medido diretamente no pH-Stat (RADIOMETER, modelo PHM-290, precisão 0,001 pH).

✓ Acidez titulável (expressa em porcentagem de ácido cítrico)

Determinada conforme metodologia descrita em AOAC (1995). A titulação das amostras foi conduzida no pH – Stat (RADIOMETER), com auto bureta ABU 901, e foi feita com solução de hidróxido de sódio 0,01 M.

✓ Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Medido em refratômetro (CARLZEISSJENA, modelo I, precisão 0,1 °Brix), com correção da temperatura (BRASIL, 2005).

✓ Teor de sólidos totais

Determinado conforme descrito em AOAC (1995) e Brasil (2005). Foram pesados 10 g de amostra em cápsula de níquel de fundo chato, com tampa. A fase líquida foi evaporada em banho maria e a amostra foi aquecida a 70 °C em estufa, sob pressão reduzida (pressão absoluta não superior a 13,33 kPa). A amostra foi resfriada em dessecador com cloreto de cálcio até temperatura ambiente e pesada. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante da amostra.

✓ Análise colorimétrica

A cor do purê foi medida em colorímetro Color Quest XE (HUNTERLAB). A escala utilizada foi a Hunter L*, a*, b* que mede as três dimensões da cor: L*, que representa o eixo da luminosidade, que vai de 0 (preto) a 100 (branco); a*, que representa o eixo vermelho-verde (valores positivos são tons de vermelho, valores negativos, tons de verde e o 0 é neutro); b*, que representa o eixo amarelo-azul (valores positivos são tons de amarelo, valores negativos, tons de azul e o 0 é neutro). O modo de medição foi o RSEX (*Reflectance-specular excluded*), no qual somente a reflectância difusa foi medida (HUNTERLAB, 2005).

3.6. Determinação do teor de ácido ascórbico

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, sob supervisão do Prof. Dr. Franco Maria Lajolo e da Dra. Maria Luiza Passanezi Araújo Gómez. Foi determinado em triplicata de acordo com método descrito por Pasternak et al. (2005), com modificações. O purê de manga foi homogeneizado com ácido metafosfórico a 6%, na proporção de 1:5 (m/v), por 1 min em um homogeneizador Polytron®, em banho de gelo. O homogeneizado foi centrifugado por 20 min a 20.000 g's a 4 °C e o sobrenadante foi filtrado em membrana Millipore de 0,45 µm. Uma alíquota de 250 µL do filtrado foi adicionada a 250 µL de ditriotritol (200 mM), em Tris 400 mM. A mistura, cujo pH aproximado era 6,5, foi então deixada em repouso por 30 min em um banho de gelo. Após este período, foram adicionados 500 µL de fase móvel (KCl 2mM, pH 2,5, com ácido o-fosfórico). As amostras foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência em cromatógrafo HP, série 1100, composto por: degaseificador (G1322A), bomba quaternária (G1311A), amostrador automático de líquidos (G1313A), compartimento para coluna com temperatura controlada (G1316A) e detector de arranjo de diodos (G1315A). Foi utilizada coluna NucleoSil 100C18 (150 × 3,9 mm), da HP. As condições de análise foram: temperatura da coluna 35 °C, fluxo 0,8 mL/min, volume de amostra injetada 10 µL e comprimento de onda de 245 nm para detecção em UV. A curva de calibração foi obtida a partir de solução de ácido ascórbico padrão, em ácido metafosfórico (6%).

3.7. Medida da atividade das enzimas

Foi determinada a atividade das enzimas peroxidase e polifenol oxidase, presentes naturalmente em mangas. Amostras do purê de manga foram coletadas antes e depois do tratamento térmico, e imediatamente refrigeradas em banho de água com gelo, até que fossem feitas a extração da enzima e a determinação da

atividade enzimática. As análises foram realizadas em triplicata.

3.7.1. Peroxidase

A atividade da peroxidase foi determinada conforme metodologia descrita por Khan e Robinson (1993). Inicialmente, foi realizada a extração da enzima e em seguida, a determinação de sua atividade em espectrofotômetro UV – VIS (FEMTO, modelo 700 PLUS) com precisão de 0,003 Absorbância/h.

- ✓ Extração da peroxidase: 10 g de purê de manga foram homogeneizados em 20 mL de solução tampão fosfato de sódio 0,01 M (pH 7,5) contendo 1% (m/v) de polivinilpirrolidona a 4 °C. O homogeneizado foi filtrado em tecido de musselina em camada dupla e centrifugado a 19000 *g*'s durante 20 min a 4 °C para remoção dos fragmentos celulares e para clarificar o extrato.
- ✓ Determinação da atividade da peroxidase: a mistura de reação foi constituída de 0,2 mL do extrato de peroxidase e 2,7 mL de H₂O₂ (0,03% em solução tampão fosfato 0,01 M, pH 6,0). A reação enzimática foi iniciada com a adição de 0,1 mL de solução de *o*-dianisidina (1 % m/v). A variação de absorbância foi medida em comprimento de onda de 460 nm a 25 °C e a atividade da peroxidase foi definida em UAbs₄₆₀.mL⁻¹.min⁻¹.

3.7.2. Polifenol oxidase

A atividade da polifenol oxidase foi determinada conforme metodologia proposta por Lima, Pastore e Lima (2001). Inicialmente, foi realizada a extração da enzima e em seguida, a determinação de sua atividade em espectrofotômetro UV – VIS (FEMTO, modelo 700 PLUS) com precisão de 0,003 Absorbância/h.

Extração da polifenol oxidase: 10 g de purê de manga e 20 mL de solução tampão fosfato de potássio 0,025 M (pH 7,5) foram homogeneizados durante 3 minutos, a 4°C. A mistura foi então centrifugada a 11000 *g*'s, durante 15 min a 0°C, e o sobrenadante foi mantido a 4°C.

- ✓ Determinação da atividade da polifenol oxidase: a mistura de reação foi constituída de 0,1 mL do extrato de polifenol oxidase, 1,2 mL de substrato catecol 0,015 M em solução tampão fosfato de potássio 0,025 M (pH 7,0) e 1,7 mL da mesma solução tampão fosfato de potássio 0,025 M (pH 7,0). A variação de absorbância foi medida em comprimento de onda de 420 nm, a 25 °C e a atividade da polifenol oxidase foi definida em $\text{UAbs}_{420} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

3.8. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, sob supervisão da Profas. Dras. Mariza Landgraf e Thereza Christina Vessoni Penna, e das técnicas Kátia Leani de Oliveira Souza e Irene Machoshvili.

As contagens de mesófilos, psicrotróficos, termófilos e de bolores e leveduras foram feitas em duplicata, em 5 diluições decimais subseqüentes. Foram utilizados como diluentes: água peptonada 0,1 % ou solução fisiológica 0,85 %.

3.8.1. Contagem de mesófilos, psicrotróficos e termófilos

Para contagem dos microrganismos mesófilos, psicrotróficos e termófilos foi utilizado ágar para contagem padrão (*Standard Plate Count Agar*), seguindo metodologia de Brackett e Splittstoesser (2001) e Cousin, Jay e Vasavada (2001). Para mesófilos e termófilos, foi aplicado o método *pour plate* e as placas foram incubadas a 35 – 37 °C por 48 horas para mesófilos e a 60 °C por 48 horas para termófilos; para psicrotróficos, o método utilizado foi o *spread plate* e as placas foram incubadas a 5 – 7 °C por 10 dias.

3.8.2. Contagem de esporos mesófilos e termófilos

Para a contagem de esporos mesófilos, foram transferidos 5 mL da diluição 10^{-1} para um tubo estéril provido de tampa de rosca, sendo este introduzido em banho térmico a 80°C por 10 min. Para os esporos termófilos, outros 5 mL da diluição 10^{-1} foram transferidos para outro tubo estéril provido de tampa de rosca, sendo este introduzido em banho térmico a 100°C durante 20 min. Decorridos os tempos de exposição, os tubos foram retirados e transferidos imediatamente para um banho de gelo. Após o resfriamento dos tubos, foram transferidas alíquotas para placas de Petri e adicionados cerca de 20 mL de *Standard Plate Count Agar*, a 45°C, em cada placa. Após a solidificação do ágar, as placas foram incubadas a 35°C durante 48 horas, para os esporos mesófilos, e a 60°C durante 48 horas, para os esporos termófilos.

3.8.3. Contagem de bolores e leveduras

Para contagem de bolores e leveduras foi utilizado o ágar DRBC (*Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol*), seguindo método de *spread plate*. As placas foram incubadas no escuro a 25 °C por 5 dias (BEUCHAT; COUSIN, 2001).

3.8.4. Contagem do número mais provável (NMP) de coliformes a 45 °C

Para determinação do NMP, foi utilizado o método descrito por Kornacki e Johnson (2001). Para cada amostra, foram analisadas 5 diluições decimais subseqüentes, em triplicata. Os meios de cultura utilizados foram o caldo lauril sulfato triptose (LST) e o caldo EC. Para confirmação da presença de *Escherichia coli*, foi utilizado ágar Levine para obtenção de colônias isoladas, e a confirmação bioquímica das colônias suspeitas foi feita por meio da série IMViC (prova do indol, do vermelho de metila, de Voges-Proskauer e do citrato).

3.8.5. Ausência/presença de *Salmonella*

A ausência ou presença de *Salmonella* foi determinada conforme metodologia descrita por Andrews et al. (2001). Os meios de cultura utilizados foram o caldo lactosado (para pré-enriquecimento) e os caldos tetracionato e Rappaport-Vassiladis (RV), para enriquecimento. A semeadura foi feita em ágar Hektoen-enteric (HE) e ágar Rambach, a fim de obter colônias isoladas.

