

AUREA YUKI SUGAI

**PROCESSAMENTO DESCONTÍNUO DE PURÊ DE MANGA
(*Mangifera indica* Linn.), VARIEDADE HADEN:
ESTUDO DA VIABILIDADE DO PRODUTO PARA PRONTO CONSUMO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo
2002

AUREA YUKI SUGAI

**PROCESSAMENTO DESCONTÍNUO DE PURÊ DE MANGA
(*Mangifera indica* Linn.), VARIEDADE HADEN:
ESTUDO DA VIABILIDADE DO PRODUTO PARA PRONTO CONSUMO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Química

Orientadora:
Prof. Livre-Docente
Carmen Cecília Tadini

São Paulo
2002

Sugai, Aurea Yuki

Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo.

São Paulo, 2002.

82p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1. Purê de manga 2. Tratamento térmico 3. Reologia.
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

Aos meus pais, Satio e Keiko Sugai

Com carinho

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Carmen Cecília Tadini, minha orientadora e maior incentivadora deste projeto, pela amizade, dedicação e confiança.

À Denise Shigeoka, Elis Esmanhoto, Juliana Hirota e Marta Watanabe, pelas muitas horas de boa conversa, conselhos, apoio e carinho.

Ao Sr. Sidney Fantasia, da Frutaria Jardim Rizzo, por ser sempre tão atencioso e prestativo.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Alimentos: Antônio Kikuda, Cynthia Ditchfield, Fábio Contin, Gabriela Badolato, Gilmar Queiroz, Laura Carr, Lúcia Collet, Marcelo Kowalski, Nathalia Murasaki, Renato Fernandes, Tatiana Matuda e Tatiana Tribess, pela colaboração neste e em outros trabalhos, pelo incentivo e pelos momentos de descontração.

Aos amigos do B20, minha segunda casa no DEQ.

Às técnicas Audri Lanza, Denise Tavares, Flávia dos Santos e Lindamar Fragoso pela importante contribuição na parte experimental do trabalho.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Manga	4
2.1.1. <i>Caracterização física e química</i>	5
2.2. Purê de manga	10
2.2.1. <i>Escolha da variedade adequada</i>	10
2.2.2. <i>Despolpamento</i>	11
2.2.3. <i>Tratamento térmico</i>	12
2.3. Reologia	15
2.3.1. <i>Comportamento reológico do purê de manga</i>	16
2.3.2. <i>Efeito do teor de pectina no comportamento reológico do purê de manga</i>	20
2.3.3. <i>Efeito da temperatura no comportamento reológico do purê de manga</i>	21
2.3.4. <i>Outros fatores que influenciam o comportamento reológico de purês</i>	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1. Matéria-prima	23
3.2. Equipamentos	23
3.3. Reagentes	24
3.4. Embalagem	25
3.5. Análises	25
3.5.1. <i>Análises físico-químicas</i>	25
3.5.2. <i>Contagem de bolores e leveduras</i>	27
3.5.3. <i>Firmeza das frutas inteiras</i>	28

3.5.4. Obtenção dos reogramas do purê de manga.....	29
3.5.5. Teste de aceitação pelo consumidor.....	30
3.6. Fluxograma esquemático do processamento do purê de manga	31
3.7. Parte experimental.....	32
3.7.1. Acompanhamento do processo de amadurecimento das frutas.....	32
3.7.2. Produção do purê de manga.....	32
3.7.3. Tratamentos térmicos aplicados ao purê de manga.....	33
3.7.4. Análises físico-químicas e contagem de bolores e leveduras..	34
3.7.5. Reogramas do purê tratado e não tratado termicamente.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Acompanhamento do processo de amadurecimento das frutas..	40
4.2. Purê de manga.....	46
4.3. Tratamentos térmicos aplicados ao purê de manga.....	47
4.4. Contagem de bolores e leveduras e análise físico-química.....	53
4.5. Teste de aceitação do produto.....	58
4.6. Reogramas do purê tratado e não tratado termicamente.....	59
4.6.1. Reogramas do purê não tratado termicamente.....	59
4.6.2. Reogramas do purê tratado termicamente.....	66
5. CONCLUSÕES.....	73
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Produção de manga dos maiores produtores mundiais da fruta em 2001.....	1
Tabela 2.1	Composição da manga da variedade ‘Haden’	5
Tabela 2.2	Características físicas de algumas variedades de manga de Lavras-MG.....	6
Tabela 2.3	Características químicas de algumas variedades de manga de Lavras-MG.....	6
Tabela 2.4	Estágios de maturação definidos de acordo com características da casca e polpa das mangas da variedade ‘Alphonso’	9
Tabela 2.5	Composição do purê de manga destinado ao consumo como bebida.....	10
Tabela 2.6	Propriedades reológicas de purês de manga encontradas na literatura.....	18
Tabela 3.1	Parâmetros de temperatura e tempo de processamento referentes aos tratamentos térmicos descontínuos aplicados no purê de manga.....	33
Tabela 4.1	Valores médios de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de pectina de acordo com o estágio de maturação das mangas, definido em função da firmeza das frutas.....	36
Tabela 4.2	Estágios de maturação definidos em função da coloração da casca das mangas.....	40
Tabela 4.3	Valores médios de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de pectina de acordo com o estágio de maturação das mangas, definido em função da coloração da casca das frutas.....	42
Tabela 4.4	Características químicas do purê de manga acidificado não submetido a tratamento térmico.....	46

Tabela 4.5	Valores de F, para temperatura de referência de 100 °C e valor de z de 10,5 °C referente a pectinesterase, calculados para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga...	51
Tabela 4.6	Valores de F e S, para temperatura de referência de 100 °C e valor de z de 23,9 °C referente a peroxidase, calculados para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga.....	51
Tabela 4.7	Contagem de bolores e leveduras (UFC/mL) do purê de manga não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento.....	53
Tabela 4.8	Valores de pH obtidos para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga durante o tempo de armazenamento.....	55
Tabela 4.9	Análise de variância do pH em função do tempo de armazenamento e do tratamento térmico aplicado ao purê de manga.....	55
Tabela 4.10	Valores de acidez titulável, expressa e porcentagem de ácido cítrico, obtidos para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga durante o tempo de armazenamento.....	56
Tabela 4.11	Análise de variância da acidez titulável em função do tempo de armazenamento e do tratamento térmico aplicado ao purê de manga.....	57
Tabela 4.12	Parâmetros reológicos do modelo Lei de Potência para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo ascendente).....	63
Tabela 4.13	Parâmetros reológicos do modelo de Bingham para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo descendente).....	64

Tabela 4.14	Parâmetros reológicos do modelo de Herschel-Bulkley para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo descendente).....	65
Tabela 4.15	Parâmetros do modelo Lei de Potência para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo (ciclo ascendente).....	69
Tabela 4.16	Parâmetros do modelo Lei de Potência para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo (ciclo descendente).....	70
Tabela 4.17	Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo, obtidos por regressão não-linear (ciclo ascendente)	71
Tabela 4.18	Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo, obtidos por regressão não-linear (ciclo descendente).....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Ensaio de penetração na manga inteira, conduzido em texturômetro.....	28
Figura 3.2	Reômetro digital utilizado para obtenção dos reogramas do purê de manga.....	29
Figura 3.3	Ficha de avaliação do purê de manga com escala hedônica de 5 níveis.....	30
Figura 4.1	Variação do pH em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas.....	37
Figura 4.2	Variação do teor de sólidos solúveis (°Brix) em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas.....	38
Figura 4.3	Variação do teor de pectina em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas..	38
Figura 4.4	Alteração na coloração da casca das mangas do estágio de maturação 1 ao 7.....	41
Figura 4.5	Curvas de força de penetração em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.....	43
Figura 4.6	Variação do pH e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.....	44
Figura 4.7	Variação dos sólidos solúveis (°Brix) e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração a casca das frutas.....	44
Figura 4.8	Variação do teor de pectina e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.....	45

Figura 4.9	Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 65 °C durante 25,5 minutos.....	49
Figura 4.10	Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 75 °C durante 16 minutos.....	49
Figura 4.11	Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 80 °C durante 4 minutos.....	50
Figura 4.12	Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 95 °C durante 2,5 minutos.....	50
Figura 4.13	Contagem de bolores e leveduras do purê não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento.....	54
Figura 4.14	Histograma do teste de aceitação do purê de manga processado a 65 °C durante 25,5 minutos.....	58
Figura 4.15	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 25 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	59
Figura 4.16	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 30 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	60
Figura 4.17	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 40 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	60
Figura 4.18	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 50 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	61
Figura 4.19	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 60 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	61
Figura 4.20	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 80 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	62

Figura 4.21	Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 90 °C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.....	62
Figura 4.22	Reograma do purê de manga tratado a 65 °C durante 25,5 minutos obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (<i>up and down</i>)..	67
Figura 4.23	Reograma do purê de manga tratado a 75 °C durante 16 minutos obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (<i>up and down</i>)..	67
Figura 4.24	Reograma do purê de manga tratado a 80 °C durante 4 minutos obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (<i>up and down</i>)..	68
Figura 4.25	Reograma do purê de manga tratado a 95 °C durante 2,5 minutos obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (<i>up and down</i>)..	68
Figura 4.26	Viscosidade aparente do purê de manga tratado em diferentes condições de temperatura e tempo em função da velocidade de cisalhamento.....	72

LISTA DE SÍMBOLOS

$\dot{\gamma}$	Velocidade de cisalhamento.....	s^{-1}
τ	Tensão de cisalhamento.....	Pa
η	Viscosidade.....	Pa.s
τ_0	Tensão inicial de cisalhamento.....	Pa
A	Massa da amostra (Equações 3.1 e 3.2).....	g
D	Tempo de redução decimal.....	min
F	Tempo total de processo a uma temperatura de referência...	min
K	Índice de consistência.....	Pa.s ⁿ
K_B	Viscosidade plástica de Bingham.....	Pa.s
K_C	Viscosidade plástica de Casson.....	(Pa.s) ^{1/2}
K_M	Índice de consistência de Mizrahi-Berk.....	(Pa) ^{1/2} (s) ^{n_M}
K_{OC}	Tensão inicial de Casson.....	(Pa) ^{1/2}
K_{OM}	Raiz quadrada da tensão inicial de Mizrahi-Berk.....	(Pa) ^{1/2}
L_i	Letalidade do processo no instante <i>i</i>	adimensional
n	Índice de comportamento.....	adimensional
n_M	Índice de comportamento de Mizrahi-Berk.....	adimensional
P	Massa do resíduo (Equação 3.1).....	g
P	Massa do pectato de cálcio (Equação 3.2).....	g
S	Número de ciclos logarítmicos reduzidos.....	adimensional
t	Tempo de processo.....	min
T	Temperatura no ponto frio do alimento.....	°C
T_0	Temperatura de referência.....	°C
V	Volume do filtrado (Equação 3.2).....	mL
z	Intervalo de temperatura necessário para redução de 90 % do tempo de redução decimal D.....	°C

RESUMO

No presente projeto, foi estudada a viabilidade do purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade 'Haden', para pronto consumo. Inicialmente foi feito o acompanhamento do processo de amadurecimento das mangas para determinar o estágio de maturação adequado para o processamento do purê. Foram feitas análises de firmeza, pH, acidez titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico, sólidos solúveis e teor de pectina da polpa das frutas. Os resultados mostraram que a coloração da casca foi um bom indicador do estágio de maturação das mangas. Após acidificação, foram aplicados no purê quatro tratamentos térmicos diferentes: 25,5 minutos a 65 °C; 16,0 minutos a 75 °C; 4,0 minutos a 80 °C e 2,5 minutos a 95 °C. Purê tratado e não tratado termicamente foi mantido sob refrigeração durante 36 dias e análises de pH e acidez titulável, além da contagem de bolores e leveduras, foram realizadas no purê na frequência de 7 dias. Apesar da análise estatística indicar diferenças significativas entre os valores de pH e acidez titulável em função do tempo de armazenamento e do tratamento térmico, o purê apresentou valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação para purê de manga destinado ao consumo como bebida (valor de pH entre 3,3 e 4,5 e acidez titulável mínima de 0,32 % de ácido cítrico). Em relação à contagem de bolores e leveduras, o purê tratado termicamente mostrou-se estável, apresentado contagem zero dos microrganismos citados durante todo o período de armazenamento. Estudo do comportamento reológico do purê tratado e não tratado termicamente indicou o seu caráter não-newtoniano, de natureza pseudoplástica. Apesar dos tratamentos térmicos apresentarem valores de F bem distintos, as análises físico-químicas, a contagem de bolores e leveduras e o estudo reológico mostraram que não houve diferença entre os produtos finais. Isso indica que a estabilidade físico-química e microbiológica do purê pode ser alcançada com o tratamento térmico que apresentou o menor valor de F, no caso, o tratamento conduzido a 65 °C durante 25,5 minutos. Em um teste de aceitação pelo consumidor, o purê tratado nestas condições apresentou um alto índice de aceitação, o que reforça a viabilidade do produto para pronto consumo.

ABSTRACT

In this research project, the viability of 'Haden' mango puree (*Mangifera indica* Linn.) as a ready-to-serve product was studied. The ripening process of the fruit was studied to determine the adequate stage for the puree production. Firmness, pH, total acidity expressed as citric acid percentage, soluble solids and pectin content of the fruit pulps were analyzed. Results showed that color of skin is a good parameter to indicate the mangoes ripening stage. Four different heat treatments were applied to the acidified puree: 25.5 minutes at 65 °C; 16.0 minutes at 75 °C; 4.0 minutes at 80 °C and 2.5 minutes at 95 °C. Non treated and treated puree were maintained under refrigeration for 36 days. pH, titrable acidity, molds and yeast analyses were carried out weekly. Although statistical analyses indicate significant difference among pH and acidity values in relation to storage time and heat treatment, the puree presented acceptable values by Brazilian legislation for mango puree consumed as beverage (pH between 3,3 and 4,5 and minimum total acidity of 0,32% of citric acid). Heat treated puree showed microbiological stability, presenting zero count of these microorganisms during the storage time. The study of rheological behavior of treated and non treated purees revealed non Newtonian character of shear thinning nature. Even though the heat treatments presented very distinct F values, the physical chemical analyses, the mold and yeast counts and the rheological behavior showed that there was not difference among the final products. This indicates that the stability of the puree can be achieved applying the heat treatment with the smallest F value, that is 25.5 minutes at 65 °C. Consumer acceptance test of puree treated in these conditions presented high level of acceptance, which reinforces the viability of this puree as a ready-to-serve product.

1. INTRODUÇÃO

Originária da Ásia, a manga (*Mangifera indica* Linn.) é uma das mais importantes frutas tropicais. Suas excelentes qualidades de sabor e aroma, além de ser ótima fonte de vitaminas A e C, fazem dela uma fruta muito apreciada e de grande importância comercial.

Com uma produção de 540.000 t em 2001, o Brasil figurou entre os dez maiores produtores mundiais (Tabela 1.1). Dentre os estados produtores, destacam-se os da Bahia e de São Paulo, responsáveis por cerca de 46% da produção nacional (IBGE, 2002).

Tabela 1.1 – Produção de manga dos maiores produtores mundiais da fruta em 2001.

Posição no mercado	País	Produção (t)
1	Índia	11.500.000
2	China	3.215.000
3	México	1.458.867
4	Tailândia	1.350.000
5	Indonésia	950.000
8	Brasil	540.000
	Mundo	25.104.058

Fonte: FAO, 2002.

A manga brasileira apresenta um grande potencial de crescimento de suas exportações pelo fato de ser um produto competitivo no mercado internacional, tanto em termos de preços/custos de produção (especialmente depois da desvalorização cambial), como em termos de qualidade (Lucafó; Boteon, 2001).

Deve-se considerar também que a manga é uma fruta praticamente desconhecida para os consumidores dos países desenvolvidos (Leite et al., 1998). Em 2001, a produção mundial da fruta foi de 25 milhões de toneladas enquanto o volume exportado foi de apenas 622 mil toneladas, o que corresponde a 2,5% do total produzido (FAO, 2002).

Em relação ao mercado interno, há uma super oferta da fruta no mercado, o que tem ocasionado a queda dos preços, fato preocupante para os produtores. Há ainda a perspectiva de aumento da produtividade das mangueiras para os próximos anos (Henrique, 2002).

É importante destacar que uma das características marcantes do mercado interno é o elevado percentual de perdas ocasionado por logística inadequada e pela falta de cuidado no manuseio do produto. Além disso, segundo Piglione (1995), uma vez colhida, a manga desenvolve a respiração de forma intensa e com isso, deteriora mais rápido, o que dificulta a comercialização da fruta *in natura*. No mercado varejista de São Paulo foram verificadas perdas de 10 a 20% na comercialização das mangas, segundo estimativa de Piza Jr. (1996) apud Leite et al. (1998).

Frente a este cenário, a industrialização da manga seria uma alternativa ao excedente da produção, além de possibilitar o consumo da fruta durante sua entressafra (ITAL, 1981). A manga processada, no lugar da fruta fresca, também representa uma opção vantajosa na pauta de exportação brasileira de produtos agroindustriais. Segundo Gonçalves (2000) produtos processados ou elaborados são potencialmente diferenciáveis e portanto agregam maior valor, gerando maiores receitas e criando novos postos de trabalho no país.

Uma opção a ser estudada é a industrialização da manga na forma de purê. É um produto de fabricação simples, ainda não comercializado, para pronto consumo e que também pode ser utilizado na produção de sucos, geléias e outros.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um purê de manga e estudar a viabilidade do produto para pronto consumo. Para que fosse alcançado o objetivo proposto, foi feita inicialmente uma avaliação do ponto de amadurecimento da fruta mais adequado para o processamento do purê. Quatro diferentes condições de tratamento térmico foram estudadas para obtenção de um produto estável. A estabilidade do produto foi verificada com as análises de pH e acidez titulável, além da contagem de bolores e leveduras, durante o período de armazenamento refrigerado de 36 dias.

O comportamento reológico dos produtos também foi estudado e os resultados obtidos foram comparados com modelos propostos pela literatura.

Este trabalho foi apenas o passo inicial para o desenvolvimento de um produto estável e servirá de base para estudos futuros das condições do processamento contínuo do purê de manga.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Manga

A manga (*Mangifera indica* Linn.), uma fruta dicotiledônea da família Anacardiaceae, é originária da região Indo-Birmanesa na Ásia (Lizada, 1993). No Brasil, as mangueiras foram introduzidas no século XVIII por navegantes portugueses. As primeiras variedades cultivadas foram ‘Bourbon’, ‘Rosa’, ‘Espada’, ‘Augusta’ e ‘Carlota’ (Manga, s. d.).

Atualmente no Brasil são encontradas diversas variedades de mangueira. Segundo Gayet (1994) apud Leite et al. (1998) predominam as variedades locais (‘Bourbon’, ‘Espada’, ‘Coqueiro’, ‘Ouro’, etc.), cultivadas em pequenas propriedades nos moldes extensivos. Entretanto, nos últimos anos, variedades com ampla aceitação no mercado externo têm sido plantadas em grandes áreas. Dentre elas, as mais plantadas são a ‘Tommy Atkins’, a ‘Haden’, a ‘Keitt’ e a ‘Palmer’ (Kavati; Piza Jr., 2000).

Um dos grandes obstáculos à comercialização da manga *in natura* é o fato de ser um fruto altamente perecível, susceptível a doenças, a mudanças bruscas de temperatura e a injúrias físicas (Lizada, 1993). Além disso, a manga é um fruto sazonal, sendo seu período de safra curto (novembro a janeiro) e coincidente com as safras de outras frutas, como o abacaxi e o pêssego. Com isso, há uma grande oferta de frutas no período, o que gera uma forte competição no mercado (Bridi, 1999; Pelegrine, 1999). Há ainda uma deficiência na estrutura de armazenamento das frutas, o que impede o aproveitamento do grande potencial de produção da manga que ainda não foi explorado (Faria et al., 1994). Pesquisas com novas embalagens e tratamentos fitossanitários têm sido realizadas no sentido de prolongar a vida de prateleira da manga (Piglione, 1995). Outra alternativa ao excedente de produção é a industrialização da manga (ITAL, 1981).

2.1.1. Caracterização física e química

A manga é constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos (ITAL, 1981). Como exemplo, a composição da manga da variedade 'Haden' é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Composição da manga da variedade 'Haden'.

	Quantidade (%)
Água	82,26
Gordura	0,07
Cinzas	0,33
Acidez (g ácido cítrico/100g)	0,29
Proteínas	0,34
Amido	1,45
Açúcares	5,27

Fonte: Beyers et al. (1979) apud Jagtiani; Chan Jr.; Sakai (1988).

A composição química e as características físicas das mangas variam com as condições de cultura, a variedade e o estágio de maturação (Cardello; Cardello, 1998). Como são encontrados no Brasil diversos cultivares de mangueira, estudos de caracterização física e química de mangas de variedades regionais são de grande importância. Por meio destes estudos podem ser identificadas as variedades mais propícias ao consumo *in natura* e à industrialização. Para consumo do fruto fresco, o consumidor prefere frutas com baixa acidez, altos teores de sólidos solúveis e ausência de fibras. As indústrias, no geral, preferem mangas com alto rendimento de polpa, altos teores de sólidos solúveis e ausência de fibras (Gonçalves et al., 1998).

No entanto, na literatura são encontrados poucos destes estudos. Um dos mais recentes e completos foi realizado por Gonçalves et al. (1998) com mangas cultivadas em Lavras, no Estado de Minas Gerais. Nas Tabelas 2.2 e 2.3 são apresentados alguns dos resultados obtidos pelos autores.

