



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ANDRÉA CARDOSO DE AQUINO

Estudo da Ampliação da Escala na Produção de Néctar de Bacuri (*Platonia insignis* Martius) com Aplicação de Preparações Enzimáticas Comerciais

FORTALEZA

2012

ANDRÉA CARDOSO DE AQUINO

Estudo da Ampliação da Escala na Produção de Néctar de Bacuri (*Platonia insignis* Martius) com Aplicação de Preparações Enzimáticas Comerciais

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana

Co-Orientador: Pesquisador Dr. Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

FORTALEZA

2012

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana

Orientador
(UFC/DEQ)

Pesquisador Dr. Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Co-Orientador
(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

Pesquisadora Dra. Deborah dos Santos Garruti

(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

Pesquisadora Dra. Ana Paula Dionísio

(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

Pesquisador Dr. Renato Manzini Bonfim

(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

Professora Dra. Rosiane Lopes da Cunha

(UNICAMP/DEA/FEA)

“O homem que cumpre o seu dever ama a Deus mais que as criaturas, e as criaturas mais do que a si mesmo: ele é, ao mesmo tempo, juiz e escravo em sua própria casa”.

(Capítulo XVII do Evangelho Segundo o Espiritismo, LÁZARO, 1863).

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela infinita bondade, concedendo-me benefícios, os quais seria indigno atribuir ao meu próprio mérito.

A Jesus, pela presença constante, abençoando cada etapa desta conquista.

À UFC, pela oportunidade de realizar minha formação nesta instituição de ensino.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pelo privilégio de utilizar suas dependência e equipamentos durante anos, marcando minha vida profissional.

Ao CNPq e à CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À Novozymes Latim América, pelo fornecimento de várias preparações enzimáticas.

Ao Orientador Dr. Hosiberto, por apostar neste projeto e me dar a oportunidade de realizar este trabalho, pela dedicação, compreensão, paciência, pelas palavras de incentivo, quando o desanimo ultrapassava os livros de engenharia química, obrigada pela confiança em mim!

Ao Co-orientador Dr. Gustavo, um exemplo de pesquisador, profissional e pessoa. Sempre serei grata por ter acreditado em mim, por me acompanhar durante cada etapa dos experimentos, por me ensinar tudo que aprendi neste período de mestrado e doutorado, obrigada pela oportunidade de trabalhar ao seu lado!

À Dra. Deborah, pela participação na banca de qualificação e defesa, pela ajuda nas análises sensoriais e cromatográficas, por não medir esforços para me ajudar ao longo de todo o doutorado, obrigada por enriquecer meu trabalho e contribuir para o meu crescimento profissional e pessoal!

À Dra. Rosiane, por aceitar fazer parte da banca de defesa, por me receber de maneira muito gentil, quando estive em seu laboratório realizando as análises reológicas, pelos os conselhos valiosos e tempo doados a mim.

À Dra. Izabel, por ter me recebido tão bem em seu laboratório e permitir a realização das análises citoquímicas.

Ao Dr. Fabiano, pela participação na banca de qualificação, pela dedicada correção.

Aos Doutores Ana Paula e Renato, por aceitarem fazer parte da banca de defesa e enriquecerem este trabalho.

À Dra. Janice, por atender prontamente nosso pedido de ajuda na viagem à Belém.

À Dra. Henriette, Dr. Edy e Dra. Rafaella, pelas contribuições neste trabalho.

Aos colegas Arthur, Adna, Hilton e Ídila, pela grande ajuda na realização de várias etapas deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química pelos valiosos ensinamentos.
À Maria, que enquanto esteve na secretaria do DEQ/UFC, me auxiliou em todas as dúvidas e problemas.

À chefe de laboratório e amiga, Natália Moura, que melhorou a qualidade do meu trabalho, devido sua dedicação, profissionalismo no cumprimento de suas funções no laboratório, além do ótimo estado de espírito.

Aos amigos do Laboratório de Bioprocessos da Embrapa: Ana Paula, Adriana, Carina, Carol, Cyntia, Diego, Genilton, Helder, Janaína, Kally, Leise, Luciana, Manuela, Mariza, Natália Lima, Raquel, Renata Débora, Rosinha, Ruann e Virna, por toda ajuda que vocês prestaram a mim durante a execução deste trabalho, pelas boas lembranças que vou levar comigo para toda vida e pela amizade de todos, muito obrigada!

Às amigas do grupo de maceração, que eu tanto adoro, em especial, à Carina, Jana e Virna, pela super força nas análises mais exaustivas, pelo carinho, disposição, amizade e ajuda com seus conhecimentos.

Aos provadores que participaram das análises sensoriais, principalmente aos que estavam presente em todas as inúmeras fases da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

À Flávia, Nayra, Vítor, pela força nas análises sensorias.

À Fabiana e o Luiz, pela grande ajuda em Campinas, nas análises reológicas.

Aos amigos Aliciane, Ruann e Fabíola, pela carinhosa acolhida nas idas à Campinas.

À toda turma do Curso de Doutorado e Mestrado em Engenharia Química de 2008.1, por me ajudarem a vencer as dificuldades nas disciplinas, em especial aos amigos Alexandre, Cristiane, Elaine, Eveline, Imilena, Mirela, Tigressa e Yguatiara.

À minha filhota Larinha, que desde pequena compreende minha ausência e colabora com tudo, pelo carinho, obrigada por me fazer a mãe mais orgulha e feliz do mundo!

Ao André, pelo companheirismo, apoio e cumplicidade e, principalmente, tolerância com as minhas ansiedades e aflições durante este período de trabalho.

À minha mãe Givanira, pelas orações, pelo incentivo e por me ajudar de todas as formas na realização deste trabalho. Serei sempre grata!

As minhas irmãs Sylvana e Alyne, que só por saber que existem já melhoram meu dia e meu humor, pela amizade e pelos bons momentos.

Ao meu pai Joarez, pela motivação, preocupação e incentivo nesta conquista.

Aos meus irmãos George e Sara pela presença e descontração.

À amiga Lucinha e ao meu cunhado Marcos Júnior, por alegrar os momentos difíceis.

À todos que tive a oportunidade de conviver durante todo este período.

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO GERAL.....	5
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA	
1.1 BACURI.....	7
1.2 NÉCTAR.....	9
1.3 PAREDE CELULAR VEGETAL.....	11
1.4 ENZIMAS.....	12
1.5 MACERAÇÃO ENZIMÁTICA.....	15
1.6 REOLOGIA.....	16
1.6.1 Esquema de Classificação dos Fluidos Segundo	
Comportamento Reológico.....	17
1.6.1.1 Fluidos Newtonianos.....	17
1.6.1.2 Fluidos Não Newtonianos.....	18
1.6.2 Modelo Reológico de Ostwald-De-Waelle (Lei de Potência).....	22
1.7 COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	22
1.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2. OBTENÇÃO E RENDIMENTO DA POLPA DE BACURI	
2.1 INTRODUÇÃO.....	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.2.1 Matéria-Prima.....	31
2.2.2 Processamento da Polpa de Bacuri.....	32
2.2.3 Rendimento.....	34
2.2.3.1 Cálculo do Rendimento.....	34
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
2.4 CONCLUSÕES.....	39
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA INTEGRAL DE BACURI	
3.1 INTRODUÇÃO.....	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.2.1 Matéria-Prima e Reagentes.....	42
3.2.2 Análises Químicas e Físico-Químicas.....	42

3.2.2.1	<i>Acidez Total Titulável</i>	42
3.2.2.2	<i>Amido</i>	42
3.2.2.3	<i>Atividade de Água</i>	42
3.2.2.4	<i>Cinzas</i>	42
3.2.2.5	<i>Cor Instrumental</i>	42
3.2.2.6	<i>Extrato Etéreo</i>	42
3.2.2.7	<i>Compostos Fenólicos</i>	42
3.2.2.8	<i>Pectina, Hemicelulose e Celulose + Lignina</i>	42
3.2.2.9	<i>pH</i>	42
3.2.2.10	<i>Proteína</i>	42
3.2.2.11	<i>Sólidos Solúveis Totais (SST)</i>	42
3.2.2.12	<i>Umidade</i>	42
3.2.2.13	<i>Vitamina C</i>	42
3.2.3	Análises Citoquímicas	42
3.2.4	Análise dos Compostos Voláteis	43
3.2.5	Análises Reológicas	44
3.2.6	Análise Estatística	45
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.3.1	Análises Químicas e Físico-Químicas	46
3.3.2	Análises Citoquímicas	50
3.3.3	Análises Cromatográficas	51
3.3.4	Análises Reológicas	54
3.4	CONCLUSÕES	57
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPITULO 4. MACERAÇÃO ENZIMÁTICA DA POLPA DE BACURI		
4.1	INTRODUÇÃO	63
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	64
4.2.1	Matéria-Prima e Preparações Enzimáticas Comerciais	64
4.2.2	Caracterização das Preparações Enzimáticas Comerciais	64
4.2.2.1	<i>Poligalacturonases</i>	64
4.2.2.2	<i>Pectinametilesterases</i>	64
4.2.2.3	<i>Pectinaliases</i>	64
4.2.2.4	<i>Amilases</i>	64
4.2.2.5	<i>Celulases</i>	64

4.2.2.6 <i>Invertases</i>	64
4.2.2.7 <i>Xilanases</i>	64
4.2.3 Maceração Enzimática em Escala de Bancada.....	65
4.2.4 Análise da Consistência.....	67
4.2.5 Grupos Redutores Totais (GRT).....	67
4.2.6 Escolha da Preparação Enzimática Comercial.....	67
4.2.7 Estudo da Concentração de Pectinex XXL®.....	68
4.2.8 Estudo do Tempo de Incubação da Maceração Enzimática	
Utilizando Pectinex XXL® e Viscozyme L®.....	68
4.2.9 Estudo da Temperatura de Incubação.....	68
4.2.10 Combinação das Preparações Enzimáticas Comerciais.....	69
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.3.1 Caracterização das Preparações Enzimáticas Comerciais.....	71
4.3.2 Escolha das Preparações Enzimáticas Comerciais.....	72
4.3.3 Escolha da Concentração de Pectinex XXL®.....	73
4.3.4 Escolha do Tempo Incubação da Maceração Enzimática	
Utilizando Pectinex XXL® e Viscozyme L®.....	74
4.3.5 Estudo da Temperatura de Incubação.....	77
4.3.6 Combinação das Preparações Enzimáticas Comerciais.....	79
4.3.6.1 <i>Primeiro Planejamento Experimental</i>	
<i>com Pectinex XXL e Celluclast</i>	79
4.3.6.2 <i>Segundo Planejamento Experimental com Viscozyme L e Celluclast</i>	86
4.3.6.3 <i>Estudo da Combinação das Preparações Enzimáticas Pectinex</i>	
<i>XXL e Celluclast sem Planejamento Experimental</i>	92
4.4 CONCLUSÕES.....	93
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA DE BACURI	
MACERADA ENZIMATICAMENTE	
5.1 INTRODUÇÃO.....	96
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	97
5.2.1 Matéria-Prima e Reagentes.....	97
5.2.2 Análises Químicas e Físico-Químicas.....	97
5.2.3 Análises Citoquímicas.....	97
5.2.4 Isolamento e Identificação dos Compostos Voláteis.....	98

5.2.5 Análises Reológicas.....	98
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
5.3.1 Análises Química e Físico-Químicas.....	101
5.3.2 Análises Citoquímicas.....	103
5.3.3 Análises Cromatográficas.....	104
5.3.4 Análises Reológicas.....	109
5.4 CONCLUSÕES.....	122
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
CAPÍTULO 6. ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DO NÉCTAR DE POLPA DE BACURI MACERADA ENZIMATICAMENTE	
6.1 INTRODUÇÃO.....	127
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	129
6.2.1 Matéria-Prima.....	129
6.2.2 Processamento do Néctar de Bacuri em Escala de Bancada.....	129
6.2.3 Desenvolvimento do Néctar de Bacuri Voltado para Consumidores (<i>consumer driven development</i>).....	132
6.2.4 Análises Descritiva Quantitativa.....	133
6.2.5 Aceitação e Intenção de Compra.....	136
6.2.6 Análises Sensoriais em Belém/PA.....	137
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	138
6.3.1 Desenvolvimento do Néctar de Bacuri Voltado para Consumidores.....	138
6.3.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	143
6.3.3 Testes de Aceitação em Fortaleza e Belém.....	150
6.4 CONCLUSÕES.....	155
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
CAPÍTULO 7. PRODUÇÃO DO NÉCTAR DE BACURI EM ESCALA PILOTO	
7.1 INTRODUÇÃO.....	158
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	158
7.2.1 Matéria-Prima.....	158
7.2.2 Processamento do Néctar de Bacuri em Larga Escala.....	158
7.2.3 Otimização da Pasteurização do Néctar de Bacuri em Escala Piloto.....	161
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	163
7.3.1 Análises Microbiológicas.....	163
7.3.2 Análises Químicas e Físico-Químicas.....	164

7.3.3 Monitoramento da Pasteurização.....	166
7.3.4 Análises Sensoriais.....	168
7.4 CONCLUSÕES.....	170
7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
CONCLUSÕES FINAIS.....	174
ANEXOS.....	175

RESUMO

O mercado de frutos regionais tem ganhado cada vez mais espaço no Brasil, tanto pela procura de alternativas por parte dos produtores, como pela busca de novas opções de frutas pelos consumidores. Dentre os frutos com alta prioridade para estudos e incentivos destaca-se o bacuri (*Platonia insignis Mart.*), por sua importância econômica nas regiões Norte e Meio-Norte do Brasil. Porém, a alta consistência da polpa de bacuri, causada pela elevada quantidade de polissacarídeos (pectina, hemicelulose, celulose e lignina) nos tecidos, impossibilita a difusão de seu néctar. Isto, aliado ao desconhecimento dos parâmetros envolvidos no processamento do néctar de bacuri que dificulta a ampliação da escala de produção. A maceração da polpa de bacuri, por meio da aplicação de enzimas com atividade pectinolítica, hemicelulolítica e celulolítica, permite a redução da consistência da polpa viabilizando a elaboração do néctar de bacuri dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº12, de 4 de setembro de 2003 (mínimo 20 % de polpa). Assim, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o processo de maceração enzimática da polpa de bacuri para obter um néctar adequado à comercialização, bem como estudar a ampliação da escala de produção desse néctar. O estudo teve início com a caracterização química e físico-química, composição dos compostos voláteis, estrutura citoquímica e comportamento reológico da polpa integral de bacuri. Em seguida, avaliou-se a redução da consistência da polpa de bacuri, por meio do estudo da maceração enzimática. Nesta etapa estudou-se a aplicação das preparações enzimáticas comerciais Pectinex Smash XXL, Shearzyme 500 L, Pectinex Ultra SP-L, Viscozyme L e Celluclast na polpa de bacuri, bem como a influência de parâmetros como temperatura de incubação (20 a 35 °C), tempo de incubação (60 a 180 min), concentração das preparações enzimáticas (53 a 267 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$) e combinações das preparações enzimáticas (Pectinex XXL e Celluclast; Viscozyme L e Celluclast) na eficiência da maceração. Na etapa seguinte identificou-se modificações químicas, físico-químicas, citoquímicas, cromatográficas e reológicas ocorridas na polpa de bacuri submetida à maceração enzimática. Em seguida, iniciou-se o estudo da influência do perfil sensorial e a aceitabilidade do néctar de bacuri elaborado com polpa macerada enzimaticamente. Para esta etapa foram elaborados néctares com diferentes concentrações de polpa (10 e 20 %), sendo estas polpas maceradas em diferentes condições. Finalmente avaliou-se a ampliação da escala da produção do néctar de bacuri e a otimização da temperatura de pasteurização (80 a 120 °C) em pasteurizador tubular, através de fatores que

influenciam direta ou indiretamente na qualidade do néctar. Os resultados das análises físico-químicas e citoquímicas evidenciaram elevada consistência da polpa de bacuri, em razão de quantidades consideráveis de pectina, hemicelulose, celulose e lignina. Foram detectados 34 compostos voláteis, sendo 15 terpenos, caracterizando-se como a principal classe de compostos voláteis identificados na polpa integral de bacuri. O comportamento reológico da polpa integral de bacuri foi caracterizado como não-newtoniano pseudoplástico. A aplicação da combinação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast atingiu maceração enzimática adequada na polpa de bacuri, reduzindo sua consistência em, aproximadamente, 80,12 %. Os resultados de cromatografia revelaram que durante a maceração enzimática da polpa de bacuri houve aumento do número de compostos voláteis. Em relação às análises reológicas, os ensaios oscilatórios mostraram que a polpa de bacuri macerada em duas condições diferentes (aplicação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e aplicação de $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast; $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast) reduziram a viscoelasticidade da polpa de bacuri. As curvas de escoamento apresentaram comportamento não-newtoniano pseudoplástico da polpa de bacuri macerada enzimaticamente. Através das análises sensoriais, foi possível observar que a polpa de bacuri macerada em duas condições diferentes (aplicação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast e aplicação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast) conseguiram formular um néctar dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira, com boa aceitação e boa intenção de compra. O néctar de bacuri com 20 % de polpa, elaborado em escala piloto, nas condições de 1:2 de polpa e água, maceração enzimática com aplicação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, incubação em reator de agitação, 80 minutos de incubação, temperatura de incubação de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, agitação de 200 rpm, pasteurização a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 segundos em pasteurizador tubular e envase asséptico em capela, conseguiu obter segurança microbiológica sem afetar sua aceitação e suas características sensoriais perceptíveis ao paladar do consumidor, além de não apresentar escurecimento.

Palavras-chave: frutas regionais, bacuri, *Platonia insignis* Martius, maceração enzimática, redução da consistência, processamento de néctar.

ABSTRACT

The regional fruit market has been gaining space in Brazil, both for the search of alternatives by producers and for the search of new options of fruits by consumers. Among high priority fruits for studies and incentives we can highlight *bacuri* (*Platonia insignis* Mart.), for its economical importance in North and Mid-North regions in Brazil. However, the high consistency of the *bacuri* pulp caused by the high polysaccharide amount (pectin, hemicellulose, cellulose and lignin) in fabrics make the spread of its nectar impossible. This allied to the unawareness of the parameters involved in the processing of *bacuri* nectar that makes the production scale enlargement difficult. The maceration of the *bacuri* pulp, by means of the application of enzymes with pectinolytic, hemicellulolytic and cellulolytic activities, enables the reduction in the pulp consistency making the preparation of *bacuri* nectar possible within the standards required by the Ministry of Agriculture and Food Supply, through the Normative Instruction No. 12, of September 4th, 2003 (minimum 20% of pulp). Thus, the general purpose of this study is to evaluate the enzymatic maceration process of the *bacuri* pulp so as to obtain the nectar proper for commercialization, as well as studying the production scale enlargement of this nectar. The study began with the chemical and physical-chemical characterization, composition of volatile compounds, cytochemical structure and rheological behavior of integral *bacuri* pulp. Then, the consistency reduction in the *bacuri* pulp was evaluated through the enzymatic maceration study. In this step, we studied the application of commercial enzymatic preparations Pectinex Smash XXL, Shearzyme 500 L, Pectinex Ultra SP-L, Viscozyme L and Celluclast in the *bacuri* pulp, as well as the parameters influence such as incubation temperature (20 to 35 °C), duration of incubation (60 to 180 min), concentration of the enzymatic preparations (53 to 267 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$) and combinations of the enzymatic preparations (Pectinex XXL and Celluclast; Viscozyme L and Celluclast) in the maceration efficiency. In the next step, we identified the chemical, physical-chemical, cytochemical, chromatographical and rheological changes occurred in the *bacuri* pulp submitted to enzymatic maceration. Then, the influence study of the sensorial profile was started and the acceptability of the *bacuri* nectar was prepared with enzymatically macerated pulp. For this step, nectars with different pulp concentrations were prepared (10 and 20%); these macerated pulps in different conditions. Finally, the production scale enlargement of the *bacuri* nectar and the optimization of pasteurization (80 to 120 °C) in tubular pasteurizer were evaluated, through factors that direct or indirectly

influence on the nectar quality. The results of the physical-chemical and cytochemical analyses evidenced high consistency of the *bacuri* pulp due to considerable amounts of pectin, hemicellulose, cellulose and lignin. 34 volatile compounds, being 15 terpenes, characterizing as the main class of volatile compounds identified in the integral *bacuri* pulp. The rheological behavior of the integral *bacuri* pulp was characterized as non-Newtonian pseudoplastic. The application of the combination of 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Pectinex XXL and 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast reached appropriate enzymatic maceration in the *bacuri* pulp, by reducing its consistency in approximately 80.12%. The chromatography results showed that during the enzymatic maceration of the *bacuri* pulp there was an increase in the volatile compound number. As for the rheological analyses, the oscillatory trials showed that the *bacuri* pulp macerated in two different conditions (application of 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Pectinex XXL and application of 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast; 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Viscozyme L and 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast) reduced in the viscoelasticity of the *bacuri* pulp. The outflow curve showed pseudoplastic non-Newtonian behavior of the *bacuri* pulp enzymatically macerated. By means of sensorial analyses, we were able to observe that the *bacuri* pulp macerated in two different conditions (application of 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Pectinex XXL and 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast and application of 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Viscozyme L and 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast) managed to formulate a nectar within the standards required by the Brazilian Legislation, with good acceptance and good intention of purchase. The *bacuri* nectar with 20% of pulp, prepared in pilot scale, in the 1:2 conditions of pulp and water, enzymatic maceration with application of 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Pectinex XXL and 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{pulp}}^{-1}$ of Celluclast, incubation in agitation reactor, 80 minutes of incubation, incubation temperature of 30 °C, 200 rpm agitation, pasteurization at 80 °C during 15 seconds in tubular pasteurizer and aseptic bottling in hood, managed to obtain microbiological safety without affecting its acceptance and noticeable sensorial characteristics to consumer's taste, beyond it does not show darkening.

Keywords: regional fruit, bacuri, *Platonia insignis* Martius, enzymatic maceration, reduction of consistency, processing of nectar.

INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de tradicionalmente os brasileiros preferirem sucos preparados na hora do consumo, a urbanização, aliada ao ritmo de vida acelerado tem aberto espaço para néctares e sucos de frutas prontos para beber. Com a globalização da indústria de alimentos, a oferta por sucos de qualidade e variedades tem expandido visivelmente. Além disso, a tendência mundial de consumo de alimentos saudáveis que ofereçam saúde, conveniência, inovação, sabor e prazer favorece o crescimento do mercado de bebidas não-alcoólicas como os sucos e os néctares de frutas (PIRILLO e SABIO, 2009).

Na Região Amazônica existem espécies de fruteiras domesticadas ou cultivadas com grande potencial agroindustrial e ainda pouco exploradas. Dentre essas espécies destaca-se o bacuri (*Platonia insignis Mart.*) devido sua importância econômica nas regiões Norte e Nordeste (CLEMENT e VENTURIERI, 1990).

O bacuri possui características sensoriais e nutritivas únicas, que favorecem a extensão da industrialização de vários produtos como néctar, geléia, doce em pasta, compota, licor, iogurte, sorvete e outros (SAMPAIO, 2005). Apesar da multiplicidade de usos, apenas a polpa tem sido explorada de forma econômica, sendo o seu principal produto, a polpa congelada para a elaboração de bebidas como o néctar (CLEMENT e VENTURIERI, 1990).

No entanto, trabalhos com néctares de bacuri, encontrados na literatura, revelam formulações contendo concentrações de polpa muito abaixo dos 20 % exigidos pela Legislação Brasileira (Instrução Normativa nº12, de 4 de setembro de 2003). Isso ocorre devido à elevada quantidade de carboidratos presentes na parede celular dos tecidos da polpa (pectinas, hemicelulose, celulose), que confere a mesma uma alta consistência e torna seus produtos muito espessos, quando formulados de acordo com os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) estabelecidos.

Uma tecnologia limpa aplicada ao processamento do néctar de bacuri pode viabilizar sua industrialização. Trata-se da maceração enzimática, que através da aplicação de enzimas que agem na degradação da parede celular dos tecidos da polpa, pode torná-la mais fluida, permitindo que seja utilizada como matéria-prima na formulação de um néctar de acordo com o Padrão de Identidade e qualidade exigidos pela Legislação Brasileira.

Na literatura existem poucas referências sobre dados reológicos, composição, compostos voláteis e análise sensorial da polpa e do néctar de bacuri. Esses dados são

de fundamental importância para as indústrias de alimentos, já que determinam o desenvolvimento de processos e equipamentos.

A inexistência de dados reológicos sobre frutas tropicais na literatura tem levado a indústria nacional a utilizar, no processo de fabricação de bebidas de frutas, condições semelhantes às aplicadas na produção do suco de laranja. Todavia, por terem propriedades diferentes, os resultados não atingem o mesmo nível de qualidade (FERREIRA et al. 2002). Para obter néctares com qualidade capaz de conquistar o paladar exigente dos consumidores, a indústria brasileira deve respeitar as características exclusivas de cada fruta.

Além do mais, para que as descobertas em laboratório transformem-se em benefício efetivo para a sociedade, uma das maiores dificuldades consiste na transferência de tecnologia em mudança de escala, o chamado *scale-up*.

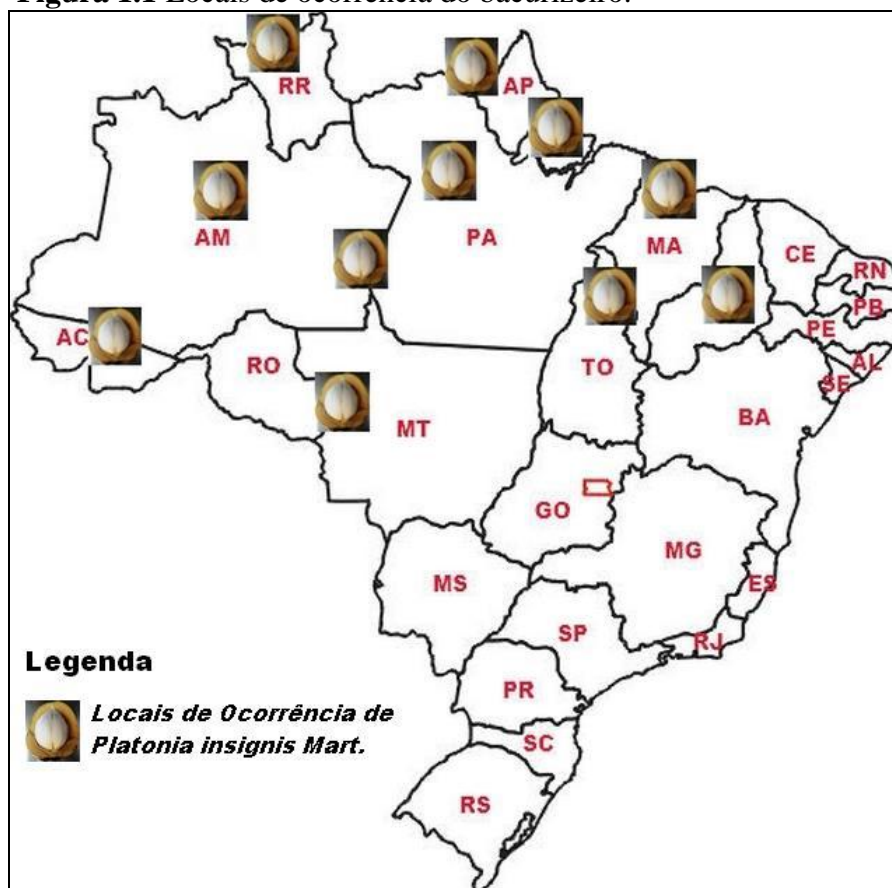
Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o processo de maceração enzimática da polpa de bacuri para obter um néctar adequado à comercialização, bem como estudar a ampliação da escala de produção desse néctar.

CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 BACURI

A planta do bacurizeiro (*Platonia insignis* Martius), pertencente à família Clusiaceae, é uma espécie frutífera e madeireira, com centro de origem na Amazônia Oriental Brasileira, mais precisamente no Estado do Pará (BARROSO et al., 2002). Ocorre espontaneamente em todos os estados da Região Norte do Brasil e no Mato Grosso, Maranhão e Piauí. Assume importância econômica nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins e Piauí, onde se concentram densas e diversificadas populações naturais, em áreas de vegetação secundária (CAVALCANTE, 1996; CARVALHO, 2007). Na Figura 1.1 é possível visualizar os locais de ocorrência do bacurizeiro no Brasil.

Figura 1.1 Locais de ocorrência do bacurizeiro.



Fonte: Adaptação da referência NASCIMENTO et Al. (2007).

A árvore do bacurizeiro pode chegar até 35 metros de altura, com tronco reto de até 1 metro de diâmetro. As folhas de cor verde brilhosa na face superior, geralmente possuem formato ovalado ou elíptico (MOURÃO, 1992). O bacurizeiro floresce,

normalmente, entre junho a setembro, suas flores apresentam cerca de 7 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro, localizam-se nos ramos jovens e terminais, cobrindo toda a copa (CLEMENT e VENTURIERI, 1990).

Os frutos são bagas volumosas oniculadas de 7 a 15 cm de diâmetro e 300 a 400 g de peso médio e formato arredondado, ovalado ou achatado (CAVALCANTE, 1996; MOURÃO, 1992). A casca é espessa, lisa e rígido-coriácea, de coloração variando de verde a marrom. Normalmente são encontradas de 1 a 4 sementes por fruto (CALZAVARA, 1970; VILLACHICA et al. 1996). A polpa que envolve as sementes é macia, fibroso-mucilaginosa, de coloração branca a branco-amarelada com aroma forte e sabor distinto, ácido-doce (QUARESMA, 2006; CAVALCANTE, 1996). Quando o fruto encontra-se maduro, a polpa exala um perfume suave, que se assemelha ao jasmim (FONSECA, 1954). Na Figura 1.2 podemos observar frutos de bacuri inteiros e a polpa branca quando uma parte da casca é removida.