3.9. Medidas reológicas

Para determinar os parâmetros reológicos do purê de manga, foi utilizado reômetro digital marca BROOKFIELD, modelo RVT III, com geometria de cilindros concêntricos, o spindle 28 e o acessório *small sample adapter*. A tensão de cisalhamento foi obtida em função da taxa de cisalhamento, que variou de 2,8 a 70,0 s^{-1} . Nos ensaios, inicialmente a taxa de cisalhamento variou de forma crescente, com incremento de 2,8 s^{-1} a cada 10 segundos até o valor máximo de 70,0 s^{-1} . Em seguida, houve variação decrescente de velocidade, com redução de 2,8 s^{-1} a cada 10 segundos. Durante a aquisição dos dados, um *chiller* mantinha a temperatura da amostra constante em 10 °C.

3.10. Análise sensorial

Foi realizado teste de aceitação com o purê de manga, no qual provadores não treinados, recrutados entre alunos e funcionários da Escola Politécnica da USP, avaliaram a cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade de forma geral dos purês de manga. Aproximadamente 30 mL de cada purê foram servidos aos provadores (no mínimo 25 em cada dia de análise) em copos plásticos brancos, codificados com algarismos de três dígitos (Figura 3.8). As amostras foram servidas de forma randômica e a avaliação foi feita em cabines individuais, com luz branca (Figura 3.9).

Na ficha de avaliação, apresentada na Figura 3.10, foi utilizada escala hedônica híbrida, seguindo metodologia de Villanueva; Petenate e da Silva (2005).

Figura 3.8. Amostra de purê de manga servida aos provadores na análise sensorial do produto.

Figura 3.9. Cabines individuais utilizadas na análise sensorial.

Nome: _____ Idade: _____

Você está recebendo uma amostra de purê de manga. Siga a sequência de atributos a serem avaliados e marque com um "X" na escala o lugar (inclusive entre os pontos) que melhor representa o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo.

Amostra nº _____

1. COR

2. AROMA

3. SABOR

4. TEXTURA

5. DE UMA FORMA GERAL, o quanto você gostou deste purê:

COMENTÁRIOS: _____

OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO!

Figura 3.10. Ficha de avaliação da análise sensorial do purê de manga.

3.11. Análise estatística

Os resultados obtidos (físico-químicos, sensoriais e reológicos) foram analisados por meio de ANOVA (análise de variância), sendo o tempo de armazenamento e a condição de pasteurização os fatores de variação. Foi utilizado programa estatístico Statgraphics v. 4.0 (Manugistics®), no intervalo de confiança de 95 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Etapa 1

4.1.1. *Processamento contínuo em trocador de calor a placas*

Foram realizados três ensaios de processamento contínuo de purê de manga em trocador de calor a placas. Em cada ensaio, foram estudadas três condições distintas de temperatura e tempo de retenção, totalizando nove diferentes condições de processo. A quantidade de manga e as características físico-químicas do purê são apresentadas nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente. A Tabela 4.3 apresenta as condições de temperatura e tempo de cada ensaio e os resultados da análise da atividade da peroxidase no purê, antes e depois de cada condição de tratamento térmico.

Tabela 4.1 – Quantidade de mangas processadas em cada ensaio em trocador de calor a placas.

	Massa das mangas (g)	Massa de purê (g)	Rendimento (%)
Ensaio 1	16.675,5	8.358,8	50,1
Ensaio 2	16.078,0	8.068,0	50,2
Ensaio 3	18.578,8	9.640,3	51,9

Nos três ensaios foram obtidos rendimentos semelhantes, de cerca de 50%. O rendimento obtido com as mangas da variedade Palmer foi muito próximo aos obtidos com mangas Espada e Bourbon, de 45,6 e 47,7%, respectivamente (KATO et al., 1976). Segundo Piñera et al. (1995), um rendimento de 50% é o mínimo recomendado para polpas de manga.

Tabela 4.2 – Características físico-químicas do purê de manga cru utilizado em cada ensaio em trocador de calor a placas (valores médios de três medidas).

	pH ¹	Acidez titulável ²	Sólidos solúveis ³	Sólidos totais (%)
Ensaio 1	4,43 ± 0,01	0,21 ± 0,00	13,4 ± 0,0	15,7 ± 0,0
Ensaio 2	4,47 ± 0,01	0,21 ± 0,00	12,6 ± 0,0	15,1 ± 0,0
Ensaio 3	4,48 ± 0,01	0,22 ± 0,00	14,0 ± 0,0	16,7 ± 0,0

¹pH após acidificação do purê de manga com ácido cítrico

²Expresso em porcentagem de ácido cítrico

³Expresso em °Brix

Os teores de sólidos totais variaram entre 15,1 e 16,7 % enquanto os de sólidos solúveis variaram entre 12,6 e 14,0 °Brix. Estes resultados foram menores que os descritos por Carvalho et al. (2004) para mangas da mesma variedade: 20,37% e 17,9 °Brix, respectivamente. Já os valores de pH, entre 4,43 e 4,48, foram superiores aos dos mesmos autores: 4,16.

Tabela 4.3 – Condições de temperatura e tempo de retenção dos ensaios conduzidos em trocador de calor a placas, atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê de manga.

Condição	Vazão volumétrica (m ³ .s ⁻¹)	Tempo de retenção (s)	Temperatura ¹ (°C)	Atividade da peroxidase (UAbs ₄₆₀ .mL ⁻¹ .min ⁻¹)	Atividade residual ² (%)
Ensaio 1 – Temperatura de processo desejada: 75 °C					
Amostra crua	-	-	-	0,43 ± 0,02	100,0
C1	2,7E-06	28,6	73,9 ± 0,4	0,10 ± 0,01	24,4
C2	2,1E-06	36,6	75,3 ± 1,1	0,02 ± 0,00	4,1
C3	1,5E-06	51,7	73,9 ± 0,4	0,03 ± 0,01	6,7
Ensaio 2 – Temperatura de processo desejada: 80°C					
Amostra crua	-	-	-	0,57 ± 0,02	100,0
C4	1,4E-06	53,9	81,2 ± 1,5	Não foi observada atividade	
C5	7,3E-07	103,5	79,2 ± 0,6	Não foi observada atividade	
C6	6,0E-07	125,5	78,2 ± 0,7	Não foi observada atividade	
Ensaio 3 – Temperatura de processo desejada: 85 °C					
Amostra crua	-	-	-	0,60 ± 0,12	100,0
C7	2,5E-06	30,8	86,0 ± 0,6	Não foi observada atividade	
C8	1,9E-06	40,7	85,9 ± 0,3	Não foi observada atividade	
C9	1,7E-06	44,8	85,9 ± 0,5	Não foi observada atividade	

¹Temperatura na saída do tubo de retenção

²Em relação à atividade inicial da enzima do purê de manga

Pode ser observado que as vazões volumétricas estudadas foram muito baixas, principalmente as vazões das condições C5 e C6. Segundo Lewis e Heppell (2000), quando o trocador de calor a placas é utilizado para o tratamento térmico de líquidos com fragmentos celulares ou fibras (caso dos sucos de frutas), pode haver acúmulo destas fibras, o que levaria ao bloqueio do canal de escoamento do produto. De fato, apesar de parte das fibras das mangas terem sido retiradas durante o despulpamento, foi observado acúmulo do produto em algumas partes das placas do trocador, o que confirmou que houve entupimento do canal de escoamento do purê, resultando assim em tempos de retenção muito altos, ou seja, vazões volumétricas muito baixas. A fim de evitar o acúmulo de fibras nas placas,

uma bomba de maior potência foi testada; no entanto, houve um aumento da pressão do purê de manga entre as placas do trocador, o que resultou em um grande vazamento de produto entre elas.

Quanto às análises enzimáticas, a atividade da peroxidase do purê de manga cru variou de 0,43 a 0,60 UAbs/mL.min. Estes resultados são muito inferiores aos descritos por Azevedo e Pastore (2004) para mangas da variedade Tommy Atkins (4,150 Abs/mL.min) e por Khan e Robinson (1993) para mangas da variedade Chaunsa (3,5 Abs/mL.min). Em relação aos tratamentos térmicos, foi observada redução significativa de atividade em todas as condições, sendo que a menor atividade residual observada da enzima foi de 4,1 %, na condição C2 em que a temperatura na saída do tubo de retenção foi de 75,3 °C e o tempo de retenção de 36,6 s. Nos tratamentos térmicos realizados em temperaturas iguais ou superiores a 78 °C (condições C4 a C9), não foi observada atividade enzimática, dentro da precisão do método empregado.

Os resultados obtidos com o trocador de calor a placas indicaram a necessidade de realizar novos ensaios em temperaturas mais baixas. As dificuldades enfrentadas durante os ensaios também indicaram que a utilização do trocador de calor a placas de bancada (ARMFIELD modelo FT43A) para o tratamento térmico do purê de manga era inviável. Com isso, os ensaios contínuos passaram a ser realizados em trocador de calor tubular. Segundo Lewis e Heppell (2000) os trocadores tubulares, por apresentarem canais de escoamento relativamente largos em comparação aos trocadores a placas, podem ser utilizados para líquidos de alta viscosidade ou que contém grandes quantidades de polpa, fibras ou mesmo sólidos particulados. No entanto, a área de transferência de calor é menor em relação ao volume de líquido no equipamento e com isso, a taxa de transferência de calor também é menor.

4.1.2. Processamento contínuo em trocador de calor tubular

Foram realizados três ensaios de processamento contínuo de purê de manga em trocador de calor tubular. Em cada ensaio, foram estudadas três (ou quatro) condições distintas de temperatura e tempo de retenção, totalizando 10 diferentes condições de processo. A quantidade de manga e as características físico-químicas do purê são apresentadas nas Tabelas 4.4 e 4.5, respectivamente. A Tabela 4.6 apresenta as condições de temperatura e tempo de cada ensaio e os resultados da análise da atividade da peroxidase no purê de manga, antes e depois do tratamento térmico.

Tabela 4.4 – Quantidade de mangas processadas em cada ensaio em trocador de calor tubular.

	Massa das mangas (g)	Massa de purê (g)	Rendimento (%)
Ensaio 4	42.794,3	20.553,4	48,0
Ensaio 5	37.738,3	20.947,2	55,5
Ensaio 6	39.025,2	21.219,0	54,4

Assim como nos ensaios 1 a 3, os rendimentos obtidos foram próximos de 50 %. O ensaio 4 apresentou um menor rendimento devido ao maior descarte de frutas deterioradas do lote.