Tabela 2.2 - Características físicas de algumas variedades de mangueira de Lavras-MG.

Variedades	Peso (g)	Casca (%)	Semente (%)	Polpa (%)
Amarelinha	169,97	10,47	20,41	69,96
Extrema	488,76	9,55	7,55	82,91
Haden	368,57	10,06	8,58	82,35
Rubi	298,50	10,00	8,73	81,14
Sabina	264,33	11,70	18,95	69,34
Ubá	143,15	9,62	13,01	77,47
Ubari	212,06	7,94	9,56	83,45

Fonte: Gonçalves et al., 1998.

Tabela 2.3 - Características químicas de algumas variedades de mangueira de Lavras-MG.

Variedades	pH	ATT ⁽¹⁾ (%)	SS ⁽²⁾ (°Brix)	Açúcares redutores ⁽³⁾	Açúcares Totais ⁽³⁾	Vit. C total ⁽⁴⁾	Pectina Total ⁽⁴⁾
Amarelinha	4,42	0,29	15,60	3,01	8,65	134,46	0,98
Extrema	4,19	0,33	14,20	4,10	7,79	76,76	0,64
Haden	3,98	0,45	10,90	3,16	6,34	62,95	0,70
Rubi	4,10	0,37	13,20	3,08	5,95	45,51	0,84
Sabina	4,38	0,63	15,90	3,09	8,81	94,57	1,44
Ubá	4,20	0,54	16,80	3,50	7,53	182,55	1,12
Ubari	3,86	0,53	16,70	3,24	8,43	179,56	1,12

(1) Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico.

(2) SS – sólidos solúveis

(3) Açúcares redutores e totais expressos em porcentagem de glicose.

(4) mg/100 g de polpa

(5) Pectina total expressa em porcentagem de ácido galacturônico.

Fonte: Gonçalves et al., 1998.

As alterações físico-químicas que as mangas sofrem durante o

amadurecimento devem ser observadas, pois também são úteis na definição das condições de armazenamento e processamento das frutas. Algumas das mudanças ocorridas são listadas a seguir (Jagtiani; Chan Jr.; Sakai, 1988):

- ✓ Sólidos solúveis, pH, açúcares totais, sacarose, carotenos e a intensidade do sabor aumentam;
- ✓ Sólidos insolúveis, acidez e teor de amido diminuem;
- ✓ Sólidos totais permanecem constantes;
- ✓ A respiração e a transpiração aumentam até um pico para então diminuírem;
- ✓ Alteração da coloração da polpa: de amarelo claro para amarelo escuro ou laranja.

Durante o amadurecimento, a maioria das frutas apresenta uma mudança substancial na firmeza de suas polpas. Essa diferença influencia consideravelmente a aceitação das frutas pelo consumidor uma vez que a firmeza é um indicador do estágio de maturação. Para os produtores, ela está relacionada à vida de prateleira das frutas e para as indústrias, a comparação da textura de frutas de variedades diferentes pode ser de vital importância (SMS, 2001).

As mudanças na textura geralmente estão relacionadas a alterações na estrutura da parede celular. Estas alterações são mais aparentes nos componentes pécticos. Substâncias pécticas são misturas complexas de polissacarídeos que compõem cerca de um terço da parede celular de plantas dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas (Van Buren, 1991). Durante o amadurecimento, geralmente ocorre o aumento da solubilidade e a redução do peso molecular da pectina, além da perda dos açúcares naturais da pectina, como a arabinose e a galactose (Muda et al., 1995). Segundo Saeed; El Tinay; Khattab (1975) a pectina possui efeito marcante na textura, tanto na fruta *in natura* como em produtos processados.

Em estudo de Roe; Bruemmer (1981) foi observado que o amolecimento das mangas durante o amadurecimento, indicado por uma queda da resistência à força de cisalhamento, era acompanhado por um rápido declínio da quantidade total de

substâncias pécticas. Segundo os autores, uma das substâncias (a pectina solúvel em meio alcalino) está ligada estruturalmente à parede celular e o amolecimento da polpa seria então causado pela degradação dessa substância.

Faria et al. (1994) estudaram o papel das enzimas pectinesterase e poligalacturonases (endo e exo) no processo de amadurecimento da manga 'Haden'. Segundo os autores, essas enzimas são as responsáveis pela solubilização da pectina e conseqüente amolecimento da polpa da manga. Foi observado que as poligalacturonases apresentaram atividade praticamente nula no início do amadurecimento e com o tempo, suas atividades aumentaram. Já a pectinesterase apresentou comportamento oposto: alta atividade no início do amadurecimento e uma perda quase total de atividade no décimo dia. O conhecimento da atividade da pectinesterase é de grande valia uma vez que essa enzima, a mais resistente presente em mangas, é utilizada como parâmetro para processamentos térmicos (Siddalingu et al., 1985).

Outros trabalhos foram feitos a fim de acompanhar o processo de amadurecimento das mangas e as alterações físico-químicas ocorridas. Em estudo de Cardello; Cardello (1998) com mangas 'Haden' foi observado que a quantidade de ácido ascórbico diminui consideravelmente com o amadurecimento da fruta. A degradação do ácido ascórbico pode favorecer o escurecimento não enzimático além de causar sabor estranho. Além disso, foi observado que o período pós-colheita mais indicado para o consumo da manga está compreendido entre 10 e 14 dias de amadurecimento. Nesse período, as amostras apresentaram maiores intensidades de doçura e coloração amarela da polpa e menores intensidades de acidez e adstringência.

Medlicott et al. (1990) e Malevski et al. (1977) acompanharam o amadurecimento de mangas com o propósito de relacionar a coloração da casca da manga com o estágio de maturação e o teor de sólidos solúveis. No primeiro estudo, feito com mangas da variedade 'Julie', os autores observaram pouca correlação entre a coloração da casca, a firmeza da polpa e o teor de sólidos solúveis. Já Malevski et al. (1977) em estudo com mangas da variedade 'Haden' concluíram que a intensidade das cores amarela e vermelha da casca no momento da colheita das frutas

é um bom indicador do estágio de maturação das mangas. Mangas que apresentavam na colheita as duas cores em maior intensidade desenvolveram melhor coloração interna e maior teor de sólidos solúveis.

Kolekar et al. (1992) apresentaram em seu trabalho uma avaliação subjetiva da mudança da coloração e da aparência da casca e da polpa das mangas, feita por um painel de 6 juízes. Este estudo, feito com mangas da variedade ‘Alphonso’, definiu 7 estágios de maturação, listados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Estágios de maturação definidos de acordo com características da casca e polpa das mangas da variedade ‘Alphonso’.

Estágio de maturação	Características da casca e polpa
1	Casca verde; polpa de cor amarelo pálido e sabor azedo
2	Casca de cor amarelo esverdeado; polpa de cor amarelo pálido e sabor entre azedo e doce
3	Casca amarela; polpa amarela e sabor doce (boa qualidade)
4	Casca amarela, pouco enrugada; polpa de cor amarelo escuro e sabor doce (boa qualidade)
5	Casca de cor amarelo escuro, enrugada e com pontos escuros; polpa mole, fruto muito maduro com sabor doce (qualidade satisfatória)
6	Casca de cor amarelo escuro, completamente enrugada com pontos escuros; polpa mole e sabor desagradável (baixa qualidade)
7	Casca de cor amarelo escuro, completamente enrugada e manchas pretas; polpa mole e podre (baixa qualidade)

2.2. Purê de manga

Segundo Leite et al. (1998) não há no Brasil legislação sobre os parâmetros que identificam produtos novos como o purê de manga; ele ainda é avaliado com base nos indicadores do suco de manga. De fato, a Instrução Normativa N.º 12, de setembro de 1999 estabelece os padrões de identidade e qualidade para purês (ou polpas) destinados somente ao consumo como bebida. De acordo com a norma, o purê de manga é definido como o produto não fermentado e não diluído obtido da parte comestível da manga através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais. O purê deve apresentar cor amarela, sabor doce, levemente ácido, além de sabor e aroma próprios da fruta (Brasil, 1999). A Tabela 2.5 apresenta a composição que o purê de manga para consumo como bebida deve apresentar.

Tabela 2.5 - Composição do purê de manga destinado ao consumo como bebida.

	Mínimo	Máximo
pH	3,3	4,5
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	11,0	-
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.

2.2.1. Escolha da variedade adequada

Para a obtenção do purê inicialmente deve ser escolhida a variedade adequada. Como já foi mencionado não são todas as variedades que apresentam características apropriadas para industrialização. Boas características de cor, sabor e aroma são os principais atributos procurados. Por outro lado, por ser um produto resultante do esmagamento da fruta, podem ser utilizadas frutas pequenas, com baixo rendimento em pedaços. Além disso, o excesso de fibras ou a presença de fibras

longas não provocam diferenças na textura, já que estas desaparecem com a desintegração e o despulpamento (ITAL, 1981).

Estudos têm sido realizados para verificar quais as variedades indicadas à industrialização. Em trabalho conduzido por Gonçalves et al., (1998) em Lavras (Minas Gerais) foi observado que as cultivares ‘Extrema’, ‘Ubá’ e ‘Ubari’ eram as mais apropriadas tanto para consumo *in natura* quanto para industrialização. A variedade ‘Extrema’ apresentou altas porcentagens de polpa e de açúcares redutores, além de baixa acidez. Já as variedades ‘Ubá’ e ‘Ubari’ apresentaram altos teores de sólidos solúveis e de vitamina C. Com relação ao aspecto organoléptico, Kato et al. (1976) ao estudarem polpas concentradas de mangas das variedades ‘Espada’, ‘Bourbon’, ‘Haden’, ‘São Quirino’ e ‘Non Plus Ultra’, verificaram que não havia diferença entre elas nos testes de preferência; os néctares produzidos a partir dessas polpas foram igualmente bem avaliados por uma equipe de 160 provadores.

A grande importância que as variedades nativas despertam no paladar da região também deve ser ressaltada. Um exemplo é a preferência pela variedade ‘Espada’ na fabricação de sucos na região Nordeste do país (Leite et al., 1998). Segundo os autores, um desafio a ser vencido é o aprofundamento de processos tecnológicos para industrialização da manga com variedades regionais direcionadas para mercados específicos.

2.2.2. *Despulpamento*

Para produção do purê devem ser escolhidas frutas completamente maduras e sem partes estragadas. Purês obtidos de frutas maduras possuem melhor aroma e coloração mais intensa, além de possuírem maior rendimento. Após a seleção das frutas, elas devem ser lavadas, descascadas e seus caroços, retirados (Jagtiani; Chan Jr.; Sakai, 1988).

A polpa da manga é geralmente esmagada mecanicamente em despulpadores. Após o despulpamento, peneiras são utilizadas para remoção de fibras e outras partículas. Brekke; Cavaletto; Stafford (1968) e Kato et al. (1976) utilizaram em seus

estudos peneiras de 0,84 milímetros de abertura.

Um aspecto interessante do trabalho de Brekke; Cavaletto; Stafford (1968) foi a utilização de mangas com casca na elaboração do purê. Foram feitas avaliações de sabor e aroma dos purês com e sem casca e foi observado que o descascamento não era necessário ou desejável. Os néctares feitos a partir de purês com casca obtiveram notas de sabor e aroma significativamente mais altas que os néctares dos purês sem casca.

2.2.3. Tratamento térmico

Após o despulpamento e a remoção das fibras, o purê deve ser submetido a tratamento térmico. Este pode ser feito por processamento contínuo em trocadores de calor a placas ou superfície raspada ou através de processo descontínuo por imersão em autoclaves ou banhos termostatzados (Brekke; Cavaletto; Stafford, 1968; Kato et al., 1976; Piñera et al., 1995). Brekke; Cavaletto; Stafford (1968) observaram que o tratamento térmico é necessário para a retenção das qualidades de sabor e aroma dos purês durante o armazenamento refrigerado. Além disso, o tratamento térmico apropriado é de grande importância devido à inativação de enzimas, uma vez que a presença natural de algumas delas pode ocasionar mudança de cor e desenvolvimento de *off-flavor*.

A inativação das enzimas pode servir como parâmetro 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 como a peroxidase, a polifenol oxidase e a pectinesterase, que são encontradas em mangas. Khan; Robinson (1993) estudaram a inativação da peroxidase em mangas (variedade 'Chaunsa'). Essa enzima, reconhecida como uma das mais termorresistentes, age diretamente nos fenóis, causando escurecimento enzimático, além de catalisar a descoloração de antocianinas e outros pigmentos de plantas (Sawahata; Neal, 1982; Kanehira; Saito, 1990 apud Khan; Robinson, 1993). Segundo os autores, a enzima perde cerca de 60 % de sua atividade com um tratamento térmico de 2 minutos a

60°C e apresenta perda de 90 % quando submetida a aquecimento de 80 °C durante 4 minutos. Os autores observaram que a perda de atividade da peroxidase era não-linear em função do tempo de aquecimento. A presença de várias isoenzimas com diferentes termoestabilidades foi a causa provável para a não-linearidade da inativação da peroxidase.

Outros trabalhos indicam a eficácia do tratamento térmico na inativação da polifenol oxidase, responsável pela formação de pigmentos marrons em mangas. Em estudo de Park et al. (1980) com mangas 'Haden' a polifenol oxidase perdeu metade de sua atividade após aquecimento de 2,1 e 4,0 minutos a 85° C e 80 °C, respectivamente. Katwa; Ramakrishna; Ranghavendra Rao (1982) conduziram estudo com a mesma enzima presente na casca de mangas da variedade 'Raspuri'. A polifenol oxidase apresentou pH e temperatura ótimos de 5,5 e 46 °C. A enzima perdeu 50 % de sua atividade quando exposta a 85 °C, 75 °C e 65 °C por 3, 16 e 25,5 minutos, respectivamente.

Outra enzima encontrada em mangas é a catalase. Em estudo de Brekke et al. (1975) apud Jagtiani; Chan Jr.; Sakai (1988) foram utilizados trocadores de calor a placas para o tratamento do purê de manga. O purê foi mantido entre 90,6 °C a 93,3°C durante 2 minutos e então resfriado rapidamente entre 29,4 °C a 37,8 °C. Esse tratamento foi suficiente para inativação da catalase.

Siddalingu et al. (1985) desenvolveram um processo térmico para polpas de manga baseado na inativação da pectinesterase, considerada pelos autores como a enzima mais resistente presente nelas. No tratamento térmico estudado, o nível de inativação enzimática atingido, ou seja, o número de ciclos logarítmicos reduzidos da atividade da enzima (S) foi 2,3. Para isso, o intervalo de aquecimento necessário à temperatura constante de 97,2 °C foi de 1,7 minutos (para polpas de manga com pH 4,0). O valor de D ou tempo de redução decimal (intervalo de tempo à temperatura constante para redução de 90 % da atividade enzimática) empregado no cálculo dos parâmetros de tempo e temperatura do processo foi de 0,33 minutos a 100 °C e o valor z (intervalo de temperatura necessário para a redução de 90 % do tempo de redução decimal D) foi de 11,9 °C.

Além da inativação de enzimas, o tratamento térmico é necessário para

garantir a estabilidade microbiológica do produto final.

O'Connor-Shaw et al. (1995), em estudo com purês de manga comercializados no mercado australiano, mostraram que a pasteurização reduziu a contagem de coliformes de $1,4 \times 10^3$ e $5,4 \times 10^3$ UFC/g do purê cru para < 5 UFC/g. O trabalho, no entanto, não especifica as condições de tempo e temperatura da pasteurização a que os purês foram submetidos.

Rajashekhara; Suresh; Ethiraj (2000) estudaram o efeito combinado do tratamento térmico e do uso de conservantes na inativação de ascósporos de *Neosartorya fischeri*, um fungo termo resistente, em sucos de manga. Segundo os autores, a inativação completa do microrganismo foi obtida com o aquecimento do produto a 85 °C durante 120 min. Com a utilização de sorbato de potássio e de benzoato de sódio o tempo de aquecimento foi bastante reduzido (de 50 % a 67 %).

No trabalho de Kato et al. (1976) foram realizadas análises microbiológicas com polpas concentradas de mangas das variedades nacionais 'Espada', 'Bourbon', 'Haden', 'São Quirino' e 'Non Plus Ultra'. A polpa foi pasteurizada a 99 °C durante 45 segundos e enlatada. Em seguida, as latas com a polpa foram colocadas em tanque estático com água em ebulição durante 5 minutos e logo depois, submetidas a resfriamento brusco com água a temperatura ambiente. Esse tratamento foi suficiente para garantir a estabilidade do produto durante 180 dias de armazenamento a temperatura ambiente. Foram feitas contagens totais de bolores e leveduras, bactérias lácticas e *Clostridium pasteurianum*.

Um atributo importante a ser considerado no tratamento térmico é o pH do produto, que determina o tipo de microrganismo que irá crescer nele. Alimentos ácidos (pH baixo) podem ser submetidos a tratamentos térmicos brandos visando apenas à destruição de células vegetativas de microrganismos, uma vez que os esporos destes são inibidos pelo ácido. Já para alimentos de baixa acidez, o tratamento térmico deve ser suficiente para destruir tanto as células vegetativas como os esporos, pois esses últimos podem germinar. Estudos mostraram que o *Clostridium botulinum*, que produz a toxina causadora do botulismo, pode crescer em alimentos com pH 4,5; alimentos que apresentam valores de pH acima de 4,5 são então considerados de baixa acidez (Teixeira; Balaban, 1996). Em estudos citados por

Jagtiani; Chan Jr.; Sakai (1988) foram apresentados valores de pH acima de 4,5 para manga. Como um processo térmico severo causaria mudanças de sabor, aroma e textura dos subprodutos da manga, uma correção do pH seria necessária, pois acidificando o produto (atingindo valores de pH entre 3,5 e 4,0) o tratamento térmico poderia ser minimizado. A acidificação dos subprodutos de manga é feita geralmente com ácido cítrico. Entretanto, em alguns estudos o purê de manga foi considerado um produto ácido, não necessitando de correção do seu valor de pH (ITAL, 1981).

2.3. Reologia

Reologia é definida como a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação (Toledo, 1991).

Para a indústria de alimentos, o estudo do comportamento reológico é de grande utilidade para:

- ✓ Cálculos em processos de engenharia, tais como: cálculo de vazões, seleção de bombas, determinação de perda de carga em tubulações, em operações unitárias como evaporação e esterilização, entre outros;
- ✓ Determinar a funcionalidade de um ingrediente no desenvolvimento de um produto;
- ✓ Testes de vida de prateleira;
- ✓ Avaliar a textura do alimentos e correlacioná-la à análise sensorial.

(Holdsworth, 1993)

Os fluidos alimentícios são caracterizados, quanto ao seu comportamento reológico, em newtonianos e não-newtonianos. Os fluidos newtonianos apresentam viscosidade constante, ou seja, apresentam uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento. O modelo que descreve o comportamento destes fluido é dado a seguir (Holdsworth, 1993).

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad \text{Modelo de Newton}$$

em que:	τ - tensão de cisalhamento	Pa
	η - viscosidade	Pa.s
	$\dot{\gamma}$ - velocidade de cisalhamento	s ⁻¹

Os fluidos não-newtonianos, que não apresentam viscosidade constante, são classificados em independentes ou dependentes do tempo. Dentre os independentes do tempo, estão os plásticos de Bingham (margarinas, óleos vegetais, entre outros); os fluidos pseudoplásticos ou *shear thinning* (sucos de frutas concentrados, purês de frutas e vegetais) e os fluidos dilatantes ou *shear thickening* (suspensões de amido, mel). Já os fluidos dependentes do tempo, cuja viscosidade depende não somente da taxa de cisalhamento, como também do tempo de escoamento estão divididos em tixotrópicos (maionese, iogurte) e reopéticos (Holdsworth, 1993).

2.3.1. Comportamento Reológico do Purê de Manga

Estudos sobre as propriedades reológicas do purê de manga têm sido realizados e foi observada a natureza não-newtoniana do alimento. Como já foi mencionado, não existe uma proporcionalidade direta entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento a uma dada pressão e temperatura. Com isso, a viscosidade aparente não é uma constante. As polpas de frutas, dispersões de moléculas ou partículas assimétricas, apresentam no repouso um estado desordenado e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas ou partículas tendem a orientar-se na direção da força aplicada. Quanto maior a força aplicada, maior será a ordenação e conseqüentemente menor será a viscosidade aparente. Como a viscosidade aparente dos purês de frutas decrescem com o aumento da tensão de cisalhamento, eles são classificados como fluidos pseudoplásticos (ou *shear thinning*).

São dois os modelos reológicos que geralmente descrevem o comportamento de purês de manga: o Modelo de Ostwald-de Waele (ou Lei de Potência) e o Modelo de Herschel Bulkley (ou Lei de Potência Generalizada) sendo que este último se diferencia do primeiro apenas pela inclusão do parâmetro de tensão inicial de cisalhamento (τ_0). Os modelos são descritos a seguir (Holdsworth, 1993):

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{Lei de Potência}$$

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{Herschel-Bulkley}$$

em que:	τ - tensão de cisalhamento	Pa
	τ_0 - tensão inicial de cisalhamento	Pa
	K - índice de consistência	Pa.s ⁿ
	$\dot{\gamma}$ - velocidade de cisalhamento	s ⁻¹
	n - índice de comportamento	adimensional

Na Tabela 2.6 são apresentados valores de n e K encontrados em literatura para purês de manga de diversas variedades. As diferenças observadas nos valores de n e K podem ser decorrentes de variações na composição química dos purês (teor de pectina, sólidos solúveis e sólidos insolúveis) e de diferentes sistemas de medição (Gunjal; Waghmare, 1987; Manohar; Ramakrishna; Ramteke, 1990; Roy; Joshi, Nath, 1997).