Figura 1.2 Frutos de bacuri inteiros e com parte da casca removida.



Na Tabela 1.1 é apresentada a caracterização química da polpa de bacuri, segundo Aquino (2008). Além dos componentes especificados na tabela, cada 100g de polpa de bacuri fornece, em média, 105 calorias, 22,80 g de carboidratos, 20 mg de cálcio, 36 mg de fósforo e 2,2 mg de ferro (MORTON, 1987).

Tabela 1.1 Composição da polpa de bacuri.

Caracterização	Valores
Umidade (g.100g⁻¹)	78,79 ± 1,37
Extrato etéreo (g.100g⁻¹)	1,46 ± 0,08
Proteína (g.100g⁻¹)	1,31 ± 0,12
Cinzas (g.100g⁻¹)	0,38 ± 0,02
Açúcares totais (g.100g⁻¹)	10,56 ± 0,24
Açúcares redutores (g.100g⁻¹)	5,89 ± 0,27
AIR¹(g.100g⁻¹)	7,59 ± 0,18
Pectina (g.100g⁻¹)	3,33 ± 0,19
Hemicelulose (g.100g⁻¹)	1,67 ± 0,31
Celulose e lignina (g.100g⁻¹)	2,59 ± 0,06
Fenólicos totais (g.100g⁻¹)	0,51 ± 0,00
Acidez total titulável (g.100g⁻¹)	1,34 ± 0,05
Sólidos solúveis totais (°Brix)	19,87 ± 0,15
Vitamina C (mg.100g⁻¹)	3,88 ± 0,00
pH	3,56±0,01
Atividade de água	0,983±0,00

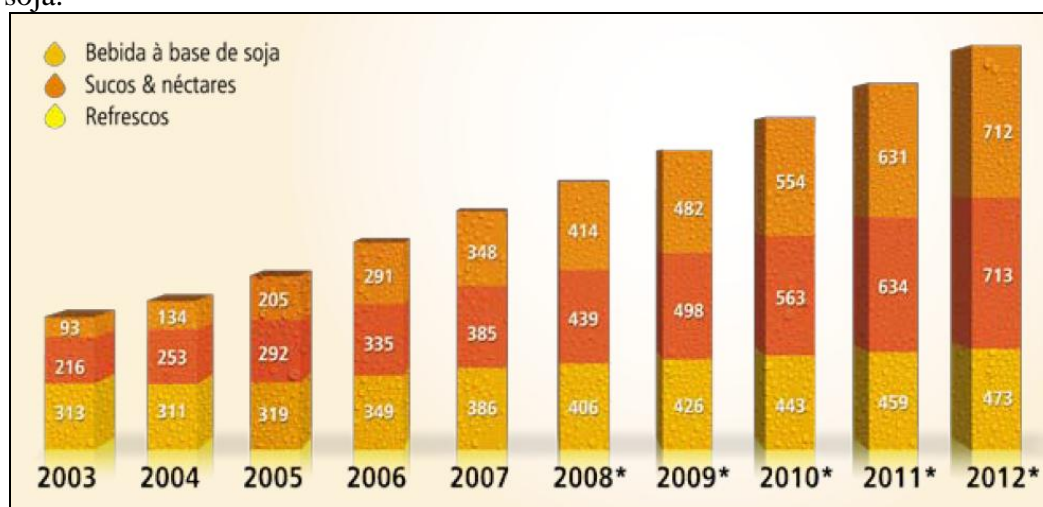
¹AIR = Resíduos insolúveis em álcool. Fonte: AQUINO (2008).

1.2 NÉCTAR

O mercado brasileiro de sucos e néctares prontos para beber está em franca expansão, acompanhando a tendência mundial de consumo de bebidas saudáveis, convenientes e saborosas. O consumo de néctares, em especial, vem crescendo a taxas significativamente maiores que as demais bebidas de fruta (PIRILLO e SABIO, 2009).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (ABIR), em 2008 o setor de sucos e néctares de frutas prontas para beber faturou US\$ 1,9 bilhão com a venda de 476 milhões de litros. Projeções da ABIR apontam que em 2012 o mercado de sucos e néctares pode chegar a 700 milhões de litros, totalizando 1,4 bilhão de litros entre refrescos, sucos, néctares e bebidas à base de soja (Figura 1.3).

Figura 1.3 Consumo brasileiro de refrescos de frutas, sucos, néctares e bebidas à base de soja.



Fonte: www.canadean.com (2012).

A legislação brasileira define néctar de frutas como bebida não-fermentada, obtida da diluição, em água potável, da parte comestível do vegetal ou de seu extrato (BRASIL, 2003). A diferença básica é que o néctar não tem a obrigatoriedade de conservar todas as características originais de um suco natural de fruta, sendo permitido adição de açúcar e proibido adição de corantes e de aromatizantes (PIRILLO e SABIO, 2009).

Em relação à concentração de polpa na elaboração do néctar de fruta, a Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003 determina que o néctar, cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter no mínimo 30% da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte e, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (BRASIL, 2003).

Nazaré e colaboradores (2000) realizaram o estudo do desenvolvimento do néctar de bacuri utilizando apenas 12% de polpa, enquanto Silva et al. (2007), que avaliaram a otimização da formulação do néctar de bacuri, concluíram que o teor de polpa mais adequado foi de 10 % de polpa, devido à maior aceitação dessa formulação pelos consumidores.

Essas concentrações de polpa, relatadas na literatura para elaboração do néctar de bacuri, estão em desacordo com a Legislação Brasileira em razão da alta consistência da polpa, gerada pela elevada quantidade de polissacarídeos (pectina, hemicelulose, celulose e lignina) na parede celular dos seus tecidos que não contribuem na qualidade da polpa a ponto possibilitar uma mudança na Legislação Brasileira, neste quesito.

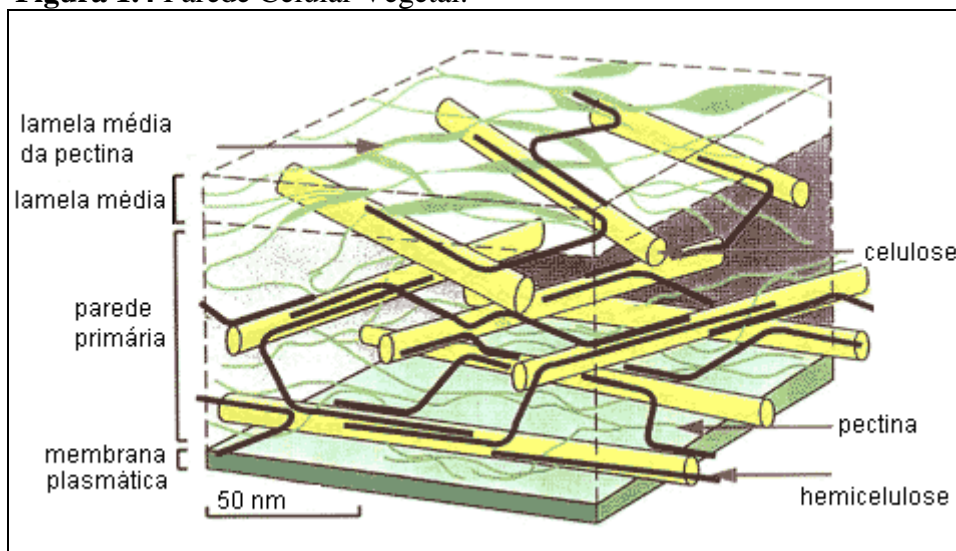
1.3 PAREDE CELULAR VEGETAL

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária define enzimas como compostos químicos naturais constituídos por proteínas biologicamente ativas, catalisadoras de reações durante o processamento do alimento, facilitando a sua obtenção, estabilizando-o ou provocando alterações desejáveis nas suas características (ANVISA, 2011).

A parede celular dos vegetais tem função estrutural, proporcionando rigidez e forma, além da função protetora e reguladora do crescimento vegetal (ALBERSHEIM et al., 1996).

Em todas as paredes celulares vegetais existem duas camadas, denominadas lamela média e parede primária. A parede secundária, se presente, é depositada pelo protoplasto sobre a superfície interna na parede primária. A lamela média situada entre as paredes primárias de células adjacentes compõe-se principalmente de substâncias pécnicas (pectina, pectato e hemicelulose). As camadas primárias e secundárias contêm quantidades variáveis de celuloses, hemiceluloses, pectinas e proteínas ricas em hidroxiprolina. A parede secundária, embora não esteja presente em todas as células, fornece um suporte estrutural à célula, apresentando também lignina (PRADE et al., 1999). A Figura 1.4 representa a estrutura de uma parede celular vegetal.

Figura 1.4 Parede Celular Vegetal.



Fonte: www.ippa.info (2010).

A parede celular é formada por aproximadamente 90% de polissacarídeos, principalmente pectina, hemicelulose e celulose, e 10% de glicoproteínas. Os polissacarídeos pécnicos são classificados como: homogalacturonanas, ramnogalacturonanas do tipo I e ramnogalacturonanas do tipo II. As

homogalacturonanas são polissacarídeos constituídos por resíduos de ácido α -D-galacturônico em ligação (1 \rightarrow 4), em geral parcialmente esterificados. As ramnogalacturonanas do tipo I apresentam uma cadeia principal composta por unidades repetidas de α -L-ramnose-(1 \rightarrow 4)- α -D-galacturônico-(1 \rightarrow 2). Cerca da metade das unidades de ramnose são substituídas em O-4 por cadeias laterais constituídas principalmente por galactose e arabinose (DONG e FANG, 2001). A ramnogalacturonana do tipo II é uma estrutura altamente complexa, apresentando uma cadeia principal constituída por unidades de ácido α -D-galacturônico em ligação (1 \rightarrow 4) e cadeias laterais de galactose, arabinose, fucose, ácidos urônicos, além de açúcares raros (MCNEIL et al., 1980).

Todas as moléculas de pectina contêm segmentos lineares de ácido galacturônico cujos grupos carboxílicos podem apresentar-se esterificados com metanol (ROLIN, 1993). A proporção de grupos carboxílicos metil-esterificados nas pectinas é expressa como grau de esterificação (DE). Dependendo do grau de esterificação, as pectinas são classificadas em dois grupos: pectinas com alto grau de esterificação, que apresentam DE superior a 50 % e pectinas com baixo grau de esterificação com DE inferior a 50% (VORAGEN, 1995).

A celulose constitui cerca de 20-30% da matéria seca da parede primária e ocupa cerca de 20% de seu volume. É um homopolissacarídeo neutro formado por cadeias retilíneas de anidro D-glucose em ligações β (1 \rightarrow 4), ou seja, contém unidades do dissacarídeo celobiose. A ausência de substituintes nas longas cadeias de glucose permite a sua associação por grande número de ligações de hidrogênio, levando à formação de estruturas cristalinas nas fibras, resultantes da união de várias cadeias. Ao mesmo tempo que dificultam a penetração da água (cristalinidade), reduzem a elasticidade das fibras (ligações intercadeias e intramoleculares).

As hemiceluloses apresentam uma cadeia principal composta por monossacarídeos piranosídicos com ligações β (1 \rightarrow 4). As hemiceluloses podem se apresentar sob forma fibrosa, compacta ou cristalina (CARPITA e GIBEAUT, 1993).

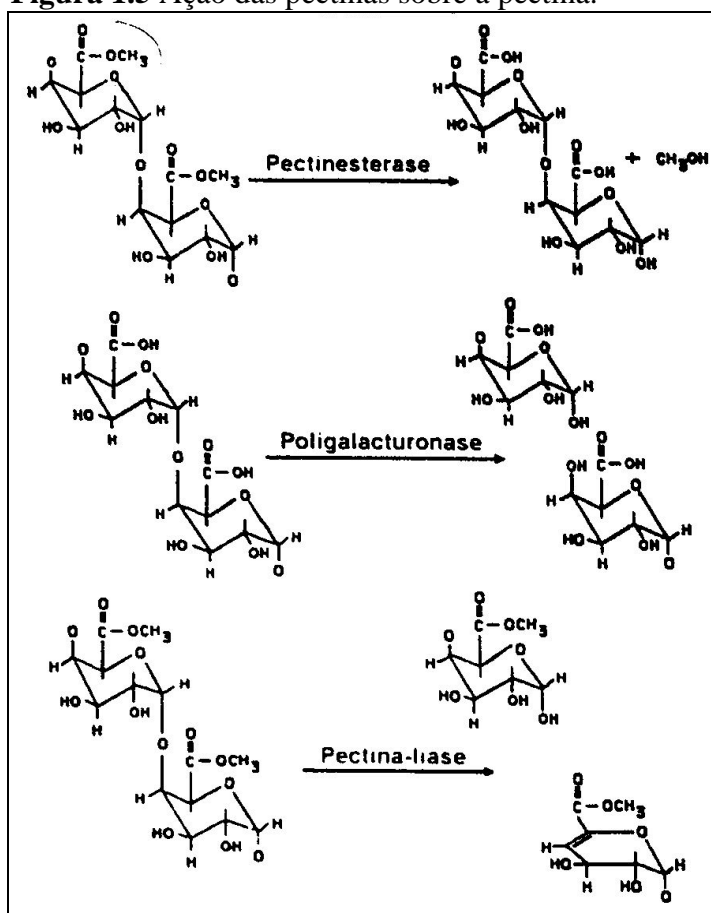
1.4 ENZIMAS

Os constituintes estruturais da parede celular dos vegetais podem ser degradados através da ação das enzimas.

Entre as pectinases, destaca-se a pectinametilesterase (PME), uma enzima desmetoxilante, que catalisa a hidrólise dos grupos carboxílicos metil-esterificados da

pectina, convertendo-a em polímero não esterificado (pectato) e liberando metanol e íon hidrogênio. A poligalacturonase (PG), por sua vez, atua despolimerizando esses polímeros não esterificados através da hidrólise de ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 4) entre dois resíduos de ácido galacturônico, liberando ácidos galacturônicos e digalacturônicos livres. A ação dessa enzima é acompanhada pelo aumento de açúcares redutores no meio. Outra enzima despolimerizante é a pectinaliase (PL), que atua quebrando as ligações, por transeliminação, do hidrogênio dos carbonos das posições 4 e 5 da porção aglicona do substrato (pectina), catalisando a β -eliminação entre dois resíduos de ácido galacturônico mais ou menos esterificados, sem absorção de água. Sua ação é acompanhada por um aumento da absorbância a 235 nm devido à formação de dupla ligação, entre aqueles carbonos, que é usado para monitorar a atividade enzimática (Figura 1.5) (UENOJO e PASTORE, 2007; WHITAKER, 1990).

Figura 1.5 Ação das pectinas sobre a pectina.

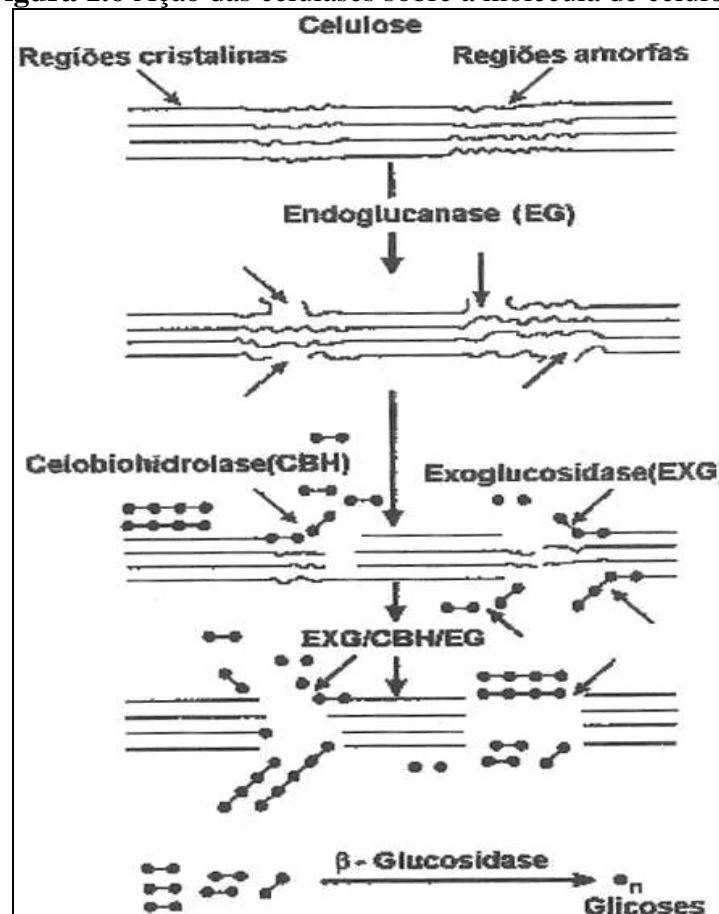


Fonte: SILVA et al. (1997).

As celulasas atuam na degradação dos compostos celulósicos catalisando a quebra das ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4) entre resíduos de D-glucose. Essas enzimas

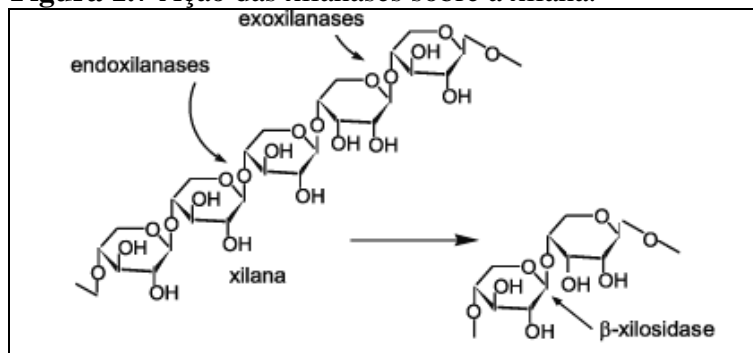
também atuam nos derivados solúveis de celulose. Silva et al. (1997) relataram que a celulose pode ser degradada pela ação de quatro celulases: endoglucanase (EG), que catalisa aleatoriamente a quebra das ligações internas nas regiões amorfas da molécula de celulose, liberando celo-oligossacarídeos com diferentes graus de polimerização e celobiose; celobiohidrolase (CBH), que estimula a quebra, em sequência, da segunda ligação glicosídica, a partir da extremidade não redutora da molécula de celulose, produzindo celobiose; exoglucosidase (EXG), que age hidrolisando a celobiose e pequenos oligossacarídeos, liberando, nos dois casos, glicose; β -glucosidase, que catalisa a remoção de unidades de glicose a partir da extremidade não redutora da molécula de celulose (Figura 1.6).

Figura 1.6 Ação das celulases sobre a molécula de celulose.



Fonte: SILVA et al. (1997).

A ação das hemiceluloses através de hemicelulases é realizada por meio de enzimas específicas como: xilanase, arabinofuranosidase, α -Galactosidase e mananase, que atuam degradando xilanas, arabinanas, galactomananas e mananas, respectivamente (WOOD e KELLOGG, 1986). A Figura 1.7 mostra a atuação das xilanases na molécula de xilana.

Figura 1.7 Ação das xilanases sobre a xilana.

Fonte: GOMES et al. (2007).

1.5 MACERAÇÃO ENZIMÁTICA

A Legislação brasileira permite o uso de enzimas e preparações enzimáticas na produção de alimentos destinados ao consumo humano como definido na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N° 205, 14 de novembro de 2006 (BRASIL, 2006):

“o emprego de enzimas ou preparações enzimáticas na fabricação de um alimento está condicionado à sua necessidade tecnológica”.

Diversas companhias na Europa (Novo Nordisk, Miles Kali-Chemie, Swiss Ferment Co., Novartis, Roche), Estados Unidos (Miles Laboratories, Rohm and Raas Co.) e no Japão (Kikkoman Shoyu Co.) produzem preparações enzimáticas comerciais (BHAT, 2000; GUMMADI et al., 2003; SAKAI et al., 1993).

No Brasil, a Novozymes Latin America Ltda. iniciou suas atividades em 1975. Mas foi somente em 1989 que inaugurou uma unidade industrial multi propósito em Araucária, Estado do Paraná, dando início a produção industrial de enzimas e processos enzimáticos. Nesse mesmo ano, ocorreu a fusão entre a Novo Industri A/S e a Nordisk Gentofte A/S da Dinamarca, alterando a sua razão social para Novo Nordisk Bioindustrial do Brasil Ltda. A partir de 2000 recebeu o nome que mantém até hoje, Novozymes Latin America Ltda (NOVOZYMES, 2011).

Segundo Kashyap e colaboradores (2000), o valor estimado de vendas em 1995 foi de US\$ 1 bilhão, dos quais US\$ 75 milhões somente com pectinases. Para 2005, estimou-se um valor de vendas de US\$ 1,7 a 2 bilhões para a indústria de enzimas (KASHYAP et al., 2000).

O uso de enzimas em processos industriais é de grande interesse, em especial devido à facilidade de obtenção e às vantagens em relação aos catalisadores químicos, como maior especificidade, menor consumo energético e maior velocidade de reação. Além disso, a catálise enzimática tem outros benefícios, como o aumento da qualidade

dos produtos, em relação à catálise química e a redução dos custos de laboratório e de maquinário, graças à melhoria do processo (MUSSATTO et al., 2007).

O uso de enzimas na fabricação de bebidas de frutas foi iniciado quando as indústrias começaram a produzir sucos, durante meados da década de 30, e muitas dificuldades foram encontradas. A partir de então, pesquisas utilizando enzimas, juntamente com o conhecimento dos componentes vegetais das frutas, diminuíram essas dificuldades (BHAT, 2000; JAYANI et al., 2005).

Essas enzimas são utilizadas após o corte da matéria-prima, para macerar a polpa até a liquefação parcial ou total da fruta, diminuindo o tempo de processamento, melhorando a extração dos componentes da fruta e reduzindo a viscosidade para facilitar a filtração e concentração (BHAT, 2000).

As preparações comerciais de enzimas destinadas à maceração enzimática de produtos de frutas contêm um ou mais tipos de pectinases, além de atividades de celulases, hemicelulases, proteases e amilases, constituindo um “coquetel” enzimático. Essa combinação age sinergisticamente degradando a parede celular de vegetais (SILVA et al. 1997).

As frutas maceradas formam sistemas complexos do ponto de vista físico, que podem ser divididos em três fases: sumo, capa intermediária e matérias sólidas. Os objetivos da despectinização nessas fases são distintos, a saber: sumo – redução da viscosidade que aumenta inicialmente por efeito da solução de protopectina; capa intermediária – destruição da estrutura gelatinosa por degradação da pectina não dissolvida, liberando assim, mais suco e aumentando a porosidade da matéria sólida; matérias sólidas – liberação, por maceração, da estrutura das células. Em outras palavras, a despectinização age formando uma suspensão celular. Se esta suspensão for subsequentemente tratada com celulases, a quebra da parede celular aumenta levando a uma quase completa degradação dos carboidratos solúveis e insolúveis (COELHO et al., 2008).

1.6 REOLOGIA

A Reologia é uma Ciência que surgiu no início do século XX e tem como principal propósito o estudo das deformações e do escoamento dos materiais, como indicado pelos radicais de origem grega *rheos* (fluir) e *logos* (estudo). Seu objetivo consiste no estudo do comportamento mecânico da matéria, ou seja, no estabelecimento de relações entre as forças aplicadas e as deformações resultantes (MACOSCO, 1994).

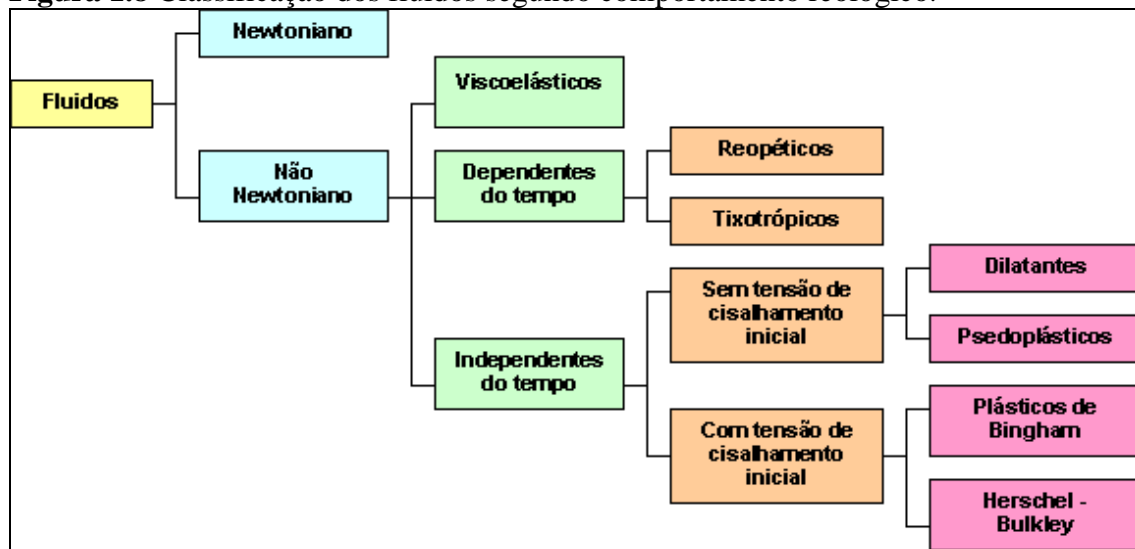
Na área de alimentos as propriedades reológicas são utilizadas no controle de qualidade, avaliação da textura, projetos de controle e processos e determinação da estrutura do alimento, incluindo mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento (ALVARADO e AGUILERA, 2001).

O dimensionamento de equipamentos para processamento de derivados de frutas quer sejam sucos ou polpas, envolve problemas relativos ao seu escoamento (QUEIROZ et al, 2000), e ter-se o conhecimento do comportamento reológico é útil não só para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para a adequação correta de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas, sistemas de agitação e mistura, que precedem a chegada dos sucos às prateleiras dos supermercados (VIDAL, 2000).

1.6.1 Esquema de Classificação dos Fluidos Segundo Comportamento Reológico

Um fluido define-se como uma substância que se deforma continuamente quando se submete a um esforço constante. Um exemplo da classificação simples do comportamento reológico dos fluidos é apresentado na Figura 1.8.

Figura 1.8 Classificação dos fluidos segundo comportamento reológico.



Fonte: www.setor1.com (2010).

1.6.1.1 Fluidos Newtonianos

As propriedades reológicas de fluidos newtonianos são independentes da taxa de deformação e do histórico anterior de cisalhamento, e dependentes somente da composição e temperatura (VIDAL, 2000). Para um fluido newtoniano ideal, a tensão de cisalhamento é uma função linear da taxa de deformação, e a constante de

proporcionalidade para esta relação μ é chamada de viscosidade newtoniana (SHARMA et al., 2000).

A viscosidade é obtida por meio da equação 1.1:

$$\sigma = \mu(\dot{\gamma}) \quad (1.1)$$

onde:

σ = Tensão de cisalhamento ($\text{N.m}^{-2} = \text{Pa}$);

$\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação (s^{-1});

μ = Viscosidade newtoniana (Pa.s).

Muitos alimentos, como leite, suco de maçã, suco de laranja, vinho e cerveja exibem um comportamento newtoniano (SHARMA et al., 2000).

1.6.1.2 Fluidos Não Newtonianos

Os fluidos viscosos não-newtonianos não apresentam linearidade entre a taxa de deformação e a tensão cisalhamento (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 1996). Os fluidos não-newtonianos podem ser dependentes ou independentes do tempo. Para os fluidos não-newtonianos independentes do tempo, à temperatura e composição constantes, a viscosidade aparente depende da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento (RAO, 1986).

Para fluidos não-newtonianos o termo viscosidade é substituído por η_{ap} que é a viscosidade aparente e é função do gradiente de velocidade (VIDAL, 2000) (equação 1.2):

$$\eta_{ap} = \sigma / \dot{\gamma} \quad (1.2)$$

onde:

η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s);

σ = Tensão de cisalhamento ($\text{N.m}^{-2} = \text{Pa}$);

$\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação (s^{-1}).

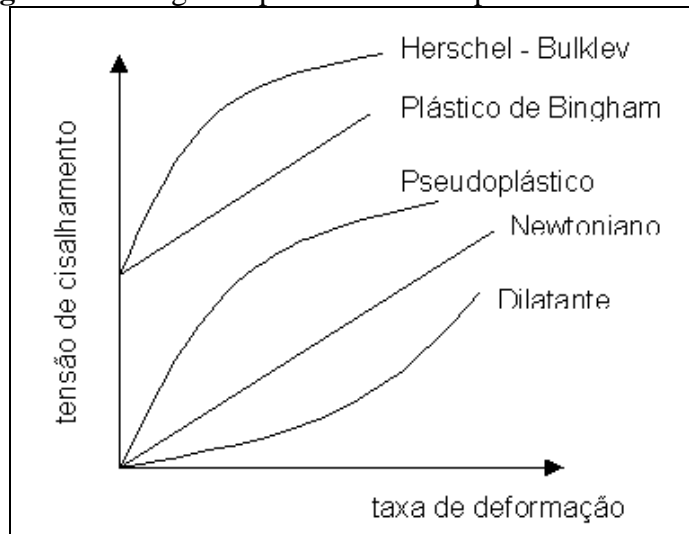
Fluidos não newtonianos que possuem propriedades independentes do tempo de cisalhamento:

- **Pseudoplástico:** São fluidos independentes do tempo, sem tensão residual, que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais (VIDAL, 2000). Este tipo de fluido demonstra um decréscimo na viscosidade com um aumento na tensão de cisalhamento (MCCLEMENTS, 2010). Essas substâncias em repouso apresentam um estado desordenado, e quando

submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação. Conseqüentemente, a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971). Alguns exemplos de fluidos pseudoplásticos são sucos de frutas concentrados, purê de frutas e vegetais, pasta de amido e proteínas (RHA, 1978). A consistência desses produtos é um importante parâmetro de qualidade industrial (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 1996).