Tabela 4.5 – Características físico-químicas do purê de manga cru utilizado em cada ensaio em trocador de calor tubular (valores médios de três medidas).

	pH ¹	Acidez titulável ²	Sólidos solúveis ³	Sólidos totais (%)
Ensaio 4	4,32 ± 0,01	0,22 ± 0,00	18,3 ± 0,2	18,9 ± 0,0
Ensaio 5	4,36 ± 0,01	0,24 ± 0,01	18,3 ± 0,2	19,3 ± 0,0
Ensaio 6	4,40 ± 0,04	0,22 ± 0,00	17,1 ± 0,0	18,0 ± 0,1

¹pH após acidificação do purê de manga com ácido cítrico

²Expresso em porcentagem de ácido cítrico

³Expresso em °Brix

Os teores de sólidos solúveis e totais dos purês utilizados nos ensaios 4, 5 e 6 foram superiores aos dos purês utilizados nos ensaios anteriores; no entanto, ainda foram inferiores aos valores descritos em literatura. Já os valores de pH, apesar de inferiores aos dos ensaios anteriores, ainda foram superiores aos valores descritos por Carvalho et. al (2004).

Tabela 4.6 – Condições de temperatura e tempo de retenção dos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular, atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê de manga.

Condição	Vazão volumétrica (m ³ .s ⁻¹)	Tempo de retenção (s)	Temperatura ¹ (°C)	Atividade da peroxidase (UAbs ₄₆₀ .mL ⁻¹ .min ⁻¹)	Atividade residual ² (%)
Ensaio 4 – Temperatura de processo desejada: 65 °C					
Amostra crua	-	-	-	0,37 ± 0,01	100,0
C10	1,46E-05	3,4	65,3 ± 0,3	0,27 ± 0,01	73,0
C11	7,58E-06	6,5	64,7 ± 0,5	0,26 ± 0,01	71,6
C12	3,75E-06	13,1	64,6 ± 0,5	0,15 ± 0,02	39,2
Ensaio 5 – Temperatura de processo desejada: 70 °C					
Amostra crua	-	-	-	0,66 ± 0,03	100,0
C13	1,49E-05	3,3	70,1 ± 0,2	0,52 ± 0,02	78,0
C14	7,61E-06	6,4	69,3 ± 0,2	0,48 ± 0,03	73,2
C15	3,65E-06	13,4	69,6 ± 0,1	0,06 ± 0,01	8,6
Ensaio 6 – Temperatura de processo desejada: 75 °C					
Amostra crua	-	-	-	0,38 ± 0,04	100,0
C16	1,21E-05	4,1	77,2 ± 0,8	0,04 ± 0,00	10,5
C17	9,33E-06	5,2	76,2 ± 1,4	0,06 ± 0,00	14,9
C18	6,17E-06	7,9	75,0 ± 1,1	0,02 ± 0,00	4,3
C19	3,78E-06	12,9	75,3 ± 1,1	Não foi observada atividade	

¹Temperatura na saída do tubo de retenção

²Em relação à atividade inicial da enzima do purê de manga

A atividade da peroxidase das amostras cruas foi muito semelhante à atividade das amostras do purê utilizado nos ensaios 1 a 3, ou seja, foi observada uma baixa atividade enzimática, quando comparada aos valores descritos na literatura. Quanto às amostras após o tratamento térmico, em todas as condições estudadas, com exceção da C19, a atividade da peroxidase ainda pode ser detectada, sendo que na condição C18 foi observada a menor atividade residual da enzima: 4,3 %. A Figura 4.1 mostra exemplos de curvas de atividade da peroxidase, obtidas para a amostra crua e para o purê após tratamento térmico (condição C14).

Figura 4.1 – Exemplos de curvas obtidas de atividade inicial da peroxidase e atividade residual da enzima após o tratamento térmico (condição C14) do purê de manga.

4.1.3. Cálculo dos parâmetros D e z para peroxidase

Os parâmetros D e z foram calculados a partir da velocidade máxima do purê de manga e nos cálculos apresentados a seguir, foram considerados os resultados obtidos com o trocador de calor tubular.

Como mencionado anteriormente, a velocidade da partícula mais rápida do fluido ($v_{\text{máx}}$) é dada por:

$$v_{\text{máx}} = \frac{(3n + 1)}{n + 1} v_{\text{méd}} \quad \text{Equação 2.6}$$

E o tempo de residência mínimo, da partícula mais rápida do fluido, pode ser calculado da seguinte forma (Equação 2.7):

$$t_{\text{mín}} = \frac{L}{v_{\text{máx}}} \quad \text{Equação 2.7}$$

A partir do tempo de residência mínimo, foi calculado um tempo equivalente (t_{equiv}), em função da temperatura de saída do tubo de retenção (T), de uma temperatura de referência (T_{ref}) e do valor de z (Equação 4.1) (TAJCHAKAVIT; RAMASWAMY, 1997).

$$t_{\text{equiv}} = \int_0^{t_{\text{mín}}} 10^{T - T_{\text{ref}}/z} dt \quad \text{Equação 4.1}$$

Para o cálculo da velocidade máxima, foi adotado n (índice de comportamento) igual a 0,3 (DAK; VERMA; SHARMA, 2006; MANOHAR; RAMAKRISHNA; RAMTEKE, 1990; ROY; JOSHI; NATH, 1997; SUGAI, 2002). Para cada ensaio (4, 5 e 6) foi considerada como temperatura de referência a maior temperatura dentre aquelas da saída do tubo de retenção (T). Como exemplo, no ensaio 4, a temperatura de referência adotada foi de 65,3 °C, pois foi a maior temperatura registrada dentre as condições C10, C11 e C12. O valor de z inicial adotado foi 10 °C e os tempos equivalentes calculados são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Temperatura na saída do tubo de retenção, velocidade máxima ($v_{\text{máx}}$), tempo de residência mínimo ($t_{\text{mín}}$) e tempo equivalente (t_{equiv}) do purê de manga submetido a tratamento térmico em trocador de calor tubular.

Condição	Temperatura na saída do tubo de retenção (T) (°C)	Velocidade máxima ($v_{\text{máx}}$) (m.s ⁻¹)	Tempo de residência mínimo ($t_{\text{mín}}$) (s)	t_{equiv} (s)
<i>Ensaio 4 – Temperatura de referência (T_{ref}): 65,3 °C</i>				
C10	65,3 ± 0,3	1,34	3,4	3,4
C11	64,7 ± 0,5	0,70	6,5	5,9
C12	64,6 ± 0,5	0,34	13,1	11,7
<i>Ensaio 5 – Temperatura de referência (T_{ref}): 70,1 °C</i>				
C13	70,1 ± 0,2	1,37	3,3	3,3
C14	69,3 ± 0,2	0,70	6,4	5,7
C15	69,6 ± 0,1	0,34	13,4	12,4
<i>Ensaio 6 – Temperatura de referência (T_{ref}): 77,2 °C</i>				
C16	77,2 ± 0,8	1,11	4,1	4,1
C17	76,2 ± 1,4	0,86	5,2	4,5
C18	75,0 ± 1,1	0,57	7,9	5,6

Com os valores de tempo equivalente (t_{equiv}) e da atividade inicial e residual da peroxidase após cada condição de tratamento térmico, valores de D para cada temperatura de referência foram calculados por regressão linear (Figura 4.2). Obtidos os valores de D, o valor de z também pode ser obtido por regressão linear (Figura 4.3). Os valores de D e z obtidos nos cálculos são apresentados na Tabela 4.8.

Figura 4.2 – Atividade residual da peroxidase de purê de manga em função do tempo equivalente.

Figura 4.3 – Valores de D da peroxidase em purê de manga em função da temperatura.

Tabela 4.8 – Valores de D e z para a peroxidase de purê de manga, calculados a partir da velocidade máxima, e valores de D e z para a peroxidase de suco de manga encontrados em literatura.

Temperatura (°C)	D (s)	R ²	z (°C)	Referência
65,3	30,0	0,96	14,3 (R ² = 1,00)	Este estudo
70,1	13,7	0,84		
77,2	4,4	0,95		
75	284,3			Rosenthal,
80	128,6		10,68	Domingues e
85	32,94			Slongo (2002)

Pode ser observado que os valores de D e z obtidos neste estudo são muito inferiores aos citados por Rosenthal, Rodrigues e Slongo (2002). No entanto, é importante destacar que os dados descritos pelos autores são referentes à peroxidase de suco de manga (preparado com água e açúcar) da variedade Ubá ou Carlotinha, ou seja, existem diferenças na formulação dos produtos e nas variedades utilizadas.

4.1.4. Polifenol oxidase

As amostras do purê cru e após tratamento térmico foram analisadas quanto à atividade da enzima polifenol oxidase. Os resultados obtidos, no entanto, foram incoerentes.

Não houve reprodutibilidade dos resultados: amostras de um mesmo purê apresentaram atividades enzimáticas completamente distintas. Dois fatos inesperados também foram observados: algumas amostras de purê cru apresentaram atividade muito baixa e a reação enzimática demorou a ocorrer (Figura 4.4).

Possíveis explicações para estes resultados são a inadequação da metodologia empregada ou problemas na execução da mesma. Algumas alterações na metodologia foram testadas, como a adição de um inibidor de protease (benzamidina), mas não surtiram efeito. Segundo Zawistowski, Biliaderis e Eskin

(1991) realmente existem dúvidas a respeito da confiabilidade das metodologias empregadas para determinar a atividade da polifenol oxidase, uma vez que a formação de moléculas poliméricas complexas pode interferir na análise da medida da atividade enzimática.

Figura 4.4 – Exemplo de curva de atividade da polifenol oxidase de amostra de purê de manga cru.