Algumas observações sobre os estudos apresentados devem ser feitas. No estudo de Guerrero; Alzamora (1998) as amostras do purê foram inicialmente submetidas a cisalhamento a 128 rpm até que fosse obtido valor constante de torque. Seguindo esse procedimento, os autores eliminaram o caráter tixotrópico, ou seja, a dependência do tempo das amostras. É válido afirmar, no entanto, que nos outros estudos mencionados não foi observada tixotropia, sendo o purê de manga classificado como fluido independente do tempo.

Tabela 2.6 - Propriedades reológicas de purês de manga encontradas na literatura.

Variedade de manga	°Brix	T (°C)	n	K (Pa.s ⁿ)	τ_0 (Pa)	Modelo Reológico	Sistema de Medida	Referência
Keitt	13	10-55	0,47 - 0,54	0,7 - 15	7,0 - 9,8	Herschel-Bulkley	Cilindros Concêntricos	Guerrero; Alzamora (1998)
Keitt	16,6	30	0,41562	5,79713	2,82058	Herschel-Bulkley	Cilindros concêntricos	Pelegrine (1999)
Totapuri	20	28,5	0,535	2,8	15,7	Herschel-Bulkley	Cilindros Concêntricos	Siddalingu et al. (1985)
Totapuri	16	30	0,295	5,129	-	Lei de Potência	Cilindros Concêntricos	Manohar; Ramakrishna; Ramteke (1990)
Baneshan Neelum	17 19	40-80	0,309-0,343 0,314-0,354	11,785-20,233 13,900-22,459	-	Lei de Potência	Cilindros concêntricos	Gunjal; Waghmare (1987)
Alphonso	11	25	0,33	5,6	-	Lei de Potência	Cilindros Concêntricos	Rao et al. (1985)
Dushehari	21	17-85	0,285-0,299	2,1233-3,8384	-	Lei de Potência	Cilindros concêntricos	Roy; Joshi; Nath (1997)
Tommy Atkins	13	24,4	0,40	718	-	Lei de Potência	Cilindros concêntricos	Costa; Andrade (2000)
Não especificada	9,3	24,2	0,334	2,356	-	Lei de Potência	Viscosímetro de tubo	Rao; Otoya Palomino; Bernhardt (1974)

Com relação ao trabalho de Pelegrine (1999) deve ser destacado que o modelo reológico que melhor descreveu o comportamento da polpa de manga foi o modelo de Mizrahi-Berk. Este modelo foi inicialmente utilizado para descrever o comportamento reológico de suco de laranja concentrado. Na Tabela 2.6 foram apresentados os parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley encontrados pela autora apenas para efeito de comparação. O modelo de Mizrahi-Berk é representado pela seguinte equação (Pelegrine, 1999):

$$\tau^{1/2} - K_{OM} = K_M \cdot \dot{\gamma}^{n_M} \quad \text{Mizrahi-Berk}$$

em que: τ - tensão de cisalhamento	Pa
K_M - índice de consistência de Mizrahi-Berk	$(\text{Pa})^{1/2} \cdot (\text{s})^{n_M}$
K_{OM} - raiz quadrada da tensão inicial de Mizrahi-Berk	$(\text{Pa})^{1/2}$
$\dot{\gamma}$ - velocidade de cisalhamento	s^{-1}
n_M - índice de comportamento	adimensional

Outros modelos reológicos também podem ser utilizados para descrever o comportamento do purê de manga: o modelo de Casson e o de Bingham. Vidal; Gasparetto (2000) descreveram o comportamento reológico do suco de manga com o Modelo de Casson, desenvolvido inicialmente para uma suspensão de partículas interagindo em um meio newtoniano. O modelo é expresso pela equação a seguir:

$$\tau^{1/2} = K_{OC} + K_C \cdot \dot{\gamma}^{1/2} \quad \text{Casson}$$

em que: τ - tensão de cisalhamento	Pa
K_{OC} - tensão inicial de Casson	$(\text{Pa})^{1/2}$
K_C - viscosidade plástica de Casson	$(\text{Pa} \cdot \text{s})^{1/2}$
$\dot{\gamma}$ - velocidade de cisalhamento	s^{-1}

Já o modelo de Bingham descreve o comportamento reológico de fluidos que, apesar de apresentarem uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a velocidade de cisalhamento, exibem uma tensão inicial de cisalhamento (Holdsworth, 1993). O modelo de Bingham é dado a seguir.

$$\tau = \tau_0 + K_B \cdot \dot{\gamma} \quad \text{Bingham}$$

em que:	τ - tensão de cisalhamento	Pa
	τ_0 - tensão inicial de cisalhamento	Pa
	K_B - viscosidade plástica de Bingham	Pa.s
	$\dot{\gamma}$ - velocidade de cisalhamento	s ⁻¹

2.3.2. Efeito do teor de pectina no comportamento reológico do purê de manga

Um aspecto importante a ser considerado em relação ao comportamento reológico do purê é a quantidade de pectina presente nele. Conforme observaram Saeed; El Tinay; Khattab (1975) a consistência de geléias, néctares e purês é notadamente influenciada pela pectina originalmente presente na fruta, devido a suas propriedades espessantes e de gelatinização. Os autores relacionaram a data de colheita das mangas, a quantidade total de pectina e a viscosidade do néctar obtido dessas frutas: os néctares obtidos de frutas colhidas com tempo menor de maturação possuíam teor total de pectina e viscosidade maiores que os néctares de frutas colhidas posteriormente. Segundo Ashraf et al. (1981), no entanto, as frações de pectina das mangas tendem a aumentar com o amadurecimento; esse comportamento também é observado em outras frutas como melão, banana e morango.

Outros trabalhos evidenciam a influência da quantidade de pectina na viscosidade de purês de manga. Manohar; Ramakrishna; Ramteke (1990) observaram uma redução de 48% da viscosidade aparente da polpa de manga, ocasionada por uma diminuição de apenas 5,7 % do seu teor de pectina; resultados semelhantes foram obtidos por Pelegrine (1999). No estudo de polpas tratadas com pectinases,

Bhattacharya; Rastogi (1998) observaram que os valores de viscosidade aparente apresentavam uma queda significativa com o aumento da concentração da enzima. Outro aspecto interessante observado pelos autores foi que mesmo com o tratamento enzimático a polpa não perdeu sua característica de fluido não-newtoniano, mantendo sua natureza pseudoplástica e apresentando tensão inicial de cisalhamento. A liquefação enzimática das polpas de manga tem sido estudada com o intuito de obter um suco de menor viscosidade, com maior rendimento e maior conteúdo de sólidos solúveis (Sreenath; Sudarshana Krishna; Santhanam, 1995; Sreenath; Nanjundaswamy; Sreekantiah, 1987).

2.3.3. Efeito da temperatura no comportamento reológico do purê de manga

Medidas reológicas realizadas em uma única temperatura têm utilidade limitada uma vez que o purê é submetido a diferentes temperaturas durante o processamento (Saravacos, 1970). Em estudos realizados por Rao et al. (1985), Gunjal; Waghmare (1987), Manohar; Ramakrishna; Ramteke (1990) e Guerrero; Alzamora (1998) foi observada a influência da temperatura na viscosidade do purê de manga. Segundo esses estudos, a influência da temperatura no índice de comportamento (n) é pouco significativa enquanto a temperatura apresenta efeito marcante no índice de consistência (K). Foi observado que com o aumento da temperatura o índice de consistência diminui consideravelmente. Guerrero; Alzamora (1998) também verificaram a diminuição da tensão inicial de cisalhamento (τ_0) com o aumento da temperatura.

Em estudo de Vidal; Branco; Gasparetto (2000) com polpas de manga integral e centrifugada foi verificado o seguinte comportamento: a viscosidade da polpa integral diminui com o aumento da temperatura até 40 °C e para temperaturas entre 50 °C e 60 °C a viscosidade aumenta. Já para a polpa centrifugada foi observado que sua viscosidade diminui com o aumento de temperatura até 60 °C.

2.3.4. Outros fatores que influenciam o comportamento reológico de purês

Em estudo de Saravacos (1970) foi observado que a viscosidade dos purês ou das polpas de frutas depende da concentração, do tamanho e do formato dos sólidos suspensos. Conclusões semelhantes foram obtidas com polpa de manga por Pelegri (1999): quando os sólidos suspensos da polpa integral foram retirados através de centrifugação, o comportamento reológico da polpa resultante aproximou-se do newtoniano. Com a centrifugação, o índice de consistência (K) da polpa sofreu uma diminuição da ordem de 60 %.

Pelegri; Gasparetto; Vidal (2000), ao utilizarem reômetros rotacionais de placas paralelas e de cilindros concêntricos, concluíram que diferentes sistemas de medição também podem gerar diferenças nos valores de n e K .

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima

Foram adquiridas 100 mangas da variedade 'Haden' provenientes do Estado da Bahia nas safras de 2001 e 2002. Essa variedade foi escolhida por ser uma das mais comercializadas no estado de São Paulo. As frutas foram adquiridas verdes para que fosse realizado o acompanhamento do processo de amadurecimento das mesmas.

3.2. Equipamentos

- 3.2.1. Agitador magnético, marca NALGON, modelo 1520-516, 100-1400 rpm, 220V, 700 W.
- 3.2.2. Autoclave, marca FABBE, modelo 103, 2500W, 220V.
- 3.2.3. Balança analítica, marca DENVER, modelo AA-250, precisão 0,0001g, 220V.
- 3.2.4. Balança digital, marca CHYO, modelo MK – 3000E, precisão 0,1g, 220V.
- 3.2.5. Banho termostaticado de água, marca MLW, modelo U2C, 110V, 0,95kW.
- 3.2.6. Banho termostaticado de água, marca QUIMIS, modelo 215 D2, 220V, 1600W.
- 3.2.7. Bomba a vácuo, marca LEYBOLD, modelo 10420.
- 3.2.8. Câmara climática, marca VEB FEUTRON GREIZ, modelo 3522/51.
- 3.2.9. Contador de colônias digital, marca PHOENIX, modelo CP 600, 110/220V, 28W.
- 3.2.10. Estufa a vácuo, marca WC HERAEUS GMBH HANAU, modelo RVL 500, 220V.
- 3.2.11. Estufa bacteriológica, marca NOVA ÉTICA, modelo 410/4, 220V, 1000W.
- 3.2.12. Estufa, marca FABBE, modelo 119, 110V, 1200 W.
- 3.2.13. Freezer horizontal, marca METALFRIO, 110V, mantido a – 18°C.
- 3.2.14. Mixer, marca WALITA, 110V, 80W.
- 3.2.15. pH - Stat, marca RADIOMETER, modelo PHM – 290 com auto bureta ABU 901.

- 3.2.16. Refratômetro, marca CARLZEISSJENA, modelo I, precisão 0,1°Brix.
- 3.2.17. Refrigerador, marca CONSUL, modelo 340, 110V, 113W, mantido a 5°C.
- 3.2.18. Reômetro digital, marca BROOKFIELD, modelo RVT III, programável acoplado em PC através do programa Rheocalc V1.1.
- 3.2.19. Sistema de aquisição de dados empregando placas de interface NATIONAL INSTRUMENTS e programa Labview 5.1 for Windows utilizados para monitoramento *on-line* de temperatura.
- 3.2.20. Termopares tipo T (24 AWG), marca IOPE.
- 3.2.21. Texturômetro, marca STABLE MICRO SYSTEMS, modelo TA – TX2i.
- 3.2.22. Vidraria comum de laboratório.

3.3. Reagentes

- 3.3.1. Solução de hidróxido de sódio 1 N.
- 3.3.2. Solução de hidróxido de sódio 0,1N.
- 3.3.3. Solução de hidróxido de sódio 0,01 N.
- 3.3.4. Solução de ácido acético 1 N.
- 3.3.5. Solução de cloreto de cálcio 1 N.
- 3.3.6. Solução de nitrato de prata 1% p/v.
- 3.3.7. Solução de ácido clorídrico 0,05 N.
- 3.3.8. Solução alcóolica de fenolftaleína a 1% p/v.
- 3.3.9. Solução tampão pH 4,00 ± 0,01, procedência MERCK.
- 3.3.10. Solução tampão pH 7,00 ± 0,01, procedência MERCK.
- 3.3.11. Solução tampão pH 10,00 ± 0,01, procedência MERCK.
- 3.3.12. Cloreto de cálcio anidro para dessecador.
- 3.3.13. Meio de cultura Potato dextrose agar, procedência OXOID, CM 139.
- 3.3.14. Fosfato monopotássico padrão analítico.
- 3.3.15. Solução de ácido tartárico a 10% p/v.
- 3.3.16. Ácido cítrico anidro (p.a), procedência ANALISTA.

3.4. Embalagem

O purê pronto foi acondicionado em potes de vidro previamente esterilizados em autoclave (item 3.2.2) a 121°C durante 15 minutos (APHA, 1984). Os potes (marca VIDRARIA ANCHIETA LTDA., referência 081/PO) tinham capacidade de 200 mililitros e possuíam 70 milímetros de diâmetro externo e 64 milímetros de altura. Os potes com purê foram fechados com tampas (marca VIDRARIA ANCHIETA, número 63) próprias para o fechamento de potes que são submetidos a tratamento térmico em autoclave.

3.5. Análises

3.5.1. Análises físico-químicas

✓ pH

Medido em pH-Stat (item 3.2.15).

✓ Acidez titulável (expressa em porcentagem de ácido cítrico)

Determinada conforme metodologia descrita em AOAC (1995). A análise foi conduzida no pH-Stat (item 3.2.15) e foram utilizadas soluções de hidróxido de sódio 0,1 N e 0,01 N (itens 3.3.2 e 3.3.3) na titulação.

✓ Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Medido em refratômetro (item 3.2.16) com correção para temperatura de 20°C e acidez titulável. Ambas as correções foram feitas conforme descrito em INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976).

✓ Teor de sólidos totais

Determinado conforme descrito em AOAC (1995) e INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Foram pesados 20 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

3.5.3. Firmeza das frutas inteiras

Determinada através dos ensaios de penetração na fruta inteira, conduzidos em texturômetro (item 3.2.21) com probe cilíndrico de aço inoxidável de 6 milímetros de diâmetro, modelo P/6 (Figura 3.1). Uma porção de casca foi retirada no local da perfuração e foi conduzida uma penetração em cada lado da manga. A velocidade de penetração na polpa da fruta foi de 1,0 mm/s e a profundidade de penetração foi de 20,0 milímetros. O procedimento adotado foi adaptado de metodologia descrita por Medicott et al. (1990).

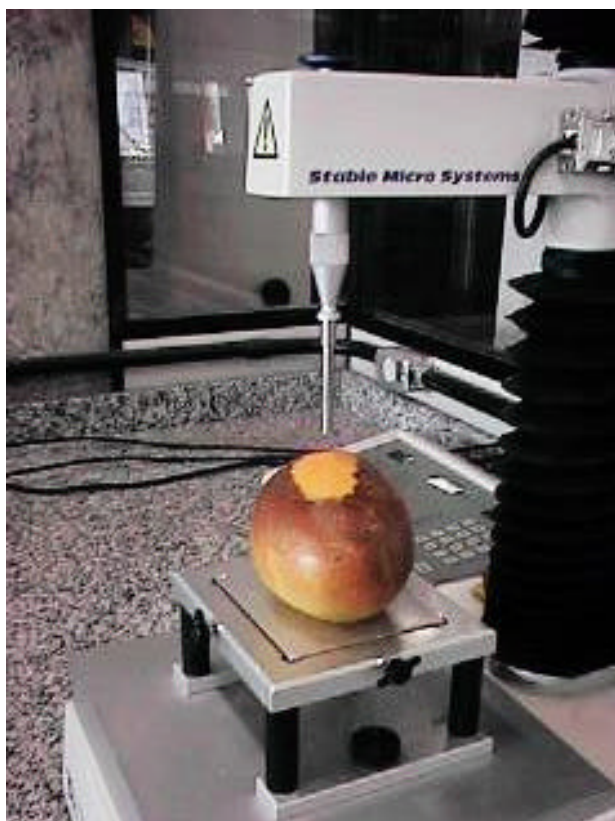


Figura 3.1 – Ensaio de penetração na manga inteira, conduzido em texturômetro.

3.5.4. Obtenção dos reogramas do purê de manga

Reogramas do purê tratado e não tratado foram obtidos utilizando o reômetro digital (Figura 3.2), marca BROOKFIELD, modelo RVT III (item 3.2.18). O *spindle* utilizado em todas as aquisições de dados foi o SC4-28, imerso no acessório *small sample adapter*, com jaqueta acoplada em banho termostaticado de água (item 3.2.5) para manter a temperatura constante da amostra do purê, durante as medidas.

Para cada reograma, os valores de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente foram obtidos em função da rotação do *spindle*, que variou de 10 a 250 rpm. Foram realizados ensaios do tipo *up and down*, ou seja, inicialmente, a rotação do *spindle* variou de forma crescente, com incremento de 10 rpm a cada 10 segundos, até o valor máximo de 250 rpm, seguida da variação decrescente com redução de 10 rpm a cada 10 segundos.



Figura 3.2 – Reômetro digital utilizado para obtenção dos reogramas do purê de manga.

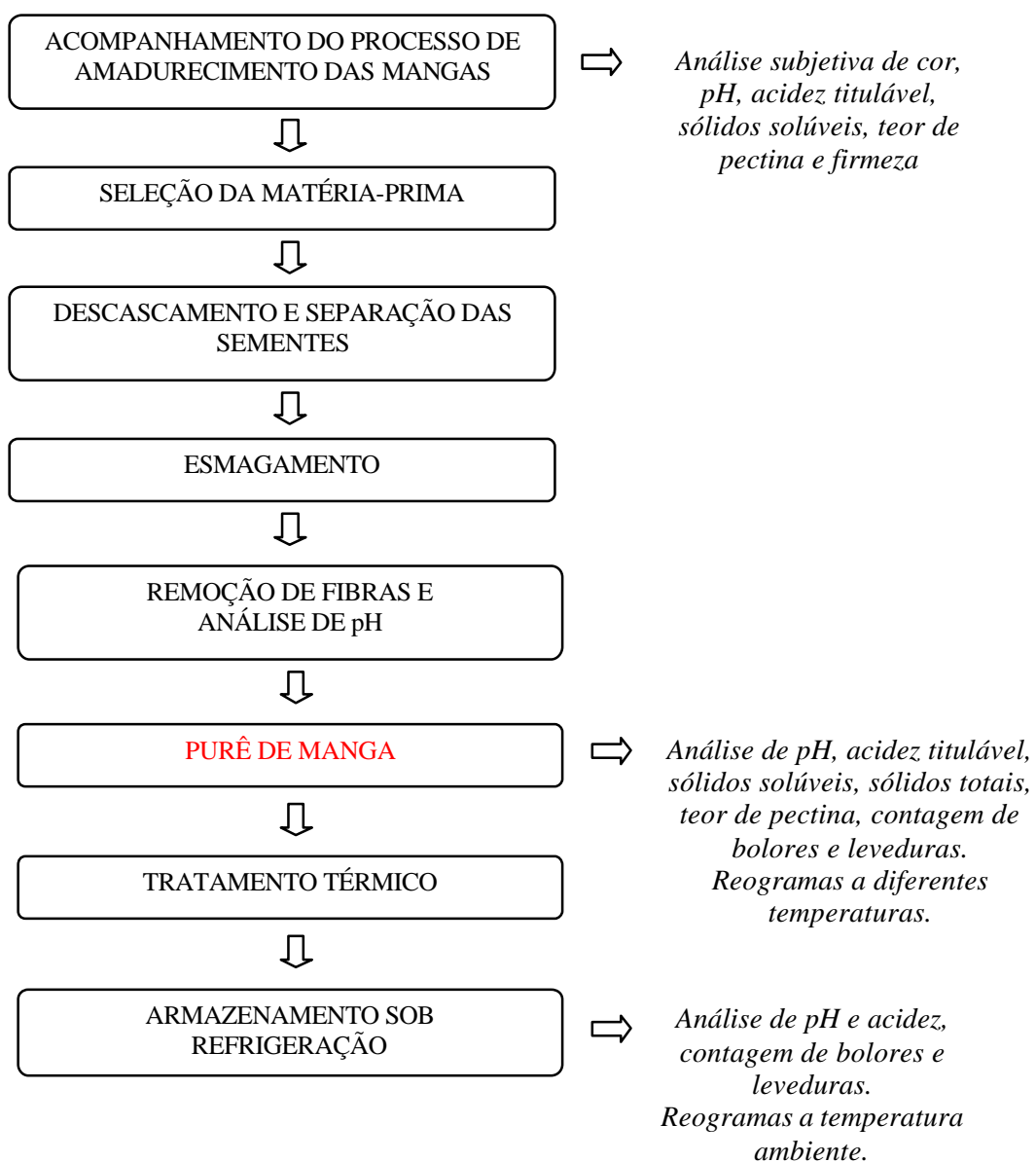
3.5.5. Teste de aceitação pelo consumidor

Um teste de aceitação pelo consumidor também foi realizado para verificar a aceitabilidade do produto, no caso, o purê de manga tratado a 65 °C durante 25,5 minutos. O teste foi realizado durante o III Simpósio de Pesquisa, Cultura e Extensão Universitária da Escola Politécnica da USP. Foram oferecidas pequenas amostras do purê em copos descartáveis às pessoas que visitaram o *stand* de exposição dos produtos desenvolvidos no Laboratório de Engenharia de Alimentos da EPUSP. Após a degustação, as pessoas foram convidadas a preencher uma ficha de avaliação do purê com escala hedônica de 5 níveis, entre os conceitos “Gostei muito” e “Desgostei muito” (Figura 3.3).