- **Dilatantes:** apresentam um aumento de viscosidade aparente com a tensão de cisalhamento. Uma explicação para isso, no caso de suspensões, é que à medida que se aumenta a tensão de cisalhamento, o líquido intersticial que lubrifica a fricção entre as partículas é incapaz de preencher os espaços devido a um aumento de volume que freqüentemente acompanha o fenômeno. Ocorre, então, o contato direto entre as partículas sólidas e conseqüente aumento da viscosidade aparente. Alguns tipos de mel, soluções de amido e de farinha de milho e açúcar se enquadram nessa categoria (SHARMA et al., 2000; STEFFE, 1996).
- **Plástico de Bingham:** o fluido de Bingham se comporta como um sólido sob condições estáticas (MCCLEMENTS, 2010). Uma certa quantidade de força deve ser aplicada antes que o fluxo seja induzido (tensão inicial). Alguns exemplos de fluidos alimentícios que representam esse comportamento são molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina (BOURNE, 1982).
- **Herschel – Bulkley:** este tipo de fluido também necessita de uma tensão inicial para começar a escoar. Entretanto, a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é linear (VIDAL, 2000).

A Figura 1.9 mostra os reogramas para os fluidos independentes do tempo.

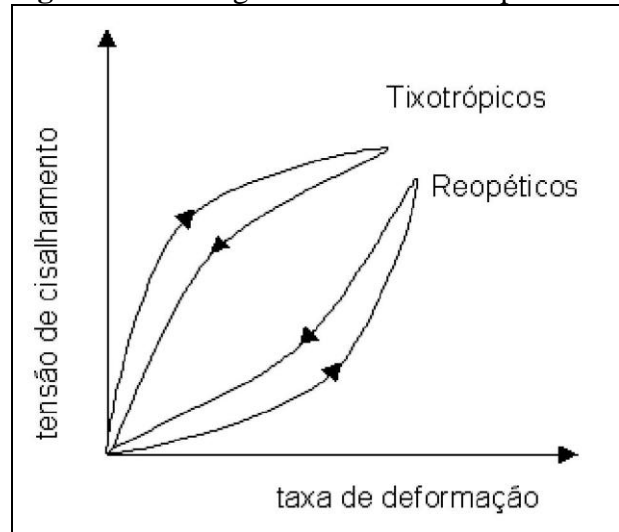
Figura 1.9 Reograma para fluidos independentes do tempo.

Fonte: SHARMA et al. (2000).

Fluidos não newtonianos que possuem propriedades dependentes do tempo de cisalhamento:

- **Tixotrópicos:** um fluido tixotrópico é aquele no qual a viscosidade aparente diminui com o tempo quando o fluido é submetido a uma taxa de deformação constante. Fluidos desse tipo são conhecidos por conter pequenas partículas (cristais ou biopolímeros) que são mantidos juntos por forças fracas. O cisalhamento do material separa as partículas agregadas e então ocorre uma menor resistência ao escoamento e a viscosidade decresce com o tempo até um valor constante ser alcançado (MCCLEMENTS, 2010). Têm-se como exemplos desse fluido pastas de frutas, gelatinas, manteigas, entre outros (POSSA e de LIMA, 2000).
- **Reopéticos:** caracterizam-se por apresentar aumento na viscosidade aparente do fluido com o tempo, quando sujeitos a uma taxa constante de cisalhamento. Há diferentes razões para este comportamento. A mais importante é que o cisalhamento aumenta a frequência das colisões entre as moléculas ou partículas dos fluidos, que pode levar a um aumento de agregados e conseqüentemente um aumento na viscosidade aparente (MCCLEMENTS, 2010). Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas (POSSA e de LIMA, 2000; COSTA, 2006). A Figura 1.10 mostra os reogramas para os fluidos dependentes do tempo.

Figura 1.10. Reograma dos fluidos dependentes do tempo.



Fonte: SHARMA et al. (2000).

Fluidos não newtonianos viscoelásticos:

Muitos produtos alimentícios não são líquidos puros ou sólidos puros, mas possuem propriedades reológicas que são parcialmente viscosas e parcialmente elásticas (MCCLEMENTS, 2010). Quando cessa a tensão de cisalhamento ocorre uma certa recuperação da deformação. Soluções de polímeros, mesmo diluídos, clara de ovo, massas de farinha de trigo, gelatinas e queijos apresentam comportamento viscoelástico (VIDAL, 2000).

O comportamento dos fluidos viscoelásticos é analisado através de ensaios dinâmicos, onde as amostras geralmente são avaliadas quanto a sua viscosidade e elasticidade sendo submetidas a tensões oscilatórias. Neste tipo de experimento, avalia-se o comportamento de um fluido ou a “força do gel” através dos valores de (G') módulo de armazenamento ou elástico e (G'') módulo de perda ou viscoso. Se uma substância apresentar-se puramente viscosa, G' será igual a zero e se ela for puramente elástica, G'' será igual a zero, porém a maioria das substâncias apresenta ambos os componentes G' e G'' (SCHRAMM, 2006).

Quando o módulo elástico (G') é superior ao módulo viscoso (G''), e ambos são independentes da frequência, o material tem caráter de sólido ou gel forte. Um gel fraco apresenta valores maiores para módulo viscoso (G'') em relação ao elástico, ocorrendo uma inversão dos módulos, em determinada frequência. Em soluções diluídas, os valores de G'' são significativamente maiores do que G' em toda a faixa de frequência (SCHRAMM, 2006).

1.6.2 Modelo Reológico de Ostwald-De-Waele (Lei de Potência)

Os modelos reológicos são usados para uma melhor descrição do comportamento reológico dos fluidos, permitindo relacionar as propriedades reológicas com grandezas práticas, como concentração, temperatura e índice de maturação, cujo conhecimento é indispensável no controle intermediário em linhas de produção, no projeto e dimensionamento dos processos. Visto que, quando se estuda o comportamento dos produtos, tenta-se representá-los pelos modelos para que se permita fazer um estudo comparativo dos resultados obtidos (BRANCO et al., 1995).

O modelo de Ostwald-De-Waele é bastante utilizado para descrever o comportamento de alimentos devido a sua simplicidade e ampla aplicabilidade (BRANCO, 2001). A representação matemática do modelo é dada pela Equação 1.3.

$$\sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (1.3)$$

onde:

k = índice de consistência (Pa.s)

n = índice de comportamento (adimensional)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1})

σ = tensão de cisalhamento (Pa)

O valor de n é uma medida da pseudoplasticidade do fluido. Quando n é maior que 1, o fluido apresenta comportamento dilatante. Se n é menor que 1, o material apresenta um comportamento pseudoplástico e, ainda, quanto menor o valor de n , maior a pseudoplasticidade do fluido. Para valores de n igual a unidade, o fluido se comporta como Newtoniano e $n = k$ (SANTOS, 2004).

1.7 COMPOSTOS VOLÁTEIS

O conhecimento científico dos compostos químicos responsáveis pelo sabor característico das frutas tropicais ou subtropicais justifica-se pela importância que estes desempenham na qualidade dos frutos e seus produtos (NARAIN et al., 2004).

As principais etapas do estudo dos compostos voláteis de um alimento são: isolamento dos compostos voláteis, separação e identificação por cromatografia gasosa e espectrometria de massa.

Análise do *Headspace* é uma técnica de isolamento dos compostos voláteis de um alimento, que envolve a análise dos componentes voláteis presentes na fase gasosa em equilíbrio sobre a amostra, representando mais fielmente o que é percebido pelo olfato (FRANCO e JANZANTTI, 2003).

Na Microextração em Fase Sólida (SPME) a amostra é mantida em um recipiente fechado até que se atinja um equilíbrio termodinâmico dos compostos voláteis entre a fase líquida ou sólida e a fase gasosa, a determinada temperatura. Atingido o equilíbrio, uma fibra de sílica fundida de diâmetro muito pequeno, como uma agulha de uma seringa, é recoberta com uma fase estacionária polimérica e colocada diretamente na amostra. A SPME é um método livre de solvente, barato, rápido e versátil para a extração dos compostos orgânicos (IBÁÑEZ et al., 1998).

A mistura complexa de compostos voláteis, obtidas através da etapa de isolamento, requer para a sua separação a aplicação de metodologias ou técnicas bastante seletivas, sensíveis e eficientes (THOMAZINI e FRANCO, 2000).

A cromatografia gasosa é um método físico que separa uma mistura volátil através de uma fase gasosa móvel sobre um solvente estacionário. Essa técnica pode ser classificada de acordo com a fase estacionária. Se a fase estacionária é sólida, recebe o nome de Cromatografia Gás-Sólido. Se a fase estacionária é líquida, recebe o nome de Cromatografia Gás-líquido. Neste caso, a fase estacionária líquida corresponde a uma pequena película sobre um sólido inerte, cuja partição da amostra ocorre entre a fase gasosa e a estacionária líquida (CIENTUERGOS e VAITSMAN, 2000; AQUINO NETO e NUNES, 2003).

Um grande avanço na identificação de compostos voláteis foi iniciado com a associação de cromatógrafos gasosos a espectrômetros de massa (CG-EM). A união dessas duas poderosas técnicas de análise química introduziu uma ferramenta eficaz na separação e na identificação de compostos provenientes de misturas complexas (BOELEN, 1995).

Os espectrômetros de massas são aparelhos modernos e sofisticados que permitem obter a varredura dos compostos voláteis. Cada composto, dependendo de sua estrutura química, sofre fragmentações particulares, gerando um espectro de massas característico, que pode ser utilizado como uma “impressão digital” daquele composto. As características dos espectros de massas são usadas na identificação de uma grande variedade de compostos orgânicos. Esses sistemas possuem um banco de dados, armazenado na memória do computador que auxiliam na identificação do composto desconhecido através da comparação do mesmo com espectros padrões (GARRUTI, 2001).

1.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G.; O'NEILL, M.A.; SCHOLS, H.A.; VORAGEN, A.G.J. An hypothesis: the same six polysaccharides are components of the primary cell walls of all higher plant: Pectins and Pectinases. **Progress in Biotechnology**, v. 14, p.47-55, 1996.

ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir Propriedades Físicas em Indústrias de Alimentos**. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, 2001. p.410.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta pública nº 93, de 21 de dezembro de 2005. **“Regulamento Técnico que Aprova o Uso de Enzimas e Preparações Enzimáticas”**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br> . Acesso em: 17 de setembro de 2011.

AQUINO, A. C. **Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (platania insignis mart.)**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de Alimentos, UFC – Universidade Federal do Ceará, 115 p, 2008.

AQUINO NETO, F. R. de.; NUNES, D. da S e S. **Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro, editora Interciência, 2003.

BARROSO, G.M.; GUIMARÃES, E.F.; ICHASO, C.L.F.; COSTA, C.G.; PEIXOTO, A. L. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2002. 309p.

BHAT, M.K. Cellulases and related enzymes in biotechnology. **Biotechnology Advances**. v.18, p.355-383, 2000.

BOELEN, M. H.; Trends in aroma research and gas chromatography-olfactometry. **Perfumer & Flavorist**, v.20, n.1, p. 1-5, 1995.

BOURNE, M. C., **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, p.325, 1982.

BRANCO, I.G. **Estudo do comportamento reológico de misturas ternárias com manga, laranja e cenoura**. Dissertação de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

BRANCO, I.G.; TELIS, R.J.; GASPARETTO, C.A. **Reologia de suco de laranja concentrado a baixas temperaturas**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS. Campinas-SP: Unicamp. Anais. Valência: UPV, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 9 de setembro, Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução – RDC nº 205, de 14 de novembro de 2006. Estabelece Regulamento Técnico sobre Enzimas e Preparações Enzimáticas para Uso na Produção de Alimentos Destinados ao Consumo Humano. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 17 de novembro de 2006.

CALZAVARA, B.B.G. **Fruteiras: abieiro, abricozeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuacuzeiro**. Belém: IPEAN, 1970. 84p. (IPEAN. Série Culturas da Amazônia).

CANADEAN. **Líquid Intelligence**. Disponível em: <http://www.canadean.liquidintelligence.com.htm>. Acesso em: 12 de dezembro de 2011.

CARPITA, N. C.; GIBEAUT, D. M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **Plant Journal**, v. 3, p.1-30, 1993.

CARVALHO, J. E. U. de; Aspectos botânicos, origem e distribuição geografia do bacurizeiro. In: LIMA, M. C. (Org.). **Bacuri: agrobiodiversidade**. São Luís: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2007. p. 17-27.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6ed. Belém: CNPq/ Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279p.

CIENTUERGOS, F.;VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**, Rio de Janeiro, editora Interciência, 2000).

CLEMENT, C. R.; VENTURIERI, G. A. **Bacuri e cupuassu**. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWISKI, W.G. (Eds.) Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Lake Alfred: Florida Department of Citrus, 1990. p.178-192.

COELHO, M. A. Z.; SALGADO, A. M.; RIBEIRO, B. D. **Tecnologia Enzimática**. Rio de Janeiro: FAPERJ; Petrópolis, RJ: EPUB, 288 p., 2008.

COSTA, L. T. **Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona**. 200. 112 f. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

DONG, Q.; FANG, J. Structural elucidation of a new arabinogalactan from the leaves of *Nerium indicum*. **Journal Carbohydrate Research**, v. 332, p.109-114, 2001.

FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.M.; GASPARETTO, R.S.C.C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, 2002.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S.; Avanços na Metodologia Instrumental da pesquisa do sabor; **Aroma e sabor de alimentos: Temas atuais**. São Paulo, Editora Varela, p. 17-27, 2003.

FONSECA, E. T. da. **Frutas do Brasil**. Rio de Janeiro: MEC/Instituto Nacional do Livro, 1954. 281 p.

GARRUTI, D. S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma de vinho de caju**. 2001. 204f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

GOMES, E.; GUEZ, M.A.U.; MARTIN, N.; SILVA, R. Enzimas termoestáveis: fontes, produção e aplicação industrial. **Química Nova**, v.3, n.1, 2007.

GUMMADI, S.N.; PANDA, T. Purification and biochemical properties of microbial pectinases: a review. **Process Biochemistry**, v.38, p.987-996, 2003.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretations of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**. 2(4): 393-418, 1971.

IBÁÑEZ, E., LÓPEZ-SEBÁSTIAN, S., RAMOS, E., TABERA, J., REGLERO, G. Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase microextraction. **Food Chemistry**, v. 63, n. 2, p. 281-286, 1998.

IBARZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos**. Technomic. Publishing companing, Inc. Pennsylvania – USA : 85 – 204, 1996.

IPPA. **Pectin**. Disponível em: http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm. Acesso em: 23/04/2010.

JAYANI, R.S.; SAXENA, S.; GUPTA, R. Microbial pectinolytic enzymes: a review. **Process Biochemistry**, v.40, p.2931-2944, 2005.

KASHYAP, D.R., CHANDRA, S., KAUL, A., TEWARI, R. Production purification and characterization of pectinase from a *Bacillus* sp. DT7. **World Journal of Microbiology and Biotechnololy**, v.16, p. 277-282, 2000.

MACOSCO, C. W. **Reology: principles, Measurements and applications**. Minneapolis, VCH publishers, inc., 1994.

MCCLEMENTS, J. Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory. University of Massachusetts Amherst. Disponível em: www.unix.oit.umass.edu/~mcclemen/581Rheology.html. Acesso em: 06 de abril de 2010.

MCNEIL, M.; DARVILL, A. G.; ALBERSHEIM, P. Structure of plant cell wall X: ramnogalacturonan I, a structurally complex polysaccharide in the wall of suspension-cultured sycamore cells. **Plant Physiology**, v. 66, p. 1128-1134, 1980.

MORTON, J. F. **Bakupari**. In: Morton, J. F. (Ed.), Fruits of warm climates. Miami, FL. 1987. p. 309-310.

MOURÃO, K.S.M. **Morfologia e desenvolvimento de frutos, semente e plântulas de *Platonia insignis* Mart. (*Clusiaceae*)**. Rio Claro: Unesp, 1992. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto, Universidade Estadual Paulista, 1992.

MUSSATTO, S. I.; FERNANDES, M.; MILAGRES, A. M. F. Enzimas: Poderosa ferramenta na indústria. **Ciência Hoje**. v. 41, n.242, 2007.

NARAIN, N.; ALMEIDA, J. N.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S.; BRITO, E. S. Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*) e de cajá (*Spondias mombin* L.) obtidos pela técnica de *headspace* dinâmico. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.24 n.2, 2004.

NASCIMENTO, M. O; CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H. Ocorrência e distribuição geográfica do bacurizeiro. **Rev. Bras. Frutic.** v.29, n.3, 2007.

NAZARÉ, R. F. R. de. **Produtos agroindustriais de bacuri, cupuaçu, graviola e açaí, desenvolvidos pela Embrapa Amazônia Oriental.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental, 41).

NOVOZYMES. **Novozymes Latin America Ltda.** Disponível em: <http://www.novozymes.com.br/institucional_sobre.htm>. Acesso em: 06 de agosto de 2011.

PIRILO, C. P.; SABIO, R. P. 100 % Suco: Nem tudo é suco nas bebidas de frutas. **Revista Hortifruti Brasil**, p. 6-13, 2009.

POSSA, M. V.; de LIMA, J. R. B. **Comportamento reológico de polpas de minério,** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 37 p. 2000. (Série Tecnologia Mineral, 77).

PRADE, R. A., ZHAN, D., AYOUBI, P., MORT, A. J. Pectins, pectinases and plant-microbe interactions. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, v.16, p.361-391, 1999.

QUARESMA, D. S. **Análise Comparativa do Processo de Extração de Óleos da Semente de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com Dióxido de Carbono Supercrítico e Métodos de Extração Convencionais (Extração por Prensagem e Extração com Solventes Orgânicos).** Programa institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC CNPq e PIBIC UFPA, 2006.

QUEIROZ, A.J.M.; VIDAL, J.R.M.; GASPARETTO, C.A. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: Influência de diferentes teores de sólidos insolúveis suspensos nas características reológicas de sucos de abacaxi naturais e despectinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, 2000.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M.A.; RIZVI, S.S.H. **Engineering properties of foods.** New York: MARCEL DEKKER, Cap. 5, p. 1- 47, 1986.

RHA, C. Rheology of fluid food. **Food technology.** v.32, 77-82p., 1978.

ROLIN, C. Pectin's. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. **Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives.** 3 ed. San Diego: Academic Press, 1993. p. 257-293.

SAKAI, T.; SAKAMOTO, T.; HALLAERT, J.; VANDAMME, E.J. Pectin, pectinase and protopectinase: production, properties and applications. **Advances in Applied Microbiology**, v.39, p.231-294, 1993.

SANTOS, F. J. C. **Análise de reologia e filtração de fluidos de fraturamento hidráulico e sua influência na otimização de projetos**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004. 105p.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos teóricos e práticos**. 2 ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2006.

SETOR 1. **Reologia**. Disponível em: http://www.setor1.com.br/analises/reologia/cla_ssi.htm.

Acesso em: 14/01/2012.

SHARMA, S. K., MULVANEY, S. J., RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering : theory and laboratory experiments**. United States of America : Wiley-Interscience. 2000. 348p.

SILVA, R., FRANCO, C.M.L., GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31. n.2, p.251-256, 1997.

SILVA, Virlane Kelly Lima da ; Figueiredo, Raimundo Wilane ; MAIA, G. A. ; SOUSA, P.H.M. ; FIGUEIREDO, E. A. T. ; PINHEIRO, E. S. . Otimização do formulação de néctar de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). **In: 7 Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos**, 2007, Campinas-SP. 7 Simpósio Latino americano de Ciências de Alimentos: Ciência de Tecnologia de Alimentos em Benefício a Sociedade: Ligando a Agricultura à Saúde, 2007. v. 7.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**, 2ª Ed. Freeman Press, East Lansing, Michigan State, USA. 418p. 1996.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B.; Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim SBCTA**, v.34, n.1, p.52-59, Jan/Jun, 2000 (Artigo Técnico: Revisão).

UENOJO M.; PASTORE, G.M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v.30, n.2, 2007.

VIDAL, J. R. M. B. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* LKeitt)** – Campinas, SP, 159p. (Tese de Doutorado), 2000.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J.E.U.de; MÜLLER, C.H., DIAZ, S.C., ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promosoras de la Amazônia**. Lima: Tratado de Cooperación Amazônica. Secretaria Pró-Tempore, 1996. p.152-156 (Publicaciones, 44).

VORAGEN, A. G. J. Pectins. In: STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 287-340.

WHITAKER, J.R. **Microbial pectolytic enzymes.** In: FOGARTY, W.. *Microbial Enzymes and Biotechnology.* Dublin: Applied Science Publisher, p.133-137, 1990.

WOOD, W.A.; KELLOGG, S.T. **Biomass: part A - Cellulose and hemicellulose,** *Methods in enzymology*, v.160, 1986.

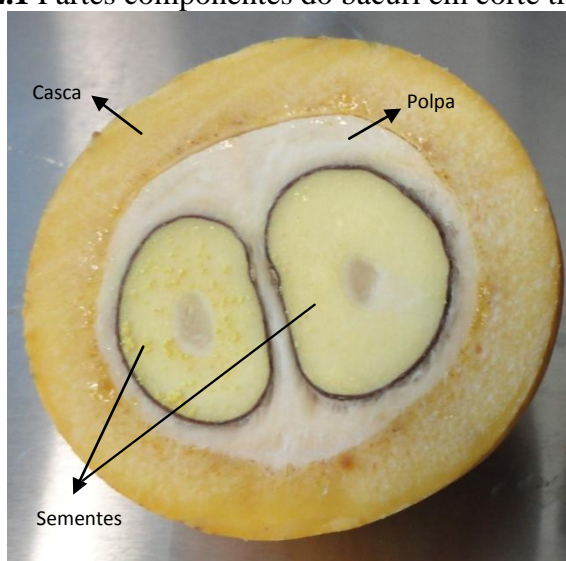
CAPÍTULO 2. OBTENÇÃO E RENDIMENTO DA POLPA DE BACURI

2.1 INTRODUÇÃO

O bacurizeiro é uma planta rústica que necessita de poucos tratos culturais, sendo o fruto seu principal produto (MEDINA e FERREIRA, 2003). O fruto origina-se de um ovário, formando uma baga de tamanho grande e variável, muito volumoso, com várias formas e tamanhos. A casca (conjunto formado pelo epicarpo e mesocarpo), que apresenta espessura de 1 a 2 cm, contém uma resina vermelha amarelada. As sementes são volumosas, de coloração amarronzada, muito oleaginosas, e as suas amêndoas contêm cerca de $65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}_{\text{semente}}^{-1}$ de gordura de cor castanha ou avermelhada escura, sendo utilizada no tratamento de eczemas, herpes ou outros tipos de dermatoses. A parte comestível, correspondente ao endocarpo desprovido de vasos lactíferos, possui cor branca, aroma forte e sabor adocicado (QUARESMA, 2006).

A Figura 2.1 apresenta as partes componentes do bacuri em corte transversal.

Figura 2.1 Partes componentes do bacuri em corte transversal.



A coleta dos frutos é feita logo depois da queda natural (MEDINA e FERREIRA, 2003). Esse fruto é aproveitado como fruta fresca para consumo *in natura* e em pequenas indústrias de polpa, servindo como matéria-prima na fabricação de produtos caseiros como refresco, néctar, creme, geléia, doce em pasta, compota, licor, iogurte, sorvete, picolé, bombom e, até mesmo, cerveja (CLEMENT e VENTURIERI, 1990).

Apesar de suas vantagens para a industrialização, o processo de extração da polpa sofre inúmeras dificuldades devido ao baixo nível tecnológico empregado. O descasque e a despolpa são feitos manualmente ou com auxílio de acessórios como facas, colheres, martelos ou tesouras de uso doméstico. A casca necessita de um grande impacto para ser quebrada e a forte aderência da polpa à semente exige uma operação manual de raspagem. Quando a despolpa é feita mecanicamente, em despoldadeira, a polpa não apresenta cor inteiramente branca, pois partículas de sementes são trazidas junto à polpa, devido ao processo de raspagem não ser minucioso (AQUINO, 2008).

Os percentuais de rendimento de polpa de bacuri encontrados na literatura geralmente variam de 10 a 13 $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$ (CAVALCANTE, 1996; NAZARÉ, 2000). Souza et al. (2001) indicaram que é possível aumentar o rendimento da polpa de bacuri através da seleção indireta de frutos mais arredondados ou frutos mais pesados. Outro fator que também influencia no rendimento é o tipo de despolpa (AGUIAR, 2008). Quaresma (2006), Barbosa et al., (1979), Silva (2008) e Aguiar et al. (2008) relataram rendimentos entre 11,8 a 18,5 $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$, respectivamente, todos obtidos através de despolpa manual.

O objetivo deste capítulo foi estabelecer as etapas de obtenção da polpa de bacuri e determinar a peneira da despoldadeira que proporcione o maior rendimento da polpa.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

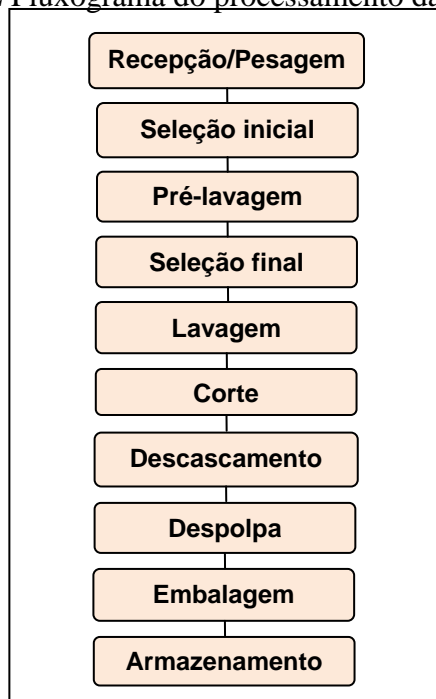
2.2.1 Matéria-Prima

Frutos maduros e sadios foram adquiridos na CEAPI (Centro de Abastecimento do Piauí), localizado em Teresina/PI, distante 600 km de Fortaleza/CE. Os frutos foram embalados em sacos trançados de plástico (tiras de polietileno), contendo, aproximadamente, 200 unidades. O transporte até o Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical ocorreu por meio rodoviário. De sua chegada até o processamento (≈ 12 h) os frutos foram armazenados em câmara fria a 10 °C.

2.2.2 Processamento da Polpa de Bacuri

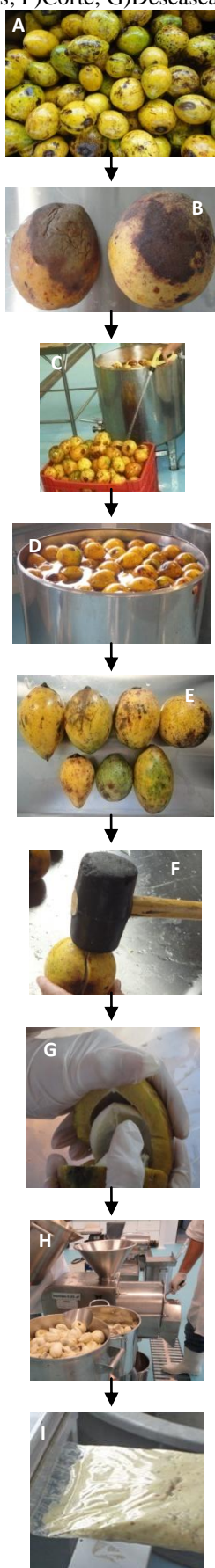
O processamento para obtenção da polpa pode ser sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 2.2.

Figura 2.2 Fluxograma do processamento da polpa de bacuri.



Inicialmente, os frutos (Figura 2.3A) foram recebidos e pesados para calcular o rendimento. Descartaram-se os frutos muito injuriados ou que se encontravam em fase de senescência muito avançada (Figura 2.3B), como também pedaços de folhas, caules, pedras e outras sujidades. Um jato de água foi utilizado para a remoção de terra aderida aos frutos (Figura 2.3C). Lavaram-se os frutos em água contendo 100 ppm de cloro livre com imersão de 20 minutos (Figura 2.3D). Procedeu-se à seleção dos frutos com a finalidade de padronizar o seu estágio de maturação, utilizando como critério frutos com casca sem danos e com coloração, predominantemente, amarela (Figura 2.3E). A abertura dos frutos foi realizada utilizando-se um martelo de borracha (Figura 2.3F). A remoção da polpa com a semente foi realizada manualmente (Figura 2.3G). A polpa foi separada da semente em despoldadeira BONINA modelo 0,25 df (Figura 2.3H). Foram testadas peneiras com furos de 1,5; 2,5 e 5,0 mm de diâmetro. A polpa extraída foi embalada em sacos de polietileno, fechados com seladora Sulpack SP-350 (Figura 2.3I), e finalmente, armazenada em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 2.3 Etapas do processamento da polpa de bacuri: A)Frutos sadios; B)Frutos descartados; C)Pré-lavagem; D)Lavagem; E)Frutos selecionados; F)Corte; G)Descascamento; H) Despolpa; I)Embalagem.

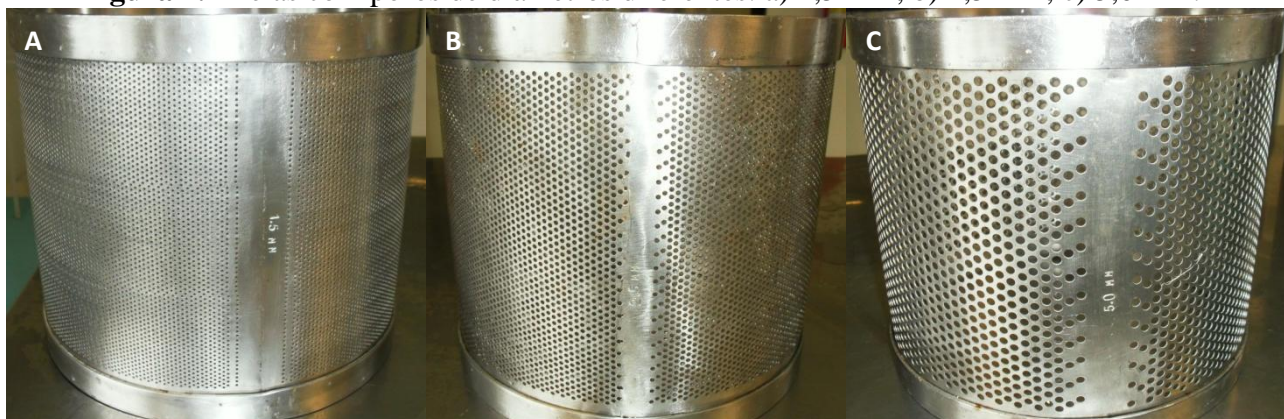


2.2.3 Rendimento

2.2.3.1 Cálculo do Rendimento

Nesta etapa estudou-se o rendimento da polpa integral de bacuri obtida pela despolpa utilizando-se peneiras com furos de diferentes diâmetros a saber: 1,5; 2,5 e 5,0 mm (Figura 2.4).