4.1.5. Análise microbiológica do purê de manga

O purê de manga foi novamente processado na condição de temperatura e tempo em que não foi observada atividade da peroxidase (C19), para avaliação microbiológica do produto processado. O tratamento térmico foi conduzido nas seguintes condições: temperatura na saída do tubo de retenção igual a $(76,8 \pm 0,8) ^\circ\text{C}$ e tempo de retenção igual a 13,5 s. As Tabelas 4.9 e 4.10 apresentam, respectivamente, os resultados das análises físico-químicas, enzimáticas e microbiológicas realizadas no purê de manga.

Tabela 4.9 – Características físico – químicas do purê de manga, atividade inicial da peroxidase na amostra crua e atividade residual da enzima após tratamento térmico do purê em trocador de calor tubular (76,8 °C por 13,5 s).

pH ¹	4,24 ± 0,04
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,30 ± 0,00
Sólidos totais (%)	17,3 ± 0,0
Sólidos solúveis (°Brix)	15,8 ± 0,6
Atividade da peroxidase no purê cru (Uabs ₄₆₀ .mL ⁻¹ .min ⁻¹)	0,38 ± 0,04
Atividade da peroxidase no purê após tratamento térmico	Não observada

¹pH após acidificação do purê de manga com ácido cítrico.

Tabela 4.10 – Contagem de microrganismos (UFC/g) do purê de manga, antes e depois do tratamento térmico.

Microrganismo	Antes do tratamento térmico	Após o tratamento térmico
Mesófilos	1,45 × 10 ⁴	20
Termófilos	< 10*	< 10
Psicrotróficos	6,3 × 10 ²	< 10
Esporos Mesófilos	< 10	< 10
Esporos Termófilos	< 10	< 10
Bolores e leveduras	6,7 × 10 ²	< 10

* <10 refere-se à ausência de unidades formadoras de colônia na diluição 1:10 da amostra.

Os resultados das análises microbiológicas indicaram a presença de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e de bolores e leveduras no purê cru. Após o tratamento térmico, houve redução destes microrganismos, sendo que a presença de psicrotróficos e de bolores e leveduras não foi mais detectada.

Foi observada pequena presença de mesófilos no purê após tratamento térmico (20 UFC/g). Para efeito de comparação, quando a deterioração de um alimento é causada pelo crescimento de microrganismos, que levam a alterações organolépticas perceptíveis ao consumidor, as contagens de microrganismos são superiores a 10⁶ UFC/g no alimento (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Por fim, deve ser destacado que as contagens de bolores e leveduras, tanto no purê cru como no purê após tratamento térmico, foram menores que os limites estabelecidos pela legislação brasileira, ou seja, 5 × 10³ para polpa *in natura* e

2×10^3 para polpa com tratamento térmico (BRASIL, 2001). Para os demais microrganismos, não existem limites estabelecidos pela legislação.

4.2. Etapa 2

Nesta etapa, foram selecionadas duas condições de pasteurização da etapa anterior para determinação da vida de prateleira do purê de manga. As condições escolhidas foram C15 (69,6 °C por 13,4 s) e C19 (75,3 °C por 12,9 s), que nesta etapa foram denominadas de P1 e P2, respectivamente. A C19 foi selecionada pois nesta condição não foi observada atividade da peroxidase após o tratamento térmico. Já a C15 foi selecionada por apresentar uma baixa atividade residual da enzima (8,6 %) e por ter o mesmo tempo de retenção da condição C19. Assim, seria possível comparar o efeito da atividade residual da enzima na qualidade do produto ao longo da vida de prateleira.

4.2.1. Fase 1 – Avaliação da estabilidade microbiológica do purê de manga

Para avaliação da estabilidade microbiológica, foram utilizados aproximadamente 6.500,0 g de purê de manga. Foram armazenados sob refrigeração 42 potes de purê de 150 g cada, sendo 14 de cada condição (cru, P1 e P2). A Tabela 4.11 apresenta as condições de temperatura de pasteurização e tempo de retenção aplicados nos ensaios P1 e P2.

Tabela 4.11 – Temperatura de pasteurização e tempo de retenção aplicados nos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular para avaliação da estabilidade microbiológica do purê de manga.

Condição	Temperatura na saída do tubo de retenção (°C)	Vazão volumétrica (m ³ .s ⁻¹)	Tempo de retenção (s)
P1 (C15)	70,4 ± 0,6	3,63E-06	13,5
P2 (C19)	75,4 ± 0,6	3,63E-06	13,5

Análises microbiológicas

Pesquisa de *Salmonella* sp e contagens de microrganismos mesófilos, psicotróficos, coliformes fecais e bolores e leveduras foram realizadas a fim de monitorar a qualidade microbiológica dos purês durante o armazenamento refrigerado (Tabela 4.12).

Os resultados indicaram que os maiores contaminantes do purê de manga cru foram os microrganismos mesófilos e bolores e leveduras, confirmando os resultados obtidos na etapa anterior. Segundo Hatcher Jr. et al (2001), os microrganismos deteriorantes mais comuns de sucos de frutas não pasteurizados são os microrganismos acidúricos e as leveduras.

Os resultados obtidos neste trabalho da contagem de microrganismos mesófilos em purê de manga cru são similares aos obtidos por O'Connor-Shaw et al. (1995). Os autores, ao analisarem purês não pasteurizados de quatro diferentes processadores, observaram que a contagem total de bactérias mesófilas variava de 3×10^3 a $5,6 \times 10^5$ UFC/g.

No presente estudo, o purê cru foi analisado até a 5ª semana de armazenamento, quando a contagem de mesófilos ultrapassou 10^6 UFC/g (FRANCO; LANDGRAF, 1996) e a contagem de bolores e leveduras estava muito próxima do valor limite estabelecido pela legislação brasileira, de 2×10^3 UFC/g. Além disso, a deterioração do produto era evidente, com comprometimento de sua textura (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Deterioração do purê de manga cru, após 5 semanas de armazenamento refrigerado.

Ambas as condições de pasteurização, P1 e P2, foram eficazes na redução das contagens microbianas, apesar das baixas temperaturas de pasteurização (70 e 75 °C). Os purês pasteurizados apresentaram estabilidade microbiológica durante 20 semanas de armazenamento refrigerado e os resultados obtidos indicaram que a vida de prateleira do purê de manga pode ser ainda maior.

Tanto na amostra crua como nos purês pasteurizados não foi detectada a presença de *Salmonella* sp.

Análises físico-químicas

A Tabela 4.13 apresenta as características físico-químicas dos purês de manga nas 20 semanas de armazenamento refrigerado. Todas as características foram influenciadas significativamente pelo tempo de armazenamento. O pH dos purês diminuiu durante o período; no purê cru, diferença significativa foi observada após 5 semanas e para os dois purês pasteurizados, após 17 semanas de armazenamento.

O teor de sólidos totais dos purês pasteurizados também diminuiu com o tempo: após 20 semanas, a redução foi de aproximadamente 4 %. Falade et al. (2004) observaram redução de 10,69 % de sólidos totais de suco de manga da variedade Ogbomoso após 12 semanas de armazenamento a temperatura ambiente.

Embora a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis tenham sido influenciados significativamente pelo tempo de armazenamento, não foi observada tendência de aumento ou diminuição ao longo do tempo.

Exceto pela acidez titulável, não foram observadas diferenças significativas entre os purês cru e pasteurizados após 5 semanas de armazenamento. Após este período, quando somente os purês pasteurizados foram analisados, não foram observadas diferenças significativas devido à condição de pasteurização (P1 ou P2), exceto no teor de sólidos solúveis após 8 semanas e na acidez titulável após 20 semanas de armazenamento.

Como observado por outros autores, o tempo de armazenamento teve influência significativa no teor de ácido ascórbico. Foi observada uma rápida diminuição no início do armazenamento. Após 2 semanas, a perda de vitamina variou de 24 a 29 % e após 20 semanas, o teor de ácido ascórbico diminuiu 45 e 44 %, nos purês P1 e P2, respectivamente. Também foi observado que após 12 semanas de armazenamento, a condição de pasteurização (P1 ou P2) não influenciou significativamente o teor de vitamina. Brunini, Durigan e Oliveira (2002) observaram uma redução de 71 % da vitamina após 26 semanas de armazenamento a - 18 °C. Já em estudo de Falade et al. (2004), a perda da vitamina foi de apenas 16 % em sucos de manga armazenados a temperatura ambiente, por 12 semanas. Neste estudo foi observado que a maior perda de

vitamina ocorreu somente após 6 semanas de armazenamento.

Em relação à peroxidase, a atividade da enzima na amostra crua foi de $(0,35 \pm 0,02)$ $\text{UAbs}_{460} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ na semana inicial e de $(0,30 \pm 0,02)$ $\text{UAbs}_{460} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ na 5ª semana de armazenamento refrigerado. Já nos purês pasteurizados, não foi observada atividade residual da enzima ao longo das 20 semanas de armazenamento refrigerado. Como a peroxidase é uma das enzimas mais termo resistentes, é pouco provável que outras enzimas, como a polifenol oxidase que causa escurecimento em produtos de manga, tenha permanecido ativa. Deve ser observado que nesta etapa do trabalho, as duas condições de pasteurização P1 e P2 tiveram o mesmo efeito sobre a atividade da peroxidase. Como mencionado anteriormente, estas duas condições foram selecionadas por apresentarem diferentes efeitos sobre a atividade residual da enzima. Como o resultado foi o mesmo, não foi possível comparar os resultados obtidos em função da atividade residual da enzima.

Tabela 4.13 – Características físico-químicas do purê de manga em 20 semanas de armazenamento refrigerado.