Nome: _____	Data: _____
Dê sua opinião a respeito do Purê de Manga.	
Gostei muito	<input type="checkbox"/>
Gostei moderadamente	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>
Desgostei moderadamente	<input type="checkbox"/>
Desgostei muito	<input type="checkbox"/>
Comentários: _____	

Figura 3.3 – Ficha de avaliação do purê de manga com escala hedônica de 5 níveis.

3.6. Fluxograma esquemático do processamento do purê de manga



3.7. Parte Experimental

3.7.1. Acompanhamento do processo de amadurecimento das frutas

Foi feito o acompanhamento do processo de amadurecimento das mangas a fim de observar as variações nas suas composições químicas e físicas. Durante todo o período de amadurecimento as frutas foram mantidas à temperatura ambiente.

Análises físico-químicas foram realizadas diariamente até que as frutas apresentassem características adequadas para produção do purê. Em cada dia de análise, duas mangas que apresentavam a mesma coloração de casca e valores próximos de firmeza (diferença menor que 10%) foram selecionadas para análise. As frutas foram descascadas, suas sementes retiradas e os pedaços de manga foram batidos com mixer (item 3.2.14) até que a polpa obtida apresentasse consistência homogênea. Com essa polpa foram feitas as análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de pectina.

3.7.2. Produção do purê de manga

Para elaboração do purê, inicialmente foi feita uma seleção da matéria-prima com o objetivo de separar as frutas deterioradas ou machucadas. As frutas com pequena porção danificada foram utilizadas após remoção da parte inadequada. As mangas foram então lavadas, descascadas e suas sementes, retiradas. Os pedaços de manga foram batidos com mixer (item 3.2.14) até que a polpa obtida apresentasse consistência homogênea.

Em seguida, foi feita a remoção manual das fibras com peneira de abertura de aproximadamente 0,8 milímetros. Foi medido o pH do produto e a acidificação do mesmo foi feita com ácido cítrico em cristal até que o valor de pH estivesse abaixo de 4,5. Foram feitas análises físico-químicas do purê: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, sólidos totais e teor de pectina.

O purê foi acondicionado em potes de vidro (item 3.4) nos quais sofreu diferentes processamentos térmicos para inativação de enzimas. Purê não tratado,

também acondicionado em potes de vidro, foi armazenado em refrigerador (item 3.2.17) como amostra controle.

3.7.3. Tratamentos térmicos aplicados ao purê de manga

Na Tabela 3.1 são apresentados os parâmetros dos tratamentos térmicos descontínuos aplicados nos purês. As temperaturas e os respectivos tempos de processamento foram escolhidos de acordo com estudos anteriores.

Tabela 3.1. Parâmetros temperatura e tempo de processamento referentes aos tratamentos térmicos descontínuos aplicados no purê de manga.

	Temperatura (°C)	Tempo de processamento (min)
1 ^(a)	65	25,5
2 ^(a)	75	16,0
3 ^(b)	80	4,0
4 ^(c)	95	2,5

(a) Katwa *et al.*, 1982.

(b) Khan; Robinson, 1993.

(c) Siddalingu *et al.*, 1985.

Os tratamentos térmicos conduzidos a 65 °C e 75 °C foram feitos em banho termostatizado de água (item 3.2.6) e os demais tratamentos (80 °C e 90 °C) foram realizados em autoclave a pressão atmosférica (item 3.2.2). Durante os tratamentos a temperatura do purê foi monitorada *on-line* através de termopares tipo T (item 3.2.20). O tempo de processamento foi cronometrado a partir do momento em que o ponto frio, ou seja, o ponto central do purê atingia a temperatura de processo. Após o aquecimento o purê foi resfriado rapidamente em banho de gelo.

Após tratamento térmico, os purês tratados também foram mantidos em refrigerador (item 3.2.17).

3.7.4. Análises físico-químicas e contagem de bolores e leveduras

Com os purês tratados e não tratados foram feitas análises físico-químicas (determinação de pH, acidez titulável) e contagem de bolores e leveduras. A frequência em que as análises foram efetuadas foi de 7 dias, baseada em ensaios preliminares, até 36 dias.

3.7.5. Reogramas do purê tratado e não tratado termicamente

Os reogramas do purê não tratado termicamente foram obtidos a diferentes temperaturas (25 °C, 30 °C, 40 °C, 60 °C 80 °C e 90 °C) para que a influência da temperatura no comportamento reológico do purê fosse observada.

Os reogramas dos purês tratados foram obtidos à temperatura ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerações iniciais

Em Agosto de 2001 foram adquiridas mangas verdes da variedade 'Haden', provenientes do estado da Bahia, para o acompanhamento do processo de amadurecimento das frutas e para produção do purê. A metodologia utilizada neste período foi distinta da utilizada em Abril de 2002. As observações feitas em 2001 foram importantes para a modificação da metodologia e por essa razão são citadas a seguir.

Em cada dia de análise, duas mangas foram escolhidas e suas polpas foram analisadas quanto ao pH, acidez titulável, sólidos solúveis, teor de pectina e firmeza. Como foi observado que as mangas não amadureciam na mesma velocidade, a seleção das frutas, antes aleatória, foi feita de forma subjetiva: para cada dia de análise, foram selecionadas a manga mais verde e a mais madura de acordo com a coloração da casca. Segundo Jagtiani; Chan Jr.; Sakai (1988) mesmo as frutas de uma mesma árvore não amadurecem ao mesmo tempo. Isso ocorre porque as frutas que sofrem menor exposição ao sol possuem uma taxa de desenvolvimento menor que aquelas que sofrem maior exposição.

A firmeza da polpa das frutas foi determinada através de ensaios conduzidos em texturômetro. Em cada manga, foram realizadas 3 penetrações em pontos diferentes em cada lado da fruta. Durante os ensaios, foi observado que esses 3 valores diferiam muito entre si. Geralmente, a polpa das mangas apresentava menores valores de firmeza quando as penetrações eram feitas próximas ao pedúnculo. Além da ocorrência natural de diferenças de textura na polpa da manga, os valores de firmeza obtidos na segunda e terceira penetrações podem ter sofrido alterações devido às penetrações anteriores.

Com os resultados das análises, foram definidos estágios de maturação da fruta em função da sua firmeza e não em função do tempo de amadurecimento (Tabela 4.1). Inicialmente, foram observadas as variações de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, teor de pectina e firmeza em função do tempo de amadurecimento, para definir os estágios de maturação da fruta. No entanto, como as mangas não

amadureceram ao mesmo tempo, este procedimento mostrou-se equivocado pois classificava em um mesmo estágio de maturação duas frutas que apresentavam valores muito distintos de firmeza. Com isso, concluiu-se que a firmeza das frutas era o melhor parâmetro para indicar o estágio de maturação das frutas.

Tabela 4.1 – Valores médios de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de pectina de acordo com o estágio de maturação das mangas, definido em função da firmeza das frutas.

Estágio de maturação	Firmeza (gf)	pH	Acidez titulável ⁽¹⁾	Sólidos solúveis	Teor de pectina ⁽²⁾
1	12453	3,061	1,443	6,5	1,44
2	7422	3,159	1,368	5,9	1,16
3	4954	3,566	0,797	11,0	1,30
4	2641	3,936	0,480	12,9	1,20
5	1245	4,637	0,242	13,8	1,07
6	856	4,806	0,197	14,6	1,38
6	796	4,720	0,194	14,5	1,21
6	793	4,929	0,161	13,3	1,17
6	713	5,062	0,140	14,6	1,29
6	690	4,955	0,170	13,7	1,11
7	457	5,282	0,128	11,0	0,92
8	240	5,348	0,130	11,7	1,10
8	226	5,348	0,130	11,7	1,10

(1) Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico.

(2) Teor de pectina expresso em porcentagem de pectato de cálcio.

Com o amadurecimento, foi observado o aumento do valor do pH: este variou de 3,061 no estágio de maturação 1 a 5,348 no estágio de maturação 8 (Figura 4.1).

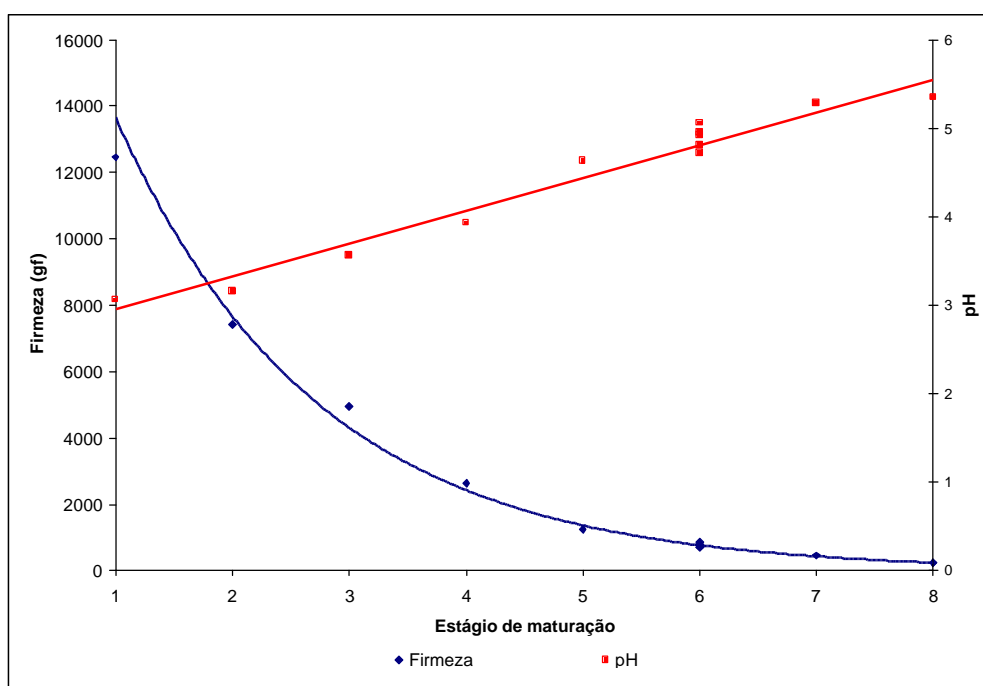


Figura 4.1 – Variação do pH e firmeza em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas.

Em relação ao teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), foi observado inicialmente um aumento do seu valor, seguido por um período em que este manteve-se praticamente constante e um declínio a partir do estágio de maturação 7 (Figura 4.2). Em estudo de Kolekar et al. (1992) foi observado comportamento semelhante para a quantidade de açúcares totais das mangas da variedade ‘Alphonso’.

Além do pH, acidez titulável, sólidos solúveis e da firmeza das polpas, foram analisados os teores de pectina em função da firmeza. Na Figura 4.3 pode ser observada a discreta redução do teor de pectina acompanhada da diminuição da firmeza das polpas. Esse comportamento já havia sido observado em outros estudos (Roe; Bruemmer, 1981; Saeed; El Tinay; Khattab, 1975; Muda et al., 1995).

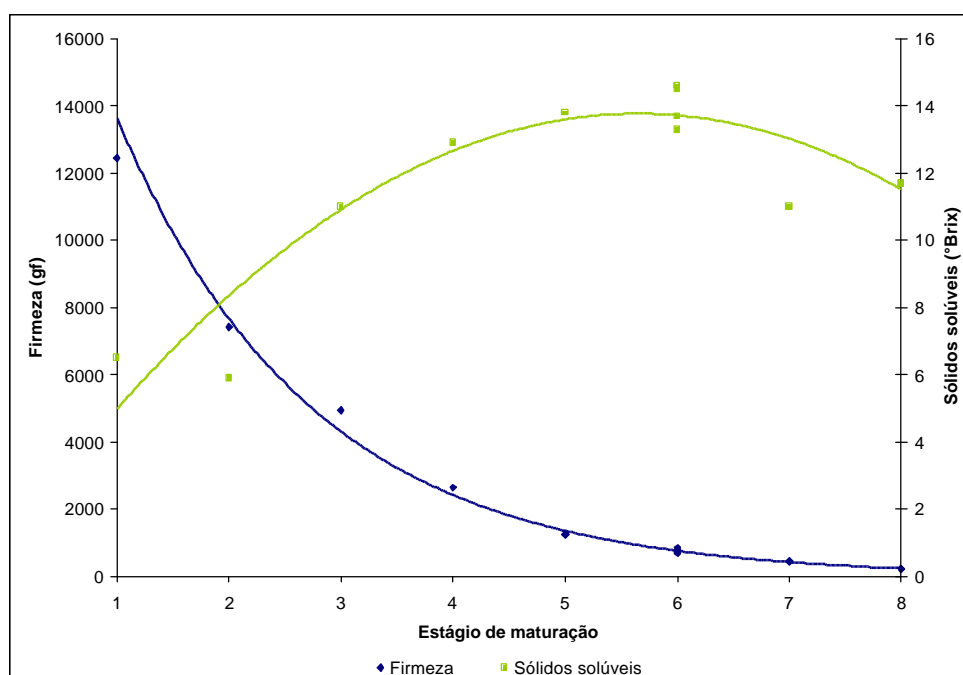


Figura 4.2 – Variação do teor de sólidos solúveis (°Brix) e firmeza em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas.

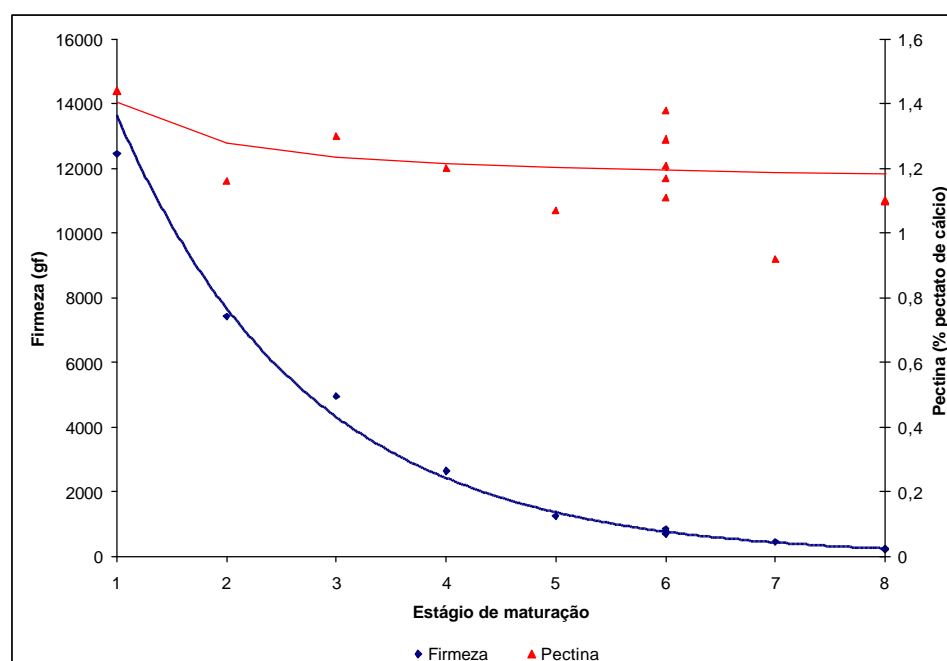


Figura 4.3 – Variação do teor de pectina e firmeza em função do estágio de maturação, definido de acordo com a firmeza das mangas.

A polpa batida de manga foi produzida com frutas no estágio 8 de maturação (19º dia de análise). Pedacos de manga foram batidos com mixer até que a polpa obtida apresentasse consistência homogênea. Esta polpa apresentou as seguintes características químicas: pH 5,348; acidez titulável: 0,130 % de ácido cítrico; sólidos solúveis: 11,7 °Brix; sólidos totais: 14,2 % e teor de pectina: 1,10 % de pectato de cálcio.

O fator determinante para considerar que as mangas estavam prontas para a elaboração da polpa foi a sua aparência: elas estavam enrugadas, o que indicava que não seriam mais aceitas pelo consumidor de frutas frescas. O fato das frutas ficarem enrugadas pode ser um indicativo de que elas foram colhidas muito verdes. Segundo Jagtiani; Chan Jr.; Sakai (1988) mangas colhidas dessa forma não amadurecem normalmente, desenvolvendo cor, aroma e sabor pobres além de aparência enrugada.

A polpa foi em seguida embalada em sacos plásticos e congelada em câmara climática ajustada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, com velocidade média do ar 1,5 m/s. A temperatura final do produto variou de $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. A polpa congelada foi armazenada em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A polpa batida foi congelada uma vez que não havia possibilidade de finalizar o processamento do purê, submetê-lo a diferentes tratamentos térmicos e realizar todas as análises físico-químicas e microbiológicas em um mesmo dia. O congelamento teve como finalidade minimizar os efeitos provocados pelas enzimas naturais da manga (Pelegriane, 1999) além de inibir a atividade microbiana.

No entanto, ao descongelar a polpa para que as fibras fossem removidas e fosse feita a acidificação do produto para posteriormente submetê-lo a diferentes tratamentos térmicos, foram observadas nítidas mudanças na coloração da polpa e na sua consistência. Com isso, o congelamento mostrou-se inviável.

Com estas observações, a metodologia foi alterada para obtenção de melhores resultados.

4.1. Acompanhamento do processo de amadurecimento das frutas

Em abril de 2002, foram adquiridas mangas verdes da variedade ‘Haden’, provenientes do estado da Bahia, para o acompanhamento do processo de amadurecimento e para a produção do purê.

Durante todo o período de amadurecimento, as frutas foram mantidas à temperatura ambiente. Análises físico-químicas (pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza da polpa) foram realizadas diariamente até que as frutas apresentassem características adequadas para a produção do purê. Análises do teor de pectina também foram realizadas, somente em dias alternados. Desta vez, foram definidos estágios de maturação em função da coloração da casca das frutas. Deve ser observado que foi feita apenas uma análise subjetiva desta coloração. Os estágios de maturação definidos estão apresentados na Tabela 4.2 e na Figura 4.4.

Tabela 4.2 – Estágios de maturação definidos em função da coloração da casca das mangas.

Estágio de maturação	Coloração da casca e polpa
1	Casca verde; polpa de cor amarelo pálido
2	Casca verde com traços amarelos; polpa de cor amarelo escuro
3	Casca de cor verde e amarela; polpa de cor amarelo escuro
4	Casca amarela com traços verdes; polpa de cor amarelo escuro
5	Casca de cor amarelo escuro, polpa de cor laranja
6	Casca amarela com traços vermelhos e pontos pretos; polpa de cor laranja
7	Casca de cor amarela e vermelha, com pontos pretos e levemente enrugada; polpa de cor laranja

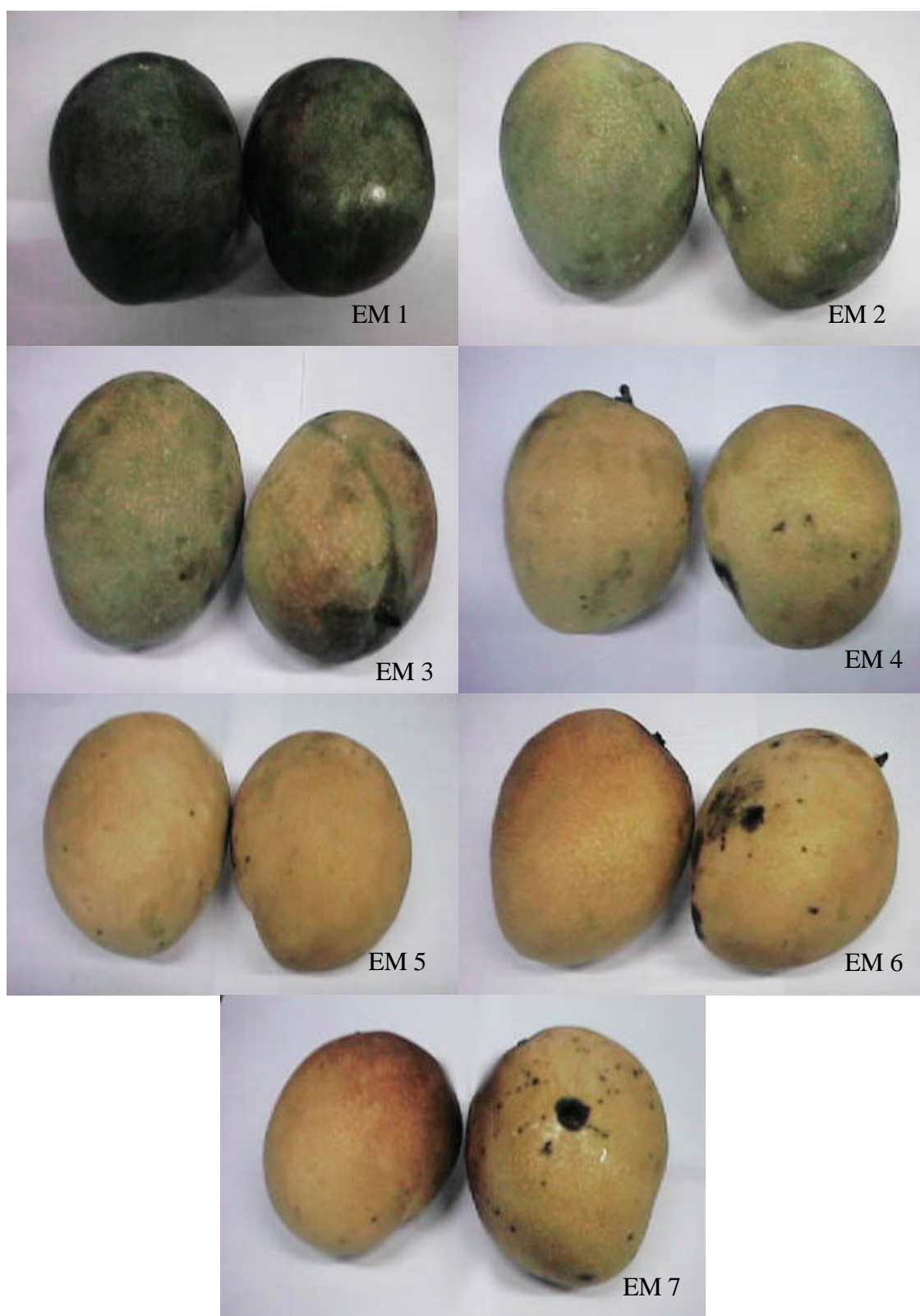


Figura 4.4 – Alteração na coloração da casca das mangas do estágio de maturação 1 ao 7.