Figura 2.4 Telas com poros de diâmetros diferentes: a) 1,5 mm; b) 2,5 mm; c) 5,0 mm.



O valor de rendimento foi obtido através da equação (2.1):

$$\eta = \frac{m_f}{m_i} \times 100 \quad (2.1)$$

Onde: η = rendimento ($\text{g} \cdot 100 \text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$); m_f = massa final do componente do fruto (kg); m_i = massa inicial do componente do fruto (kg).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.1 estão apresentadas as frações componentes do bacuri obtidas nos processamentos da polpa de bacuri, onde a etapa de despolpa foi realizada com diferentes peneiras.

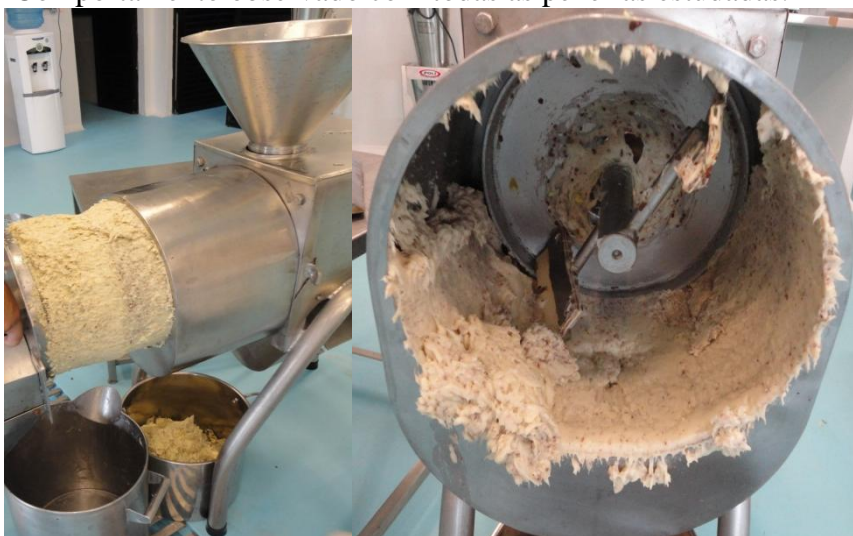
Tabela 2.1 Partes componentes do fruto de bacuri.

Processamento da polpa da bacuri	Cascas	Sementes	Polpa
	(g.100g _{fruto} ⁻¹)		
Processamento com despolpa 1 (peneira com furos de 1,5mm)	69,79	16,15	9,90
Processamento com despolpa 2 (peneira com furos de 2,5mm)	71,66	16,11	11,95
Processamento com despolpa 3 (peneira com furos de 5,0mm)	71,40	14,90	11,31

Os valores encontrados no presente trabalho foram semelhantes aos valores de rendimento obtidos a partir da despolpa manual relatados na literatura. Aguiar et al. (2008) relatou médias que variaram de 11,69 a 22,21 $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$ de rendimento de polpa em diferentes matrizes de bacurizeiro realizando despolpa manual. Quaresma (2006), Barbosa et al. (1979) e Silva (2008), revelaram percentuais de rendimento de 13; 12 e 11,8 $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$, respectivamente, obtidos com despolpa manual. Esta é uma importante informação, visto que a despolpa mecânica, apesar do inconveniente de arrastar películas da semente junto com a polpa, é mais rápida e asséptica do que a despolpa manual, tornando viável a industrialização dessa matéria-prima.

Nos três casos a despolpa foi dificultada pela alta consistência da polpa de bacuri, que não escoou pela despoldadeira no decorrer do processo, ficando aderida à mesma (Figura 2.5) e somente saindo mediante a abertura da despoldadeira e raspagem manual.

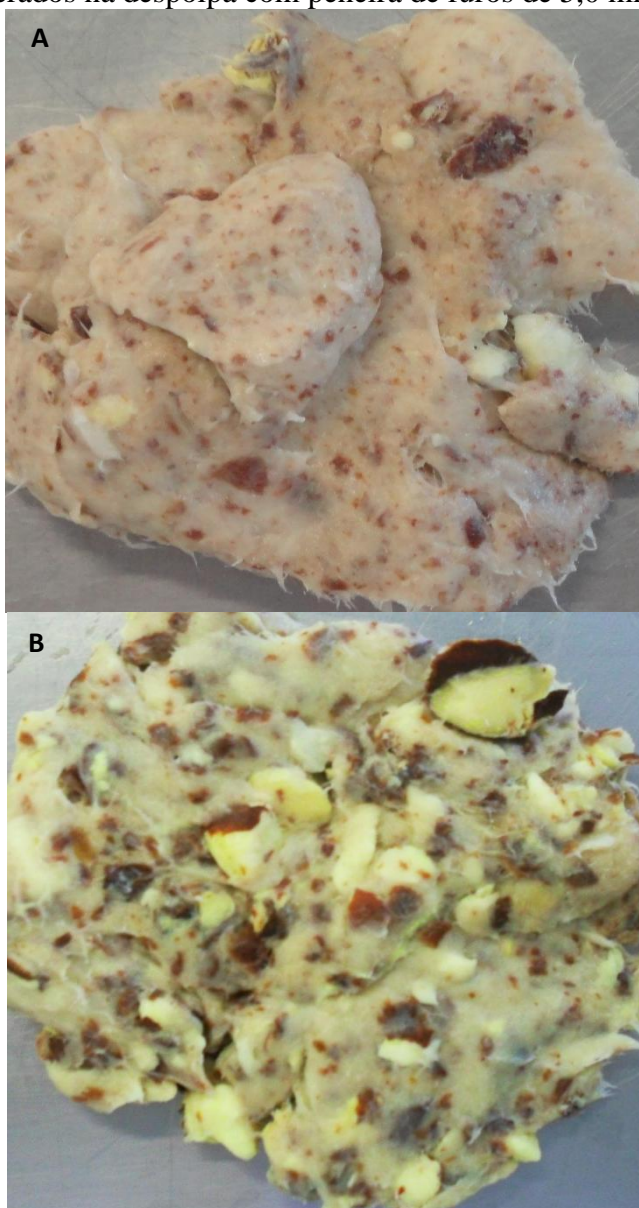
Figura 2.5 Polpa de bacuri sem escoamento na despoldadeira. Comportamento observado com todas as peneiras estudadas.



Analisando-se a Tabela 2.1, observam-se diferenças entre as despoldas realizadas com os três tipos de peneira. A despoldpa que utilizou a peneira com furos de 1,5 mm de diâmetro obteve menor rendimento de polpa ($9,90 \text{ g} \cdot 100\text{g}_{\text{fruto}}^{-1}$), em razão de ter perdido grande volume de polpa. Esta perda ocorreu devido o diâmetro dos furos ser muito pequeno, acarretando em entupimento da peneira, e gerando um material formado por uma grande quantidade de polpa com películas de semente e pedaços de sementes quebradas, inadequado para o processo (Figura 2.6A).

A despolpa realizada com a peneira de furos maiores (5,0 mm de diâmetro), apesar de ter apresentado rendimento de polpa praticamente igual ao da despolpa com peneira de furos de 2,5 mm de diâmetro (Tabela 2.1), permitiu a passagem de pedaços grandes de película e sementes quebradas junto com a polpa (Figura 2.6B), o que acarretou em perda de polpa e menor volume de sementes (Tabela 2.1), sendo necessário realizar uma etapa adicional para separar este material da polpa.

Figura 2.6 Material perdido na despolpa. A) Polpa com películas de semente e pedaços de sementes quebradas gerado na despolpa com peneira de furos de 1,5 mm de diâmetro. B) Polpa com pedaços grandes de película e sementes quebradas gerados na despolpa com peneira de furos de 5,0 mm de diâmetro.



A Figura 2.7 mostra a polpa adequada, obtida nas três despolpas. Cada despolpa estudada obteve uma quantidade específica desta polpa adequada para o processamento do néctar de bacuri.

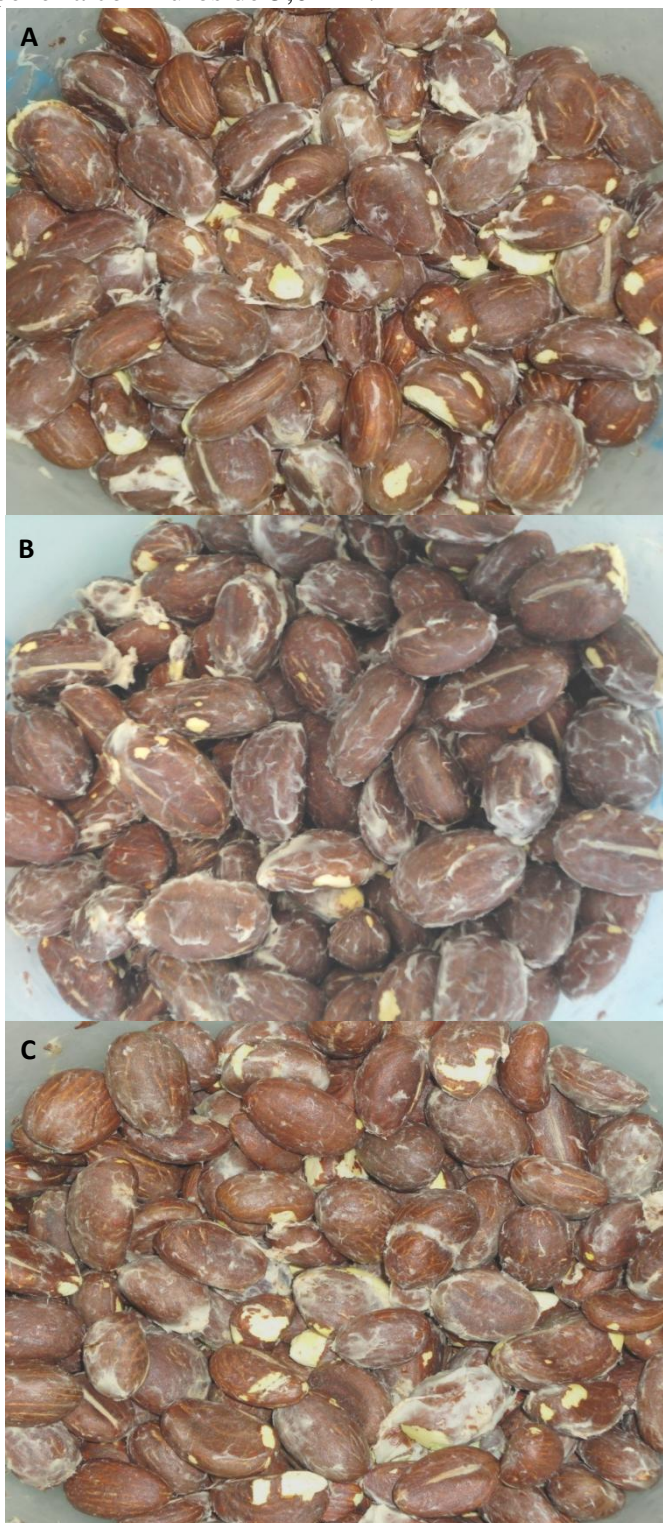
Figura 2.7 Polpa adequada obtida com as três despolpadas.



Na despolpa realizada com a peneira com furos de 2,5 mm de diâmetro não ocorreu entupimento da peneira, permitindo uma separação mais adequada de polpa e semente, praticamente sem perda de polpa.

Na Figura 2.8 estão apresentadas as sementes obtidas nas três despolpas. Através destas Figuras foi possível observar que a despolpa com a peneira de furos de 2,5 mm deixou as sementes mais limpas e menos danificadas em relação às demais peneiras estudadas.

Figura 2.8 Sementes de bacuri após despolpa: A) Utilizando peneira com furos de 1,5 mm de diâmetro; B) Utilizando peneira com furos de 2,5 mm; C) Utilizando peneira com furos de 5,0 mm.



Diante do exposto, podemos afirmar que a despolpa mais adequada para o bacuri, utilizando a despolpadeira BONINA modelo 0,25 df, foi a realizada com a peneira com furos de 2,5 mm.

2.4 CONCLUSÕES

Os valores de rendimento de polpa de bacuri encontrados a partir da despolpa mecânica com três tipos diferentes de peneiras (furos de 1,5; 2,5; 5,0 mm), foram semelhantes aos valores de rendimento obtidos a partir da despolpa manual, relatados na literatura, viabilizando a industrialização dessa matéria-prima.

Entre as peneiras da despolpadeira estudadas no processo de despolpa, a mais adequada foi a peneira com furos de 2,5 mm de diâmetro, a qual permitiu o maior rendimento de polpa ($11,95 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}_{\text{fruto}}^{-1}$) e o menor volume de perdas.

Utilizando a despolpadeira BONINA modelo 0,25 df, com as peneiras de furos de 1,5; 2,5 e 5,0 mm de diâmetro, a polpa não escorreu facilmente no decorrer do despolpamento, como era esperado, necessitando da abertura da despolpadeira para ser totalmente removida, além de arrastar partículas de sementes. No entanto, trata-se de uma das melhores opções oferecidas pelo mercado atualmente, devido à praticidade e capacidade de processamento (500 kg de fruta/hora).

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. P.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; SOUZA, V. A. B. Caracterização física e físico-química de frutos de diferentes genótipos de bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.2, jun. 2008.

AQUINO, A. C. **Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (platonia insignis mart.)**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de Alimentos, UFC – Universidade Federal do Ceará, 115 p, 2008.

BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R.; NAGATA, I. Estudos físicos e químicos dos frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e murici (*Byrsonima crassifolia*). In: Congresso brasileiro de fruticultura, 5., 1979. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SBF, v.2, p.797-808, 1979.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279p.

CLEMENT, C. R.; VENTURIERI, G. A. **Bacuri e cupuassu**. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWISKI, W.G. (Eds.) *Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses*. Lake Alfred: Florida Department of Citrus, 1990. p.178-192.

MEDINA, G.; FERREIRA, M. S. G. Bacuri (*Platonia insignis* Mart. - Clusiaceae): o fruto amazônico que virou ouro. In: ALEXIADES, M.; SHANLEY, P. (Ed.). **Livelihoods, conservation and sustainability: case studies from Latin America**. Bogor: CIFOR, 2003.

NAZARÉ, R. F. R. de. **Produtos agroindustriais de bacuri, cupuaçu, graviola e açaí, desenvolvidos pela Embrapa Amazônia Oriental**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000.

QUARESMA, D. S. **Análise Comparativa do Processo de Extração de Óleos da Semente de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com Dióxido de Carbono Supercrítico e Métodos de Extração Convencionais (Extração por Prensagem e Extração com Solventes Orgânicos)**. Programa institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC CNPq e PIBIC UFPA, 2006.

SILVA, V. K. L. **Processamento e estabilidade polpa e néctar de Bacuri (*Plantonia insignis*, Mart.)**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de Alimentos, UFC – Universidade Federal do Ceará, 2008.

SOUZA, V. A. B.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, P. S. C. Variabilidade de características físicas e químicas de frutos de germoplasma de bacuri da Região Meio-Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.677-683, 2001.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA INTEGRAL DE BACURI

3.1 INTRODUÇÃO

Sampaio et al. (2005) apontaram o bacuri como um fruto com grande potencial econômico, possuindo excelentes características sensoriais e nutritivas, e que apresenta condições favoráveis para a extensão de sua industrialização. Segundo Clemente e Venturieri (1990), o sabor e o aroma altamente atrativos do bacuri garantem seu lugar no mercado de frutos regionais.

Apesar de ser muito apreciada nas regiões onde é cultivada, a polpa de bacuri pode enfrentar dificuldades para ser industrializada, devido sua elevada consistência e alta aderência à semente, tornando seus produtos muito espessos, difíceis de serem comercializados dentro dos padrões da Legislação Brasileira (AQUINO, 2008).

O sabor é uma resposta integrada aos estímulos gustativos e olfativos. A sensação de gosto é devida à presença de compostos não voláteis, sendo classificada em quatro categorias básicas: doce, amargo, salgado e ácido. Já o aroma, dado pelos compostos voláteis que impressionam os receptores olfativos, é uma sensação bem mais complexa, pois o olfato pode discriminar entre milhares de compostos voláteis (GARRUTI, 2001). A composição de compostos voláteis em um alimento é muito complexa, pois consiste em um grande número de substâncias orgânicas, além disso estão presentes em concentrações muito pequenas (mg/L ou mesmo µg/L). Os compostos voláteis que contribuem para o sabor das frutas podem variar de acordo com o estágio de maturação, a cultivar e as condições climáticas, entre outros (WILLER et al., 2008).

O conhecimento do comportamento reológico dos alimentos tem várias aplicações como controle de qualidade, correlação com avaliação sensorial, testes de vida de prateleira, além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos. Desta forma, cada vez mais as operações de troca de calor e massa tornam-se mais precisas, o que é fundamental para a redução do gasto energético e, conseqüentemente, a economicidade do processo (IBARZ, et al., 1996; TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo da polpa integral de bacuri, envolvendo caracterização química e físico-química, composição dos compostos voláteis, estrutura citoquímica e comportamento reológico dessa polpa.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Matéria-Prima e Reagentes

A matéria-prima utilizada foi polpa integral de bacuri obtida como descrito no item 2.2.2 do Capítulo 2. Os reagentes utilizados para as determinações químicas e físico-químicas foram Tipo Padrão Analítico (P.A.).

3.2.2 Análises Químicas e Físico-Químicas

A caracterização da polpa integral de bacuri foi realizada através das análises relatadas nos itens abaixo:

3.2.2.1 *Acidez Total titulável* – IAL (2004)

3.2.2.2 *Amido* – AOAC (1995)

3.2.2.3 *Atividade de Água* – Medidor digital de Aw (AQUALAB CX-2)

3.2.2.4 *Cinzas* – AOAC (1995)

3.2.2.5 *Cor Instrumental* – Colorímetro (MINOLTA CR-300)

3.2.2.6 *Extrato Etéreo* – IAL (2004)

3.2.2.7 *Compostos Fenólicos* – AOAC (1995)

3.2.2.8 *Pectina, Hemicelulose e Celulose + Lignina* – SCHIEBER et al., 2005

3.2.2.9 *pH* – AOAC, 1995

3.2.2.10 *Proteína* – AOAC, 1995

3.2.2.11 *Sólidos Solúveis Totais (SST)* – AOAC, 1995

3.2.2.12 *Umidade* – AOAC, 1995

3.2.2.13 *Vitamina C* – STROHECKER e HENNING, 1967

Todas estas análises foram realizadas em triplicata.

3.2.3 Análises Citoquímicas

As amostras foram fixadas em uma solução de paraformaldeído 4 % e glutaraldeído 1 % em tampão fosfato de sódio 0,02M pH 7,2 (KARNOVSKY, 1965) por 24 horas à temperatura ambiente. Uma vez fixado, o material foi desidratado em uma bateria crescente de etanol, para em seguida ser embebido em historesina (Historesin Embedding Kit – Jung). Foram realizados cortes de 5 µm utilizando micrótomo automático Leica RM 2065. Os cortes obtidos foram submetidos às seguintes colorações citoquímicas: a) Azul de Toluidina (AT) 0,025 % pH 4,0 (VIDAL, 1977); b) Reação do PAS (*Periodic Acid-Schiff*) (MAIA, 1979). Os cortes foram fotografados em fotomicroscópio Olympus BX41.

3.2.4 Análise dos Compostos Voláteis

Em frasco âmbar com capacidade de 40 mL pesou-se 10 g de amostra, 10 mL de água e 6 g de cloreto de sódio. Além das substâncias adicionadas, foi colocada também uma barra magnética dentro do frasco para auxiliar na agitação da mistura. O frasco foi então fechado com tampa roscada e septo de PTFE/Silicone. Após 15 min sob agitação (tempo para atingir o equilíbrio no *headspace*), uma seringa de SPME com o revestimento divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) de espessura 50 / 30 μm (*Supelco Co., Bellefonte, P.A.*) foi introduzida no septo da tampa do frasco, a qual permaneceu durante 15 min. Este processo decorreu a uma temperatura constante de $40 \pm 1^\circ\text{C}$, por imersão do frasco num banho termostatizado.

Os compostos voláteis oriundos da polpa integral de bacuri foram analisados por cromatografia gasosa de alta resolução, associada à espectrometria de massas (CG-EM), através de cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas SHIMADZU modelo QP2010 com fonte de íons por impacto de elétrons (EI) (Figura 3.1).

Figura 3.1 Cromatógrafo gasoso com detector de massas.



Para tal, foram estabelecidos os seguintes padrões de análise:

- Coluna CP-Sil 8 CB (DB-5), com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada 0,25 μm
- Tempo de corrida: aproximadamente 37 minutos
- Gás de arraste: Hélio a 1.5 ml/ min
- Temperatura do detector: 250°C
- Voltagem de ionização: 70 eV
- Temperatura do injetor: *splitless* a 200°C
- Programação de temperatura: $T_{\text{inicial}} 50^\circ\text{C}$, mantida por 8 minutos, elevação até 110°C a $4^\circ/\text{min}$, $T_{\text{final}} 200^\circ\text{C}$ atingida a $16^\circ/\text{min}$

O índice de Kovats da cada composto foi utilizado como um dado complementar para a confirmação da identidade dos compostos. O índice de Kovats é definido como cem vezes um número hipotético, que é igual ao número de átomos de carbono de um alcano saturado de cadeia normal, que tem o mesmo tempo de retenção ajustado que o composto em estudo.

Uma mistura de padrões de alcanos (C8 a C19) foi injetada no cromatógrafo nas mesmas condições cromatográficas da análise. Os índices de Kovats obtidos foram comparados com os descritos na literatura (JENNING e SHIBAMOTO, 1980; ACREE e HEINRICH, 2000; NIST, 2011). Compostos para os quais não foi possível encontrar o índice de Kovats teórico foram considerados “tentativamente identificados”.

3.2.5 Análises Reológicas

O comportamento reológico da polpa integral de bacuri foi estudado nas temperaturas de 30, 40 50, 60 e 70 °C, na forma integral. As medidas reológicas foram realizadas em um reômetro de cilindros concêntricos Brookfield modelo DV-II+ (Figura 3.2), utilizando rotor (*spindle*) SC4-29, adaptador para pequenas amostras (13 mL) e o acessório Thermosel Brookfield, acoplado ao reômetro para ajustar a temperatura da amostra (*Brookfield Engineering Laboratories, Massachusetts, EUA*).

Figura 3.2 Reômetro Brookfield modelo DV-II++.



Fonte: www.alem.com.br (2011).

O intervalo de taxa de cisalhamento utilizado ($0,25$ a $1,50 \text{ s}^{-1}$) foi determinado através de testes preliminares, sendo escolhido aquele que realizou todas as medições sem apresentar erros de leitura.

As medições foram realizadas em triplicata a cada 60 segundos, resultando em um total de 75 pontos, com nova amostra para cada temperatura. Em cada ensaio, a amostra foi mantida em repouso por cerca de 15 minutos para alcançar a temperatura desejada antes do início das medições.

Os dados de viscosidade aparente (η_{ap}), tensão de cisalhamento (τ) e taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) foram obtidos através do software WINGATHER32 (versão V2.5, *Brookfield Engineering Laboratories, MA, E.U.A.*).

3.2.6 Análise Estatística

Os resultados das análises químicas, físico-químicas e reológicas foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade, usando o programa Statistica (versão *Statsoft, Tulsa, E.U.A.*).

Os dados reológicos obtidos nas medições foram ajustados ao modelo reológico de Ostwald-De-Waele (Lei da Potência) (equação 1.2), por meio do software ORIGIN 7.0 (*OriginLab Corporation, Massachusetts, USA*), e a análise desse ajuste foi feita por intermédio dos parâmetros estatísticos. Os seguintes parâmetros foram analisados para cada ajuste:

- R^2 (Coeficiente de determinação) - Mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão, definido como a soma quadrática total (equação 2.1):

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = \pm \frac{\sum(y_{pred} - \bar{y})^2}{\sum(y_{obs} - \bar{y})^2} \quad (2.1)$$

Onde: \bar{y} = média amostral; SQR = soma quadrática devido à regressão; SQT = soma quadrática total.

- χ^2 (qui-quadrado) - Expressa a diferença entre os valores previstos (esperados) pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente (observados) (equação 2.2):

$$\chi^2 = \sum(y_{obs} - y_{pre})^2 \quad (2.2)$$

Onde: χ^2 = Teste do qui-quadrado; Y_{obs} = valor experimental; Y_{pre} = valor previsto pelo modelo.

Quanto maior for o valor de χ^2 maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de R^2 e baixos valores de χ^2 .

- SSR (Soma dos quadrados dos resíduos) - Identifica o erro no ajuste da curva.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Análises Químicas e Físico-Químicas

Potter (1973) afirmou que as discrepâncias verificadas na composição de um fruto em diferentes trabalhos podem ser oriundas de fatores como: genética, ecologia, métodos de cultivo, maturação, condições de armazenagem, época de colheita, alterações pós-colheita, metodologia de determinação e outros.

Na Tabela 3.1 estão apresentados os valores médios e seus respectivos desvios padrões da caracterização química e físico-química da polpa integral de bacuri.

Tabela 3.1 Caracterização química e físico-química da polpa integral de bacuri

Análise	Valores ¹
Composição centesimal	
Extrato etéreo (g.100g ⁻¹)	0,65 ± 0,08
Proteína (g.100g ⁻¹)	2,61 ± 0,03
Cinzas (g.100g ⁻¹)	1,67 ± 0,01
Carboidrato total ²	22,92
AIR³	
Pectina ⁴ (g.100g ⁻¹)	10,14 ± 0,42
Hemicelulose ⁴ (g.100g ⁻¹)	4,61 ± 0,58
Celulose + Lignina ⁴ (g.100g ⁻¹)	8,18 ± 0,70
Acidez total titulável (g.100g ⁻¹)	3,62 ± 0,01
Amido (g.100g ⁻¹)	18,85 ± 1,00
Atividade de água	0,988 ± 0,00
Cor L*	44,11 ± 1,05
Cor a*	-0,86 ± 0,32
Cor b*	+6,13 ± 1,16
Compostos fenólicos (g.100g ⁻¹)	2,89 ± 0,75
pH	3,51 ± 0,00
Sólidos solúveis totais (°Brix)	20,73 ± 1,13
Umidade (g.100g ⁻¹)	72,15 ± 0,71
Vitamina C (mg.100g ⁻¹)	89,11 ± 21,71

¹Valores médios obtidos a partir da análise de 3 amostras em base seca; ² Carboidratos totais = 100 - (Umidade + Extrato Etéreo + Proteína + Cinzas); ³AIR = Resíduos insolúveis em álcool; ⁴Pectina, Hemicelulose ou celulose + lignina = (Peso do resíduo seco x Peso do AIR) / (0,8g / Peso da amostra) x100 (Segundo SCHIEBER *et al.*, 2005).

Extrato etéreo é um grupo que inclui gordura e muitos outros compostos intimamente ligados ou associados, tais como: fosfatídeos, esteróis, clorofila, óleos voláteis, resina, etc. Estudos mostram que o consumo de dietas ricas em gorduras monoinsaturadas, em substituição de gorduras saturadas, exerce seletivos efeitos

fisiológicos sobre humanos, reduzindo os níveis de colesterol total, de triglicérides e de LDL-colesterol, sem alterar a fração HDL-colesterol do plasma (TURATTI et al., 2002), além de reduzir os níveis de fibrinogênio do plasma, visto que esta fração no desenvolvimento de lesões das artérias, servindo como prognóstico de doenças coronárias (REBOLLO et al., 1998).

O teor médio de extrato etéreo determinado na polpa integral de bacuri foi de 0,65 g.100 g⁻¹. Os valores de extrato etéreo encontrados na literatura para polpa de bacuri, em geral variam de 0,60 a 2,90 g.100 g⁻¹ (BARBOSA et al., 1979; LIMA, 1962).

A quantidade de água presente em um alimento pode se encontrar na forma de água ligada e não-ligada. A atividade de água é proporcional à umidade relativa de equilíbrio, resultado da pressão de vapor de água do produto pela pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura. A atividade de água (Aw) da polpa de bacuri foi de 0,988, que é compatível com valor de 0,985 determinado por Bezerra (2004).

A cor é uma das características sensoriais mais importantes para a aceitabilidade, resultante da percepção visual na detecção da luz após interação com um objeto (OLIVEIRA et al. 2003). A polpa de bacuri avaliada apresentou valores médios de L* de 44,11, a* de -0,86 e b* de +6,13, indicando uma cor clara e neutra.

A polpa integral de bacuri apresentou pH de 3,51, e conseqüentemente de característica ácida, como a maioria das frutas, devido à presença dos ácidos orgânicos. Barbosa et al. (1979) também encontraram o mesmo valor de pH de 3,5. Já Almeida e Valsechi (1966) relataram um valor bastante superior, 5,8.

O valor médio de sólidos solúveis totais (SST) encontrado (20,73 °Brix) foi superior aos relatados por Santos (1982) e Guimarães et al. (1992), que obtiveram 19,10 e 18,73 °Brix, respectivamente. Souza et al. (1996), Souza et al. (2001) e Aguiar (2006) obtiveram valores ainda menores de 16,89, 14,1 e 12,2 °Brix, respectivamente.