Tempo (semanas)	0	2	5	8	12	17	20	DMS
pH								
Amostra crua	4,33 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,25 ^{Ab}	-	-	-	-	0,04
P1	4,34 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,29 ^{Aa}	4,33 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,08 ^{Ab}	4,07 ^{Ab}	0,11
P2	4,37 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,32 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,29 ^{Aa}	4,08 ^{Ab}	4,07 ^{Ab}	0,09
DMS	0,11	0,01	0,11	0,05	0,04	0,22	0,04	-
Acidez titulável (% ácido cítrico)								
Amostra crua	0,36 ^{Ab}	0,37 ^{Ab}	0,42 ^{Aa}	-	-	-	-	0,02
P1	0,35 ^{Bc}	0,36 ^{Bc}	0,37 ^{Bb}	0,39 ^{Aa}	0,35 ^{Ac}	0,32 ^{Ae}	0,33 ^{Bd}	0,01
P2	0,35 ^{Bcd}	0,36 ^{Bbc}	0,37 ^{Bb}	0,39 ^{Aa}	0,36 ^{Abcd}	0,31 ^{Ae}	0,34 ^{Ad}	0,02
DMS	0,01	0,11	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	-
Sólidos totais (%)								
Amostra crua	19,10 ^{Aa}	19,12 ^{Aa}	19,05 ^{Aa}	-	-	-	-	0,09
P1	19,13 ^{Aa}	19,16 ^{Aa}	19,09 ^{Aab}	18,93 ^{Aab}	18,69 ^{Abc}	18,45 ^{Ac}	18,23 ^{Ad}	0,40
P2	19,11 ^{Aa}	19,14 ^{Aa}	19,06 ^{Aa}	18,96 ^{Aa}	18,64 ^{Ab}	18,31 ^{Ac}	18,29 ^{Ac}	0,19
DMS	0,15	0,07	0,27	0,20	0,29	0,70	0,19	-
Sólidos solúveis (°Brix)								
Amostra crua	17,4 ^{Aa}	17,2 ^a	17,4 ^{Aa}	-	-	-	-	0,8
P1	17,4 ^{Aab}	17,2 ^{ab}	17,3 ^{Aab}	17,2 ^{Bb}	17,6 ^{Aa}	17,4 ^{ab}	17,6 ^a	0,4
P2	17,2 ^{Abc}	17,2 ^{bc}	17,1 ^{Ac}	17,4 ^{Ab}	17,3 ^{Ab}	17,4 ^b	17,6 ^a	0,2
DMS	1,0	-	0,3	0,0	0,4	-	-	-
Ácido ascórbico (mg/100 g)								
Amostra crua	55,02 ^{Aa}	41,05 ^{Ab}	41,19 ^{Ab}	-	-	-	-	2,81
P1	55,88 ^{Aa}	39,88 ^{ABb}	36,44 ^{Bbc}	30,51 ^{Ac}	28,12 ^{Ad}	27,38 ^{Ad}	30,71 ^{Ac}	5,96
P2	51,20 ^{Ba}	38,66 ^{Bb}	37,05 ^{Bb}	28,15 ^{Bc}	30,98 ^{Ac}	28,04 ^{Ac}	28,76 ^{Ac}	5,06
DMS	2,37	2,30	1,03	1,78	4,90	7,59	7,19	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

A Tabela 4.14 apresenta os valores de L^* , a^* e b^* dos purês de manga nas 20 semanas de armazenamento refrigerado. ANOVA indicou que o tempo de armazenamento influenciou significativamente todos os parâmetros de cor. Foi observada uma discreta diminuição dos valores de L^* e a^* com o aumento do tempo de armazenamento. Falade et al. (2004) estudaram as alterações de cor de suco de manga das variedades Julie e Ogbomoso, durante armazenamento a temperatura ambiente e também observaram diminuição dos valores de L^* . Segundo os autores, isso ocorreu devido ao escurecimento não enzimático dos sucos de manga.

Foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros de cor do purê cru e dos pasteurizados, quando analisados imediatamente após a pasteurização (semana 0). Os valores de L^* e a^* dos purês pasteurizados eram menores que os do purê cru, o que significa que os purês pasteurizados eram mais escuros. Provavelmente, esta diferença de coloração é devida ao escurecimento não enzimático, ocorrido durante a pasteurização dos purês. A condição de pasteurização (P1 ou P2) afetou significativamente os parâmetros de cor, exceto o valor L^* no primeiro dia de análises (semana 0) e após 5 semanas de armazenamento, e o valor b^* , após 12 semanas. Em todos os outros casos, foi observado que os valores de L^* , a^* e b^* do purê pasteurizado a 70 °C (condição P1) eram inferiores aos do purê pasteurizado a 75 °C. Deve ser ressaltado que, apesar da análise estatística indicar diferenças significativas, os valores de L^* , a^* e b^* encontrados para as duas condições de pasteurização são muito próximos.

Tabela 4.14 – Parâmetros de cor (HunterLab) do purê de manga em 20 semanas de armazenamento refrigerado.

Tempo (semanas)	0	5	8	12	17	20	DMS
L*							
Amostra crua	51,03 ^{Aa}	46,72 ^{Ab}	-	-	-	-	0,77
P1	48,22 ^{Ba}	46,80 ^{Ab}	43,87 ^{Bd}	44,09 ^{Bd}	43,91 ^{Bd}	45,55 ^{Bc}	0,59
P2	47,34 ^{Ba}	46,62 ^{Ab}	44,23 ^{Ae}	44,69 ^{Ad}	44,23 ^{Ae}	45,98 ^{Ac}	0,32
DMS	1,01	0,33	0,21	0,06	0,25	0,06	-
a*							
Amostra crua	16,58 ^{Aa}	14,50 ^{Ab}	-	-	-	-	0,20
P1	15,02 ^{Ca}	13,52 ^{Cc}	14,39 ^{Bb}	14,40 ^{Bb}	14,39 ^{Bb}	14,28 ^{Bb}	0,21
P2	15,58 ^{Ba}	13,78 ^{Be}	14,46 ^{Ad}	14,70 ^{Ab}	14,60 ^{Abc}	14,50 ^{Accd}	0,12
DMS	0,30	0,12	0,06	0,05	0,06	0,07	-
b*							
Amostra crua	54,79 ^{ABa}	48,08 ^{Ab}	-	-	-	-	2,51
P1	52,95 ^{Bb}	45,43 ^{Cc}	56,05 ^{Ba}	55,31 ^{Aab}	54,35 ^{Bab}	56,27 ^{Ba}	2,33
P2	58,43 ^{Aa}	46,53 ^{Bd}	56,56 ^{Abc}	55,77 ^{Ac}	55,88 ^{Ac}	57,26 ^{Aab}	1,33
DMS	3,73	1,05	0,51	0,50	0,83	0,25	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.2.2. Fase 2 – Análise sensorial

Nesta fase foram utilizados cerca de 15.000,0 g de purê de manga. Foram armazenados sob refrigeração 84 potes de purê de 150 g cada, sendo 42 de cada condição (P1 e P2). A Tabela 4.15 apresenta temperatura e tempo de retenção das condições de pasteurização P1 e P2.

Tabela 4.15 – Condições de temperatura de pasteurização e tempo de retenção aplicados nos ensaios conduzidos em trocador de calor tubular para análise sensorial.

Condição	Temperatura na saída do tubo de retenção (°C)	Vazão volumétrica (m ³ .s ⁻¹)	Tempo de retenção (s)
P1 (C15)	69,9 ± 0,4	3,70E-06	13,2
P2 (C19)	74,9 ± 0,5	3,70E-06	13,2

Análises microbiológicas

Nesta fase, foram realizadas contagens de mesófilos, psicrotróficos, bolores e leveduras, coliformes fecais e pesquisa de *Salmonella* sp nas amostras crua, P1 e P2 imediatamente após o processamento (Tabela 4.16). A partir da segunda semana, para monitoramento da estabilidade microbiológica dos purês, foi realizada a contagem de mesófilos, por serem os maiores contaminantes do purê cru e por ter sido detectada sua presença no purê P1 na semana inicial (Tabela 4.17).

Pode ser observado que a carga microbiana do purê cru utilizado nesta fase é muito maior que a do purê da fase anterior. As contagens de mesófilos e de bolores e leveduras foram de $2,45 \times 10^6$ e $9,3 \times 10^4$ nesta fase e na anterior, foram de $5,05 \times 10^3$ e $1,65 \times 10^3$, respectivamente (Tabela 4.12). Nesta fase também foi detectada presença de coliformes fecais ($2,40 \times 10^2$ NMP), sendo que na anterior não havia sido detectada. Estes resultados indicam que, apesar da lavagem e higienização das frutas ter sido a mesma nas duas fases, houve grande variação da carga microbiana inicial das frutas e em consequência disso, também ocorreu diferenças nos produtos pasteurizados: na fase anterior, não foi detectada presença de mesófilos no purê P1, enquanto que nesta fase houve uma pequena contagem de $9,5 \times 10^1$ UFC/g.

Tabela 4.16 – Contagens microbiológicas no purê de manga realizadas na semana inicial de armazenamento sob refrigeração na fase 2.

Microrganismo	Amostra crua	P1	P2
Mesófilos (UFC/g)	$2,45 \times 10^6$	$9,5 \times 10^1$	< 10
Psicrotróficos (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Bolores e leveduras (UFC/g)	$9,3 \times 10^4$	< 10	< 10
Coliformes fecais (NMP)	$2,40 \times 10^2$	< 3,6	< 3,6
<i>Salmonella</i> sp	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g

Tabela 4.17 – Contagem de mesófilos (UFC/g) no purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado.

Tempo (semanas)	0	2	5	8	10	12	17
Amostra crua	$2,45 \times 10^6$	-	-	-	-	-	-
P1	$9,5 \times 10^1$	$9,5 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$9,5 \times 10^1$	$1,05 \times 10^2$	$8,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
P2	< 10	$3,0 \times 10^1$	$3,5 \times 10^1$	10	$4,0 \times 10^1$	< 10	10

Nas 17 semanas de armazenamento refrigerado, a contagem de mesófilos do purê P1 manteve-se praticamente constante. Já no purê P2, a presença destes microrganismos foi detectada a partir da segunda semana. Deve ser ressaltado que a contagem detectada nos dois purês durante todo o período foi baixa, o que indica que o purê manteve a estabilidade microbiológica.