Os resultados obtidos das análises físico químicas em função do estágio de maturação estão apresentados na Tabela 4.3.

A firmeza da polpa das frutas foi obtida diretamente do gráfico de força em função do tempo gerado pelo texturômetro: ela é definida como o pico de força medido durante a penetração do *probe* na polpa da fruta. A Figura 4.5 apresenta um exemplo das curvas obtidas da força de penetração em função do tempo, em cada estágio de maturação.

Tabela 4.3 – Valores médios de firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de pectina de acordo com o estágio de maturação das mangas, definido em função da coloração da casca das frutas.

Estágio de maturação	Firmeza (gf)	pH	Acidez titulável ⁽¹⁾	Sólidos Solúveis ⁽²⁾	Teor de pectina ⁽³⁾
1	8887	3,384 ± 0,027	1,585 ± 0,030	8,4 ± 0,2	1,24 ± 0,07
2	3373	3,786 ± 0,013	0,841 ± 0,000	12,0 ± 0,7	-
3	1670	4,033 ± 0,001	0,544 ± 0,006	13,3 ± 0,0	1,05 ± 0,02
4	1484	4,518 ± 0,007	0,301 ± 0,005	13,9 ± 0,7	-
5	475	4,992 ± 0,001	0,236 ± 0,007	14,1 ± 0,4	1,11 ± 0,01
6	634	4,864 ± 0,008	0,187 ± 0,002	13,8 ± 0,0	-
7	425	4,937 ± 0,013	0,211 ± 0,003	14,8 ± 0,7	-

(1) Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico.

(2) °Brix

(3) Teor de pectina expresso em porcentagem de pectato de cálcio.

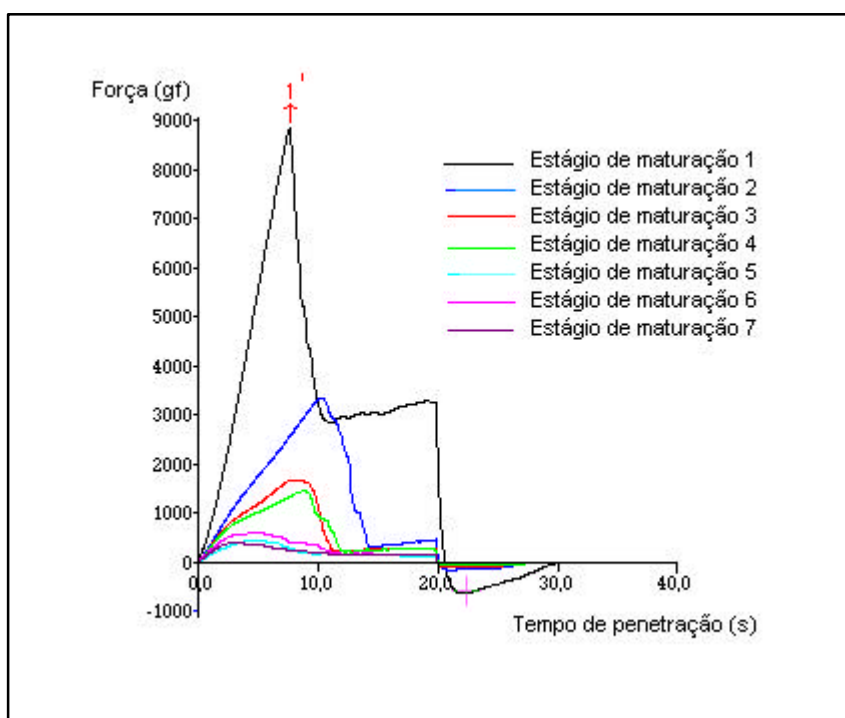


Figura 4.5 – Curvas de força de penetração em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.

Com exceção do estágio de maturação 6, observa-se que a coloração e aparência da casca foi um bom indicador para o amadurecimento das mangas. Além da queda da firmeza da polpa das mangas, foram observados os aumentos dos valores de pH e sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), apresentados nas Figuras 4.6 e 4.7. Observações semelhantes foram feitas em outros estudos (Cardello; Cardello, 1998; Jagtiani; Chan Jr., Sakai, 1988; Medlicott et al., 1990). No entanto, deve ser ressaltado que as mangas analisadas neste estudo apresentaram valores altos de pH, superiores aos valores relatados em outros trabalhos. Em estudo de Cardello; Cardello (1998), por exemplo, mangas da mesma variedade, com 14 dias de amadurecimento apresentaram valor médio de pH 4,5. Já em trabalho de Gonçalves et al. (1998), a manga ‘Haden’ apresentou pH 3,98. Em relação aos valores de sólidos solúveis, neste mesmo estudo de Gonçalves et al. (1998), as mangas apresentaram valores médios de 10,90 $^{\circ}$ Brix.

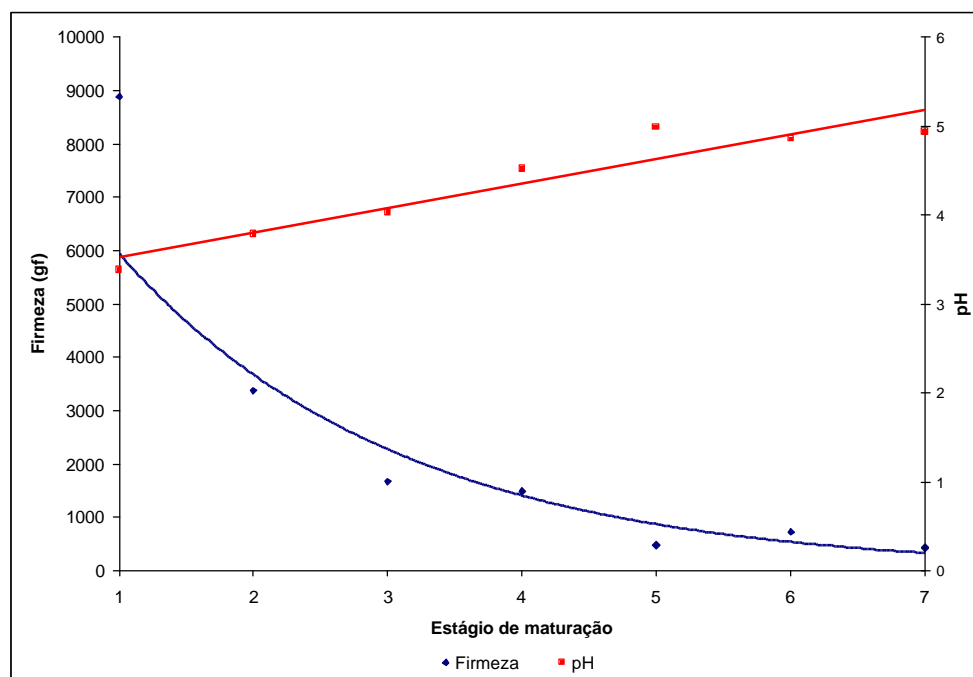


Figura 4.6 – Variação do pH e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.

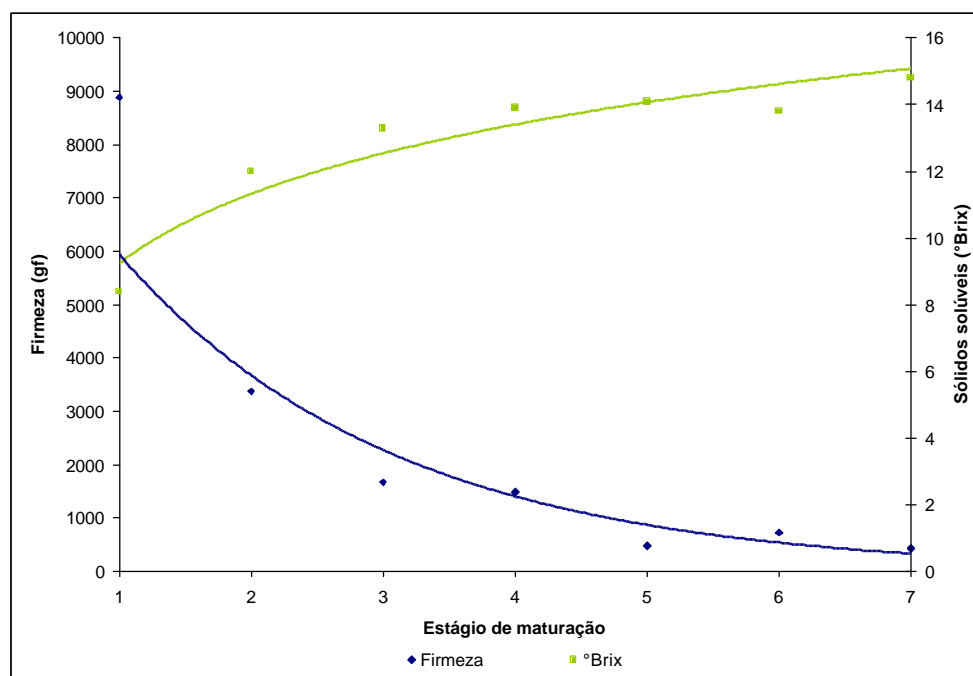


Figura 4.7 – Variação dos sólidos solúveis (°Brix) e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.

Quanto ao teor de pectina, uma vez que as análises foram feitas em dias alternados e as frutas apresentaram um rápido amadurecimento (6 dias), foram obtidos poucos pontos; com isso, estes resultados não podem ser considerados conclusivos (Figura 4.8).

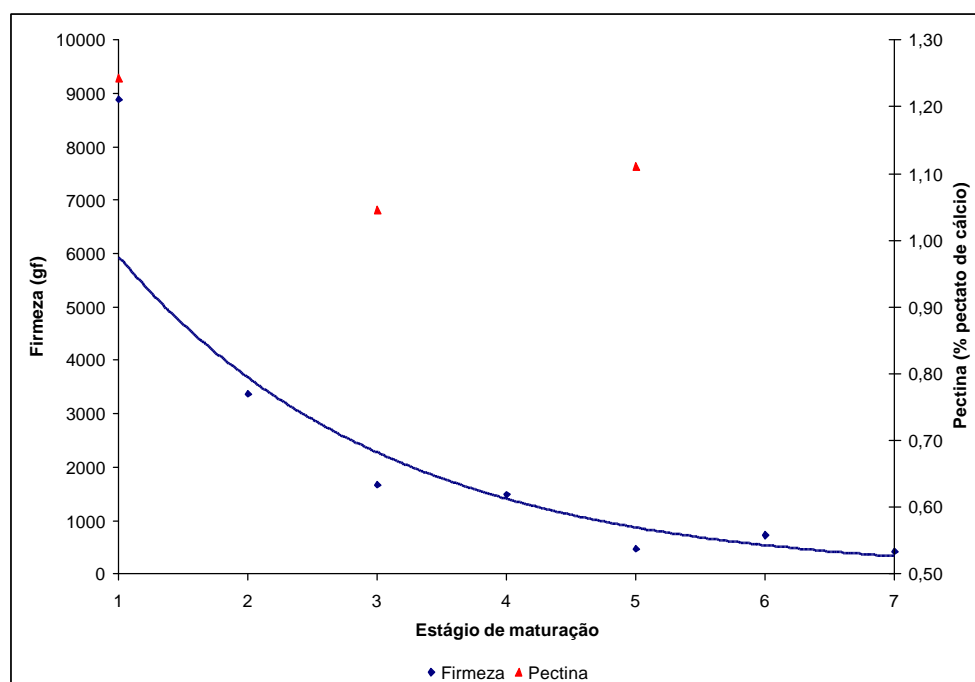


Figura 4.8 – Variação do teor de pectina e da firmeza da polpa em função do estágio de maturação das mangas, definido de acordo com a coloração da casca das frutas.

4.2. Purê de manga

O purê de manga foi produzido com frutas no estágio de maturação 7 (7º dia de análise). O fator determinante para considerar que as mangas estavam prontas para elaboração do purê foi sua aparência: a casca das frutas apresentava coloração amarela e/ou vermelha, manchas pretas e estava levemente enrugada. Além disso, os valores de pH e sólidos solúveis (°Brix) mantinham-se praticamente constantes desde o quarto dia.

O purê apresentou pH muito elevado, o que tornou indispensável a adição de ácido cítrico para baixar o pH até valores menores que 4,5.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados das análises químicas realizadas com o purê não tratado.

Tabela 4.4 - Características químicas do purê de manga acidificado não submetido a tratamento térmico.

pH	4,307 ± 0,003
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,385 ± 0,006
Sólidos solúveis (°Brix)	13,6 ± 0,4
Sólidos totais	19,0 ± 0,7
Teor de pectina (% pectato de cálcio)	0,947 ± 0,001

4.3. Tratamentos térmicos aplicados ao purê de manga

Uma vez que a resistência térmica de lactobacilos, bolores e leveduras é menor que a de enzimas como a pectinesterase, a polifenol oxidase e a peroxidase, a definição dos parâmetros de tempo e temperatura do tratamento térmico depende justamente da enzima adotada como referência.

Grande parte dos estudos encontrados em literatura sobre tratamentos térmicos para produtos de manga são baseados na inativação da pectinesterase. Siddalingu et al. (1985) e Nath; Ranganna (1980) utilizaram em seus trabalhos produtos feitos com mangas da variedade 'Totapuri'. Já no trabalho desenvolvido por Argai; López-Malo (1995) no México, não foi especificada a variedade da manga.

Em relação às outras enzimas, Nath; Ranganna (1980) citam em seu estudo um trabalho realizado por Nanjundaswamy et al. (1973) em que foi desenvolvido um processo térmico, para produtos de mangas da variedade 'Alphonso', baseado na inativação da peroxidase.

Não foram encontrados em literatura estudos específicos de processamento térmico de produtos de manga da variedade 'Haden' baseados na inativação da pectinesterase, polifenol oxidase ou peroxidase. Em relação à presença e/ou atividade destas enzimas nas mangas desta variedade, os estudos também são escassos e algumas vezes, contraditórios.

Em estudo de Faria et al. (1994) foi observado que mangas da variedade 'Haden' apresentaram atividade praticamente nula da pectinesterase no décimo dia de amadurecimento. Isto indica a impossibilidade de basear um tratamento térmico na inativação desta enzima, como foi feito com mangas de outras variedades, já mencionadas anteriormente.

Kato et al. (1976) observaram a presença da enzima peroxidase em mangas da variedade 'Haden', enquanto não foi detectada atividade das enzimas catalase e polifenol oxidase. Já Park et al. (1980), ao contrário, observaram a presença da polifenol oxidase em mangas da mesma variedade.

No presente trabalho, os parâmetros de tempo e temperatura dos tratamentos térmicos aplicados no purê de manga foram baseados em outros estudos, não

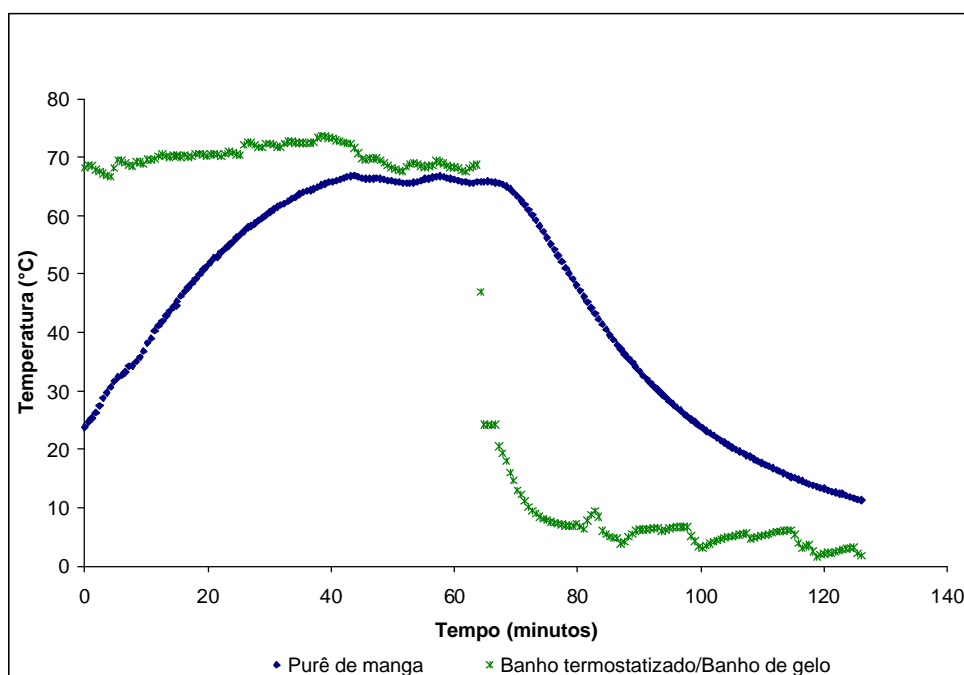


Figura 4.9 – Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 65 °C durante 25,5 minutos.

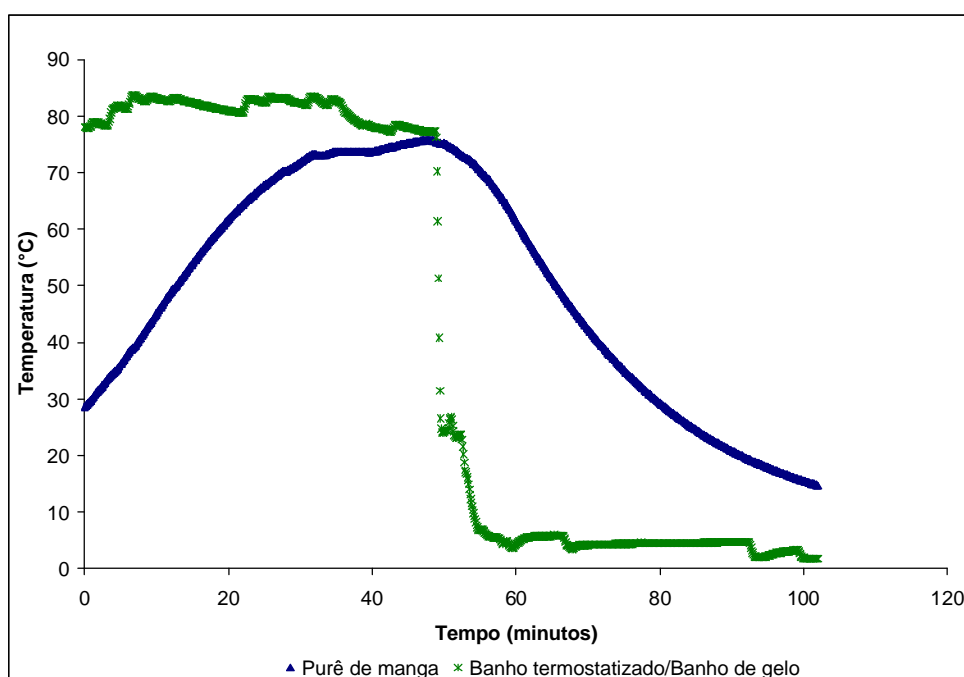


Figura 4.10 – Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 75 °C durante 16 minutos.

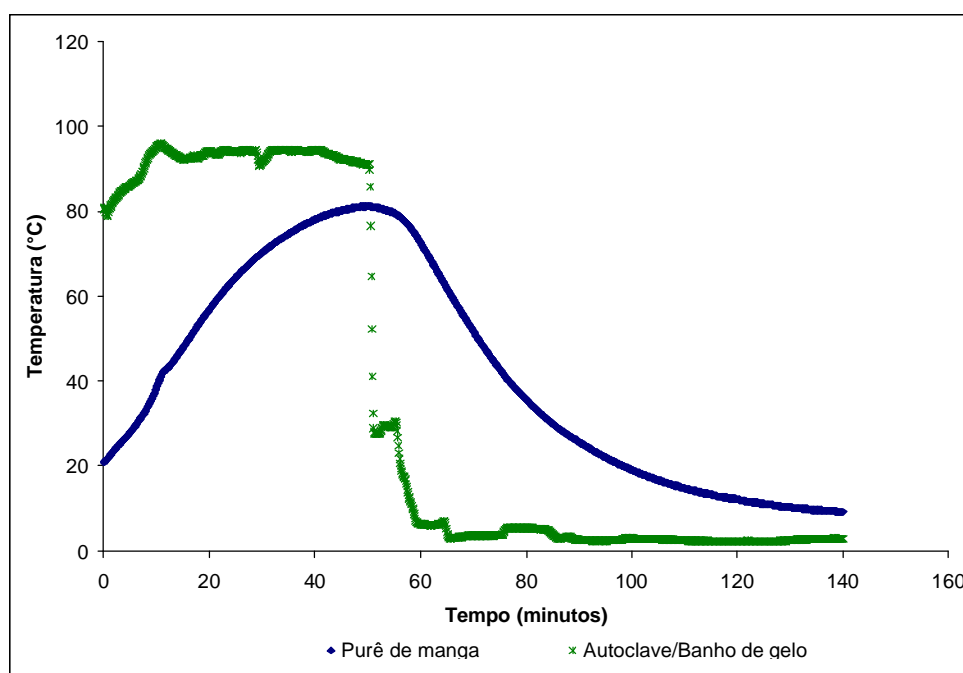


Figura 4.11 – Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 80 °C durante 4 minutos.