O teor de umidade encontrado no presente estudo foi de 72,15 g.100 g⁻¹, valor igual ao de Morton (1987), que obteve 72,3 g.100 g⁻¹, mas inferior aos valor relatado por Santos (1982) 78,4 g.100 g⁻¹, que também analisou frutos de bacuri oriundos da Região Meio-Norte. Já Quaresma (2006), que utilizou frutos oriundos da Região Amazônica, encontrou um valor ainda menor de 70 g.100 g⁻¹.

Os valores de proteína e cinzas encontrados no presente trabalho foram de 2,61 e 1,67 g.100 g⁻¹, respectivamente. Aquino (2008) relatou valores inferiores de 1,31 e 0,38 g.100 g⁻¹, respectivamente, provavelmente pelo fato de estarem expressos em base úmida. Comparando os valores em base úmida, do presente trabalho, podemos observar

valores próximos aos de Aquino 2008, sendo 0,73 e 0,46 g.100 g⁻¹ de proteína e cinzas, respectivamente.

O conteúdo de resíduos insolúveis em álcool (AIR – *alcohol insoluble residues*) quantificado na polpa integral de bacuri do presente estudo foi de 32,14 g.100 g⁻¹, sendo 10,14 g.100 g⁻¹ de pectina, 4,16 g.100 g⁻¹ de hemicelulose e 8,18 g.100g⁻¹ de celulose e lignina, sinalizando elevada consistência. Aguiar (2006) relatou 1,32 g.100g⁻¹ de pectina total pela técnica de Blumenskrantz e Asboe-Hansen (1973) e Villachica et al. (1996), no livro “Frutales y hortalizas promissoras de la Amazônia”, relatou apenas 0,12 g.100g⁻¹ de pectina total em polpa de bacuri. Esta diferença entre os valores de pectina obtidos no presente trabalho e na literatura pode estar relacionada às diferentes metodologias aplicadas em cada estudo e/ou ao fato dos valores da literatura estarem expressos em massa úmida. Os valores em base úmida, do presente trabalho, para pectina (2,82 g.100 g⁻¹), hemicelulose (1,28 g.100 g⁻¹) e fração de celulose e lignina (2,27 g.100 g⁻¹), também são maiores do que os obtidos na literatura.

Os ácidos orgânicos encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc. Eles não somente contribuem para a acidez dos frutos, como também para o aroma característico, pois alguns componentes são voláteis. O teor de ácidos, em geral, diminui com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares. Sendo o período da maturação o de maior atividade metabólica, os ácidos constituem uma excelente reserva energética do fruto, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A acidez total titulável (ATT) foi de 3,62 g.100 g⁻¹, referente ao percentual de ácido cítrico, por ser o ácido predominante (IAL, 2004). Aguiar (2006) e Souza et al. (2001) obtiveram 1,5 e 1,37 g.100 g⁻¹, respectivamente.

Para o mercado consumidor de frutas frescas e/ou processadas, um valor elevado de relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) é desejável (AGUIAR, 2006). O balanço doçura/acidez é usado como fator de qualidade, onde uma relação baixa indica que o fruto ou o suco é ácido, enquanto a relação mais elevada traduz doçura, o que evidencia um sabor mais agradável, tornando o fruto mais atrativo (COSTA, 1994). Desta forma, o parâmetro SST/ATT foi calculado em 20,52 (utilizando o valor de ATT expresso em base úmida de 1,01 g.100g⁻¹). Aguiar (2006), Souza et al. (2001) e Aquino (2008) relataram valores inferiores de 10,97; 10,29 e 14,81, enquanto Teixeira (2000) e Bezerra (2003) apresentaram valores superiores de 29,08 e 56,84,

respectivamente. Esta variação encontrada nos valores da relação SST/ATT pode estar associada ao estágio de maturação das polpas estudadas, pois frutos maduros apresentam polpa com elevado teor de açúcares e reduzido teor de acidez (TEIXEIRA, 2000). O fato de o fruto bacuri possuir uma casca muito espessa e com coloração muito variada, nem sempre é possível manter um critério adequado de seleção que consiga igualar os parâmetros que podem influenciar na relação SST/ATT, como estágio de maturação do fruto, teor de açúcares da polpa, acidez da polpa.

Teixeira (2000) citou que o amido contido no bacuri pode dificultar sua industrialização, principalmente pelo processo de filtração. No presente trabalho foram encontrados $18,85 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Os fenólicos de modo geral são inibidores potenciais de carcinogênese, agindo em diferentes estágios do processo patológico de promoção e iniciação de tumores. Alguns deles têm propriedades antioxidantes e podem ser importantes na prevenção de doenças cardiovasculares (BLUM, 1996). Componentes fenólicos também são importantes porque conferem qualidades sensoriais aos frutos (cor e sabor, incluindo adstringência) que pode ser afetada durante o processo tecnológico usado para produção de sucos e outros produtos derivados (VENDRAMINI e TRUGO, 2004).

A polpa integral de bacuri obteve $2,89 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de fenólicos totais. Aguiar (2006) e Aquino (2008) encontraram valores menores de $0,51$ e $0,24 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, expressos em base úmida.

A vitamina C tem múltiplas funções no organismo. É necessária para a produção e manutenção do colágeno; é responsável pela cicatrização de feridas, fraturas, contusões e sangramentos gengivais; reduz a suscetibilidade à infecção, desempenha papel na formação de dentes e ossos, aumenta a absorção de ferro e previne o escorbuto. Desse modo, a vitamina C torna-se importante no desenvolvimento e manutenção do organismo humano (COMBS JR., 2003).

O conteúdo de vitamina C encontrado foi de $89,11 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Nazaré (2000) e Barbosa et al. (1979) encontraram apenas traços de vitamina C. Já Calzavara (1970), Santos (1988) e Aguiar (2006) obtiveram valores de 33 , 10 , $10,00$ e $14,38 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. A vitamina C é bastante instável e pode ser degradada facilmente. Esta variação de valores relatados acima pode estar associada à facilidade de degradação da vitamina C.

Sabendo que o homem depende das frutas e dos sucos de frutas para obter algumas vitaminas e outros nutrientes importantes, além da variedade de sabores,

texturas e cores que faz deles um acréscimo revigorador para qualquer dieta (MAIA, 2001). E ainda que as frutas são altamente recomendadas pela riqueza em suas composições químicas e físico-químicas (MAIA, 2007). Podemos afirmar que, da mesma forma, sucos e néctares de frutas naturais são altamente recomendados, como parte da dieta diária, pela presença das substâncias fisiologicamente ativas.

A inclusão, na dieta humana, do néctar de bacuri formulado com a polpa estudada pode ser importante na prevenção de doenças e para uma vida mais saudável, devido essa polpa ser uma fonte natural de carboidratos, vitaminas, proteínas, compostos fenólicos, ácidos orgânicos e outros componentes importantes.

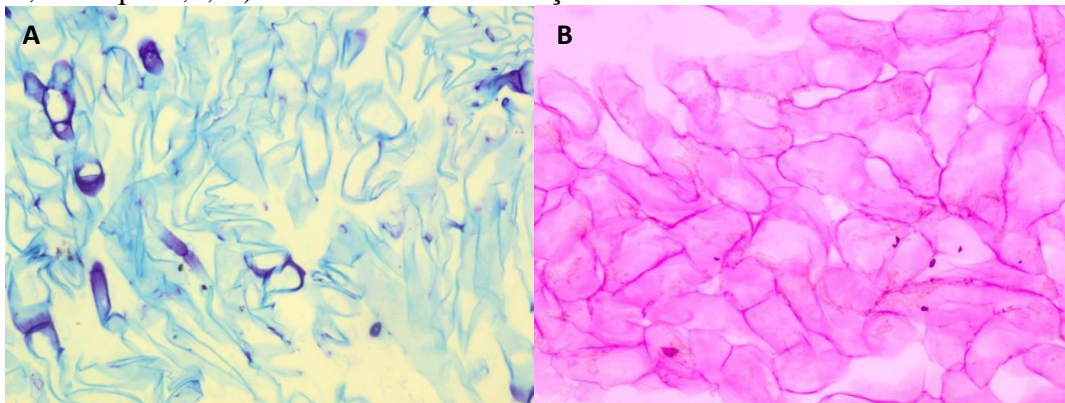
3.3.2 Análises Citoquímicas

Na análise citoquímica, o azul de toluidina (AT), conhecido como corante catiônico, é utilizado por ligar-se com substâncias de carga negativa. Na parede da célula vegetal a substância que apresenta afinidade a esse corante é a pectina. As cores azul e arroxeadas revelam a presença de pouca e muita disponibilidade de pectina ao corante AT, respectivamente.

A Reação do PAS (*Periodic Acid Schiff*) é utilizada para a detecção de polissacarídeos neutros, como pectina, hemicelulose e celulose. Essa reação baseia-se na oxidação de grupos hidroxila pelo ácido periódico (HIO_4) formando radicais aldeídos que posteriormente se ligam ao reativo de Schiff (VIDAL, 1977).

A Figura 3.3 apresenta a polpa integral de bacuri corada com azul de toluidina e pela Reação de PAS.

Figura 3.3 Parede celular da polpa de bacuri. A) Corada com Azul de Toluidina 0,025% pH 4,0; B) Corada através da Reação do PAS.



A polpa integral de bacuri corada apresentou tecidos formados por células íntegras. O corante AT revelou parede celular predominantemente azul com áreas arroxeadas, mostrando a presença de pectina na polpa de bacuri (Figura 3.3A). O PAS revelou a presença de polissacarídeos neutros, provavelmente pectina, hemicelulose e celulose em todas as amostras, através da coloração rosa (Figura 3.3B).

Mello (2011) relatou que a parte comestível do bacuri é desprovida de vasos lenhosos lignificados, indicando que o PAS corou também lignina na polpa integral de bacuri do presente estudo.

Diante dos resultados das análises físico-químicas e citoquímicas, que revelaram quantidades consideráveis de pectina, hemicelulose, celulose e lignina na polpa de bacuri, e sabendo que estas substâncias são os principais componentes responsáveis pela elevada consistência da polpa de bacuri, torna-se possível levantar a hipótese de que a redução da consistência dessa polpa pode ser alcançada através da maceração enzimática utilizando-se preparações enzimáticas comerciais com atividade pectinolítica, hemicelulolítica e celulolítica.

3.3.3 Análises Cromatográficas

Os resultados da cromatografia gasosa e espectrometria de massas realizadas na polpa integral de bacuri estão apresentados na Tabela 3.2, contendo a identificação de cada pico e seus respectivos tempos de retenção, índices de Kovats e área. Na Figura 3.4 é mostrado um cromatograma representativo da polpa integral de bacuri.

Tabela 3.2 Compostos voláteis detectados da polpa integral de bacuri.

Picos	Composto	TR	IR	Contagem da área	Área relativa (%)
1	1-penten-3-ol	3,862	< 800	467437	0,52
2	Heptano	4,179	< 800	163437	0,18
3	2-metil-1-butanol	5,753	< 800	1283892	1,43
4	(E)-2-hexenal	13,200	861	478520	0,53
5	Estireno	15,048	888	235041	0,26
6	2-heptanona	15,301	892	1487412	1,65
7	2,2,6-Trimetil-6-viniltetrahidropirano	19,004	970	281159	0,31
8	(metoximethyl)-benzeno	19,720	985	572513	0,64
9	beta-mirceno	19,882	989	740741	0,82
10	NI	20,242	997	204388	0,23
11	Octanal	20,497	1004	158276	0,18
12	Limoneno	21,366	1032	487257	0,54
13	(Z)-beta-ocimeno	21,711	1043	1517399	1,68
14	(E)-beta-ocimeno	22,088	1055	406191	0,45
15	cis-linalol	22,802	1078	13907327	15,44
16	Terpinoleno	23,125	1088	314552	0,35
17	Trans-óxido de linalol	23,189	1090	3649915	4,05
18	p-cimeno	23,239	1092	241363	0,27
19	2-nonanona	23,299	1093	117657	0,13
20	Linalol	23,489	1100	57155149	63,46
21	Hotrienol	23,545	1103	2760044	3,06
22	cis-rose óxido	23,674	1111	134554	0,15
23	2-Metil-6-metileno-1,7-octadien-3-ona	23,723	1114	224477	0,25
24	neril óxido	24,370	1156	95252	0,11
25	NI	24,541	1167	92264	0,10
26	cis-epóxi linalol	24,648	1174	516876	0,57
27	trans-epóxi linalol	24,715	1179	161166	0,18
28	(3E)-2,6-Dimetil-3,7-octadiene-2,6-diol	24,889	1190	209057	0,23
29	alfa-terpineol	24,993	1197	483624	0,54
30	Decanal	25,108	1206	94690	0,11
31	beta-citronelol	25,333	1228	88403	0,10
32	Geraniol	25,597	1253	394220	0,44
33	Tetradecano	26,992	1398	124069	0,14
34	Pentadecano	27,651	1498	70585	0,08

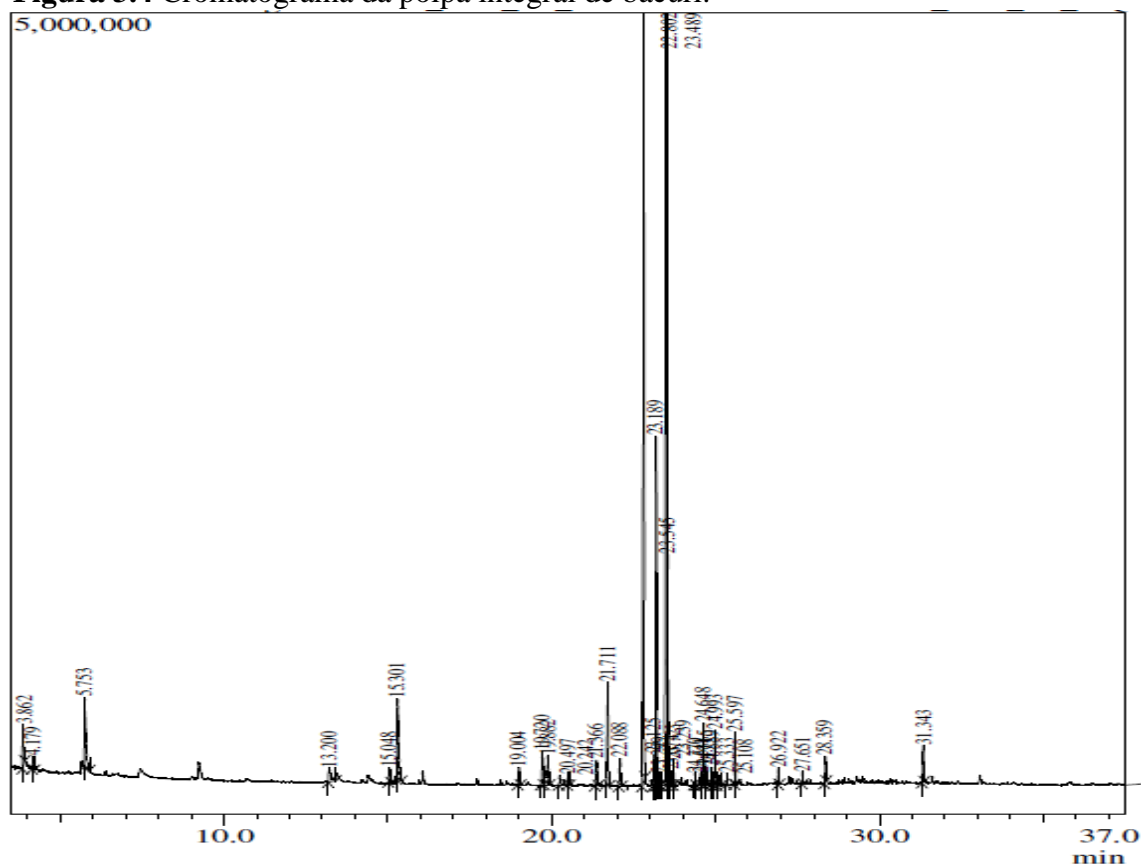
TR: Tempo de retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

IR: Índice de Retenção encontrado na base de dados NIST (2007) e na literatura especializada.

NI: Não identificado.

*Contaminante.

Figura 3.4 Cromatograma da polpa integral de bacuri.



O uso da cromatografia gasosa – espectrometria de massas permitiu a detecção de 34 compostos no *headspace* da polpa integral de bacuri, com a identificação de 32 compostos, sendo 2 não identificados. Dos 32 compostos voláteis identificados, 15 foram terpenos, caracterizando-se como a principal classe de compostos voláteis identificados na polpa integral de bacuri, seguidos de 6 hidrocarbonetos, 5 álcoois, 3 cetonas e 3 aldeídos. Os compostos com maior área, majoritários, foram os terpenos linalol, cis-linalol e trans-óxido de linalol.

Alves e Jennings (1979) identificaram, através da destilação-extração simultânea (SDE), um resultado semelhante ao do presente trabalho, com predominância de linalol e seus óxidos cis e trans. Villachica et al. (1996) também relatou a presença de linalol e 2-heptanona em polpa de bacuri.

Boulanger et al. (1999), estudando os compostos voláteis do bacuri por CG-EM, por meio da técnica de isolamento SPE, encontraram, na fração livre, alcoóis terpênicos, 4-metoxi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanona, rutinosídeos de benzila, rutinosídeos de 2-feniletila e rutinosídeos de (S)-linalol.

Os voláteis são responsáveis pela característica de aroma dos alimentos, bem como de polpas de frutas e dos seus néctares. No entanto, apesar de, atualmente, as técnicas experimentais identificarem um grande número de componentes voláteis nestes produtos, são poucos os voláteis realmente importantes para o aroma particular dos mesmos.

3.3.4 Análises Reológicas

Os parâmetros reológicos obtidos pelo ajuste do modelo da Lei de Potência para a polpa de bacuri nas temperaturas são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 Parâmetros do modelo da Lei da Potência para a polpa de bacuri.

Temperatura (°C)	Coefficiente de consistência K (Pa s ⁿ)	Índice de comportamento de fluxo <i>n</i>	χ^2	SSR	R ²
30	1,38 b	0,33 a	0,00	0,00	0,99
40	1,40 a	0,21 d	0,00	0,00	0,99
50	1,11 c	0,25 b	0,00	0,00	0,97
60	0,88 d	0,21 c	0,00	0,00	0,99
70	0,76 e	0,19 e	0,00	0,00	0,97

⁽¹⁾K = Índice de consistência; ⁽²⁾n = Índice de comportamento do fluido; ⁽³⁾ χ^2 = Chi-quadrado; ⁽⁴⁾SSR = Soma dos quadrados dos resíduos; ⁽⁵⁾R² = Coeficiente de correlação. *Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O modelo descreveu adequadamente o comportamento reológico da polpa de bacuri em toda a faixa de temperatura estudada, onde os coeficientes de correlação (R²) foram superiores a 0,97 e os valores de qui-quadrado (χ^2) aproximaram-se de zero, indicando que os valores previstos pelo modelo estão próximos dos experimentais.

O índice de comportamento do fluido (*n*) apresentou valores menores que a unidade, indicando comportamento pseudoplástico para todas as temperaturas estudadas. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre as temperaturas utilizadas, para as variáveis índice de consistência (K) e índice de comportamento de fluido (*n*), avaliadas isoladamente, onde pode-se observar a ocorrência de uma tendência da redução da consistência e elevação da pseudoplasticidade do fluido com o aumento da temperatura.

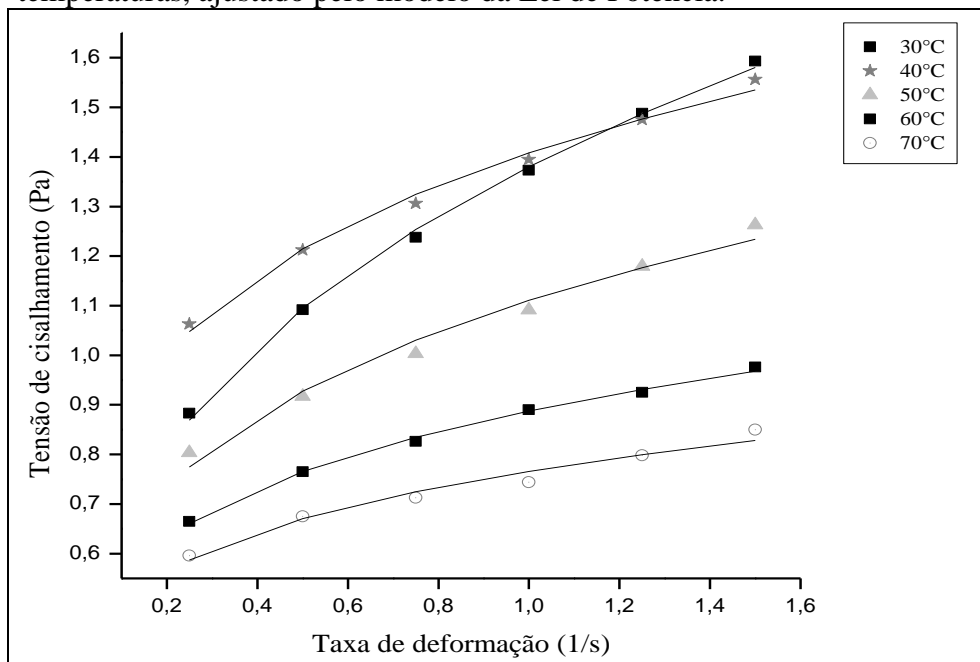
De acordo com Nagy et al. (1993), polpas de frutas são fluidos altamente não-newtonianos devido à não-linearidade entre os valores de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento. Este fenômeno se deve em razão das polpas serem constituídas por uma fase dispersante, o soro, na qual se encontram açúcares, ácidos, pectinas solúveis e

proteínas e outra fase, que é dispersa, composta por partículas de diferentes formas e volume, procedentes dos tecidos das frutas (JIMENES e DURAN, 1979).

Comportamentos similares foram observados nas pesquisas de Haminiuk et al. (2006), Grangeiro et al. (2007) e Vidal et al. (2006) no estudo da reologia em polpas de araçá, figo da índia e manga, respectivamente.

A Figura 3.5 apresenta o comportamento reológico da polpa de bacuri a partir da taxa de deformação em função da tensão de cisalhamento, em diferentes temperaturas.

Figura 3.5 Reograma do experimento com polpa de bacuri em diferentes temperaturas, ajustado pelo modelo da Lei de Potência.



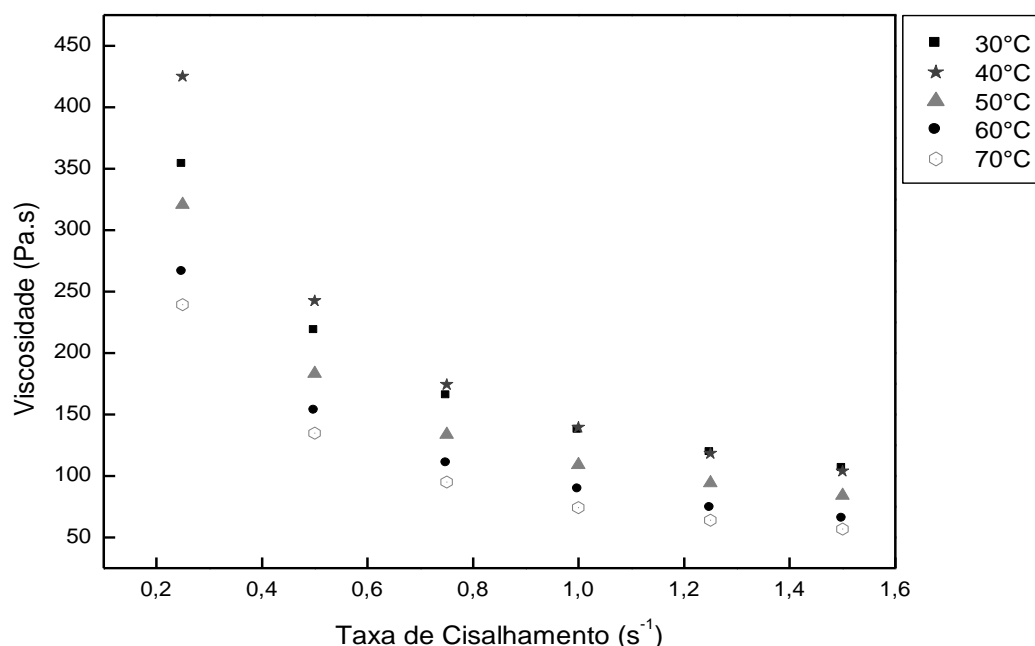
Os pontos representam o valor médio dos dados experimentais dos reogramas que foram obtidos em triplicata. Já as linhas contínuas são os resultados dos ajustes pelo modelo de Lei da Potência. O conjunto de pontos apresenta um comportamento não aleatório, com distribuição sem dispersão, tornando a utilização do modelo reológico representativa para definir o comportamento genérico a partir dos pontos experimentais, como já foi citado antes.

Pode-se observar que em baixas taxas de deformação a amostra a 30 °C apresentou menor tensão de cisalhamento em relação à amostra a 40 °C, porém à medida que a taxa de deformação aumentou, a tensão de cisalhamento da amostra a 30 °C elevou-se, acompanhando a tendência obtida nas demais temperaturas. Este comportamento ocorreu, provavelmente, em razão de tratar-se de uma amostra heterogênea, que foi se tornando mais uniforme com o aumento da taxa de

cisalhamento. Já o decréscimo na tensão de cisalhamento com o aumento da temperatura, pode ser explicado pelo colapso estrutural das moléculas da polpa devido à força hidrodinâmica gerada e ao aumento do alinhamento das moléculas constituintes, provocados pelo aquecimento (ALPARLAN e HAYTA, 2002; RAO, 1999).

A Figura 3.6 apresenta a viscosidade aparente *versus* taxas de cisalhamento da polpa de bacuri para diferentes temperaturas.

Figura 3.6 Viscosidade aparente da polpa de bacuri calculada pelo modelo da Lei de Potência.



A redução da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento reafirma a característica da polpa de bacuri como fluido pseudoplástico. As maiores reduções de viscosidade entre as taxas de cisalhamento mais baixas indicam provavelmente o pouco alinhamento inicial das fibras da polpa com o escoamento. Em taxas de cisalhamento mais elevadas as fibras já estariam completamente alinhadas com o fluxo, e o aumento na velocidade do escoamento não teria sua influência incrementada por este efeito. De acordo com Hassan e Hobani (1998), as reduções de viscosidade com o aumento da temperatura também podem ser atribuídas ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas pelo aquecimento.

De maneira geral, o comportamento reológico sinaliza a polpa integral de bacuri como um fluido altamente consistente, como observado no capítulo anterior, onde a polpa não escorreu pela despulpadeira durante o processo de despulpa mecânica.

3.4 CONCLUSÕES

A polpa integral de bacuri revelou-se uma polpa de coloração clara e neutra (valores de L^* , a^* e b^* de 44,11; -0,86 e +6,13, respectivamente), com característica ácida (3,62 g.100 g⁻¹ de ácido cítrico), alto teor de sólidos solúveis totais (20,73 °Brix), além de concentrações consideráveis de vitamina C (89,11 mg.100 g⁻¹).

A análise citoquímica revelou presença de pectina, hemicelulose e celulose na parede celular da polpa de bacuri através da coloração dessas substâncias com Azul de Toluidina e Reação do PAS.

Os resultados das análises físico-químicas revelaram quantidades consideráveis de pectina (10,14), hemicelulose (4,16), celulose e lignina (8,18) na polpa de bacuri, indicando que a redução da consistência dessa polpa pode ser alcançada através da maceração enzimática com preparações enzimáticas comerciais de atividade pectinolítica, hemicelulolítica e celulolítica.

Foram detectados 34 compostos voláteis na polpa integral de bacuri, sendo 32 identificados, 4 compostos “tentativamente identificados” e 2 não identificados. Dos 32 compostos voláteis identificados, 15 foram terpenos, 6 hidrocarbonetos, 5 álcoois, 3 cetonas e 3 aldeídos. Os compostos majoritários foram os terpenos linalol, cis-linalol e trans-óxido de linalol.

A polpa integral de bacuri mostrou ter um comportamento não-newtoniano, devido à não-linearidade entre os valores de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento e o fluido apresentou característica de pseudoplasticidade devido o valor de n ter sido menor que a unidade.

O modelo reológico de Lei da Potência descreveu bem o comportamento pseudoplástico da polpa de bacuri, com ajuste adequado em toda faixa de temperatura estudada, apresentando valores adequados para o coeficiente de correlação (R^2) e valores próximos à zero para o qui-quadrado (χ^2).

De acordo com os resultados das análises químicas, físico-químicas e cromatográficas, a polpa integral de bacuri evidencia-se como considerável fonte de nutrientes, indicando que esta polpa pode ser considerada como uma matéria-prima de interesse industrial para a produção de um néctar. No entanto, as análises citoquímicas e reológicas revelaram que a elevada consistência da polpa integral de bacuri pode acarretar problemas no manuseio, processamento e legislação em sua industrialização.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACREE, T. E.; HEINRICH, Flavornet – **Gas chromatography-olfactometry (GCO) of natural products**. Disponível em: www.nysaes.cornell.edu/flavomte/chem.html. Acesso: 03 de dezembro de 2009.

AGUIAR, L. P. **Qualidade e potencial de utilização de bacuris oriundos da região Meio-Norte**. Fortaleza, 2006, 122p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, 2006.

ALEMMAR. **Reômetro Brookfield**. Disponível em: <http://www.alemmar.com.br/main.asp?menu=3&submenu=44>. Acesso em: 21 de janeiro de 2010.

ALMEIDA, J. R.; VALSECHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba: Instituto Zimotécnico, ESALQ-USP, Boletim 21, 1966.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, 54 (1), 89-93, 2002.

ALVES, S.M.; JENNINGS, W.G. Volatiles composition of certain Amazonian fruits. **Food Chemistry**, v.4., p.149-159, 1979.