Análises físico-químicas

A Tabela 4.18 apresenta as características físico-químicas dos purês ao longo do armazenamento refrigerado. Assim como na fase anterior, pode ser observada diferença significativa nos valores de pH ao longo do tempo. Novamente, a diminuição foi observada com 17 semanas de armazenamento. Também houve redução significativa do teor de sólidos totais com o tempo.

Na semana inicial também foi determinada a atividade da peroxidase dos purês de manga. A amostra crua apresentou $0,24 \pm 0,05 \text{ UAbs}_{460} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e nos purês P1 e P2 não foi detectada atividade enzimática.

Tabela 4.18 – Características físico-químicas do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado

Tempo (semanas)	0	2	5	8	10	12	17	DMS
pH								
Amostra crua	4,25 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	4,29 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,26 ^{Aa}	4,29 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,02 ^{Ab}	0,09
P2	4,29 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,26 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,26 ^{Aa}	4,01 ^{Ab}	0,06
DMS	0,09	0,04	0,01	0,06	0,13	0,13	0,04	-
Acidez titulável (% ácido cítrico)								
Amostra crua	0,24 ^B	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,25 ^{AcD}	0,27 ^{Ab}	0,28 ^{Aa}	0,24 ^{Bd}	0,26 ^{Abc}	0,26 ^{Ab}	0,23 ^{Ae}	0,01
P2	0,25 ^{AcD}	0,27 ^{Aab}	0,28 ^{Aa}	0,25 ^{AcD}	0,26 ^{Abcd}	0,26 ^{Aabc}	0,24 ^{Ad}	0,01
DMS	0,01	0,02	0,01	0,004	0,01	0,01	0,01	-
Sólidos totais (%)								
Amostra crua	19,20 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	19,22 ^{Aa}	18,65 ^{Bc}	18,94 ^{Ab}	18,93 ^{Ab}	18,34 ^{Ad}	18,75 ^{Ac}	18,22 ^{Ae}	0,12
P2	19,17 ^{Aa}	19,14 ^{Aa}	18,87 ^{Bb}	18,96 ^{Aab}	18,36 ^{Ac}	18,78 ^{Ab}	18,37 ^{Ac}	0,22
DMS	0,08	0,06	0,03	0,20	0,13	0,13	0,42	-
Sólidos solúveis (°Brix)								
Amostra crua	17,4 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	17,3 ^{Aab}	17,1 ^b	17,3 ^{Aab}	17,6 ^{Aa}	17,4 ^{Aab}	17,3 ^{ab}	17,4 ^{Aab}	0,4
P2	17,1 ^{Aa}	17,1 ^a	17,2 ^{Aa}	17,7 ^{Aa}	17,3 ^{Aa}	17,3 ^a	17,4 ^{Aa}	0,7
DMS	0,8	-	1,0	0,4	0,4	-	0,9	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Apesar da ANOVA indicar diferenças significativas entre os parâmetros de cor (Tabela 4.19), nenhuma tendência em relação ao tempo de armazenamento foi observada. Os valores, apesar das diferenças significativas, são muito próximos.

Tabela 4.19 – Parâmetros de cor L*, a* e b* (Hunter Lab) do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado.

Tempo (semanas)	0	2	5	8	10	12	17	DMS
L*								
Amostra crua	48,91 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	46,37 ^{Bc}	45,84 ^{Ad}	46,09 ^{Acd}	48,17 ^{Ba}	46,38 ^{Ac}	46,06 ^{Acd}	47,74 ^{Bb}	0,34
P2	46,19 ^{Bb}	45,89 ^{Ac}	46,01 ^{Abc}	48,27 ^{Aa}	46,06 ^{Bbc}	45,98 ^{Abc}	48,02 ^{Aa}	0,23
DMS	0,64	0,33	0,23	0,08	0,07	0,19	0,04	-
a*								
Amostra crua	15,60 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	14,97 ^{Ca}	15,02 ^{Ba}	14,64 ^{Bb}	14,95 ^{Ba}	14,73 ^{Ab}	14,77 ^{Ab}	14,76 ^{Bb}	0,12
P2	15,33 ^{Ba}	15,33 ^{Aa}	14,82 ^{Acd}	15,25 ^{Aa}	14,86 ^{Bc}	14,76 ^{Ad}	15,00 ^{Ab}	0,09
DMS	0,26	0,11	0,07	0,07	0,03	0,09	0,03	-
b*								
Amostra crua	55,07 ^A	-	-	-	-	-	-	-
P1	56,65 ^{Ac}	62,09 ^{Aa}	58,58 ^{Abc}	59,17 ^{Bb}	57,28 ^{Abc}	57,84 ^{Abc}	58,99 ^{Bb}	1,79
P2	56,98 ^{Ae}	63,67 ^{Aa}	58,55 ^{Acd}	59,82 ^{Ab}	56,72 ^{Be}	57,79 ^{Ad}	59,29 ^{Abc}	0,72
DMS	2,86	1,99	0,46	0,54	0,51	0,40	0,11	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Medidas reológicas

Dados obtidos das curvas reológicas foram ajustados pelo modelo Lei de Potência e a Tabela 4.20 apresenta os parâmetros reológicos K e n. Observa-se pelos reogramas mostrados nas Figuras 4.6 e 4.7, que o purê de manga apresenta comportamento não newtoniano.

Tabela 4.20 – Parâmetros reológicos K e n (modelo Lei de Potência) do purê de manga ao longo de 17 semanas de armazenamento refrigerado.

Tempo (semanas)	0	2	5	8	10	12	17	DMS
K (Pa.sⁿ)								
Amostra crua	5,00 ^B	-	-	-	-	-	-	-
P1	7,08 ^{Aa}	6,77 ^{Aa}	6,91 ^{Aa}	7,16 ^{Aa}	6,94 ^{Aa}	6,89 ^{Aa}	6,71 ^{Aa}	0,47
P2	6,67 ^{Aa}	6,64 ^{Aa}	6,59 ^{Ba}	6,80 ^{Aa}	6,77 ^{Aa}	6,89 ^{Aa}	6,69 ^{Aa}	0,34
DMS	0,54	0,25	0,28	0,36	0,28	0,28	0,23	-
n								
Amostra crua	0,28 ^B	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,27 ^{Ba}	0,28 ^{Aa}	0,28 ^{Ba}	0,27 ^{Ba}	0,27 ^{Ba}	0,28 ^{Aa}	0,28 ^{Ba}	0,01
P2	0,29 ^{Aab}	0,29 ^{Aa}	0,29 ^{Aa}	0,29 ^{Aab}	0,29 ^{Aab}	0,28 ^{Ab}	0,29 ^{Aab}	0,01
DMS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores de n encontrados neste trabalho (entre 0,27 e 0,29) indicam a natureza pseudoplástica do purê, assim como observado por outros autores. Os valores de K (entre 5,00 e 7,16 Pa.sⁿ) também estão de acordo com os da literatura (DAK; VERMA; SHARMA, 2006; MANOHAR; RAMAKRISHNA; RAMTEKE, 1990; ROY; JOSHI; NATH, 1997; SUGAI, 2002).

Foi observado que o tempo de armazenamento não influenciou significativamente os parâmetros reológicos, com exceção do n da amostra P2. Além disso, foi observada diferença significativa no índice de consistência (K) da amostra crua e das pasteurizadas (semana 0) e, com exceção da 5ª semana de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas no valor de K dos purês pasteurizados.

Figura 4.6 – Reogramas dos purês de manga (cru, P1 e P2) obtidos imediatamente após o processamento (semana 0).

Figura 4.7 – Reogramas dos purês de manga (P1 e P2) obtidos na 17ª semana de armazenamento refrigerado.

Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial são apresentados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 – Notas médias de cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade geral dos purês P1 e P2 dadas pelos provadores.

Tempo (semanas)	0	2	5	8	10	12	17	DMS
Cor								
P1 (70 °C/ 13s)	8,3 ^{Aab}	8,1 ^{Aab}	8,8 ^{Aa}	8,2 ^{Aab}	8,0 ^{Aab}	7,6 ^{Aab}	7,4 ^{Ab}	1,2
P2 (75 °C/ 13s)	8,7 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	8,5 ^{Aa}	8,2 ^{Aa}	8,7 ^{Aa}	7,9 ^{Aa}	7,6 ^{Aa}	1,1
DMS	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	-
Aroma								
P1 (70 °C/ 13s)	7,5 ^{Aa}	8,2 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	7,9 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	7,7 ^{Aa}	7,7 ^{Aa}	1,3
P2 (75 °C/ 13s)	7,9 ^{Aa}	8,2 ^{Aa}	8,3 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	8,1 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	7,7 ^{Aa}	1,3
DMS	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	-
Sabor								
P1 (70 °C/ 13s)	7,0 ^{Aa}	8,1 ^{Aa}	7,6 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	7,0 ^{Ba}	7,3 ^{Aa}	6,8 ^{Aa}	1,5
P2 (75 °C/ 13s)	7,9 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	8,1 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	1,2
DMS	1,1	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	-
Textura								
P1 (70 °C/ 13s)	7,2 ^{Aa}	7,5 ^{Aa}	7,6 ^{Aa}	7,3 ^{Aa}	6,8 ^{Aa}	6,9 ^{Aa}	6,7 ^{Aa}	1,5
P2 (75 °C/ 13s)	7,9 ^{Aa}	7,7 ^{Aa}	7,5 ^{Aa}	7,4 ^{Aa}	7,2 ^{Aa}	7,2 ^{Aa}	7,2 ^{Aa}	1,4
DMS	1,1	1,2	1,1	0,9	1,1	1,1	1,2	-
Aceitabilidade geral								
P1 (70 °C/ 13s)	7,0 ^{Ba}	7,9 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	7,7 ^{Aa}	7,2 ^{Aa}	7,2 ^{Aa}	6,9 ^{Aa}	1,2
P2 (75 °C/ 13s)	8,0 ^{Aa}	8,3 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	8,0 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	7,8 ^{Aa}	1,1
DMS	0,9	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	1,1	-

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A análise estatística indicou que o tempo de armazenamento não influenciou significativamente os atributos, exceto a cor do purê de manga pasteurizado a 70 °C (P1). Não foram observadas diferenças significativas decorrentes da condição de

pasteurização (P1 ou P2), exceto na aceitabilidade geral no primeiro dia de análise (semana 0) e no sabor, após 10 semanas de armazenamento. Nestes casos, o purê pasteurizado P1 apresentou menores notas que o P2. As notas obtidas pelos purês ($\geq 6,7$) mostram que os produtos tiveram boa aceitação por 17 semanas de armazenamento e que a vida de prateleira poderia ser maior. Segundo Baxter et al. (2005), alimentos atingem o final de sua vida de prateleira quando as notas são menores que 5.