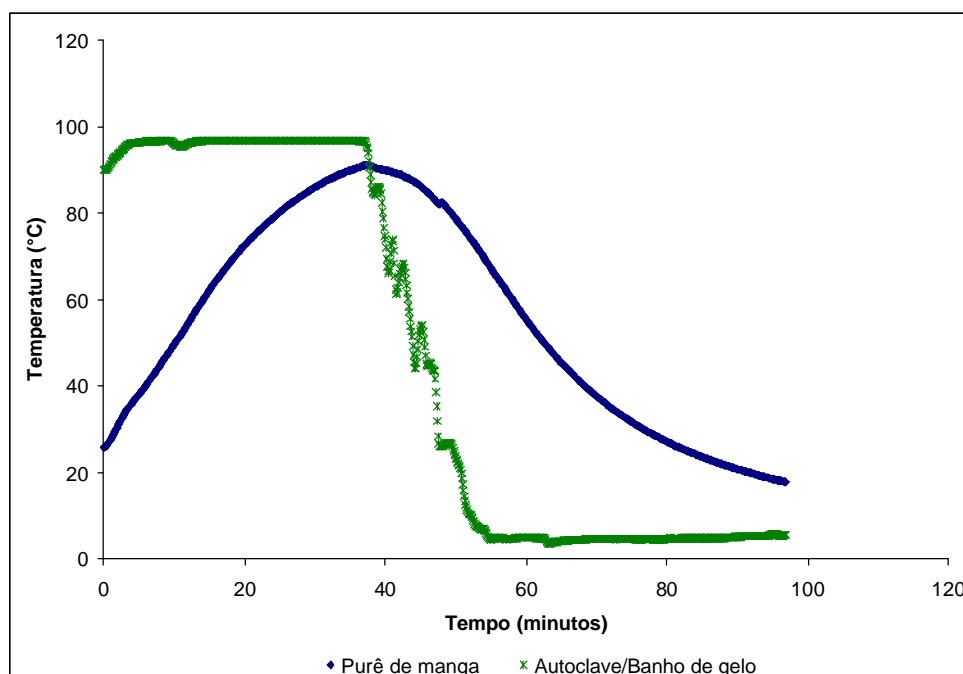


Figura 4.12 – Curva de penetração de calor referente ao tratamento térmico conduzido a 95 °C durante 2,5 minutos.

Apenas para efeito de comparação, foi utilizada a pectinesterase como enzima de referência e o valor de z (intervalo de temperatura necessário para a redução de 90% do tempo de redução decimal D) adotado foi 10,5 °C (Argaiz; López-Malo, 1995). A temperatura de referência adotada foi de 100 °C.

Os valores de F calculados para cada tratamento térmico, com a pectinesterase como enzima de referência, estão apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Valores de F, para temperatura de referência de 100 °C e valor de z de 10,5 °C referente a pectinesterase, calculados para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga.

Tratamento térmico	$F_{100^{\circ}\text{C}}^{10,5^{\circ}\text{C}}$ calculado (min)
25,5 min a 65 °C	0,02
16 min a 75 °C	0,10
4 min a 80 °C	0,28
2,5 min a 95 °C	1,72

No caso da utilização da peroxidase como enzima de referência, o valor de z adotado foi de 23,9 °C. Para a peroxidase foi possível calcular o valor de S para cada tratamento térmico, uma vez que o valor de D era conhecido: 0,17 minutos a 100°C (Gibriel et al, 1976). Os resultados são apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Valores de F e S, para temperatura de referência de 100 °C e valor de z de 23,9 °C referente a peroxidase, calculados para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga.

Tratamento térmico	$F_{100^{\circ}\text{C}}^{23,9^{\circ}\text{C}}$ calculado (min)	S
25,5 min a 65°C	1,87	11
16 min a 75°C	2,99	18
4 min a 80°C	4,45	26
2,5 min a 95°C	8,69	50

Como os purês de manga tratados foram acidificados a valores de pH abaixo de 4,5, o processo térmico deve ser dimensionado de modo a eliminar os microrganismos deterioradores. De acordo com Teixeira; Balaban (1996), para estes microrganismos os níveis aceitáveis de probabilidade de deterioração são da ordem de 10^{-5} , ou seja, um valor de S igual a 5.

Assim, observando os valores obtidos par a enzima peroxidase na tabela 4.6, todos os tratamentos térmicos resultaram em valores de S maiores, o que indica que o tempo de processo poderá ser minimizado. Ainda com relação à enzima, um valor de S igual a 3 resultaria em um decréscimo na atividade dessa enzima de 99,9 %, valor bastante adequado ao processo.

4.4. Contagem de bolores e leveduras e análise físico-química

A Tabela 4.7 apresenta os resultados obtidos da contagem de bolores e leveduras do purê não tratado termicamente. Como pode ser observado a contagem permaneceu praticamente constante até 29 dias de armazenamento refrigerado. Após esse período, como mostra a Figura 4.13, o número de microrganismos viáveis aumentou cerca de cinco vezes. No entanto, durante o período total de 36 dias de armazenamento refrigerado, todos os purês submetidos a tratamento térmico apresentaram contagem zero de bolores e leveduras, o que indicou a estabilidade dos produtos em relação a estes microrganismos. Este resultado era esperado uma vez que, como comentado anteriormente, os valores de S foram muito maiores que o mínimo recomendado para os níveis aceitáveis de probabilidade de deterioração por células vegetativas de microrganismos.

Tabela 4.7 - Contagem de bolores e leveduras (UFC/mL) do purê de manga não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento.

Tempo de armazenamento (dias)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
1	8,90 E +03
	1,19 E +04
8	1,24 E +03
	1,10 E +03
15	7,40 E +03
	4,40 E +03
22	1,30 E +04
	1,02 E +04
29	1,66 E +04
	2,02 E +04
36	1,07 E +05
	8,60 E +04

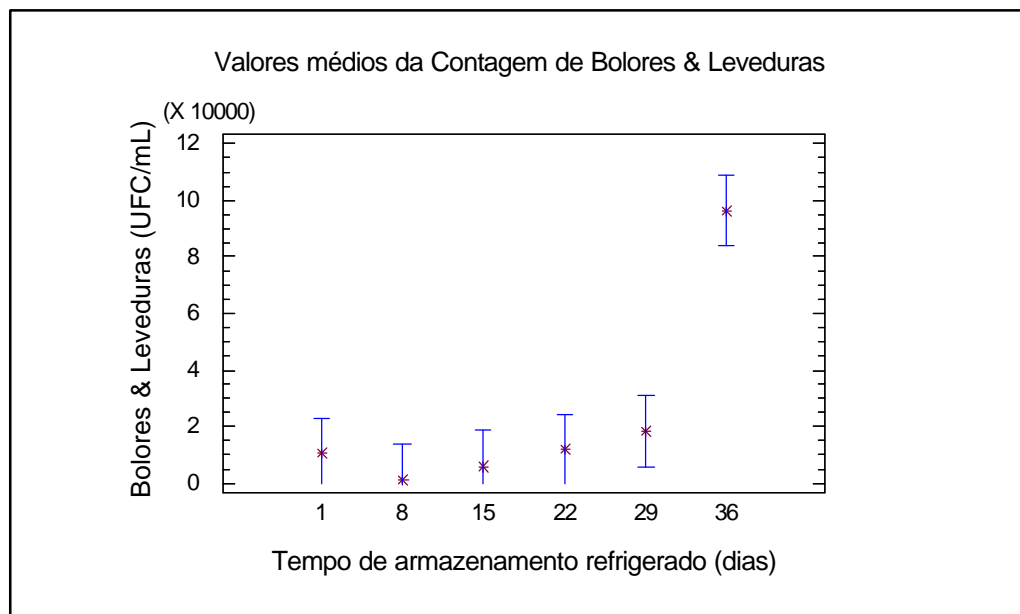


Figura 4.13 – Contagem de bolores e leveduras do purê não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento.

Na Tabela 4.8 estão apresentados os resultados da análise do pH do purê de manga tratado e não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento. Análise de variância foi aplicada para verificar a influência do tratamento térmico e do tempo de armazenamento sobre o valor de pH. Os resultados da ANOVA (Tabela 4.9), no nível de 95 % de significância, indicaram que o pH foi influenciado tanto pelo tempo de armazenamento como pelo tratamento térmico aplicado, o que foi confirmado pelo teste de Tukey.

Tabela 4.8 - Valores de pH obtidos para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga durante o tempo de armazenamento.

Tempo de armazenamento (dias)	Tratamento térmico				
	Sem	65°C	75°C	80°C	95°C
	Tratamento	25,5 min	16 min	4 min	2,5 min
1	4,199	4,259	4,264	4,275	4,321
	4,200	4,271	4,273	4,275	4,337
8	4,330	4,355	4,317	4,330	4,343
	4,342	4,373	4,330	4,340	4,345
15	4,326	4,336	4,319	4,343	4,338
	4,304	4,327	4,306	4,341	4,340
22	4,276	4,304	4,336	4,321	4,281
	4,275	4,310	4,322	4,295	4,354
29	4,300	4,315	4,284	4,279	4,350
	4,377	4,305	4,260	4,259	4,314
36	4,250	4,323	4,344	4,364	4,351
	4,219	4,370	4,358	4,336	4,349

Tabela 4.9 – Análise de variância do pH em função do tempo de armazenamento e do tratamento térmico aplicado ao purê de manga.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Valor de P
Tempo de armazenamento	0,033	5	0,007	7,28	0,0000
Tratamento térmico	0,017	4	0,004	4,75	0,0025
Resíduo	0,046	50	0,001		
Total (corrigido)	0,097	59			

A Tabela 4.10 apresenta os resultados da análise de acidez titulável do purê de manga tratado e não tratado termicamente durante o tempo de armazenamento. A Tabela 4.11 indica que a acidez titulável foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento.

Tabela 4.10 - Valores de acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, obtidos para cada tratamento térmico aplicado ao purê de manga durante o tempo de armazenamento.

Tempo de armazenamento (dias)	Tratamento térmico				
	Sem	65°C	75°C	80°C	95°C
	Tratamento	25,5 min	16 min	4 min	2,5 min
1	0,412	0,402	0,391	0,401	0,395
	0,403	0,402	0,399	0,398	0,390
8	0,383	0,368	0,414	0,408	0,408
	0,398	0,386	0,420	0,411	0,409
15	0,406	0,380	0,389	0,385	0,357
	0,428	0,406	0,387	0,388	0,399
22	0,411	0,398	0,367	0,384	0,393
	0,414	0,395	0,371	0,390	0,393
29	0,376	0,396	0,389	0,388	0,372
	0,376	0,405	0,386	0,382	0,379
36	0,437	0,407	0,395	0,392	0,397
	0,430	0,398	0,399	0,399	0,397

Tabela 4.11 – Análise de variância da acidez titulável em função do tempo de armazenamento e do tratamento térmico aplicado ao purê de manga.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Valor de P
Tempo de armazenamento	0,0027	5	0,0005	2,87	0,0234
Tratamento térmico	0,0018	4	0,0004	2,41	0,0618
Resíduo	0,0093	50			
Total (corrigido)	0,0138	59			

Apesar da análise estatística indicar diferenças significativas entre os valores em função do tempo de armazenamento e do tratamento, os produtos apresentaram valores muito próximos de pH e de acidez titulável e dentro dos limites estabelecidos pela legislação para purê de manga destinado ao consumo como bebida (valor de pH entre 3,3 e 4,5 e acidez titulável mínima de 0,32 %), o que indica que os purês submetidos a tratamento térmico apresentaram estabilidade química durante o tempo de armazenamento (Brasil, 1999).

4.5. Teste de aceitação do produto

Como foi mencionado anteriormente, o teste de aceitação foi feito com o purê processado a 65 °C durante 25,5 minutos. Este produto foi escolhido por apresentar o menor tempo de processamento, ou seja, o menor valor de F. Era esperado que as alterações de sabor e aroma ocorridas durante o processamento fossem menores em relação às alterações ocorridas nos demais produtos. Trinta e duas pessoas provaram o produto, sendo que 29 respostas foram “Gostei muito”, indicando um alto índice de aceitação (90,6%) do produto. O resultado do teste está apresentado na Figura 4.14.

Deve-se considerar, no entanto, que para determinar a probabilidade de aceitação de um produto pelo consumidor, recomenda-se um mínimo de 100 provadores (Dutcosky, 1996).

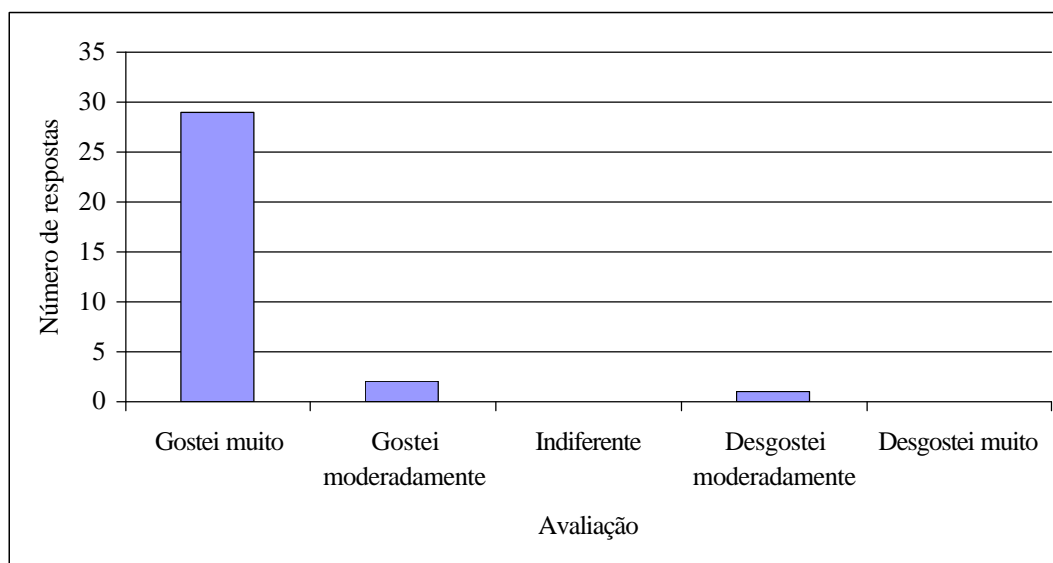


Figura 4.14 - Histograma do teste de aceitação do purê de manga processado a 65°C durante 25,5 minutos.

4.6. Reogramas do purê tratado e não tratado termicamente

4.6.1. Reogramas do purê não tratado termicamente

As Figuras 4.15 a 4.21 apresentam os reogramas do purê de manga não tratado termicamente, obtidos nas seguintes temperaturas: 25 °C, 30 °C, 40 °C, 50°C, 60 °C, 80 °C e 90 °C. Estes reogramas foram obtidos com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*). Os reogramas foram obtidos de duas amostras para cada temperatura.

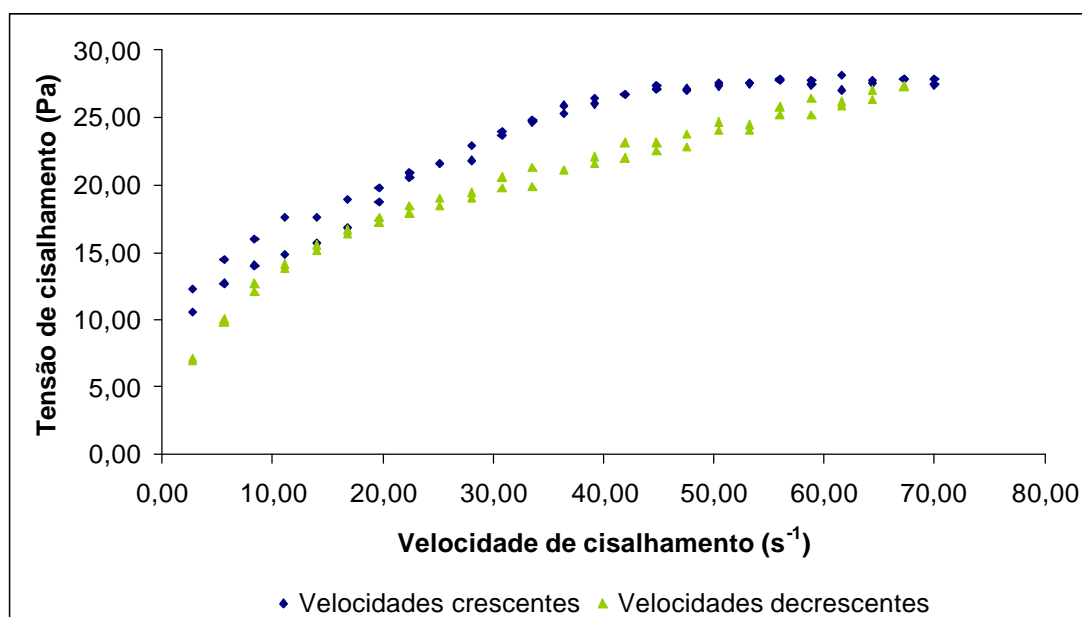


Figura 4.15 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 25°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

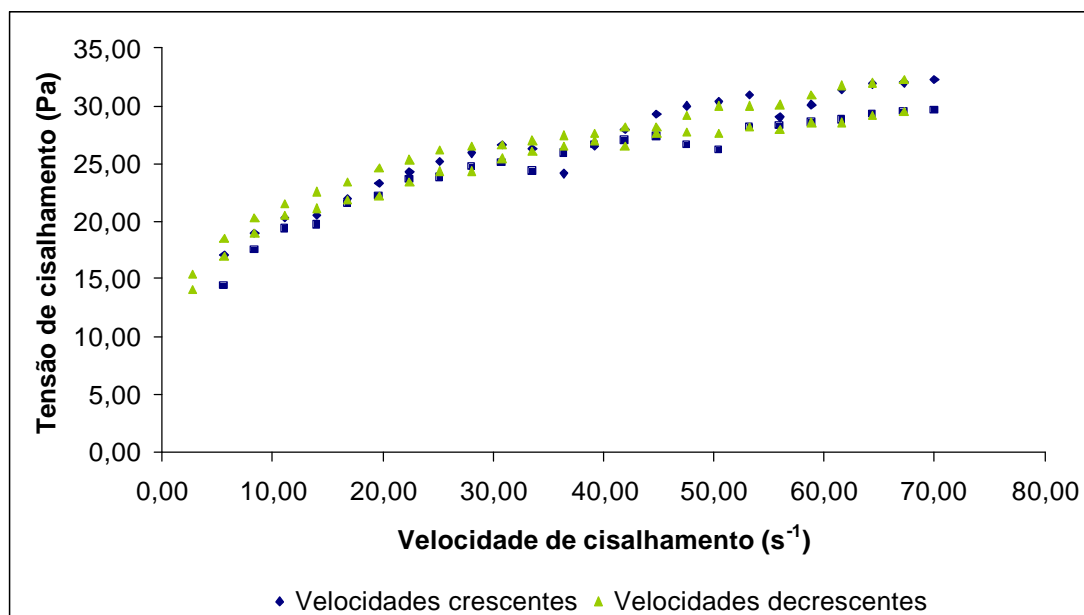


Figura 4.16 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 30°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

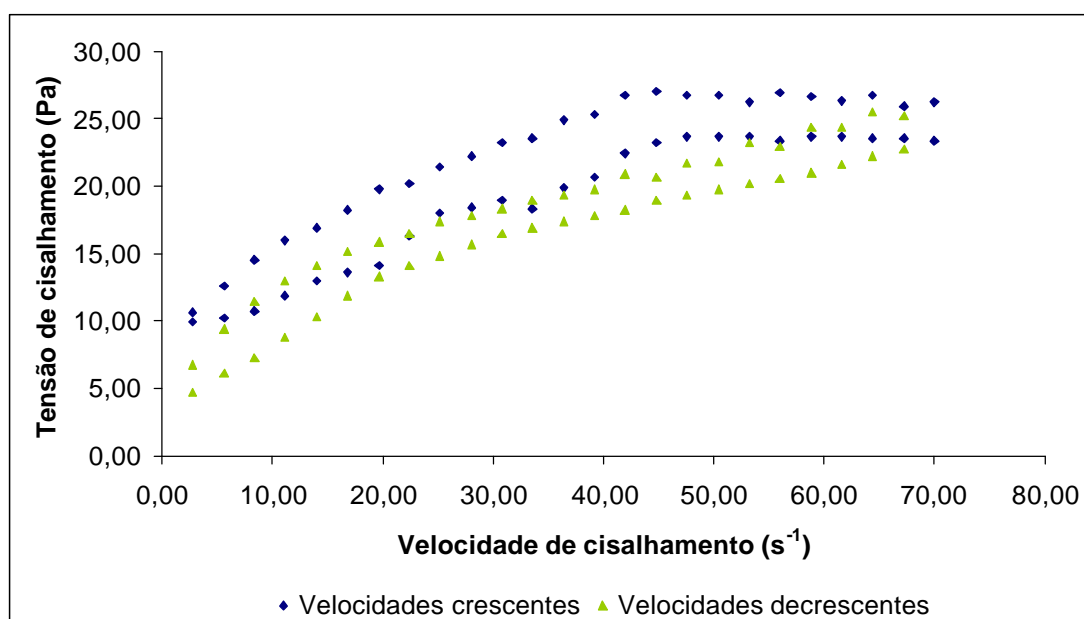


Figura 4.17 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 40°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