AQUINO, A. C. (2008). **Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (*Platonia insignis* mart.)**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de Alimentos, UFC – Universidade Federal do Ceará, 115 p, 2008.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods Association Of Official Analytical Chemists**. 16ed, Arlington, VA, USA, v.2, 1141 p, 1995.

BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R.; NAGATA, I. Estudos físicos e químicos dos frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e murici (*Byrsonima crassifolia*). In: Congresso brasileiro de fruticultura, 5., 1979. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SBF, v.2, p.797-808, 1979.

BEZERRA, G.S.A. **Conservação de polpa de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) por métodos combinados**. Fortaleza, 2003, 139p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, 2003.

BEZERRA, G. A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; GOMES, A. M. M.; FILHO, M. S. M. S. de. Influência da redução da atividade de água, adição de conservantes e braqueamento na preservação da polpa de bacuri por métodos combinados. **Boletim CEPPA**, v.22, n.2, p.217-232, 2004.

BLUM, M. Designing foods for better health. **International Foods Ingredients**, v.3, p. 25-29, 1996.

BLUMENSKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v.54, p.484-489,1973.

BOULANGER, R.; CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. Free and bound flavour components of amazonian fruits. 1: Bacuri. **Flavour Fragrance Journal**, v.14, p.303-311, 1999.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruteiras: abieiro, abricozeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuacuzeiro**. Belém: IPEAN, 1970. 84p. (IPEAN. Série: Culturas da Amazônia v.1, n.2).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Revisada e ampliada. [s.l]: Editora UFLA, 2005, 785 p.

CLEMENT C. R.; VENTURIERI G. A. Bacuri and Cupuassu. In: Nagy S, Shaw PE and Wardowski WG **Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Composition, Properties and Uses**. Lake Alfred: Florida Department of Citrus, 178-192, 1990.

COMBS, JR. **Vitaminas**. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 10 ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. p. 5-105.

COSTA, L. Qualidade pós-colheita de citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.80, p.45-51, 1994.

GARRUTI, D. S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju**. Campinas, 2001, 218 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 2001.

GUIMARÃES, A. D. G.; MOTA, M. G. C.; NAZARÉ, R. F. R. de. **Coleta de germoplasma de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) na Amazônia**. I. Microregião Campos do Marajó (Soure/Salvaterra). Belém: Embrapa – CPATU, 23p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 132), 1992.

GRANGEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, MATA, E. R. M. C. Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-índia. **R. Bras. Agrociência**, 13(2), 219-224, 2007.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; IZIDORO, D. R.; MASSON, M. L. Rheological Characterization of Blackberry Pulp. **Braz. J. Food Technol.**, 9 (4), 291-296, 2006.

HASSAN, B. H., HOBANI, A. I. Flow properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) extract. **Journal of Food Engineering**, 35(4), 459-470, 1998.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretations of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**. 2(4): 393-418, 1971.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ed. São Paulo, v.1, 1032 p, 2004.

IBARZ, A.; GONÇALVES, C.; EXPLUGAS, S. Rheology of clarified passion fruit juices. **Fruit Processing**, v.6, n.8, p. 330-333, 1996.

JENNINGS, W.; SHIBAMOTO, T. **Qualitative analysis off flavor and fragrance volatilesby glass capillary gás chromatography**. NY: Academic Press, 1980, 472p.

JIMENES, G.; DURAN, L. Propriedades reológicas de produtos derivados de frutas y tomate. **Revista de agroquímica y tecnologia de alimentos**, Valência, 19 (2), 203-216, 1979.

KARNOVSKY, M. J. A. Formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v.27, p.137-138, 1965.

LIMA, Z. B. de. Frutos comestíveis do Brasil. **An form. Ruim**. São Paulo, v.13, n.11/12, p.89-91, 1962.

MAIA, G. A. SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de Sucos de Frutas Tropicais**. Fortaleza: Edições UFC, 2007, 320 p.

MAIA, G. A. Nutritional aspects of some tropical juice of Latin American. In: 13 rd IFU WORLD CONGRESS, 2001, Sydney. **13 rd IFU WORLD CONGRESS**: International Federation of Fruit Juice Producers, CD-Rom, 2001.

MAIA, V. **Técnica histológica**, São Paulo, Atheneu, 1979.

MCCLEMENTS, J. Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory. University of Massachusetts Amherst. Disponível em: www.unix.oit.umass.edu/~mcclemen/581Rheology.html. Acesso em: 06 de abril de 2010.

MELLO, M. **Composição dos compostos voláteis da polpa de bacuri**. Disponível em: www.marcusmello.com.br/bacuri.html . Acesso em: 03 de junho de 2011.

MORTON, J. Bakuri. In: Morton, J.F.(Ed.). **Fruits of warm climates**. Miami: FL, 1987, 308p. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/bakuri.html>. Acesso em: 06 de maio de 2007.

NAGY, S.; CHEN, C. S.; SHAW, P. E. Fruit juice processing technology, **Inc. Albuquerque**, Flórida, 713p, 1993.

NAZARÉ, R. F. R. de. **Produtos agroindustriais de bacuri, cupuaçu, graviola e açaí, desenvolvidos pela Embrapa Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental, 41), 2000.

NIST – National Institute of Standards and Techonology, Base de dados de referência padrão do Nist, n. 69, junho 2005. Disponível em: <http://webbook.nist.gov/chemistry/> Acesso em: 10/01/2011.

OLIVEIRA, A. P. V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.191-196, 2003.

POTTER, N. N. **Food Science**. 2nd edition, Avi Publishing Co. Inc., Westport: Connecticut, 706p., 1973.

PRADE, R. A.; ZANGH, D. F.; AYOUBI, P.; MORT, A. J. Pectins, pectinases and plantmicrobe interactions. **Biotechnology of Genetic Engineering Reviews**, v.16, p.361-391, 1999.

QUARESMA, D. S. **Análise Comparativa do Processo de Extração de Óleos da Semente de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com Dióxido de Carbono Supercrítico e Métodos de Extração Convencionais (Extração por Prensagem e Extração com Solventes Orgânicos)**. Programa institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC CNPq e PIBIC UFPA, 2006.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. Gaithersburg: Aspen, 1999.

REBOLLO, A. J. G.; BOTEJA, E. M.; CANSADO, A. O.; et al. J. E. C. Effects of consumption of meat product rich in monounsaturated fatty acids (the ham from the Iberian pig) on plasma lipids. **Nutrition Research**, v.18, p. 743-750, 1998.

SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS JÚNIOR, A. G. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. 1ed. Recife: APN. v.1. 2005, 331 p.

SANTOS, M. S. S. A. **Caracterização física, química e tecnológica do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e seus produtos**. Fortaleza, 75p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, 1982.

SANTOS, M. S. S. A. Caracterização física e química do bacuri (*Platonia insignis* Mart) e processamento de néctares. **Boletim da CEPPA**, v.6, p.73-78, 1988.

SCHIEBER, A.; FÜGEL, R.; HENKE, M.; CARLE, R. Determination of the fruit content of strawberry fruit preparations by gravimetric quantification of hemicellulose. **Food Chemistry**, v.91, p.365-371, 2005.

SOUZA, A. G. C.; SOUSA, N. R.; LOPES, S. E.; NUNES, C. D. M.; CANTO, A.C.; CRUZ, L. A. A. **Fruiteiras da Amazônia**. 1ed. Brasília: Embrapa-SPI, 204p, 1996.

SOUZA, V. A. B.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, P. S. C. Variabilidade de características físicas e químicas de frutos de germoplasma de bacuri da Região Meio-Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.677-683, 2001.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 428p, 1967.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 147-156, 2005.

TEIXEIRA, G. H. A. **Frutos do bacurizeiro** (*Platonia insignis* Mart): caracterização, qualidade e conservação. Jaboticabal, 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2000.

TURATTI, J. M.; GOMES, R. A. R.; ATHIÉ, I. Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências. **Coletâneas do ITAL**, Campinas: ITAL, 2002, 78 p.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpigia punicifolia*, L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.15, n.5, p. 664-668, 2004.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U. de; MÜLLER, C. H., DIAZ, S. C., ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promosoras de la Amazônia**. Lima: Tratado de Cooperación Amazônica. Secretaria Pró-Tempore. p.152-156 (Publicaciones, 44), 1996.

VIDAL, J. R. M. B. **Comportamento reológico da polpa de manga** (*Mangifera indica* LKeitt) – Campinas, SP, 159p. (Tese de Doutorado),2000.

VIDAL, B. C. Acid glycosaminoglycans and endochondral ossification: microspectrophotometric evaluation and macromolecular orientation. **Cell Molecular Biology**. v.22, p.45-64, 1977.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I., MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciênc. agrotec.**, 30(5), 955-960, 2006.

WILLER, H., YUSSEFI-MENZLER, M., SORENSEN, N. **The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends**. Germany: IFOAM, Bonn and Switzerland, FiBL, Frick, 2008.

CAPITULO 4. MACERAÇÃO ENZIMÁTICA DA POLPA DE BACURI

4.1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia, através da utilização das enzimas no setor alimentício, cria meios que possibilitam a obtenção de ingredientes naturais em quantidade e a preços módicos, assim como produtos com baixo valor calórico. As enzimas são fontes abundantes na natureza e passaram a estar disponíveis no mercado em meados do século X. Em relação aos custos com a inclusão das enzimas nos processos agroindustriais, geralmente, corresponde a uma fração pequena do custo global do processo, algo em torno a 5%, no máximo (BON et al., 2008).

O mercado brasileiro de enzimas revela grande potencial, devido à enorme geração de resíduos agroindustriais e ao dinamismo das indústrias de alimentos, medicamentos, tecidos e celulose/papel. A redução do custo de produção de enzimas é favorecida, no país, pela possibilidade de bioconversão de subprodutos agrícolas como farelo de trigo, farelo de algodão, casca de soja e outros. Acredita-se, por isso, em um aumento rápido do uso de enzimas, de forma geral, e em particular em processos industriais, no país (MUSSATTO et al., 2007).

As preparações enzimáticas empregadas em frutas e sucos de frutas são denominadas comercialmente de “macerantes”. Essas preparações são formuladas para conter um ou mais tipos de enzimas pectinolíticas, além de celulasas, hemicelulasas, proteases e amilases, constituindo um “coquetel” enzimático (SILVA et al., 1997).

As celulasas e hemicelulasas têm a finalidade de degradar as paredes celulares, liberando suco intracelular contido nos vacúolos, diminuindo o bagaço e aumentando assim o rendimento do processo. Paralelamente, enzimas pectinolíticas atuam na lamela média, sobre o material responsável pela coesão entre as células, enfraquecendo o tecido formador das partículas, e possibilitando um novo ataque das celulasas sobre as paredes celulares disponíveis. Amilases e invertases também atuam em pectinas altamente ramificadas promovendo a solubilização de sacarídeos presentes nas paredes celulares (WHITAKER, 2002).

A aplicação de enzimas “macerantes” na polpa de bacuri pode reduzir a sua consistência, e assim possibilitar sua utilização como matéria-prima na elaboração de outros produtos, como néctares, inserindo-os dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº12, de 4 de setembro de 2003.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a atividade das preparações enzimáticas que foram utilizadas na maceração da polpa de bacuri, bem como avaliar a influência de parâmetros como temperatura e tempo de incubação, concentração e combinações das preparações enzimáticas na eficiência da maceração em reduzir a consistência (fluxo de polpa e líquido) e aumentar os grupos redutores totais e a acidez titulável.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Matéria-prima e Preparações Enzimáticas Comerciais

A matéria-prima utilizada foi a polpa integral de bacuri obtida como descrito no item 2.2.2 do Capítulo 2. Para a realização da maceração enzimática da polpa de bacuri foram utilizadas preparações enzimáticas comerciais capazes de atuar como “macerantes” na polpa de bacuri. Essas preparações foram escolhidas com base nos resultados das análises físico-químicas e citoquímicas do Capítulo 3, que revelaram alto teor de pectina e quantidades consideráveis de hemicelulose e fração de celulose e lignina na polpa de bacuri. Desta forma, escolheram-se as seguintes preparações enzimáticas: Pectinex Smash XXL, Shearzyme 500 L, Pectinex Ultra SP-L, Viscozyme L e Celluclast, cedidas gentilmente pela Novo Nordisk® Bioindustrial do Brasil Ltda e Pectinex XXL, adquirida da mesma empresa.

4.2.2 Caracterização das Preparações Enzimáticas Comerciais

Para avaliar a atividade das preparações enzimáticas comerciais, foram realizadas as seguintes análises bioquímicas:

4.2.2.1 Poligalacturonases – segundo COURI (1993).

4.2.2.2 Pectinametilesterases – segundo KHANNA et al. (1981).

4.2.2.3 Pectinaliases – segundo ZETELAKI-HORVATH (1982).

4.2.2.4 Amilases – segundo PINTO (2002).

4.2.2.5 Celulases – segundo PINTO (2002).

4.2.2.6 Invertases – segundo MOURA et al. (2007).

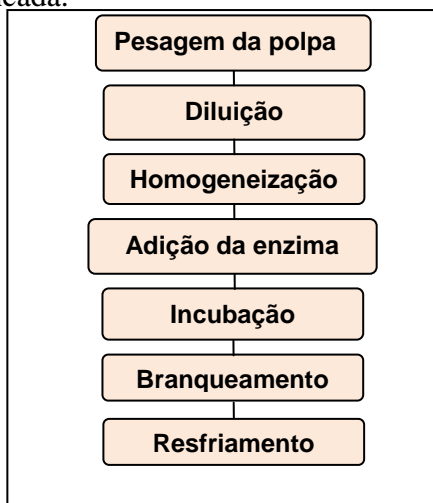
4.2.2.7 Xilanases – segundo metodologia de GOMES et al., 1992

Estas análises foram realizadas em triplicata.

4.2.3 Maceração Enzimática em Escala de Bancada

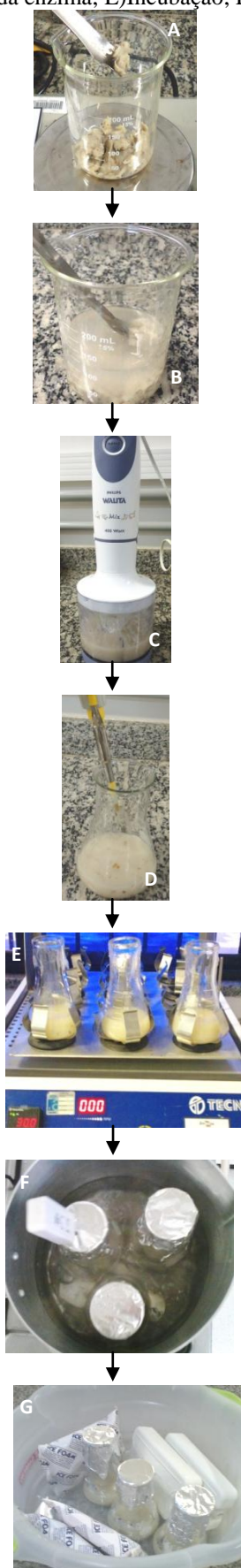
O processo de maceração enzimática utilizado em escala de bancada pode ser sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 4.1.

Figura 4.1 Fluxograma da maceração enzimática da polpa de bacuri em escala de bancada.



Inicialmente pesou-se 25 g de polpa de bacuri em becker de 250 mL (Figura 4.2A) e adicionou-se 50 mL de água destilada (Figura 4.2B). A polpa foi misturada com a água utilizando-se um Mixer WALITA (Figura 4.2C) por 20 segundos. A mistura foi colocada em erlemeyer de 250 mL e recebeu a preparação enzimática comercial (Figura 4.2D). Em seguida, realizou-se uma rápida agitação manual. O erlemeyer foi levado para um shaker orbital (Figura 4.2E) a 150 rpm na temperatura de 30 °C. Para inativação das enzimas realizou-se um branqueamento em banho maria (70°C/5 minutos) controlado por termômetro digital, em fogão doméstico (Figura 4.2F). Para realizar o resfriamento após o branqueamento utilizou-se um banho de gelo (Figura 4.2G).

Figura 4.2 Etapas da maceração enzimática da polpa de bacuri em escala de bancada: A)Pesagem; B)Diluição; C)Homogeneização; D)Adição da enzima; E)Incubação; F)Branqueamento; G)Resfriamento.



4.2.4 Análise da Consistência

Com um consistômetro de Bostwick - CSC Scientific (Figura 4.3) e um cronômetro em mãos, colocou-se 75 g de amostra na parte superior do consistômetro e disparou-se a alavanca e o cronômetro ao mesmo tempo. Mediu-se a distância que as amostras percorreram (fluxo da polpa e/ou fluxo do líquido) através das marcas de graduação divididas em 0,5 centímetros na base do equipamento, no tempo de 30 segundos.

Figura 4.3 Consistômetro de Bostwick.



4.2.5 Grupos Redutores Totais (GRT) - segundo a metodologia de MILLER (1959).

4.2.6 Escolha da Preparação Enzimática Comercial

Nesta etapa, quatro preparações enzimáticas, isoladamente, foram utilizadas em macerações realizadas conforme o item 4.2.3., nas seguintes condições:

- Preparações enzimáticas: Pectinex Smash, Pectinex XXL, Shearzyme 500L, Viscozyme L
- Amostra controle (para efeito de comparação): sem adição de preparação enzimática
- Concentração de cada preparação enzimática utilizada: $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ (AQUINO, 2008).
- Tempo: 80 minutos (AQUINO, 2008).

Após a maceração foi realizada análise da consistência (fluxo da polpa), em triplicata, para avaliar a eficiência do processo (item 4.2.4). Por meio desses resultados e das características das preparações enzimáticas comerciais (item 4.2.2), selecionaram-se as preparações enzimáticas Pectinex XXL e Viscozyme L para as próximas etapas. Essas etapas consistiram em avaliar a eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri com a redução do tempo de incubação para as duas preparações enzimáticas e a redução da concentração da Pectinex XXL, pois a concentração da preparação

enzimática Viscozyme L foi previamente estudada em trabalho realizado por Aquino (2008), que relatou $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ como a concentração mais adequada para o processo de maceração enzimática da polpa de bacuri.

4.2.7 Estudo da Concentração de Pectinex XXL®

A preparação enzimática Pectinex XXL foi utilizada em macerações, de acordo com o item 4.2.3, nas seguintes condições:

- Concentrações de Pectinex XXL: 53, 80, 107, 160, 213 e $267 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$
- Tempo de incubação: 80 minutos
- Amostra controle (para efeito de comparação): sem adição de preparação enzimática
- Codificação das amostras: 0 (controle), 53, 80, 107, 160, 213 e 267
- Análises realizadas, em triplicata, com as amostras após a maceração: consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido) (item 4.2.4).

4.2.8 Estudo do Tempo de Incubação da Maceração Enzimática utilizando Pectinex XXL® e Viscozyme L®

Com as concentrações das preparações enzimáticas já definidas, foram realizadas novas macerações, de acordo com o item 4.2.3, com o objetivo de reduzir o tempo de incubação de cada uma delas:

- Tempos de incubação: 80, 120 e 160 minutos
- Amostra controle (para efeito de comparação): com 0 minutos de incubação
- Codificação das amostras: 0 (controle), 80, 120 e 160
- Análises realizadas, em triplicata, com as amostras após a maceração: análises de consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido) (item 4.2.4) e teores de grupos redutores totais (GRT) (item 4.2.5), que avaliaram a eficiência do processo, e acidez total titulável (ATT) (item 3.2.2.1), que indicou mudanças de caráter físico-químico nas amostras.

4.2.9 Estudo da Temperatura de Incubação

Para avaliar a temperatura de incubação da maceração enzimática da polpa de bacuri utilizou-se apenas a preparação enzimática Pectinex XXL. As macerações foram realizadas, de acordo com o item 4.2.3, nas seguintes condições:

- Concentração de Pectinex XXL: $160 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$
- Tempo de incubação: 80 minutos
- Temperaturas de incubação: 20, 25, 30 e 35 °C
- Codificação das amostras: 20, 25, 30 e 35
- Análises realizadas, em triplicata, com as amostras após a maceração: consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido) (item 4.2.4), GRT (item 4.2.5) e ATT (item 3.2.2.1).

4.2.10 Combinação das Preparações Enzimáticas Comerciais

Com o objetivo de aumentar o desempenho da maceração enzimática da polpa de bacuri, e sabendo que além de pectina, a polpa de bacuri também apresentou um teor considerável de hemicelulose, celulose e lignina (Tabela 3.1), iniciou-se um estudo combinando a preparação Celluclast com as preparações Viscozyme L e Pectinex XXL, separadamente. Este estudo avaliou a influência da combinação das preparações enzimáticas e suas concentrações na maceração da polpa de bacuri. Para tal, foram realizados dois planejamentos fatoriais em delineamento composto central rotacional (DCCR) para 2 variáveis independentes. As macerações enzimáticas foram realizadas de acordo com o item 4.2.3, nas seguintes condições:

- Combinações das preparações enzimática comerciais: Pectinex XXL e Celluclast; Viscozyme e Celluclast
- Temperatura de incubação: 30°C
- Tempo de incubação: 80 minutos
- Análises realizadas, em triplicata, com as amostras após cada experimento: consistência (fluxo de polpa e fluxo do líquido) (item 4.2.4), teor de GRT (item 4.2.5) e ATT (item 3.2.2.1).

As faixas de estudo das variáveis foram determinadas com base nas análises realizadas nas etapas anteriores e estão apresentadas nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 Valores utilizados no primeiro planejamento para maceração enzimática com Pectinex XXL e Celluclast.

Variáveis	Código	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Concentração de Pectinex XXL ($\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$)	x_1	1,9	13	40	67	78,1
Concentração de Celluclast ($\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$)	x_2	1,9	13	40	67	78,1

Níveis codificados e não codificados de 2 variáveis e 5 níveis.

Tabela 4.2 Valores utilizados no segundo planejamento para maceração enzimática com Viscozyme L e Celluclast.

Variáveis	Código	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Concentração de Viscozyme L ($\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$)	x_1	1,9	13	40	67	78,1
Concentração de Celluclast ($\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$)	x_2	1,9	13	40	67	78,1

Níveis codificados e não codificados de 2 variáveis e 5 níveis.

Com o auxílio do software *Statística 7*, os resultados dos experimentos foram analisados a fim de se verificar o comportamento das variáveis estudadas. A análise foi realizada através do erro puro, identificando os coeficientes de regressão significativos com 90 % de confiança.

Após a realização dos planejamentos decidiu-se realizar um novo estudo de maceração da polpa de bacuri, de acordo com o item 4.2.3, utilizando a combinação que obteve maior êxito nos planejamentos, em relação à redução da consistência da polpa de bacuri (Pectinex XXL e Celluclast). Este estudo foi realizado sem planejamento experimental, fixando a concentração da preparação enzimática Pectinex XXL e aumentando a concentração da Celluclast, conforme citado a seguir:

- Combinação das preparações enzimáticas comerciais: Pectinex XXL e Celluclast
- Concentração de Pectinex XXL: $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$
- Concentrações de Celluclast: 100, 133, 167 e $200 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$
- Tempo de incubação: 80 minutos
- Codificação das amostras: P40xC100; P40xC133; P40xC167; P40xC200
- Análises realizadas, em triplicata, com as amostras após cada experimento: consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido) (item 4.2.4), GRT (item 4.2.5) e ATT (item 3.2.2.1).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Caracterização das Preparações Enzimáticas Comerciais

A Tabela 4.3 apresenta os valores médios das atividades pectinolíticas encontradas nas preparações enzimáticas comerciais estudadas.

Tabela 4.3. Caracterização das atividades pectinolíticas das preparações enzimáticas comerciais¹.

Preparações Enzimáticas	Quantidade (U/mL)		
	Poligalacturonase	Pectinametilesterase	Pectinaliase
Shearzyme 500 L	947,73 ± 9,53 a	8,47 ± 0,92 e	0,28 ± 0,23 a
Pectinex Smash XXL	ND	2732,12 ± 0,25 d	2,20 ± 1,21 a
Pectinex XXL	323,58 ± 213,57 b	7918,32 ± 0,67 b	3,93 ± 1,41 a
Viscozyme L	293,83 ± 136,14 b	11152,28 ± 1,27 a	4,11 ± 11,80 a
Celluclast	ND	808,36 ± 47,92 e	5,02 ± 4,82 a

¹ Valores médios obtidos a partir da análise em duplicata. Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. ND = Não detectada.

De todas as preparações estudadas, a Shearzyme 500L foi a que apresentou maior concentração de PG (947,73 U/mL), apresentando diferença significativa ($p < 0,10$) das outras preparações. No entanto, Pectinex XXL e Viscozyme L, também revelaram uma considerável concentração de PG, não apresentando diferença significativa ($p > 0,10$) entre si. Já nas preparações Pectinex Smash XXL e Celluclast não se detectou nenhuma atividade dessa enzima pela metodologia utilizada (Tabela 4.3).

A preparação enzimática Viscozyme L destacou-se pela maior concentração de PME (11152,28 U/mL), apresentando diferença significativa ($p < 0,10$) em relação às demais. Pectinex XXL e Pectinex Smash XXL revelaram concentrações razoáveis de PME, enquanto as preparações Shearzyme 500L e Celluclast apresentaram concentração relativamente baixa dessa enzima.

Todas as preparações enzimáticas analisadas apresentaram baixíssimas concentrações de PL.

Os valores médios das enzimas hemicelulolíticas, celulolíticas e amilolíticas das preparações enzimáticas comerciais estudadas estão apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Caracterização das atividades hemicelulolíticas, celulolíticas e amilolíticas das preparações enzimáticas comerciais¹.

Preparações Enzimáticas	Quantidade (U/mL)			
	Xilanase	Invertase	Celulase	Amilase
Shearzyme 500 L	6234,07 ± 142,46 a	6,78 ± 0,04 c	1,83 ± 0,49 c	25,97 ± 0,13 d
Pectinex Smash XXL	21,95 ± 0,03 d	ND	4,46 ± 1,33 b	165,08 ± 0,07 b
Pectinex XXL	202,76 ± 15,28 c	44,01 ± 1,93 b	0,76 ± 0,56 c	51,36 ± 0,38 c
Viscozyme L	170,07 ± 16,48 c	64,42 ± 4,70 a	6,80 ± 2,15 b	171,55 ± 2,64 a
Celluclast	407,95 ± 4,03 b	0,23 ± 0,14 d	15,34 ± 3,15 a	1,36 ± 0,67 e

¹ Valores médios obtidos a partir da análise em duplicata. Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. ND = Não detectada.

As preparações enzimáticas Shearzyme 500 L e Celluclast revelaram as maiores concentrações de xilanase (6234,07 U/mL) e celulase (15,34 U/mL), respectivamente. Em relação à concentração de invertase e amilase, destacou-se a preparação Viscozyme L com 64,42 e 171,55 U/mL, respectivamente.

4.3.2 Escolha das Preparações Enzimáticas Comerciais

A Tabela 4.5 apresenta os resultados da análise de consistência para a escolha da preparação enzimática comercial na maceração da polpa de bacuri.

Tabela 4.5 Médias obtidas na maceração enzimática da polpa de bacuri com diferentes preparações enzimáticas comerciais.

Amostra	Fluxo da polpa (cm)
Polpa sem Preparação Enzimática	2,43 ± 0,25b
Polpa com Pectinex Smash XXL	8,47 ± 1,07a
Polpa com Pectinex XXL	9,33 ± 0,64a
Polpa com Pectinex Shearzyme 500L	3,03 ± 1,53b
Polpa com Viscozyme L	11,47 ± 4,61a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%.

A maceração enzimática realizada com Shearzyme 500L na polpa de bacuri não obteve um efeito positivo em relação à diminuição de consistência da polpa, não apresentando diferença significativa ($p > 0,10$) em relação à amostra controle (sem preparação enzimática). Já as macerações enzimáticas realizadas com Pectinex Smash XXL, Pectinex XXL e Viscozyme L apresentaram redução de consistência significativa ($p < 0,10$) da polpa, em relação à amostra controle (Tabela 4.5).

Para dar continuidade aos estudos de maceração enzimática da polpa de bacuri, foi realizada uma seleção de duas das melhores preparações enzimáticas com base nos resultados das análises de caracterização das preparações (Tabelas 4.3 e 4.4) e redução da consistência (Tabela 4.5).

A preparação Viscozyme L foi uma das escolhidas em razão de possuir elevada concentração de pectinases, invertases e amilases (Tabela 4.3 e 4.4), além de ter conseguido reduzir, significativamente, a consistência da polpa de bacuri (Tabela 4.5). A outra preparação escolhida foi a Pectinex XXL, que além de apresentar concentrações de enzimas semelhante à Viscozyme L (Tabela 4.3 e 4.4), também mostrou-se eficiente na redução da consistência da polpa de bacuri (Tabela 4.5). Outro motivo que levou à escolha da Pectinex XXL foi o fato desta preparação possuir uma concentração moderada de PME, visto que essa enzima pode gerar uma quantidade de subprodutos (metanol e íons hidrogênio) na maceração da polpa de bacuri, capaz de interferir na acidez da polpa, e conseqüentemente, na aceitação do néctar.

4.3.3 Estudo da Concentração de Pectinex XXL®

Os resultados da análise de consistência da polpa de bacuri macerada com Pectinex XXL em diferentes concentrações estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 Médias obtidas na maceração da polpa de bacuri com Pectinex XXL em diferentes concentrações.

Concentração de Pectinex XXL ($\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)
0 (Controle)	4,30±0,42 d	0,00±0,00 b
53	6,35±0,49 c	10,65±1,20 a
80	7,40±0,14 b c	10,25±1,06 a
107	8,15±0,21 b	9,90±0,70 a
160	9,80±0,98 a	9,60±0,00 a
213	8,15±0,21 b	8,80±0,56 a
267	7,60±0,14 b c	10,60±0,84 a

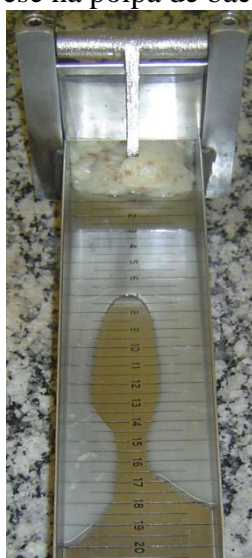
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%.