Os resultados obtidos neste trabalho são similares aos de Brunini, Durigan e Oliveira (2002). Os autores avaliaram a qualidade de polpa de manga, congelada e armazenada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, e concluíram que a vida de prateleira da polpa era de 20 semanas. Após este período, a polpa tornou-se amarga.

Condições severas de tratamento térmico podem prolongar a vida de prateleira e facilitar o armazenamento do purê de manga, mas também podem causar alterações indesejáveis nos atributos sensoriais. Segundo estudo de Isaacs (1991), purê de manga pasteurizado a temperaturas acima de $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram 8 meses de vida de prateleira a temperatura ambiente. No entanto, segundo o autor, a qualidade sensorial (principalmente cor e sabor) deste purê foi decaindo ao longo do tempo de armazenamento.

Deve ser ressaltado que geralmente a análise sensorial de purês de manga é realizada após diluição e adição de açúcar no produto. Com isso, os efeitos do tratamento térmico (gosto de cozido, alterações na cor) podem ser minimizados. Neste trabalho, a análise sensorial foi conduzida com o produto puro, a fim de identificar melhor as alterações decorrentes da pasteurização.

Algumas observações feitas pelos provadores devem ser destacadas. Apesar de não haver adição de açúcar nos purês, os comentários indicaram que as amostras eram muito doces. Isso reforça que a adição de açúcares no produto não é necessária.

Outro comentário comum foi em relação à viscosidade do purê: na maioria dos casos, o purê foi considerado pouco espesso.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que a pasteurização do purê de manga a temperaturas inferiores a 80 °C combinada ao armazenamento refrigerado são eficientes para manter a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial do produto por 17 semanas. Os resultados também indicaram que a vida de prateleira do produto pode ser ainda maior.

Os ensaios realizados indicaram que o trocador de calor tubular é o mais indicado para o tratamento térmico do purê de manga. Apesar do trocador de calor a placas ser usualmente utilizado para pasteurização de sucos de frutas e polpas (LEWIS; HEPPELL, 2000), as dificuldades enfrentadas nos ensaios (entupimento dos canais de escoamento de produto e vazamento de purê por entre as placas) mostraram que o uso do trocador a placas de bancada (ARMPFIELD modelo FT43A) foi inviável para o purê de manga.

Em relação à peroxidase, nos ensaios realizados a 75 °C foram observadas as menores atividades residuais da enzima. Nos ensaios conduzidos a temperaturas superiores, não pode ser observada atividade e nos ensaios a temperaturas inferiores, a redução enzimática foi baixa, sendo menor que 30 % na maioria dos casos. Os parâmetros cinéticos para a inativação da peroxidase foram calculados: $D_{77,2\text{ }^{\circ}\text{C}}$ e z iguais a 4,4 s e 14,3 °C, respectivamente. Já a inativação térmica da polifenol oxidase não foi utilizada como parâmetro para pasteurização devido aos resultados incoerentes obtidos neste trabalho.

As análises microbiológicas do purê de manga indicaram que os maiores contaminantes do produto foram os microrganismos mesófilos e os bolores e leveduras. Deve se destacar que a contaminação inicial do purê de manga cru variou muito de um lote para outro, o que pode afetar a eficiência do tratamento térmico.

As condições de pasteurização estudadas para determinar a vida de prateleira dos purês - P1 (70 °C/13s) e P2 (75 °C/13 s) - foram eficientes para manter a qualidade microbiológica dos purês por 20 semanas de armazenamento refrigerado. Nestas condições, houve redução significativa das contagens de mesófilos, coliformes fecais e bolores e leveduras.

Em relação às análises físico-químicas, o tempo de armazenamento influenciou significativamente o pH, o teor de sólidos totais e o de ácido ascórbico dos purês. Os purês pasteurizados apresentaram queda significativa do pH na 17ª semana de armazenamento. Já a diminuição da vitamina C foi de cerca de 45 % após 20 semanas de armazenamento.

Nos purês pasteurizados nas condições P1 e P2 não foram observadas atividades residuais da peroxidase em 20 semanas de armazenamento refrigerado. Os resultados indicaram que a peroxidase pode ser utilizada como parâmetro de pasteurização do purê de manga.

Com a pasteurização, ocorreu alteração de cor dos purês. Tanto o purê pasteurizado na condição P1 como na P2 apresentaram valores de L^* e a^* menores que o purê cru, o que indicou que os purês pasteurizados eram mais escuros. Esta mudança de cor provavelmente foi ocasionada pelo escurecimento não enzimático ocorrido durante a pasteurização.

As medidas reológicas realizadas mostraram a natureza pseudoplástica dos purês de manga. Valores de n variaram entre 0,27 e 0,29 e os valores de K entre 5,00 e 7,16 Pa.s^n . O tempo de armazenamento praticamente não influenciou os parâmetros reológicos dos purês pasteurizados.

Os purês pasteurizados apresentaram boas notas ($\geq 6,7$) na análise sensorial durante 17 semanas de armazenamento refrigerado. O tempo de armazenamento não influenciou significativamente os atributos sensoriais, com exceção da cor da amostra P1. Os resultados obtidos indicaram que a vida de prateleira dos produtos podem ser maiores que o período estudado.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As causas da diminuição do pH dos purês pasteurizados após 17 semanas de armazenamento refrigerado devem ser investigadas, pois seu conhecimento pode contribuir para prolongar a vida de prateleira dos produtos. Um estudo mais detalhado sobre os microrganismos contaminantes do purê cru também pode ser útil para atingir o mesmo objetivo.

O armazenamento a temperatura ambiente dos purês pasteurizados em condições brandas também deve ser estudado, pois se trata de uma alternativa economicamente vantajosa em relação ao armazenamento refrigerado.

REFERÊNCIAS*

ANDREWS, W. H.; FLOWERS, R. S.; SILLIKER, J.; BAILEY, J. S. *Salmonella*. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 357-380.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16^a ed. Arlington, 1995. 2v.

ARAÚJO, J. L. P. **Mercado e comercialização da manga**. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/sistema_producao/spmanga/mercado.htm. Acesso em 20 de junho de 2005.

ARGAIZ, A.; LÓPEZ-MALO, A. Kinetics of first change on flavour, cooked flavour development and pectinesterase inactivation on mango and papaya purees. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**. v. 35 (1), p. 92-100, 1995.

ASTM - AMERICAN STANDARD TESTING METHODS. **E 2454 – 05**: Standard guide for sensory evaluation methods to determine the sensory shelf life of consumer products. West Conshohocken, 2005. 9p.

AVENA, R. J.; LUH, B. S. Sweetened mango purees preserved by canning and freezing. **Journal of Food Science**. v. 48, p. 406-410, 1983.

AZEVEDO, A. C. S.; PASTORE, G. M. Estudo das enzimas polifenol oxidase e peroxidase em manga (*Mangifera indica* L.) Tommy Atkins do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. **Anais**. Código 914.

BAXTER, I. A.; EASTON, K.; SCHNEEBELI, K.; WHITFIELD, F. B. High pressure processing of Australian navel orange juices: sensory analysis and volatile flavor profiling. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 6, p. 372-387, 2005.

BEUCHAT, L. R. Extraordinary heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* ascospores in fruit products. **Journal of Food Science**. v. 51, n. 6, 1986.

* De acordo com as Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da Universidade de São Paulo (2006).

BEUCHAT, L. R.; COUSIN, M. A. Yeast and molds. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 209-215.

BRACKETT, R. E.; SPLITTSTOESSER, D. F. Fruits and vegetables. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 515-520.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 12. Padrões Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta. Brasília. 1999. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br>>. Acesso em 29 de julho de 2005.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. Brasília. 2001. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br>>. Acesso em 26 de junho de 2004.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV. Brasília, 2005.

BREKKE, J.; CAVALETTO, C.; STAFFORD, A. E. **Mango Puree Processing**. Honolulu, 1968. 10p. (Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Progress Report N.º 167).

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

BURNETTE, F. S. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1-6, 1977.

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

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 (2), 1998.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira

selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 26, n. 2, p. 264-271, agosto 2004.

CINTRA, R. F.; BOTEON, M. **Avaliação do desempenho regional dos principais pólos produtores de manga no Brasil**. Disponível em: http://cepea.esalq.usp.br/zip/Manga_sobre.doc. Acesso em 28 de março de 2003.

COLLET, L. S. F. C. A. **Influência da adição de caseinato de sódio sobre o escoamento e posterior recuperação estrutural do iogurte batido**. 2005. 105f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

COSTA, J. G.; SANTOS, A. F. **Principais cultivares de manga para as condições do vale do São Francisco**. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/sistema_producao/spmanga/cultivares.htm. Acesso em: 20 de junho de 2005.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 159-166.

CTENAS, M. L. B.; CTENAS, A. C.; QUAST, D. Manga. In: _____. **Frutas das terras brasileiras**. C2 Editora e Consultoria em Nutrição, 2000, p. 130-135.

DAK, M.; VERMA, R. C.; SHARMA, G. P. Flow characteristics of juice of “Totapuri” mangoes. **Journal of Food Engineering**, v. 76, p. 557 – 561, 2006.