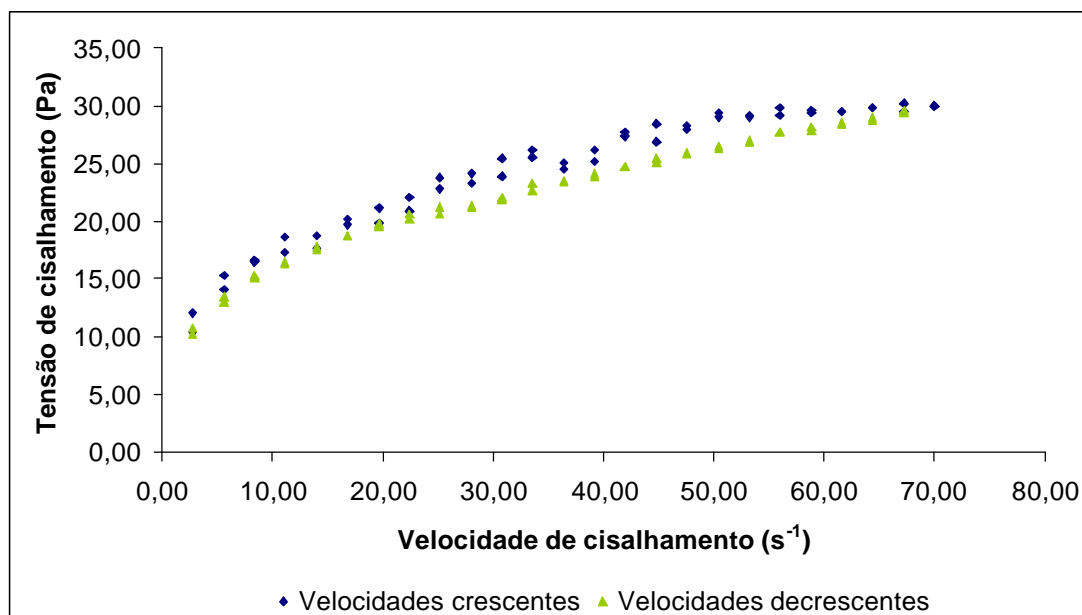


Figura 4.18 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 50°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

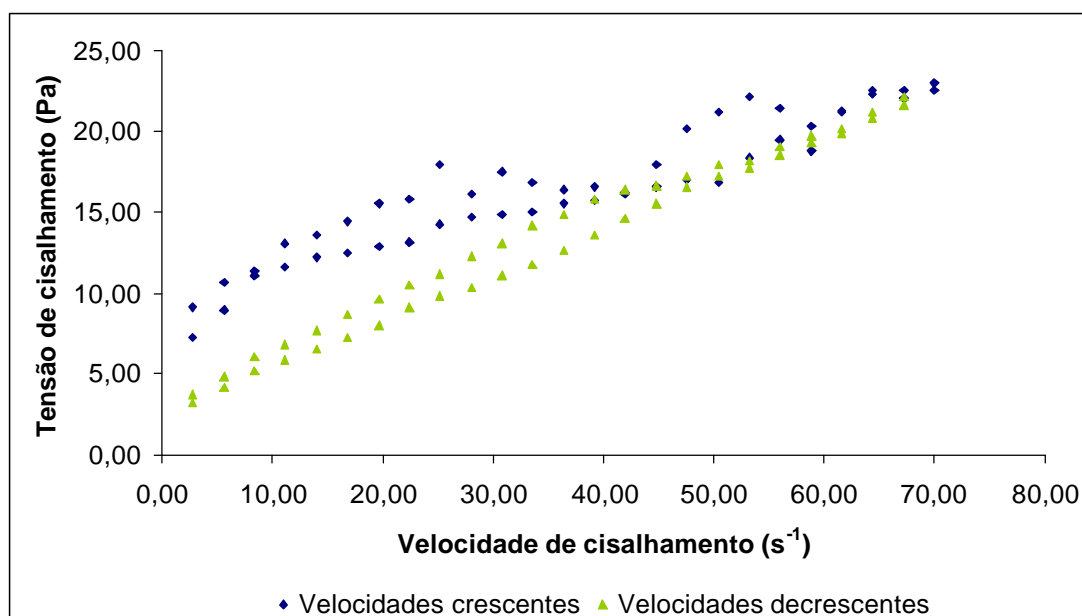


Figura 4.19 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 60°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

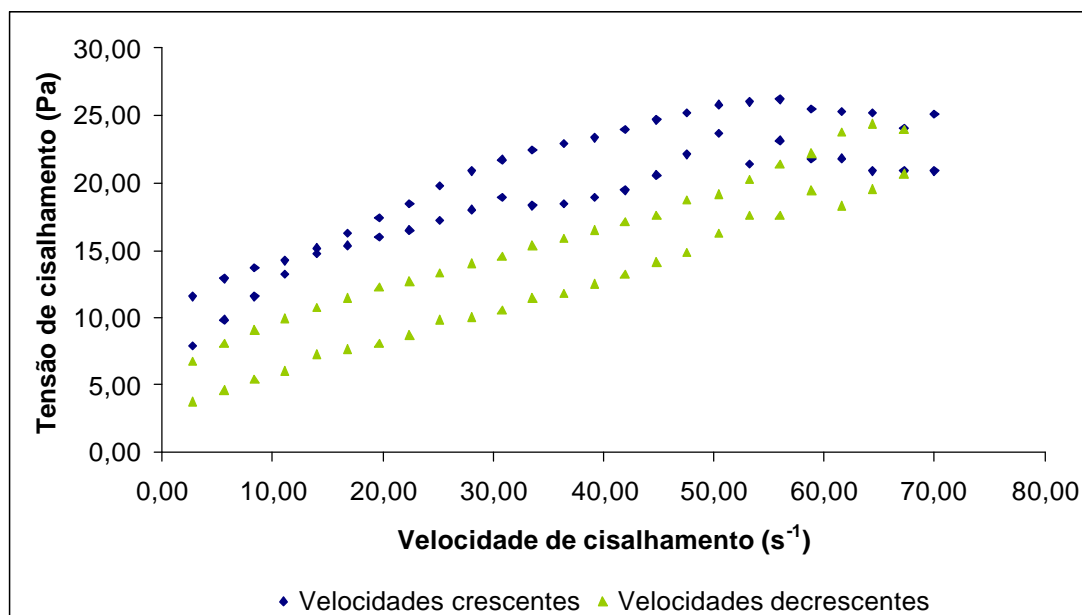


Figura 4.20 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 80°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

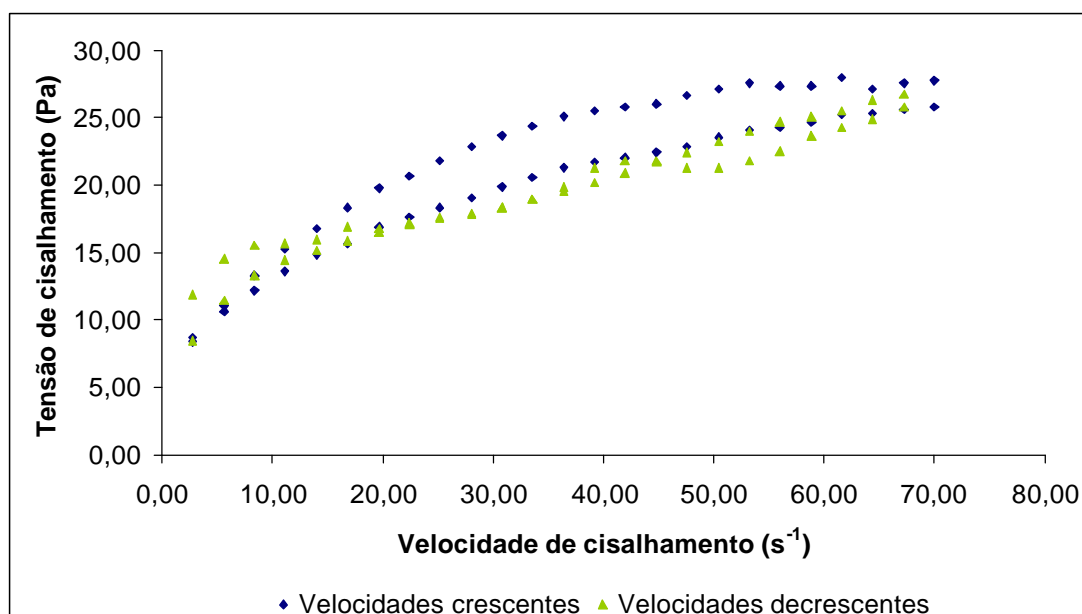


Figura 4.21 – Reograma do purê de manga não tratado termicamente, obtido a 90°C com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes.

As curvas ascendentes (velocidades de cisalhamento crescentes) foram bem ajustadas pelo modelo Lei de Potência. Pode ser observado na Tabela 4.12 que os coeficientes de correlação para os parâmetros reológicos variaram entre 0,9106 e 0,9888.

Foi feita uma tentativa de ajuste das curvas ascendentes para o modelo de Herschel-Bulkley. No entanto, a análise resultou em valores de τ_0 negativos, o que não apresentava significado físico. Deve-se observar que estes valores encontrados de τ_0 foram próximos do zero, o que indicou que realmente o modelo Lei de Potência ajustava melhor os dados experimentais.

Tabela 4.12 – Parâmetros reológicos do modelo Lei de Potência para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo ascendente).

Condição	K (Pa.s ⁿ)	n	Coeficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25°C	7,69±1,04	0,32±0,01	0,9685	0,05
30°C	10,50±1,03	0,26±0,01	0,9292	0,05
40°C	7,94±1,06	0,30±0,02	0,9672	0,05
50°C	8,61±1,02	0,30±0,01	0,9888	0,03
60°C	5,71±1,05	0,31±0,01	0,9488	0,09
80°C	6,75±1,06	0,31±0,02	0,9326	0,10
90°C	6,94±1,09	0,33±0,02	0,9106	0,08

Os valores de n observados (entre 0,26 e 0,33) indicam a natureza pseudoplástica do purê em todas as temperaturas estudadas. Os valores de n apresentados neste trabalho são muito próximos aos valores indicados em outros estudos: Manohar; Ramakrishna; Ramteke (1990) encontraram valores entre 0,277 e 0,295 para faixa de temperatura de 30 °C a 70 °C enquanto Gunjal; Waghmare (1987) apresentaram n variando entre 0,309 e 0,343 para faixa de 40 °C a 80 °C. Outra observação semelhante pode ser feita em relação à variação de temperatura: não houve influência marcante da temperatura nos valores de n.

Quanto aos valores de K , o comportamento esperado era de redução com o aumento da temperatura (Guerrero; Alzamora, 1998; Manohar; Ramakrishna; Ramteke, 1990; Gunjal; Waghmare, 1987). No entanto, não foi encontrada uma boa correlação entre os valores de K e de temperatura apresentados neste trabalho.

Já as curvas descendentes foram bem representadas pelos modelos de Bingham e Herschel-Bulkley. Os parâmetros reológicos para cada um dos modelos estão apresentados nas Tabela 4.13 e 4.14. Não foram indicados os parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para as temperaturas de 25°C e 30°C pois os valores de τ_0 encontrados foram negativos, o que não apresentava significado físico.

Tabela 4.13 – Parâmetros reológicos do modelo de Bingham para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo descendente).

Condição	τ_0 (Pa)	K_B (Pa.s)	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25°C	13,03±0,21	0,22±0,00	0,9902	0,52
30°C	19,37±0,43	0,18±0,01	0,9366	1,31
40°C	10,04±0,61	0,22±0,01	0,9260	1,50
50°C	14,72±0,19	0,23±0,00	0,9918	0,54
60°C	3,32±0,22	0,28±0,01	0,9912	0,73
80°C	4,86±0,59	0,26±0,01	0,9332	1,98
90°C	12,89±0,23	0,19±0,01	0,9834	0,65

Tabela 4.14 – Parâmetros reológicos do modelo de Herschel-Bulkley para o purê de manga não tratado termicamente, obtidos em diferentes temperaturas (ciclo descendente).

Condição	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	n	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25°C	-	-	-	-	-
30°C	-	-	-	-	-
40°C	0,98±8,89	3,41±4,56	0,45±0,26	0,9335	1,41
50°C	8,56±0,80	2,20±0,38	0,53±0,03	0,9984	0,23
60°C	2,21±0,57	0,52±0,13	0,86±0,06	0,9919	0,70
80°C	5,38±1,20	0,18±0,15	1,09±0,19	0,9305	1,99
90°C	13,97±0,49	0,07±0,03	1,23±0,11	0,9843	0,63

Comparando os resultados obtidos para os dois modelos, observa-se que ambos apresentaram altos coeficientes de correlação. Com o modelo de Bingham, no entanto, foi obtido um bom ajuste para as curvas de todas as temperaturas. Além disso, este modelo é mais simples e de maior aplicabilidade que o modelo de Herschel-Bulkley.

Com relação ao ajuste obtido com o modelo de Herschel-Bulkley, pode ser observado na Tabela 4.14 que houve o nítido aumento dos valores de n e o decréscimo nos valores de K com o aumento da temperatura. O aumento do n indicou que o purê perdeu sua característica pseudoplástica com o aumento da temperatura, sendo que a 80 °C o purê apresentou comportamento newtoniano e a 90°C, comportamento dilatante. É importante ressaltar que o comportamento apresentado pelo purê nos ciclos ascendente e descendente foi muito distinto. As diferenças nos ciclos são observadas principalmente em altas temperaturas, que apresentam efeitos muito marcantes na estrutura física do purê. Para minimizar os efeitos imediatos da degradação da estrutura do purê, Guerrero; Alzamora (1998), ao estudarem o efeito da temperatura no comportamento reológico, mantiveram as amostras a serem analisadas em repouso durante 30 minutos na temperatura desejada. Deve-se observar que a faixa de temperatura estudada pelos autores foi de

10 °C a 55 °C. Esta metodologia não foi adotada neste trabalho justamente por se considerar que as alterações ocorridas, não somente na textura como no sabor e aroma do purê, após 30 minutos a altas temperaturas (80 °C e 90 °C) seriam muito severas e não corresponderiam a um processamento real do produto.

Uma última observação deve ser feita em relação às curvas de tensão de cisalhamento em função da velocidade de cisalhamento obtidas para o purê não tratado. As curvas apresentaram alguns desvios, principalmente entre as velocidades de cisalhamento de 30 s⁻¹ a 50 s⁻¹. Uma das causas para este comportamento não esperado pode ser a presença de fibras da fruta que eventualmente não foram retiradas durante o peneiramento. Outra possibilidade a ser discutida é o efeito da temperatura na amostra. A aquisição de dados foi iniciada logo que a amostra atingia a temperatura desejada. Durante a aquisição o aumento da temperatura poderia continuar a provocar mudanças na estrutura física do purê que foram detectadas pelo reômetro.

4.6.2. Reogramas do purê tratado termicamente

Nas Figuras 4.22 a 4.25 estão apresentados os reogramas obtidos à temperatura ambiente do purê de manga tratado em diferentes condições de temperatura e tempo. Os reogramas foram obtidos de cinco amostras com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*) e evidenciam o comportamento não-newtoniano do purê.

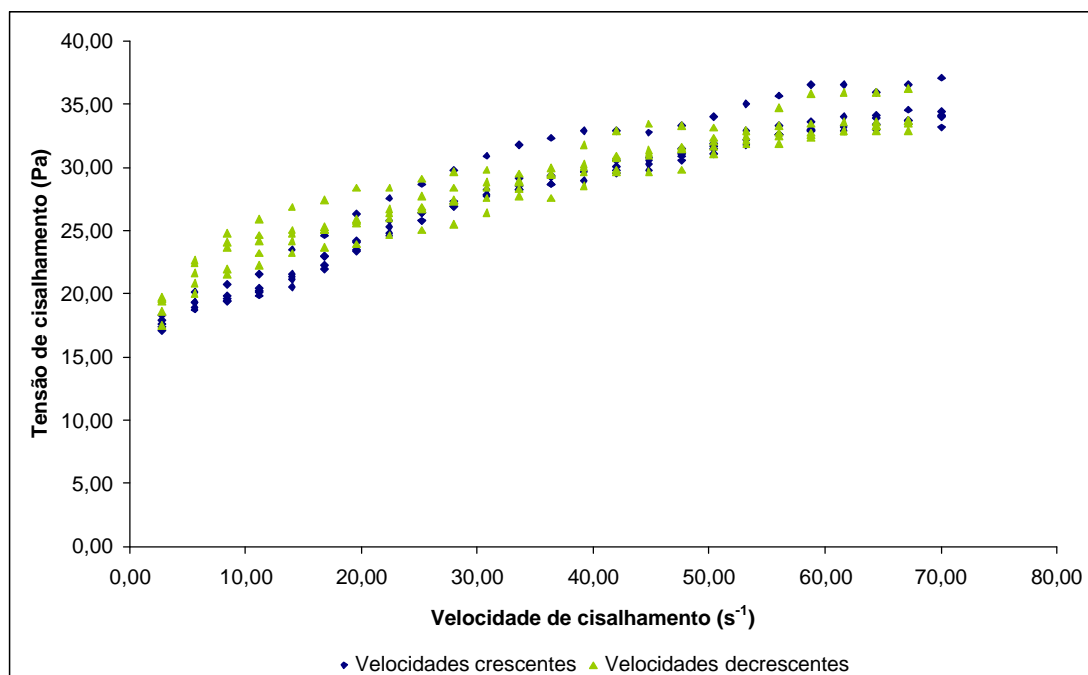


Figura 4.22 – Reograma do purê de manga tratado a 65°C durante 25,5 minutos, obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*).

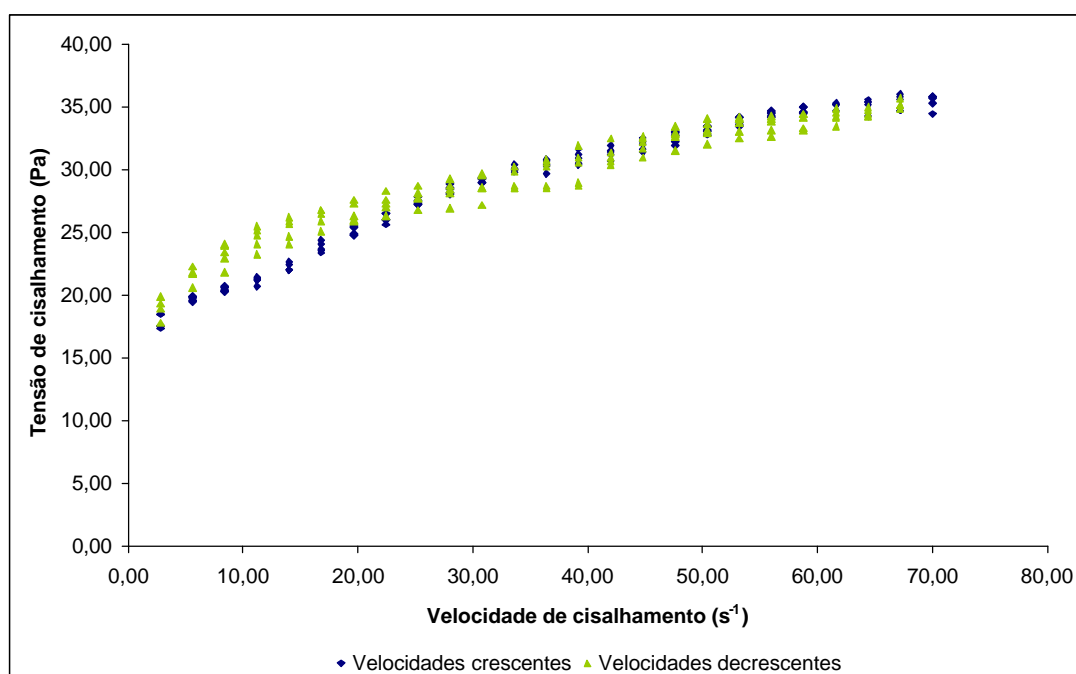


Figura 4.23 – Reograma do purê de manga tratado a 75°C durante 16 minutos, obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*).