As macerações enzimáticas realizadas com Pectinex XXL nas concentrações estudadas apresentaram significativa perda de consistência em relação à amostra controle, sendo que a amostra macerada enzimaticamente com 160 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL (C160) obteve o melhor desempenho, revelando diferença significativa

($p < 0,10$) das demais amostras, em relação ao fluxo da polpa. Quanto ao fluxo do líquido, todas as amostras apresentaram diferença significativa ($p < 0,10$) em relação ao controle.

Além da amostra C160 ser a amostra com maior fluxo de polpa, esta também não apresentou separação de fase. Esta separação de fase é um fenômeno indesejado, conhecido como sinerese, que promove a liberação de líquido e separa a polpa em duas fases (BOURNE, 2002) (Figura 4.4).

Figura 4.4 Fenômeno da sinerese na polpa de bacuri macerada enzimaticamente.



4.3.4 Estudo do Tempo de Incubação da Maceração Enzimática utilizando Pectinex XXL® e Viscozyme L®

A Tabela 4.7 apresenta os resultados das análises de consistência, grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT) para a escolha do tempo de incubação na maceração da polpa de bacuri utilizando $160 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL.

Tabela 4.7 Médias obtidas na maceração da polpa de bacuri com Pectinex XXL em diferentes tempos de incubação.

Tempo (min)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
0 (Controle)	3,20±0,14b	0,00±0,00b	17,34±0,21b	0,24±0,01b
80	8,15±0,49a	9,10±0,00a,b	23,06±0,52a	0,36±0,01a
120	2,70±2,54b	12,20±5,09a	22,67±0,76a	0,36±0,01a
160	8,40±0,84a	9,45±0,63a,b	23,69±0,25a	0,35±0,00a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. Controle = polpa de bacuri macerada por 0 min, CT80 = polpa de bacuri macerada por 80 min, CT120 = polpa de bacuri macerada por 120 min, CT160 = polpa de bacuri macerada por 160 min. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

As amostras 80 e 160 não apresentaram diferença significativa ($p > 0,10$) entre si para redução da consistência, teor de GRT e ATT, obtendo bom desempenho (Tabela 4.7). Já a amostra T120 não apresentou diferença ($p > 0,10$) em relação à amostra controle para o fluxo de polpa e revelou intensa sinerese (Figura 4.5).

Figura 4.5 Comportamento do fluxo da polpa da amostra T120.



O teor de GRT das amostras maceradas enzimaticamente apresentou aumento significativo ($p < 0,10$) em relação à amostra controle, mas não diferiu entre as amostras maceradas (Tabela 4.7). Isto ocorreu, provavelmente, devido à atuação das enzimas despolimerizantes sobre as moléculas de carboidratos, especialmente, a pectina, acarretando a liberação de resíduos solúveis de açúcares redutores.

O aumento do teor de ATT é um resultado indesejado, pois quanto mais ácida estiver a polpa, mais sacarose será utilizada no momento da formulação do néctar. Para todas as amostras maceradas enzimaticamente houve diferença significativa ($p < 0,10$) em relação à amostra controle (Tabela 4.7), indicando uma liberação de ácido na reação enzimática, podendo acarretar em maior adição de sacarose na formulação do néctar.

O tempo de incubação escolhido para maceração enzimática com $160 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL foi de 80 minutos, com redução da consistência da polpa em torno de 60,74 %.

SANTIN (2004) avaliou a hidrólise enzimática da polpa de pêssigo e observou uma tendência semelhante à do presente estudo em relação à redução da consistência da polpa com aplicação da preparação Pectinex AFP L-3 nas condições de 25°C durante 60 minutos de incubação.

Os valores médios obtidos nas análises de consistência, grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT) das amostras de polpa de bacuri maceradas com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L, nos diferentes tempos de incubação testados, estão apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 Médias obtidas na maceração da polpa de bacuri com Viscozyme L em diferentes tempos de incubação.

Tempo (min)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
0 (Controle)	2,75±0,35b	00,00 ± 0,00b	17,73 ± 0,79c	0,23 ± 0,02b
80	5,10±3,25a,b	11,05±1,34a	20,76 ± 0,22b	0,37 ± 0,01a
120	8,80±0,07a	9,60±0,28a	21,70 ± 0,67a,b	0,38 ± 0,00a
160	6,05±0,70a,b	8,30±0,28a	23,80 ± 0,85a	0,39 ± 0,01a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. Controle = polpa de bacuri macerada por 0 min, T80 = polpa de bacuri macerada por 80 min, T120 = polpa de bacuri macerada por 120 min, T160 = polpa de bacuri macerada por 160 min. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

A amostra T120 foi a que apresentou maior redução da consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido) com menor sinerese (Figura 4.6).

Figura 4.6 Comportamento do fluxo da polpa da amostra T120.



Em relação ao GRT e ATT, todas as amostras maceradas apresentaram aumento significativo ($p < 0,10$) em relação à amostra controle, mas diferiram entre si (Tabela 4.8).

Portanto, o tempo de incubação escolhido para maceração enzimática com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L foi de 120 minutos, o que reduziu em torno de 68,75 % da consistência da polpa de bacuri.

4.3.5 Estudo da Temperatura de Incubação

Apesar de todas as etapas acima já terem sido realizadas na temperatura de incubação de 30°C, outras temperaturas foram estudadas para verificar a possibilidade de melhorar o efeito da maceração enzimática. Como o objetivo desta parte do trabalho foi verificar a influência da temperatura na maceração, utilizou-se somente a Pectinex XXL, escolhida aleatoriamente.

Na Tabela 4.9 estão apresentadas as médias obtidas nas análises de consistência, grupos reductores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT) das amostras de polpa de bacuri maceradas durante 80 minutos com $160 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL em diferentes temperaturas de incubação.

Tabela 4.9 Médias obtidas na maceração da polpa de bacuri com Pectinex XXL em diferentes temperaturas de incubação.

Temperatura (°C)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
20	7,60±0,56 ^a	8,45±0,91 ^a	22,25±0,13 ^{b,c}	0,37±0,00 ^c
25	7,25±1,06 ^a	8,90±0,28 ^a	23,43±1,01 ^b	0,41±0,01 ^b
30	7,30±0,42 ^a	10,45±0,91 ^a	26,29±0,73 ^a	0,43±0,01 ^{a,b}
35	5,30±0,37 ^a	13,2±4,80 ^a	27,37±0,09 ^a	0,45±0,01 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. T20 = polpa de bacuri macerada a 20°C, T25 = polpa de bacuri macerada a 25°C, T30 = polpa de bacuri macerada a 30°C, T35 = polpa de bacuri macerada a 35°C.

As macerações enzimáticas realizadas não apresentaram diferença significativa ($p > 0,10$) entre si, em relação à redução da consistência. Já, em relação ao teor de GRT, as amostras 30 e 35 diferenciaram-se significativamente ($p < 0,10$) das outras amostras, indicando uma melhor ação das enzimas hidrolíticas. Quanto ao teor de ATT, a amostra 30 apresentou diferença significativa ($p < 0,10$) em relação à amostra 20, mas não diferenciou-se das amostras T25 e T35, revelando liberação de ácidos com o aumento da temperatura (Tabela 4.9).

A temperatura fixada foi a de 30 °C, em razão da amostra T30 apresentar maior aumento de GRT, em relação às amostras T20 e T25, indicando maceração mais eficiente.

De posse dos resultados obtidos até o momento, pode-se afirmar que as macerações enzimáticas realizadas com Pectinex XXL e Viscozyme L, isoladamente, revelaram significativa redução da consistência e aumento de GRT. No entanto, na tentativa de melhorar o desempenho da maceração da polpa de bacuri, iniciou-se um

estudo da combinação das preparações enzimáticas comerciais através do recurso do planejamento experimental.

A preparação escolhida para combinar-se com Pectinex XXL e Viscozyme L foi a Celluclast, visto que a análise físico-química da polpa de bacuri, realizada no presente trabalho (Tabela 3.1), apresentou elevado teor de hemicelulose ($4,61 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), celulose e lignina ($8,18 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e a análise de caracterização das preparações (Tabela 4.4), revelaram a Celluclast como a preparação com a maior concentração de celulase ($15,12 \text{ U/mL}$) entre as estudadas, além de considerável atividade hemicelulase ($407,95 \text{ U/mL}$).

4.3.6 Combinação das Preparações Enzimáticas Comerciais

4.3.6.1 Primeiro Planejamento Experimental: Pectinex XXL e Celluclast

A Tabela 4.10 apresenta a matriz do primeiro planejamento experimental, contendo os 20 ensaios realizados, os níveis codificados e não codificados das concentrações das preparações enzimáticas adicionadas à polpa de bacuri e suas respectivas respostas em termos de consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido), grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT).

Tabela 4.10 Matriz do delineamento do primeiro planejamento experimental com o resultado dos ensaios.

Ensaio	x_1	x_2	Valores (x_1)	Valores (x_2)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
1	-1	-1	13	13	8,90	9,40	26,38	0,37
2	-1	+1	13	67	10,90	11,80	24,95	0,36
3	+1	-1	67	13	11,00	12,10	30,94	0,43
4	+1	+1	67	67	12,40	13,30	28,39	0,40
5	-1,41	0	2,4	40	9,80	10,60	22,11	0,30
6	+1,41	0	78	40	9,70	10,20	25,79	0,37
7	0	-1,41	40	2,4	11,50	12,40	21,71	0,33
8	0	+1,41	40	78	12,50	13,50	30,14	0,38
9	0	0	40	40	12,10	13,10	27,80	0,41
10	0	0	40	40	13,10	14,00	23,31	0,35
11	-1	-1	13	13	10,00	11,00	25,86	0,36
12	-1	+1	13	67	11,60	12,30	25,58	0,36
13	+1	-1	67	13	10,50	11,20	30,68	0,42
14	+1	+1	67	67	12,90	13,70	29,55	0,41
15	-1,41	0	2,4	40	10,00	10,60	23,44	0,31
16	+1,41	0	78	40	12,00	12,60	27,00	0,38
17	0	-1,41	40	2,4	11,00	12,20	21,89	0,33
18	0	+1,41	40	78	14,60	15,10	22,86	0,33
19	0	0	40	40	11,50	13,10	25,87	0,38
20	0	0	40	40	13,50	14,60	23,30	0,35

x_1 = Pectinex XXL; x_2 = Celluclast. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

O maior fluxo da polpa e líquido, indicando redução da consistência, foi obtido no ensaio 18, ao se utilizar $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $78 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, alcançando uma resposta de 14,60 e 15,10 cm de fluxo de polpa e líquido, respectivamente (Tabela 4.10).

Este resultado ocorreu, provavelmente devido o fato de que as enzimas pectinolíticas, que estão presentes em grande quantidade na Pectinex XXL (Tabela 4.3), promoveram a desintegração da pectina solúvel e insolúvel intercelular da lamela média

(protopectina), além da pectina no interior da parede celular (JANDA e DORREICH, 1988). No entanto, como a parede celular não é composta somente por pectinas, a presença de Celluclast, contendo atividade celulolítica e hemicelulolítica (Tabela 4.4), complementou a degradação da parede celular, reduzindo a consistência da polpa de bacuri.

Coelho et al. (2008), afirmaram que as preparações constituídas principalmente de pectinases dissolvem o tecido da planta, formando uma suspensão celular. Se esta suspensão é macerada com celulasas, a lise da parede celular aumenta levando a uma degradação quase completa de carboidratos solúveis e insolúveis.

A necessidade de se utilizar uma maior concentração de Celluclast pode ser explicada em razão desta preparação enzimática, apesar de apresentar a maior atividade celulolítica entre as preparações estudadas, não ter apresentado concentrações muito altas de celulasas em sua composição (Tabela 4.4).

O ensaio que melhor cooperou na liberação de GRT e ATT foi o 3, com maior concentração de Pectinex XXL (Tabela 4.10). Ocorre que, a liberação de ATT não é um efeito desejado na maceração da polpa de bacuri, e sendo assim, a combinação que resultou no menor teor de ATT (0,30 %) foi a do ensaio 5, contendo apenas $2,4 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast. Com este resultado, ficou evidente a relação da liberação de GTR e ATT com a concentração de Pectinex XXL.

Esta relação pode ser explicada através do conhecimento de que as pectinases atuam liberando ácidos carboxílicos e ácidos galacturônicos, responsáveis pela redução no pH da polpa e aumento de açúcares redutores do meio (BASTOS et al., 2002; WHITAKER, 1990).

A Tabela 4.11 mostra os resultados de análise de variância de cada fator estudado no primeiro planejamento experimental. Pode-se dizer que o modelo é válido estatisticamente, para todos os fatores estudados, pois $F_{\text{calculado}}$ apresentou-se maior do que o F_{tabelado} . Entretanto, os valores de coeficiente de correlação para grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT) não foram próximos de 1, indicando que o resultado obtido para estes fatores pode não depender das variáveis estudadas.

Tabela 4.11 Análise de variância para a perda de consistência (fluxo da polpa e do líquido), GRT e ATT do primeiro planejamento experimental.

Fluxo da polpa					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	29,12	1	29,12	54,37	3,01
Resíduo	9,64	18	0,54		
Total	38,76	19			
Fluxo do líquido					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	33,98	1	33,98	67,79	3,01
Resíduo	9,02	18	0,50		
Total	43,00	19			
GRT					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	54,92	1	54,92	8,61	3,01
Resíduo	114,88	18	6,38		
Total	169,81	19			
ATT					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	0,01	1	0,01	14,09	3,01
Resíduo	0,01	18	0,00		
Total	0,02	19			

R^2 (fluxo da polpa)= 0,76; R^2 (fluxo do líquido)= 0,79; R^2 (GRT)= 0,32; R^2 (ATT)= 0,44. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

Na Tabela 4.12 estão apresentados os efeitos estimados para os fatores estudados no primeiro planejamento.

Tabela 4.12 Efeitos estimados para a resposta de fluxo da polpa e do líquido, GRT e ATT do primeiro planejamento experimental.

Fluxo da polpa		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	1,01	0,03
x_1^2 (Q)	-2,36	0,00
x_2 (L)	1,74	0,00
x_2^2 (Q)	-0,33	0,55
x_1x_2	0,05	0,93
Fluxo do líquido		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	1,01	0,02
x_1^2 (Q)	-2,85	0,00
x_2 (L)	1,63	0,00
x_2^2 (Q)	-0,55	0,32
x_1x_2	0,00	1,00
GRT		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	3,38	0,03
x_1^2 (Q)	1,23	0,53
x_2 (L)	0,99	0,50
x_2^2 (Q)	0,79	0,68
x_1x_2	-0,49	0,81
ATT		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	0,05	0,01
x_1^2 (Q)	-0,01	0,73
x_2 (L)	0,00	0,81
x_2^2 (Q)	-0,00	0,97
x_1x_2	-0,01	0,63

x_1 = concentração de Pectinex XXL (linear); x_1^2 = concentração de Pectinex XXL (quadrático);
 x_2 = concentração de Celluclast (linear); x_2^2 = concentração de Celluclast (quadrático);
 x_1x_2 = interação da concentração das duas preparações enzimáticas comerciais.
 GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

As variáveis com efeito significativo para fluxo de polpa e líquido foram as mesmas, sendo elas, o termo linear da concentração de Pectinex XXL (x_1), o termo linear da concentração de Celluclast (x_2) e o termo quadrático da concentração de Pectinex XXL (x_1^2). O resultado positivo desses efeitos lineares indicam que o aumento das preparações adicionadas promoveram maior degradação da polpa de bacuri (Tabela 4.12).

A única variável com efeito significativo para GRT e ATT foi o termo linear da concentração de Pectinex XXL (x_1), e o fato deste efeito ser positivo, implica que o aumento desta preparação enzimática promoveu a liberação de GRT e ATT, conforme indicado pela análise preliminar da Tabela 4.10.

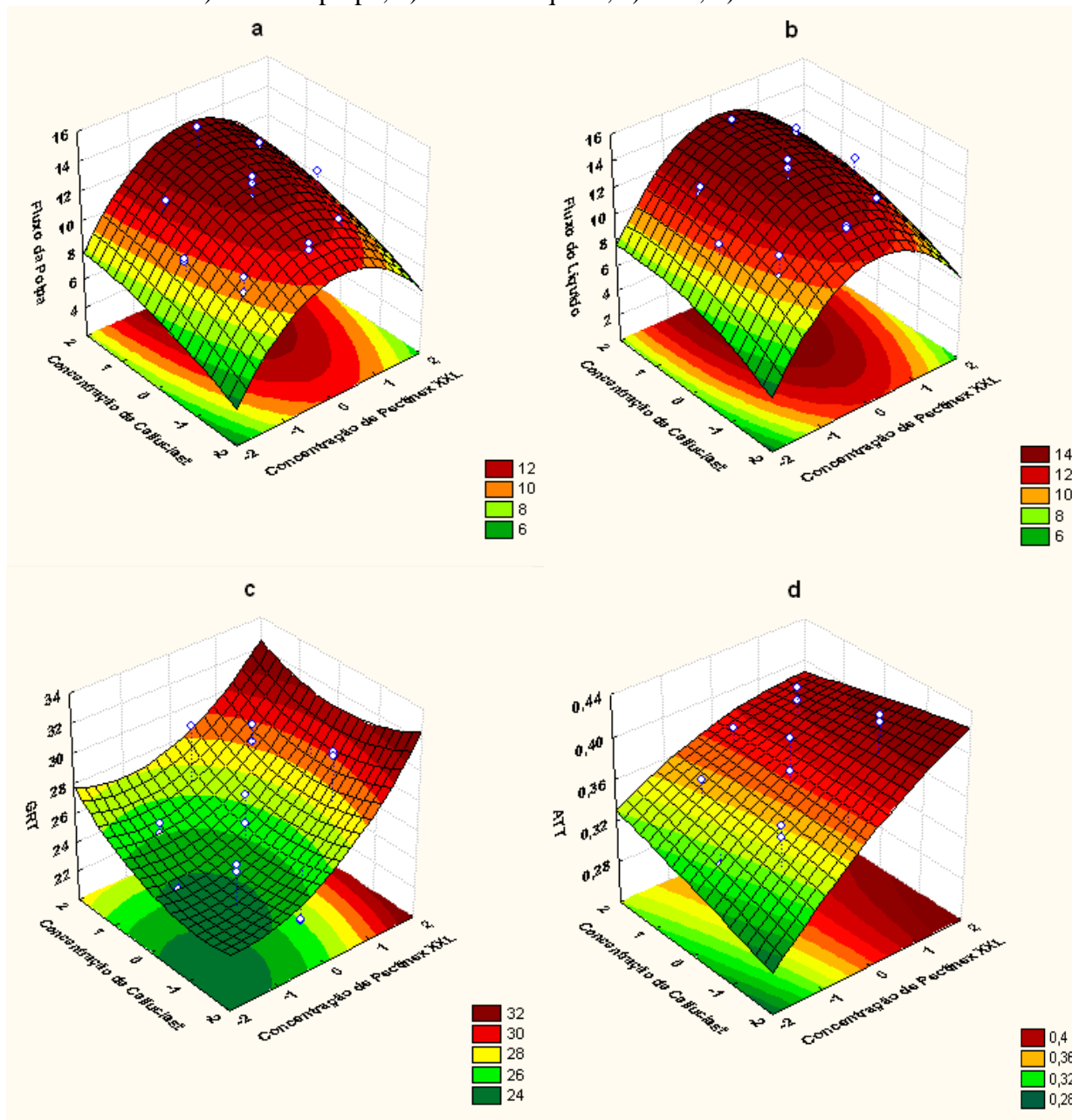
As equações 4.1 e 4.2 apresentam os modelos codificados a partir dos coeficientes de regressão com efeito significativo.

$$\text{Fluxo da polpa} = 12,55 + 0,50x_1 - 1,18x_1^2 + 0,87x_2 \quad (4.1)$$

$$\text{Fluxo do líquido} = 13,70 + 0,50x_1 - 1,42x_1^2 + 0,82x_2 \quad (4.2)$$

Os gráficos de superfícies de resposta apresentados na Figura 4.7 indicam a tendência dos dados obtidos.

Figura 4.7 Superfície de resposta em função da concentração de Pectinex XXL e Celluclast: a)Fluxo da polpa; b)Fluxo do líquido; c)GRT; d)ATT.



Os gráficos de superfície de resposta gerados com os resultados de fluxo de polpa e líquido (Figura 4.7 a e 4.7 b) evidenciaram a existência do ponto ótimo para a concentração de Pectinex XXL, em torno de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$. No entanto, para a concentração de Celluclast, os mesmos gráficos revelaram a necessidade de concentrações maiores desta preparação para que a mesma alcance o ponto ótimo de maceração enzimática de polpa de bacuri.

Observou-se também que a concentração de Celluclast não influenciou muito na liberação de GRT e ATT, ao contrário da concentração de Pectinex XXL, que mostrou um aumento expressivo na liberação de GRT e ATT com o aumento de sua concentração (Figura 4.7 c e 4.7 d).

Diante do exposto, podemos afirmar que a melhor combinação para a maceração de polpa de bacuri, entre as estudadas, foi a que utilizou $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $78 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, pois esta combinação apresentou maior redução da consistência da polpa sem atingir os maiores teores de ATT.

Com o objetivo de verificar também o comportamento da Viscozyme L combinada com Celluclast, foi realizado o segundo planejamento experimental.

4.3.6.2 Segundo Planejamento Experimental: Viscozyme L e Celluclast

Na Tabela 4.13 está a matriz do segundo planejamento experimental com seus respectivos resultados de consistência (fluxo da polpa e fluxo do líquido), grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT).

Tabela 4.13 Matriz do delineamento do segundo planejamento experimental com o resultado dos ensaios.

Ensaio	x_1	x_2	Valores (x_1)	Valores (x_2)	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
1	-1	-1	13	13	6,40	7,30	24,75	0,40
2	-1	+1	13	67	8,20	8,70	26,10	0,39
3	+1	-1	67	13	7,50	8,30	27,17	0,44
4	+1	+1	67	67	9,10	9,60	26,25	0,41
5	-1,41	0	2,4	40	3,50	6,50	23,50	0,37
6	+1,41	0	78	40	7,40	8,00	30,53	0,51
7	0	-1,41	40	2,4	7,00	8,40	25,89	0,47
8	0	+1,41	40	78	9,60	10,50	28,16	0,48
9	0	0	40	40	8,40	9,60	24,84	0,45
10	0	0	40	40	8,30	9,50	24,15	0,38
11	-1	-1	13	13	6,70	8,60	22,82	0,39
12	-1	+1	13	67	7,60	8,60	22,19	0,39
13	+1	-1	67	13	7,00	8,50	41,81	0,44
14	+1	+1	67	67	9,20	9,80	24,83	0,52
15	-1,41	0	2,4	40	4,60	6,90	24,18	0,41
16	+1,41	0	78	40	8,90	9,50	29,10	0,51
17	0	-1,41	40	2,4	6,30	9,60	24,00	0,49
18	0	+1,41	40	78	8,70	9,90	27,56	0,48
19	0	0	40	40	9,00	9,90	24,36	0,45
20	0	0	40	40	8,50	9,80	23,20	0,37

x_1 = Viscozyme L; x_2 = Celluclast. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

A Tabela 4.13 mostrou que o maior fluxo da polpa e líquido foi obtido no ensaio 8, utilizando $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $78 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast. Apesar de esta proporção ser a mesma do primeiro planejamento, os valores atingidos para o fluxo foram menores (fluxo da polpa: 9,60 cm, fluxo do líquido: 10,50 cm).

Para a liberação de GRT e ATT, os resultados do primeiro e do segundo planejamento se assemelharam, sendo que os teores de GRT e ATT obtidos no segundo planejamento foram maiores (Tabela 4.13). Este resultado pode ter ocorrido devido a Viscozyme L ter apresentado maior quantidade de PME, invertase, celulase e amilase

em relação à Pectinex XXL (Tabelas 4.3 e 4.4). Contudo, esta condição não afetou o fluxo de polpa e líquido.

A Tabela 4.14 revelou que o modelo é válido estatisticamente, para todos os fatores estudados, sendo o $F_{\text{calculado}}$ maior do que o F_{tabelado} . Porém, os valores de coeficiente de correlação para grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT), apesar de terem alcançado maiores valores em relação ao primeiro planejamento, também não foram próximos de 1.

Tabela 4.14 Análise de variância para a perda de consistência (fluxo da polpa e do líquido), GRT e ATT do segundo planejamento experimental.

Fluxo da polpa					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	3,89	1	36,89	75,64	3,01
Resíduo	8,78	18	0,49		
Total	45,67	19			
Fluxo do líquido					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	17,31	1	17,31	86,38	3,01
Resíduo	3,61	18	0,20		
Total	20,92	19			
GRT					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	186,58	1	186,58	20,16	3,01
Resíduo	166,62	18	9,26		
Total	353,19	19			
ATT					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	0,03	1	0,03	24,80	3,01
Resíduo	0,02	18	0,00		
Total	0,05	19			

$R^2(\text{fluxo da polpa})= 0,81$; $R^2(\text{fluxo do líquido})= 0,84$; $R^2(\text{GRT})= 0,51$; $R^2(\text{ATT})= 0,57$. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

A Tabela 4.15 apresentou os efeitos estimados dos fatores estudados no segundo planejamento.

Tabela 4.15 Efeitos estimados para a resposta de fluxo da polpa, fluxo do líquido, GRT e ATT do segundo planejamento experimental.

Fluxo da polpa		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	1,94	0,00
x_1^2 (Q)	-2,09	0,00
x_2 (L)	1,70	0,00
x_2^2 (Q)	-0,29	0,41
x_1x_2	0,27	0,47
Fluxo do líquido		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	1,10	0,00
x_1^2 (Q)	-1,97	0,00
x_2 (L)	0,92	0,00
x_2^2 (Q)	0,09	0,78
x_1x_2	0,30	0,42
GRT		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	5,14	0,01
x_1^2 (Q)	2,88	0,23
x_2 (L)	-1,11	0,53
x_2^2 (Q)	2,45	0,30
x_1x_2	-4,65	0,08
ATT		
Variáveis	Efeitos estimados	<i>P</i>
x_1 (L)	0,07	0,00
x_1^2 (Q)	0,01	0,55
x_2 (L)	0,00	0,83
x_2^2 (Q)	0,05	0,08
x_1x_2	0,01	0,61

x_1 = concentração de Viscozyme L (linear); x_1^2 = concentração de Viscozyme L (quadrático);
 x_2 = concentração de Celluclast (linear); x_2^2 = concentração de Celluclast (quadrático);
 x_1x_2 = interação da concentração das duas preparações enzimáticas comerciais.
 GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

Em relação aos fatores de fluxo de polpa e líquido, os resultados obtidos foram idênticos aos do primeiro planejamento, mostrando que o aumento das preparações enzimáticas adicionadas gerou uma degradação mais intensa da polpa de bacuri, sendo

que, o aumento de Viscozyme L na polpa de bacuri parcialmente macerada revelou redução de fluxo de polpa e líquido, afetando a degradação desta polpa.

As variáveis com efeito significativo para GRT foram, o termo linear da concentração de Viscozyme L (x_1), que manteve-se positivo e a interação das preparações enzimáticas (x_1x_2), com efeito negativo, indicando que o aumento da Viscozyme L favoreceu a liberação de GRT, assim como no primeiro planejamento. Porém, também observou-se que o aumento das duas preparações adicionadas reduziu a liberação de GRT na maceração da polpa de bacuri (Tabela 4.15).

Para ATT, os efeitos significativos foram o termo linear da concentração de Viscozyme L (x_1) e o termo quadrático da concentração de Celluclast (x_2^2), ambos com efeito positivo, indicando que o aumento da Viscozyme L na polpa de bacuri aumentou a liberação de ATT, da mesma forma que no primeiro planejamento (Tabela 4.15).