DITCHFIELD, C. **Estudo do processamento contínuo do purê de banana (*Musa cavendishii* Lamb.)**. 2004. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DITCHFIELD, C.; MACHOSHVILI, I. A.; PENNA, T. C. V.; TADINI, C. C. Polyphenol oxidase and peroxidase thermal inactivation kinetics used as indicators for the pasteurization of acidified banana puree (*Musa cavendishii*, Lamb.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 77 – 82, jan./mar. 2006.

FALADE, K. O.; BABALOLA, S. O.; AKINYEMI, S. O. S.; OGUNLADE, A. A. Degradation of quality attributes of sweetened Julie and Ogbomoso mango juices during storage. **European Food Research and Technology**, v. 218, p. 456 – 459,

2004.

FAO. **FAOSTAT Agricultural data 2004**. Disponível em:

<http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>. Acesso em Setembro de 2005.

FARIA, J. B. et al. Transformações enzimáticas das substâncias pécicas da manga (*Mangífera indica* L.) v. Haden no amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 2, p. 189-201, 1994.

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

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 1996. 182p.

GLOBAL 21. Informes setoriais: Fruticultura. Panorama Internacional. Disponível em: <http://www.global21.com.br/informessetoriais/setor.asp?cod=6>. Acesso em 05 de agosto de 2005.

GOMES, P. Manga. Disponível em:

<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/especiais/frutasnobrasil/manga.html>. Acesso em 08 de agosto de 2005.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; SWANSON, B. G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.** v. 38 (6), p. 625-630, 2005.

HALPIN, B. E.; LEE, C. Y. Effect of blanching on enzyme activity and quality changes in green peas. **Journal of Food Science**. v. 52, n. 4, p. 1002-1005, 1987.

HALPIN, B.; PRESSEY, R.; JEN, J.; MONDY, N. Purification and characterization of peroxidase isoenzymes from green peas (*Pisum sativum*). **Journal of Food Science**. v. 54, n. 3, p. 644-649, 1989.

HATCHER JR., W. S.; PARISH, M. E.; WEIHE, J. L.; SPLITTSTOESSER, D. F.; WOODWARD, B. B. Fruit beverages. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 565-568.

HENRIQUE, B. Superoferta de manga derruba preços em Monte Alto. *Jornal da Tarde*, São Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em 15 de fevereiro de 2002.

HUNTERLAB. Measure color...measure quality. Disponível em: <http://www.hunterlab.com>. Acesso em 03 de agosto de 2005.

IBRAF. Ampliação e conquista de mercados. **Informativo IBRAF**. v. 34, ano 5, 2005. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/x-no/iol/a5n34/inf34mail.htm>. Acesso em: 05 de agosto de 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (Dados de 2003). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 20 de junho de 2005.

ISAACS, A. R. Aseptic packaging of mango puree. In: III International Mango Symposium, 1991, Darwin, Australia. Disponível em: http://www.actahort.org/books/291/291_63.htm. Acesso em 20 de junho de 2005.

KATO, K.; DE MARTIN, Z. J.; BLEINROTH, E. W.; MIYA, E. E.; SILVA, S. D.; ANGELUCCI, E. Estudo de polpa concentrada de algumas variedade comuns de manga. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 7, 1976.

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

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. *Enterobacteriaceae*, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: DOWNES, F. P.; ITO, H. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 69-82.

LABIB, A. A. S.; EL-ASHWAH, F. A.; OMRAN, H. T.; ASKAR, A. Heat-inactivation of mango pectinesterase and polygalacturonase. **Food Chemistry**. v. 53, p. 137-142, 1995.

LEITE, L. A. S. et al. O agronegócio manga no nordeste do Brasil. In: EMBRAPA. **Cadeias produtivas e sistemas naturais**. Prospecção Tecnológica. Brasília, 1998, p.389-439.

LEWIS, M. J.; HEPPELL, N. **Continuous thermal processing of foods:**

pasteurization and UHT sterilization. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc. 2000. 447p.

LIMA, E. D. P. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, C. A. A. Purificação da enzima polifenoloxidase (PFO) de polpa de pinha (*Annona squamosa* L.) madura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 98-104, jan.-abr. 2001.

LIZADA, C. Mango, In: SEYMOUR, G; TAYLOR, J. TUCKER, G. **Biochemistry of fruit ripening.** London, 1993, p. 255-271.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Modeling the growth/no-growth interface of *Zygosaccharomyces bailii* in mango puree. **Journal of Food Science**. v. 65, n. 4., p.516-520, 2000.

MAGALHÃES, E. F.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; LIMA, A. S.; BRITO, K. M. A. Caracterização química e físico-química do suco tropical de manga (*Mangifera indica* L.) adoçado envasado pelos processos “*hot fill*” e asséptico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife.

MANOHAR, B.; RAMAKRISHNA, P.; RAMTEKE, R. S. Effect of pectin content on flow properties of mango pulp concentrates. **Journal of Texture Studies**, v. 21, p. 179-190, 1990.

NATH, N.; RANGANNA, S. Determination of thermal process schedule for Totapuri mango. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 251-264, 1980.

O'CONNOR-SHAW, R. E.; GUTHRIE, J. A.; DUNLOP, K. J.; ROBERTS, R. Coliforms in processed mango: significance and control. **International Journal of Food Microbiology**, v. 25, p. 51-61, 1995.

PARK, Y. K. et al. Polyphenol oxidase of mango (*Mangifera indica* var Haden). **Journal of Food Science**, v.45, p. 1619-1621, 1980.

PASTERNAK, T.; POTTERS, G.; CAUBERGS, R.; JANSEN, M. A. K. Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant, organ, and cellular level. **Journal of Experimental Botany**. v. 56, p. 1991-2001, 2005.

PENNA, T. C. V.; MACHOSHVILI, I. A. Esterilização térmica. Conceitos básicos da cinética de morte microbiana. **Revista Farmácia Bioquímica Universidade de São**

Paulo, (Supl. 1): 1 – 5, 1997.

PILNIK, W.; VORAGEN, A. G. J. The significance of endogenous and exogenous pectic enzymes in fruit and vegetable processing. In: FOX, P. F. **Food Enzymology**. Elsevier Applied Science, 1991. p.303-336.

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

PIÑERA, R. M.; CASALS, C.; BATISTA, A. R.; CEREZAL, P. Evaluacion de cultivares de mango para la elaboracion de pulpas. **Alimentaria**, Marzo, p. 29-31, 1995.

RAJASHEKHARA, E.; SURESH, E. R.; ETHIRAJ, S. Thermal death rate os ascospores of *Neosartorya fischeri* ATCC 200957 in the presence of organic acids and preservatives in fruit juices. **Journal of Food Protection**. v. 61, n. 10, p. 1358-1362, 1998.

RAJASHEKHARA, E.; SURESH, E. R.; ETHIRAJ, S. Modulation of thermal resistance of ascospores of *Neosartorya fischeri* by acidulants and preservatives in mango and grape juice. **Food Microbiology**. v. 17, p. 269-275, 2000.

ROBINSON, D. S. Peroxidases and catalases in foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative Enzymes in Foods**. Elsevier Applied Science, 1991, p. 1-45.

ROSENTHAL, A.; RODRIGUES, A. M.; SLONGO, A. P. Cinética de inativação térmica de peroxidase de suco de manga. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2002, Belém do Pará. **Anais**. Disponível em: http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_vxii_cbf/tecnologia_de_alimentos/759.htm. Acesso em 21 de março de 2005.

ROY, A. K.; JOSHI, S.; NATH, N. Effect of homogenization on sensory quality and rheological characteristics of pulp and beverages from ripe 'Dushehari' mangoes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 212-217, 1997.

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 Technologies**, v. 1, p. 161-166, 2000.

SCOTT, V. N.; BERNARD, D. T. Heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* isolated from commercial fruit juices. **Journal of Food Protection**. v. 50, n. 1, p.18-20, 1987.

SIDDALINGU, B. et al. Determination of thermal process schedule for canned mango, papaya and guava pulps. **Acta Alimentaria**, v. 14, n. 4, p. 331-342, 1985.

SILVA, V. L.; COZZOLINO, S. M. F. Vitamina C (ácido ascórbico). In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 301 - 320.

SOUZA, N. Manga em terra de laranja. **O Estado de São Paulo**, 1 de dezembro de 2004. Agrícola, p. 6-7.

SPLITTSTOESSER, D. F.; CHUREY, J. J. Reduction of heat resistance of *Neosartorya fischeri* ascospores by sulphur dioxide. **Journal of Food Science**. v. 56, p. 876-877, 1991.

STEFFE, J. F. Rheological methods in food process engineering. East Lansing: Freeman Press. 1996. 418p.

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

TAJCHAKAVIT, S.; RAMASWAMY, H. S. Continuous-flow microwave inactivation kinetics of pectin methyl esterase in orange juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 21, p. 365-378, 1997.

TAQUEDA, M. E. S. **Trocadores de calor**: notas de aula. 2000.

TOLEDO, R. T. Fundamentals of Food Process Engineering. 2nd ed. New York: Chapman & Hall, 1999. 602p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental (1998). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP. Versão 4.0. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em: 15 de agosto de 2005.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Divisão de Biblioteca. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses** / Divisão de Biblioteca da Epusp. 3 ed. São Paulo, 2006. 103p.

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. A. A. P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, v. 16, p. 691 – 703, 2005.

YOUSSEF, B. M.; ASKER, A. A.; EL-SAMAHY, S. K.; SWAILAM, H. M. Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature. **Food Research International**, v. 35, p. 1 – 13, 2002.

YUAN, J.; CHEN, F. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. **J. Agric. Food Chem.** v. 46, p. 5078 – 5082, 1998.

WELTI-CHANES, J. et al. High pressure-processed mango nectar. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING AND FOOD (ICEF), 9, 2004, Montpellier. **Anais**. 614.

WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning. In: _____. **Enzymatic Browning and its Prevention**. Washington, DC: American Chemical Society, 1995. p. 2-7.

ZAWISTOWSKY, J.; BILIADERIS, C. G.; ESKIN, N. A. M. Polyphenol oxidase. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative Enzymes in Foods**. Elsevier Applied Science, 1991, p. 217-273.