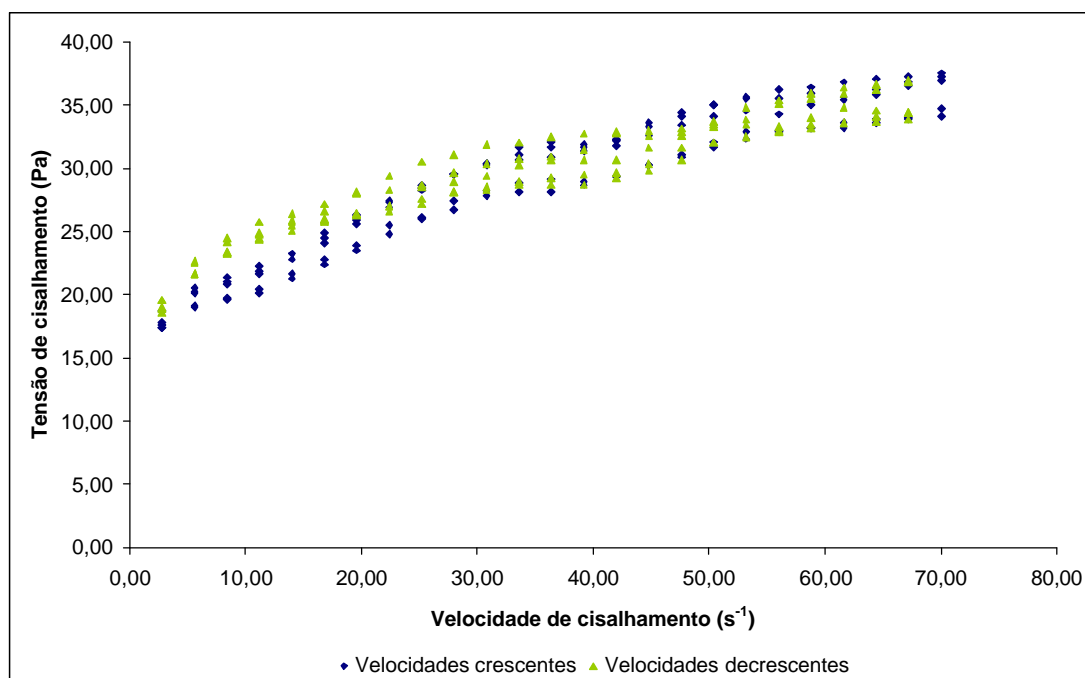


Figura 4.24 – Reograma do purê de manga tratado a 80°C durante 4 minutos, obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*).

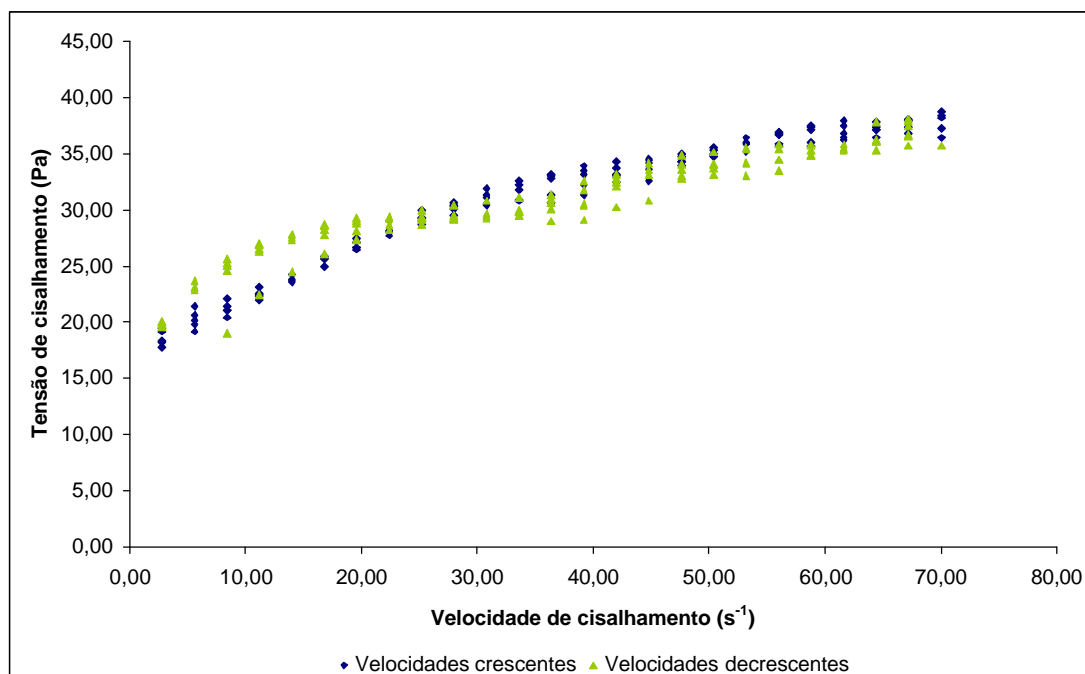


Figura 4.25 – Reograma do purê de manga tratado a 95°C durante 2,5 minutos, obtido a temperatura ambiente com velocidades de cisalhamento crescentes e decrescentes (*up and down*).

A análise das curvas de tensão de cisalhamento em função da velocidade de cisalhamento foi feita separadamente, ou seja, para o ciclo ascendente (velocidades crescentes) e para o ciclo descendente (velocidades decrescentes). Os modelos de Lei da Potência e Hershel-Bulkley foram os que melhor representaram as curvas. Nas Tabelas 4.15 a 4.18 estão apresentados os parâmetros para cada modelo.

Pode ser observado que os coeficientes de correlação dos parâmetros dos dois modelos situam-se entre 0,9506 e 0,9912 o que indica que ambos os modelos podem ser usados para descrever os resultados experimentais. Deve-se observar, no entanto, que o erro padrão da estimativa para o modelo Lei de Potência é menor e por ser um modelo de 2 parâmetros é de mais fácil aplicação.

Tabela 4.15 - Parâmetros do modelo Lei de Potência para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo (ciclo ascendente).

Tratamento térmico ($F_{100^{\circ}\text{C}}^{23,9^{\circ}\text{C}}$)*	K (Pa.s ⁿ)	n	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25,5 min/65°C (1,87)	12,39 ± 1,02	0,24 ± 0,01	0,9642	0,06
16 min/75°C (2,99)	12,18 ± 1,01	0,25 ± 0,00	0,9819	0,04
4 min/80°C (4,45)	12,51 ± 1,02	0,25 ± 0,01	0,9670	0,05
2,5 min/95°C (8,69)	12,97 ± 1,01	0,25 ± 0,00	0,9860	0,04

*Valores de F dados em minutos.

Tabela 4.16 - Parâmetros do modelo Lei de Potência para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo (ciclo descendente).

Tratamento térmico ($F_{100^{\circ}\text{C}}^{23,9^{\circ}\text{C}}$)*	K (Pa.s ⁿ)	n	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25,5 min/65°C (1,87)	15,54 ± 1,02	0,18 ± 0,01	0,9506	0,05
16 min/75°C (2,99)	15,27 ± 1,01	0,19 ± 0,00	0,9818	0,03
4 min/80°C (4,45)	15,66 ± 1,01	0,19 ± 0,00	0,9726	0,04
2,5 min/95°C (8,69)	16,67 ± 1,01	0,18 ± 0,00	0,9804	0,03

*Valores de F dados em minutos.

Os valores de n e K encontrados para o modelo Lei de Potência foram muito próximos para todos os tratamentos térmicos aplicados ao purê de manga, tanto para o ciclo ascendente como para o descendente. Embora estes tratamentos tenham apresentado valores de F muito distintos, os produtos finais apresentaram praticamente o mesmo comportamento reológico.

Deve-se observar que os valores de n deste trabalho são inferiores aos observados em outros estudos. Os valores mais próximos de n encontrados em literatura foram os apresentados por Roy; Joshi; Nath (1997): o n variou entre 0,285 e 0,299 para faixa de temperatura entre 17 °C e 85 °C. Quanto aos valores de K, estes foram bem inferiores aos observados no presente trabalho: 2,12 Pa.sⁿ a 3,84 Pa.sⁿ.

Tabela 4.17 - Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo, obtidos por regressão não-linear (ciclo ascendente).

Tratamento térmico ($F_{100^{\circ}\text{C}}^{23,9^{\circ}\text{C}}$)*	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	n	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25,5 min/65 °C (1,87)	10,61±1,92	3,96±1,19	0,44±0,05	0,9641	1,46
16 min/75 °C (2,99)	9,84±1,05	4,42±0,66	0,42±0,03	0,9912	0,72
4 min/80 °C (4,45)	11,60±1,72	3,45±1,00	0,47±0,05	0,9712	1,34
2,5 min/95 °C (8,69)	9,13±1,26	5,60±0,85	0,39±0,03	0,9910	0,78

*Valores de F dados em minutos.

Tabela 4.18 - Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para purê de manga tratado em 4 condições diferentes de temperatura e tempo, obtidos por regressão não-linear (ciclo descendente).

Tratamento térmico ($F_{100^{\circ}\text{C}}^{23,9^{\circ}\text{C}}$)*	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	n	Coefficiente de correlação	Erro padrão da estimativa
25,5 min/65 °C (1,87)	15,43±1,65	2,83±1,00	0,45±0,07	0,9530	1,31
16 min/75 °C (2,99)	13,87±1,17	3,74±0,76	0,41±0,04	0,9840	0,78
4 min/80 °C (4,45)	12,59±2,30	4,97±1,64	0,36±0,06	0,9681	1,10
2,5 min/95 °C (8,69)	12,84±9,16	5,66±1,42	0,34±0,04	0,9783	0,90

Em relação ao modelo de Herschel-Bulkley, os valores de n encontrados no presente estudo são similares aos valores encontrados por Guerrero; Alzamora (1998) em seu estudo com mangas da variedade 'Keitt'. Os valores de τ_0 e K , no entanto, são superiores aos observados pelos autores mencionados: τ_0 variou de 7,0 a 9,8 Pa e o valor de K de 0,7 a 1,5 Pa.sⁿ.

A Figura 4.26 apresenta a variação da viscosidade aparente com a velocidade de cisalhamento. A redução da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de cisalhamento confirma o caráter pseudoplástico do purê de manga processado nas diferentes temperaturas.

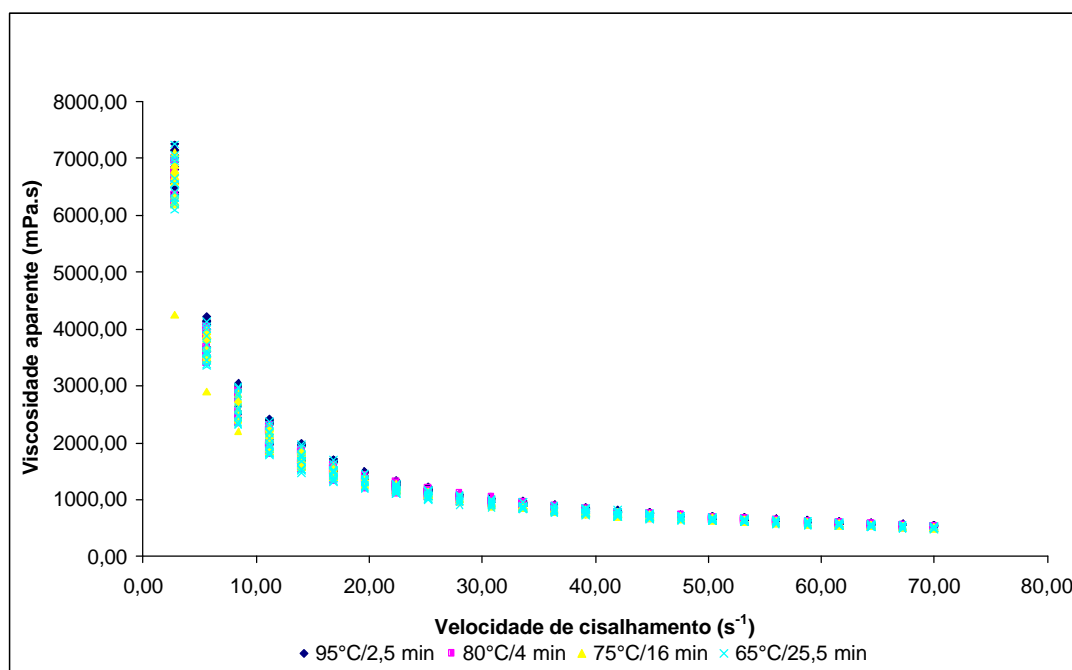


Figura 4.26 – Viscosidade aparente do purê de manga tratado em diferentes condições de temperatura e tempo em função da velocidade de cisalhamento.

5. CONCLUSÕES

- ✓ O acompanhamento do processo de amadurecimento das mangas indicou que o estágio de maturação das frutas pode ser bem avaliado pela coloração e aparência da casca e que este parâmetro apresenta uma boa correlação com a firmeza da polpa das frutas. As frutas foram consideradas adequadas para o processamento quando apresentavam coloração de casca vermelha e/ou amarela, sem partes verdes, com pontos pretos e levemente enrugada. A partir deste estágio de maturação a aceitabilidade das frutas para consumo *in natura* reduz, o que também justifica o seu processamento.
- ✓ Os tratamentos térmicos aplicados ao purê renderam produtos que apresentaram estabilidade físico-química (pH e acidez titulável) e microbiológica (bolores e leveduras) durante o período de 36 dias de armazenamento refrigerado.
- ✓ Apesar dos tratamentos térmicos apresentarem valores de F muito distintos, as análises de pH e acidez titulável, a contagem de bolores e leveduras e o estudo reológico indicaram que não houve diferenças entre os produtos finais. Isso mostra que a estabilidade química e microbiológica do purê pode ser alcançada com o tratamento que apresentou o menor valor de F, no caso, o tratamento conduzido a 65°C durante 25,5 minutos.
- ✓ O purê desenvolvido, além da estabilidade química e microbiológica, apresentou boa aceitação pelo consumidor, o que indica que o produto é viável para pronto consumo.
- ✓ O estudo do comportamento reológico do purê tratado e não tratado termicamente indicou o seu caráter não-newtoniano, de natureza pseudoplástica.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento completo de um novo produto requer não somente o estudo da sua estabilidade físico-química e microbiológica, como também a análise sensorial do produto com grupos de provadores treinados e análises colorimétricas durante o período de armazenamento, para verificar se de fato o produto é estável.

A atividade das enzimas naturalmente presentes na fruta e que podem causar alterações de cor e sabor no purê também deve ser estudada para que os parâmetros de temperatura e tempo do processamento térmico possam ser determinados com melhor precisão. Estudos dessa natureza feitos com mangas nacionais são escassos, o que aumenta sua importância.

Uma opção a ser estudada no processamento do purê é a desaeração do produto antes da aplicação do tratamento térmico. Este procedimento provavelmente reduziria a ação de enzimas como a polifenol oxidase e a peroxidase, que causam alterações de cor e sabor.

Todos os estudos mencionados acima seriam de grande utilidade para determinar as condições do processamento contínuo do purê de manga.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 2^a ed. Washington D. C., 1984. 914p.

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.

ASHRAF, M. et al. Studies on the Pectinesterase Activity and Some Chemical Constituents of Some Pakistani Mango Varieties during Storage Ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, p. 526-528, 1981.

BHATTACHARYA, S.; RASTOGI, N. K. Rheological Properties of Enzyme-treated Mango Pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 36, p. 249-262, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Padrões de Identidade para Polpa de Fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1999.

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

BRIDI, M. Manga entra na terra da laranja. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 17 de fevereiro de 1999. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2000.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de Vitamina C, Atividade de Ascorbato Oxidase e Perfil Sensorial de Manga (*Mangífera índica* L.) Var. Haden, durante o Amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, May/July, 1998.

COSTA, F. C. R.; ANDRADE, J. C. Caracterização Reológica Parcial da Polpa da Manga ‘Tommy Atkins’. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. **Livro de Resumos**. Fortaleza: Expressão Gráfica Digital, 2000. 4v. p. 6.148.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 20ª ed. Curitiba: Champagnat, 1996. 123p.

FAO. **FAOSTAT Agriculture Data**. Disponível em:

<http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. Acesso em: 01 de agosto de 2002.

FARIA, J. B. et al. Transformações Enzímicas das Substâncias Pécicas da Manga (*Mangífera indica* L.) V. Haden no Amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 2, p. 189-201, jul/dez, 1994.

GIBRIEL, A. Y. Heat resistance parameters of peroxidase from some vegetables and fruits. **Annals of Agricultural Science**, v. 6, p. 185-194, 1976.

GONÇALVES, C. E. Exportações agroindustriais brasileiras: valor industrial X valor de mercado. **Informações FIPE**. Outubro de 2000.

GONÇALVES, N. B. et al. Caracterização Física e Química dos Frutos de Cultivares de Manguieira (*Mangifera indica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 72-78, jan./mar., 1998.

GUERRERO, S. N.; ALZAMORA, S.M. Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behaviour of Fruit Purees: II Peach, Papaya and Mango Purées. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 77-101, 1998.

GUNJAL, B. B.; WAGHMARE, N. J. Flow Characteristics of Pulp, Juice and Nectar of 'Baneshan' and 'Neelum' Mangoes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 24, p. 20-23, jan./feb., 1987.

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

HOLDSWORTH, S. D. Rheological Models used for the Prediction of the Flow Properties of Food Products: a Literature Review. **Trans I ChemE**, v. 71, Part C, p. 139-179, Sept. 1993.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Dados Agregados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>. Acesso de 01 de agosto de 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz - Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ª ed. São Paulo, 1976. v. 1, 371p.

ITAL. **Manga - Da Cultura ao Processamento e Comercialização**. Campinas, 1981. 399p. (Frutas Tropicais 8).

JAGTIANI, J.; CHAN JR, H. T.; SAKAI, W. S. **Tropical Fruit Processing**. San Diego, 1988 184p. (Food Science and Technology).

KATO, K. et al. Estudo de Polpa Concentrada de algumas Variedades Comuns de Manga. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 7, p. 319-342, 1976.

KATWA, L. C.; RAMAKRISHNA, M.; RANGHAVENDRA RAO, M. R. Purification and Properties of Polyphenol oxidase from Mango Peel (*Mangifera indica* Var. Raspuri). **Journal of Food Biochemistry**, v. 6, p. 217-228, 1982.

KAVATI, R.; PIZA JR., C. T. **Manual das Culturas CATI - Manga (*Mangifera indica* L.)**. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2000.

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

KOLEKAR, T. G. Shelf-life extension of Alphonso mangoes by surface coating of sucrose ester. **Indian Journal of Plant Physiology**. v. XXXV (1), p. 44-47. March 1992.

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.

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

LUCAFÓ, B. H. S.; BOTEON, M. Potencial da manga brasileira no mercado internacional. In: III Congresso Internacional de Economia e Gestão de Negócios (networks) Agroalimentares, Ribeirão Preto, 2001. CD-ROM.

MALEVSKI, Y. et al. External color as maturity index of mango. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 5, p. 1316-1318, 1977.

MANGA. In: **FRUTAS**. São Paulo: Canaã, v. 3, p. 47-49. s.d. (Coleção Agrícola).

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.

MEDLICOTT, A. et al. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 69, n. 2, p. 161-166, April, 1990.

MUDA, P. et al. Compositional changes in cell wall polymers during mango fruit ripening. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, p. 255-260, 1995.

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. et al. 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.

PELEGRINE, D. H. **Comportamento Reológico das Polpas de Manga e Abacaxi**. 1999. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PELEGRINE, D. H. G.; GASPARETTO, C.; VIDAL, J. R. M. B. Comportamento Reológico da Polpa de Manga - Efeito dos Sólidos Insolúveis e dos Sistemas de Medidas. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. **Livro de Resumos**. Fortaleza: Expressão Gráfica Digital, 2000. 4v. p. 6.137.

PIGLIONE, C. Pesquisas prolongam vida da manga. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, julho, 1995, p. 4.

PIÑERA, R. M. et al. Evaluacion de Cultivares de Mango para la Elaboracion de Pulpas. **Alimentaria**, p. 29-31, Marzo, 1995.

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.

RANGANNA, S. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products**. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, 1977. 634p.

RAO, K. L. *et al.* Rheological Properties of Mango Pulp and Concentrates. **Journal of Food Science and Technology**, v. 22, jan./feb., p. 30-33, 1985.

RAO, M. A.; OTOYA PALOMINO, L. N.; BERNHARDT, L. W. Flow Properties of Tropical Fruits. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 160-161, 1974.

ROE, B.; BRUEMMER, J. H. Changes in Pectic Substances and Enzymes during Ripening and Storage of "Keitt" Mangos. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 1, p. 186-189, 1981.

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.

SAEED, A. R.; EL TINAY, A..H.; KHATTAB, A. H. Viscosity of Mango Nectar as Related to Pectic Substances. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 203-204, 1975.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. **Journal of Food Science**, v. 35, p. 122-125, 1970.

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.

SMS Stable Micro Systems. **How Firm is your Fruit?** Disponível em: <http://stablemicrosystems.com/apmjan99.htm>. Acesso em: 30 de outubro de 2001.

SREENATH, H. K.; NANJUNDASWAMY, A. M.; SREEKANTIAH, K. R. Effect of Various Cellulases and Pectinases on Viscosity Reduction of Mango Pulp. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 1, p. 230-231, 1987.

SREENATH, H. K.; SUDARSHANA KRISHNA, K. R.; SANTHANAM, K. Enzymatic Liquefaction of Some Varieties of Mango Pulp. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 28, p. 196-200, 1995.

TEIXEIRA, A.; BALABAN, M. **Computer Applications in Thermal Processing of Canned Foods**. Campinas, 1996.

TOLEDO, R T. **Fundamentals of Food Process Engineering**. New York: Chapman & Hall, 1991. 602p.

VAN BUREN, J. P. Function of Pectin in Plant Tissue Structure and Firmness. In: WALTER, R. H. **The Chemistry and Technology of Pectin**. San Diego, 1991. p. 1-18.

VIDAL, J. R. M. B.; BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Reologia de Polpa de Manga (*Mangífera indica* L - Keitt). In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. **Livro de Resumos**. Fortaleza: Expressão Gráfica Digital, 2000. 4v. p. 6.20.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) - Efeito dos sólidos solúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20 (2), May/Aug. 2000.