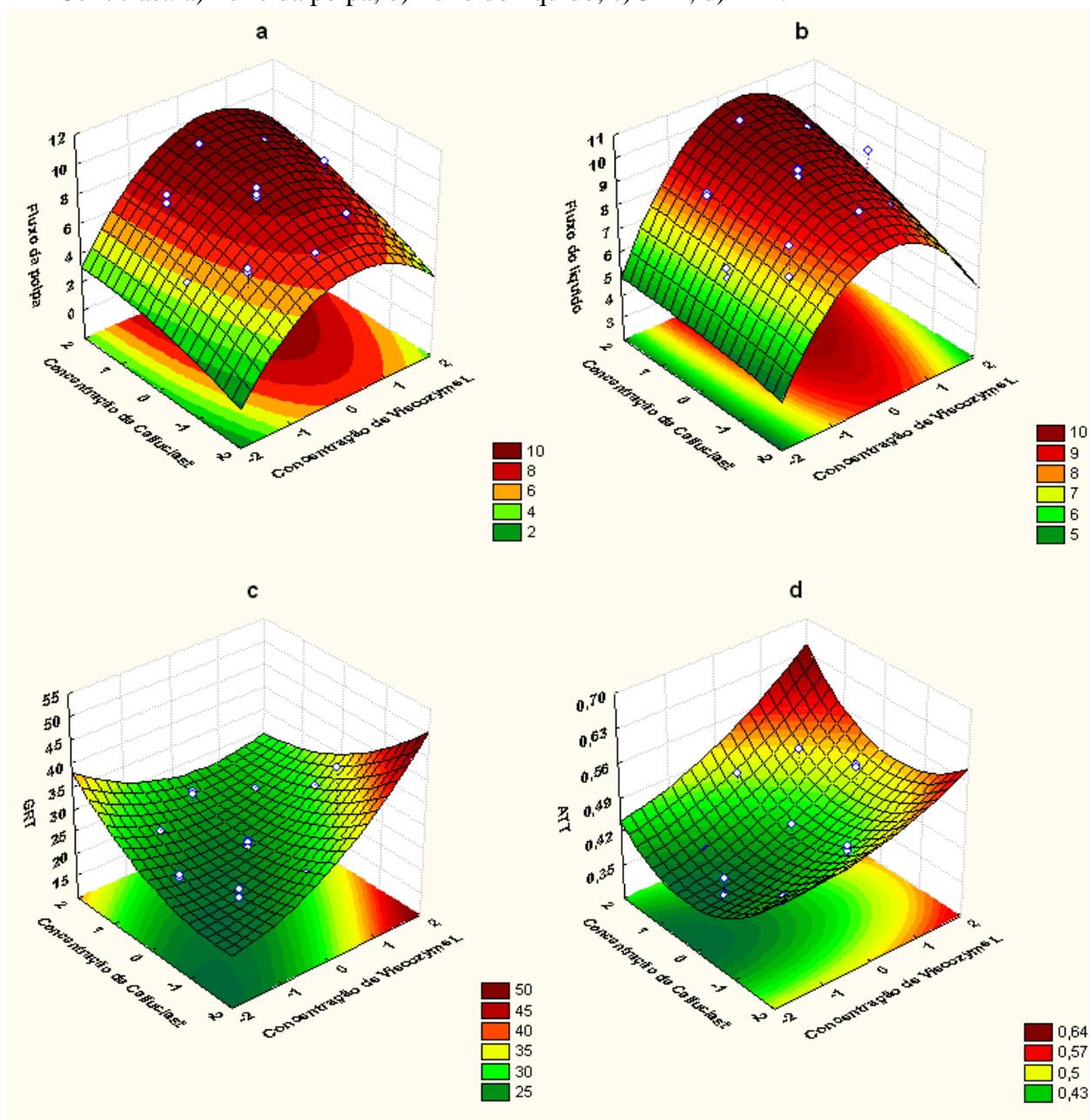
As equações 4.3 e 4.4 apresentam os modelos codificados a partir dos coeficientes de regressão com efeito significativo.

$$\text{Fluxo da polpa} = 8,55 + 0,97x_1 - 1,05x_1^2 + 0,85x_2 \quad (4.3)$$

$$\text{Fluxo do líquido} = 9,70 + 0,55x_1 - 0,98x_1^2 + 0,46x_2 \quad (4.4)$$

A Figura 4.8, indicando a tendência dos dados obtidos, apresenta os gráficos de superfície de resposta dos fatores estudados em função da concentração de Viscozyme L e Celluclast.

Figura 4.8 Superfície de resposta em função da concentração de Viscozyme L e Celluclast: a)Fluxo da polpa; b)Fluxo do líquido; c)GRT; d)ATT.



Os gráficos de fluxo de polpa e líquido (Figura 4.8 a e 4.8 b) também foram semelhantes aos do primeiro planejamento, apresentando o ponto ótimo para a concentração de Viscozyme L, em torno de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ e indicando a necessidade

de maiores concentrações de Celluclast para se obter o ponto ótimo de maceração enzimática de polpa de bacuri.

A superfície de resposta da Figura 4.8 c mostrou uma tendência dos valores de GRT aumentarem com o aumento da concentração de Viscozyme L e a redução da concentração de Celluclast. Enquanto que, a Figura 4.8 d mostrou pouca influência da Celluclast na liberação de ATT, diferentemente da concentração de Viscozyme L, que mostrou que seu aumento elevou consideravelmente à liberação de ATT.

A melhor combinação para a maceração de polpa de bacuri, entre as concentrações estudadas neste planejamento, foi a que utilizou $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $78 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast.

Comportamentos com tendência similar foram observados nos estudos de Kaur et al. (2009), Abdullar et al. (2007) e Sun et al. (2006), em suco de goiaba, carambola e cenoura, respectivamente, onde a concentração da enzima no tratamento enzimático também foi avaliado por meio de planejamento experimental.

Os resultados dos planejamentos experimentais sinalizaram a melhor maceração enzimática da polpa de bacuri ao se utilizar $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL. No entanto, observou-se que os níveis de Celluclast ainda podiam ser elevados a fim de se obter a concentração ótima desta preparação na maceração enzimática da polpa de bacuri. Com isso, decidiu-se verificar até onde o aumento da Celluclast poderia beneficiar a maceração enzimática da polpa de bacuri.

Apesar do resultado dos dois planejamentos terem sido bastante semelhantes, a preparação escolhida para combinar-se com a Celluclast, neste novo estudo foi a Pectinex XXL, em razão desta combinação ter apresentado maior redução da consistência da polpa de bacuri.

4.3.6.3 Estudo da Combinação das Preparações Enzimáticas Pectinex XXL e Celluclast sem Planejamento Experimental

A Tabela 4.15 apresentaram os resultados de perda de consistência, grupos redutores totais (GRT) e acidez total titulável (ATT) da maceração enzimática da polpa de bacuri contendo níveis de Celluclast de 100, 133, 167 e 200 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

Tabela 4.15 Médias obtidas na maceração da polpa de bacuri com Pectinex XXL e Celluclast em diferentes concentrações.

Amostra	Fluxo da polpa (cm)	Fluxo do líquido (cm)	GRT (mg/g)	ATT (%)
P40xC100	16,10 ± 0,14a	16,50 ± 0,28a	23,57 ± 0,91a	0,37 ± 0,01a
P40xC133	17,90 ± 0,70a	18,35 ± 0,77a	24,43 ± 0,10a	0,37 ± 0,00a
P40xC167	16,50 ± 0,97a	17,05 ± 1,62a	25,10 ± 0,93a	0,38 ± 0,01a
P40xC200	16,35 ± 1,06a	16,65 ± 1,20a	24,52 ± 1,75a	0,38 ± 0,02a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 10%. P40xC100 = polpa de bacuri macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, P40xC133 = polpa de bacuri macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 133 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, P40xC167 = Polpa de bacuri macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 167 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, P40xC200 = polpa de bacuri macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 200 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast. GRT = grupos redutores totais; ATT = acidez total titulável.

A amostra P40xC100, além de não ter apresentado sinerese, revelou aumento do fluxo de polpa (16,10 cm) e líquido (16,50 cm), em relação à amostra obtida por meio dos planejamentos experimentais realizados (40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 78 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast).

Não houve diferença significativa ($p > 0,10$) da amostra P40xC100, em relação às demais amostras estudadas contendo maiores concentrações de Celluclast. A amostra P40xC100 apresentou uma redução da consistência da polpa de bacuri de, aproximadamente, 80,12 %.

4.4 CONCLUSÕES

Das preparações enzimáticas comerciais estudadas isoladamente, três conseguiram reduzir a consistência da polpa de bacuri adequadamente. No entanto, somente Pectinex XXL e Viscozyme L seguiram nos estudos em razão de possuírem elevada concentração de pectinases, além de quantidades consideráveis de xilanases, invertases, celulasas e amilases.

As melhores condições para maceração enzimática da polpa de bacuri encontradas para estas preparações enzimáticas foram:

- Viscozyme L (120 minutos de incubação; $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$), com redução da consistência em torno de 68,75 %.
- Pectinex XXL (80 minutos de incubação; $160 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$), com redução da consistência em torno de 60,74 %.
- Estas macerações apresentaram uma separação de fases indesejada.

A temperatura de incubação de 30 °C mostrou-se suficiente para ser utilizada na maceração da polpa de bacuri.

Os estudos realizados através de planejamento experimental DCCR mostraram que a maceração da polpa de bacuri foi melhorada quando utilizou-se a adição das combinações de preparações enzimáticas (Pectinex XXL e Celluclast/ Viscozyme L e Celluclast), uma vez que ocorreu uma redução da consistência de, aproximadamente, 78,08 e 71,35 %, respectivamente, além da redução da sinerese.

A partir das combinações estudadas (Pectinex XXL com Celluclast e Viscozyme L com Celluclast), observou-se que a maceração da polpa de bacuri foi mais adequada quando a Celluclast estava em maior quantidade, em relação à outra preparação enzimática.

O planejamento experimental deduziu a concentração ótima de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$, tanto para Pectinex XXL, quanto para Viscozyme L, mas não deduziu a concentração ótima de Celluclast no estudo da combinação de preparações enzimáticas (Pectinex XXL com Celluclast e Viscozyme L com Celluclast) para maceração da polpa de bacuri.

Dentro das concentrações estudadas, a melhor combinação foi a aplicação de $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast atingiu a máxima maceração da polpa de bacuri, acabando totalmente com a sinerese e reduzindo a consistência em torno de 80,12 %.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A. G. L.; SULAIMAN, N. M.; AROUA, M. K.; NOOR, M. J. M. M. Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.65-71, 2007.

AQUINO, A. C. **Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (*Platonia insignis* mart.)**. Fortaleza, CE, Dissertação de Mestrado (Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, 115 p., 2008.

BASTOS, M.S.R.; GURGEL, T.E.P.; FILHO, M.S.M.S.; LIMA, I.F.B.; SOUZA, A.C.R.; SILVA, J.B. Efeito da aplicação de enzimas pectinolíticas no rendimento da extração de polpa de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.240-242, 2002.

BON, E.P.S., FERRARA, M.A., CORVO, M.L. **Enzimas em Biotecnologia**. Rio de Janeiro, Editora Interciência LTDA, 2008.

BOURNE, M. C., **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, p.213, 2002.

COELHO, M. A. Z.; SALGADO, A. M.; RIBEIRO, B. D. **Tecnologia Enzimática**. Rio de Janeiro: FAPERJ; Petrópolis, RJ: EPUB, 288 p., 2008.

COURI, S. **Efeito de cátions na morfologia do agregado e na produção de poligalacturonase por *Aspergillus niger* mutante 3T5B8**. 1993. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Bioquímicos) – Departamento de Engenharia Bioquímica, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 1993.

GOMES, I.; GOMES, J.; STEINER, W.; ESTERBAUER, H. Production of cellulase and xylanase by a wild strain of *Trichoderma viride*. **Applied Microbiology and Biotechnology**. 36: 701-707, 1992.

JANDA, W.; DORREICH, K. Optimized enzymic apple mash treatment – a new way to obtain over 90% juice yield with simultaneous increase in press capacity. **Fluess Obst**, v.15, n.12, p.640-643, 1988.

KHANNA, P. K.; SETHI, R. P.; TEWARI, H. K. Production poligalacturonase and pectin methyl esterase by *Aspergillus niger* C1. **Journal of Research. Punjab Agricultural University**, v. 18, n. 4, p. 415-420, 1981.

KAUR, S.; SARKAR, B. C.; SHARMA, H. K.; SINGH, C. Optimization of enzymatic hydrolysis pretreatment conditions for enhanced juice recovery from guava fruit using response surface methodology. **Food Bioprocess Technol**, 2, 96-100, 2009.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

MOURA, C. L. A. **Determinação da atividade de invertase em extratos enzimáticos**. In: MOURA, C. L. A.; PINTO, G. A. S.; RODRIGUES, S. Fortaleza : Embrapa

Agroindústria Tropical, 18 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 108), 2007.

MUSSATTO, S. I.; FERNANDES, M.; MILAGRES, A. M. F. Enzimas: Poderosa ferramenta na indústria. **Ciência Hoje**. v. 41, n.242, 2007.

PINTO, G. A. S. **Procedimento operacional padrão – Determinação da atividade de α -amilase, poligalacturonase, celulase e invertase**. v 1, 2, 3 e 4. p. 1-5, 2002.

SANTIN, M. M. **Aplicação de tratamento enzimático combinado a microfiltração na clarificação de suco de pêssego**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Alimentos, URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 89 p., 2004.

SILVA, R., FRANCO, C.M.L., GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31. n.2, p.251-256, 1997.

SUN, Y.; WANG, Z.; WU, W. J.; CHEN, F.; LIAO, X.; HU, X. Optimising enzymatic maceration in pretreatment of carrot juice concentrate by response surface methodology. **International Journal of Food Science and Technology**, 41, 1082–1089, 2006.

WHITAKER, J.R. **Microbial pectolytic enzymes**. In: FOGARTY, W.. Microbial Enzymes and Biotechnology. Dublin: Applied Science Publisher, p.133-137, 1990.

WHITAKER, J. **Handbook of enzymology**. Marcel Dekker, Inc. Nova York, USA, 2002.

ZETELAKI-HORVATH, K. Factors affecting pectin lyase activity. **Acta Alimentaria**, v.11, n.1, p.21-29, 1982.

CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA POLPA DE BACURI MACERADA ENZIMATICAMENTE

5.1 INTRODUÇÃO

A utilização de preparações enzimáticas comerciais, constituídas por pectinases, celulases, hemicelulase, amilases e proteases em vegetais permite aumentar a extração do suco, além de modificar características físico-químicas dos produtos, minimizando a geração de resíduos (OLIVEIRA, 2006). Silva et al. (1997) detalham algumas dessas modificações, afirmando que a maceração enzimática promove melhorias das características sensoriais (cor, sabor), nutritivas (vitaminas) e tecnológicas (melhor extração, filtração) do suco.

Quando uma matéria-prima vegetal é submetida à etapa de maceração enzimática, as enzimas utilizadas nesta etapa precisam ser inativadas, após o tempo de incubação, para paralisar a reação enzimática. Essa inativação é realizada através de tratamento térmico (branqueamento), que pode provocar alterações no delicado aroma e sabor natural da matéria-prima original.

Segundo Sândi et al. (2003), a etapa de tratamento térmico é considerada uma operação que causa as maiores alterações no sabor de sucos de frutas, podendo causar modificações nos constituintes voláteis do suco provocando alterações na qualidade sensorial do produto final.

O comportamento reológico dos sucos é fortemente afetado pelas propriedades físicas e químicas (VIDAL et al., 2004) e, conseqüentemente, dependerá do tipo de fruta e dos tratamentos realizados no seu processo de elaboração, como o tratamento enzimático, a pasteurização e a concentração de sucos. Os sucos clarificados e despectinizados apresentam comportamento newtoniano, ao passo que os sucos concentrados e as polpas geralmente não seguem a lei da viscosidade de Newton (PELEGRINE et al., 2000). De acordo com Holdsworth (1971), a maioria dos alimentos fluidos derivados de frutas apresenta comportamento pseudoplástico, onde a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação.

O objetivo deste trabalho foi estudar a modificação de análises químicas e físico-químicas, composição dos compostos voláteis, estrutura citoquímica e comportamento reológico da polpa de bacuri submetida à maceração enzimática.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Matéria-Prima e Reagentes

Foram utilizadas as amostras de polpa de bacuri maceradas que obtiveram os melhores resultados no capítulo anterior. Os reagentes utilizados para as determinações químicas e físico-químicas foram tipo Padrão Analítico (P.A.).

5.2.2 Análises Químicas e Físico-Químicas

Com o objetivo de verificar a ocorrência de mudanças nas características físico-químicas da polpa de bacuri após a maceração enzimática, além das que já foram observadas no capítulo anterior, realizaram-se análises de cor (instrumental), compostos fenólicos, pectina, pH, sólidos solúveis totais e vitamina C, de acordo com os itens 3.2.2.5, 3.2.2.7, 3.2.2.8, 3.2.2.9, 3.2.2.11, e 3.2.2.13.

- Amostras:
 - Controle: polpa de bacuri adicionada somente de água destilada, na mesma concentração da amostra macerada (para efeito de comparação)
 - PMPC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

5.2.3 Análises Citoquímicas

Para avaliar se houve mudanças na estrutura da parede celular dos tecidos da polpa de bacuri após a maceração enzimática, realizou-se a metodologia da Reação do PAS (Periodic Acid Schiff) de acordo com o item 3.2.3 do Capítulo 3.

- Amostras:
 - Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada na mesma concentração das amostras maceradas
 - PMV: polpa de bacuri macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
 - PMVC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast
 - PMPC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

5.2.4 Isolamento e Identificação dos Compostos Voláteis

Para avaliar o efeito da maceração enzimática sobre a composição de voláteis da polpa de bacuri, realizaram-se análises de isolamento, separação e identificação de compostos voláteis das amostras, conforme o item 3.2.4 do Capítulo 3.

- Amostras:
 - Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada na mesma concentração das amostras maceradas
 - PMV: polpa de bacuri macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
 - PMVC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast
 - PMPC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

5.2.5 Análises Reológicas

Com o objetivo de determinar o comportamento reológico da polpa de bacuri macerada enzimaticamente, foram realizados ensaios reológicos em estado estacionário e dinâmico, nas seguintes condições:

- Reômetro: Anton Paar – Physica MCR 301 (Figura 5.1)
- Placas: rugosa para evitar efeitos de escorregamento entre a amostra e a geometria de medida (Figura 5.2)
- Gap: 2,5 mm, determinado a partir de ensaios preliminares
- Temperaturas estudadas para cada amostra: 15, 30, 45, 60 e 75 °C
- Ensaios com 3 repetições por amostra
- Espectro mecânico: comportamento dos módulos de armazenamento (G'), dissipação (G'') e valores médios do ângulo de fase ($\tan \delta = G''/G'$) avaliados em função da frequência

Figura 5.1 Reômetro Physica.



Figura 5.2 Conjunto de geometria e placa rugosa.



Os ensaios de curvas de escoamento foram realizados a partir das condições abaixo:

- Reômetro: AR 1500ex (Figura 5.3)
- Placas: rugosa com geometria de 6 cm (Figura 5.4)
- Gap: 2,0 mm
- Temperaturas estudadas para cada amostra: 15, 30, 45, 60 e 75 °C
- Ensaio com 3 repetições por amostra
- Intervalo de taxas de deformação: entre 0 e 100 s⁻¹
- Os dados foram obtidos através do software Rheology (*Advantage Data Analysis Program, TA*).

Figura 5.3 Reômetro AR 1500.

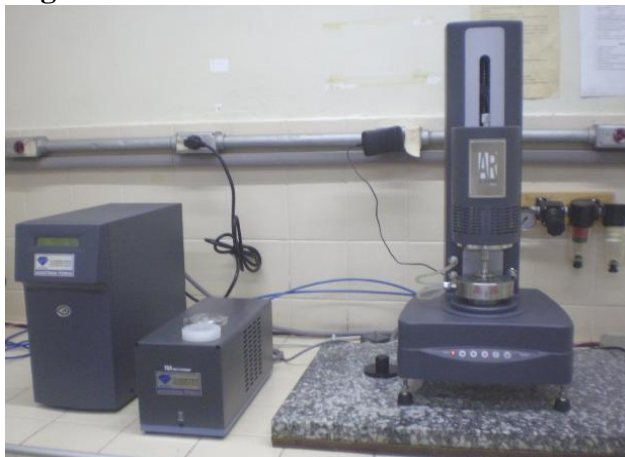


Figura 5.4 Geometria rugosa de 6 cm.



Para todos os ensaios utilizou-se:

- Amostras:
 - Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada na mesma concentração das amostras maceradas
 - PMV: polpa de bacuri macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
 - PMVC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast
 - PMPC: polpa de bacuri macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

As amostras não foram reutilizadas entre as temperaturas devido à mudança nas propriedades reológicas (CHAKRABANDHU e SINGH, 2005). Para cada ensaio, as amostras foram mantidas em repouso por cerca de 15 minutos para alcançar a temperatura desejada antes do início das medições.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Análises Química e Físico-Químicas

Na Tabela 5.1 estão apresentados os valores médios das análises químicas e físico-químicas da polpa controle com seus respectivos desvios padrão.

Tabela 5.1 Análise química e físico-química da polpa de bacuri nos diferentes tratamentos.

Caracterização	Controle ¹	PMPC ¹
Pectina² (g.100g⁻¹)	10,35 ± 2,32a	3,31 ± 0,31b
Cor L*	39,94 ± 0,79a	35,28 ± 1,48b
Cor a*	-0,54 ± 0,05b	0,53 ± 0,26a
Cor b*	4,50 ± 0,46a	4,08 ± 0,61a
Compostos fenólicos (g.100g⁻¹)	26,54 ± 3,18a	5,63 ± 0,40b
pH	3,61 ± 0,00a	3,40 ± 0,01b
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5,03 ± 0,05b	6,43 ± 0,41a
Vitamina C (mg.100g⁻¹)	574,54 ± 63,37a	442,68 ± 112,73a

¹Valores médios obtidos a partir da análise de 3 amostras em base seca; ²Pectina = (Peso do resíduo seco x Peso do AIR) / (0,8g / Peso da amostra) x 100 (Segundo SCHIEBER et al., 2005). PMPC = polpa de bacuri macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Para pectina, os valores médios foram reduzidos de 10,35 g.100g⁻¹ (amostra controle) para 3,31 g.100g⁻¹ (amostra PMPC) (Tabela 5.1). Esta redução ocorreu devido à atuação das enzimas despolimerizantes sobre as moléculas de pectina, acarretando na liberação de grupos redutores totais (GRT), neste caso, resíduos de ácido galacturônico e digalacturônicos livres (UENOJO e PASTORE, 2007).

A maceração enzimática promoveu também redução significativa ($p < 0,10$) do valor de pH da polpa de bacuri, provavelmente em consequência do aumento significativo ($p < 0,10$) do teor de acidez, visto no capítulo anterior, com a liberação de ácidos carboxílicos e ácidos galacturônicos através da ação das pectinases (BASTOS et al., 2002). Segundo Demir (2004), quando protopectina e pectina são degradadas em ácido galacturônico, ocorre um aumento no conteúdo de ácido urônico e metanol e na acidez total do produto.

Trabalhos com resultados similares foram encontrados na literatura, onde César (2007) comparou o suco de açaí sem adição de pectinases com o suco clarificado de açaí a partir da adição de pectinases, obtendo aumento na acidez e redução do pH. Oliveira (2006) observou redução de pH do suco de maçã obtido por liquefação enzimática.

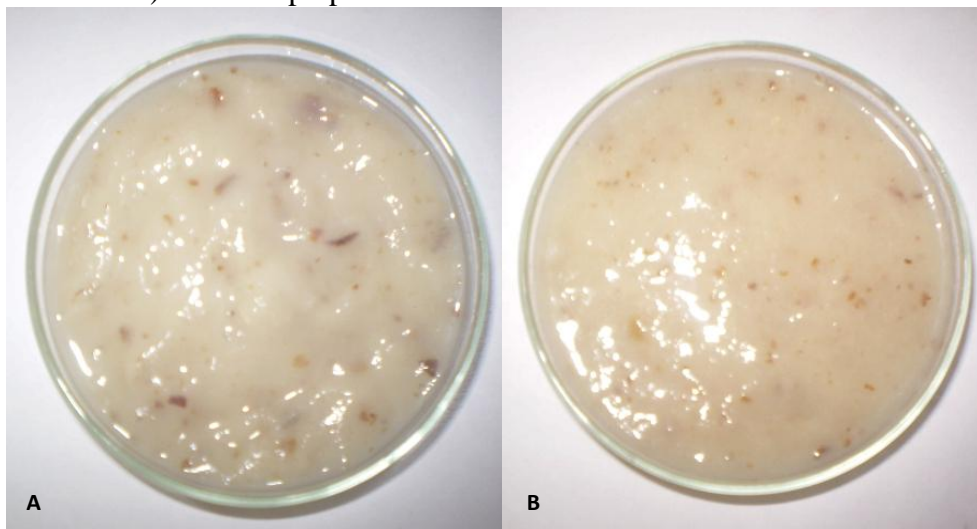
Outro efeito também já discutido foi o aumento dos GRT após a maceração, responsável pelo aumento significativo ($p < 0,10$) dos sólidos solúveis totais da amostra PMPC em relação à amostra controle (Tabela 5.1).

Em relação aos compostos fenólicos, os resultados mostraram que a maceração reduziu significativamente ($p < 0,10$) esses componentes de $26,54 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para $5,63 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (Tabela 5.1), provavelmente devido a oxidação gerada pelas polifenol oxidases (PPOs). O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanoidinas (ARAÚJO, 1995). Esta reação, provavelmente também refletiu nos resultados de cor, sendo possível perceber que a amostra controle revelou valor de L^* significativamente superior ($p < 0,10$) e valor de a^* significativamente inferior ($p < 0,10$) em relação à amostra PMPC, indicando que a maceração enzimática conferiu à polpa de bacuri uma perda de luminosidade e mudança no eixo verde-vermelho (Figura 5.5).

Abdullah et al. (2007) observaram efeito negativo do valor de L^* sobre o tempo de 80 minutos de incubação na clarificação do suco de carambola, explicando que o fenômeno ocorreu devido à formação de complexos proteína-tanino à medida que o tempo avançou.

A amostra PMPC não apresentou perda significativa ($p > 0,10$) do teor de vitamina C em relação à amostra controle.

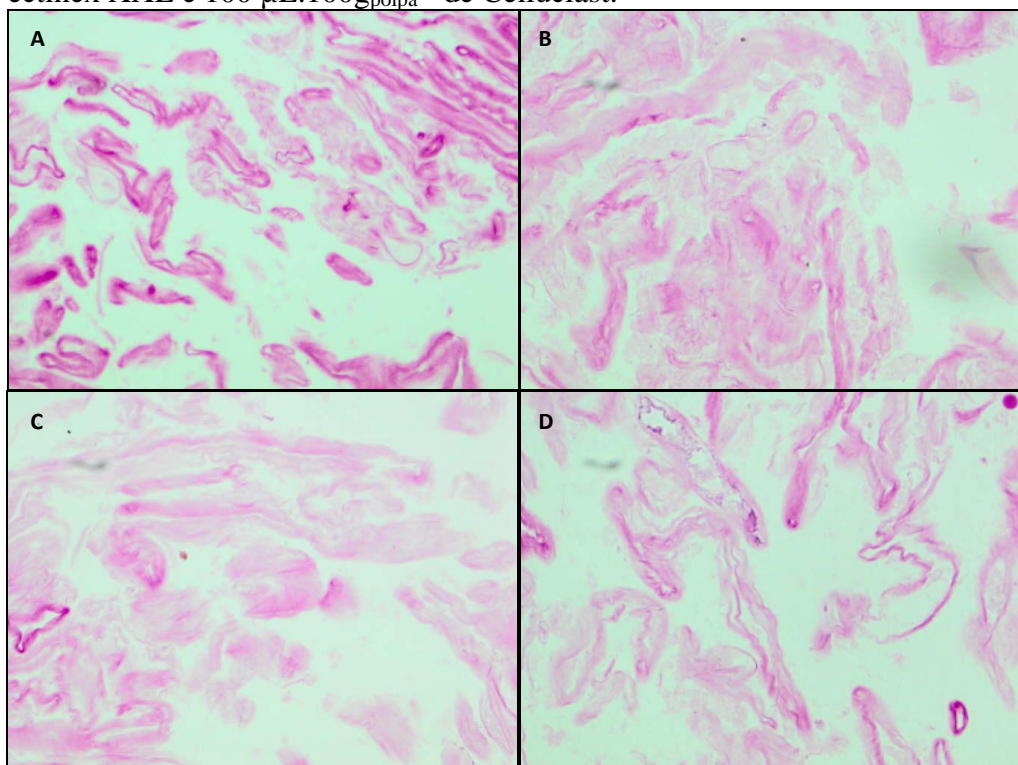
Figura 5.5 Amostras de polpa de bacuri A) Controle: polpa de bacuri diluída com água destilada. B) PMPC = polpa de bacuri macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



5.3.2 Análises Citoquímicas

A Figura 5.6 mostra a reação do PAS nos tecidos das amostras de polpa de bacuri.

Figura 5.6 Polpa de Bacuri submetida a Reação do PAS. A) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; B) PMV: polpa macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L; C) PMVC: polpa macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast; D) PMPC: polpa macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast.



Observou-se que as amostras submetidas à maceração enzimática apresentaram menor coloração e maior desestruturação do material presente em relação à polpa controle, indicando que a ação das enzimas contidas nas preparações enzimáticas reduziu a presença de pectina, celulose e hemicelulose na parede celular das polpas, tornando as células soltas e desorganizadas.

5.3.3 Análises Cromatográficas

Nas Tabelas de 5.2 a 5.5 e Figura 5.7 estão apresentados os compostos voláteis detectados das quatro amostras.

Tabela 5.2 Compostos voláteis detectados na polpa de bacuri controle (amostra controle).

Picos	Compostos	TR	IR	Contagem da área (x10 ⁶)
1	NI	2,025	<800	0,25
2	2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona	23,001	1071	0,52
3	Trans-óxido de linalol	23,277	1080	10,97
4	Terpinoleno	23,615	1092	3,08
5	beta-linalool	23,873	1100	44,27
6	Hotrienol	23,930	1104	9,02
7	2-fenil etanol*	24,067	1114	4,43
8	NI	24,487	1144	0,21
9	2-metil-2-pentanal	24,569	1150	0,28
10	neril oxido	24,692	1158	0,41
11	cis-epoxi-linalol	24,952	1176	0,84
12	trans-epoxi-linalol	25,017	1181	0,23
13	2-metileno butanoato de metila*	25,175	1191	0,19
14	alfa terpineol	25,282	1199	8,25
15	Decanal	25,358	1206	15,71
16	2-metil-butanoato de hexila	25,517	1222	0,39
17	Beta-citronelol	25,590	1229	0,74
18	Hexanoato de etila	25,683	1238	1,72
19	2-metil-2-butanoato de etila	25,744	1244	1,56
20	cis-geraniol	25,851	1255	1,07
21	NI	26,216	1291	0,47
22	NI	26,427	1314	0,36
23	NI	26,593	1335	0,09
24	Trans-2-hexenoato de etila*	26,642	1341	0,33
25	Hexanoato de hexila*	26,959	1380	0,25
26	Cis-3-hexenol	27,004	1385	0,76
27	Tetradecano	27,120	1399	0,34
28	Ácido acético	27,508	1453	0,11
29	Benzaldeído*	27,851	1501	0,41
30	Gama-hexalactona	30,040	1744	1,63

TR: Tempo de retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

IR: Índice de Retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

NI: Não identificado.

*Composto tentativamente identificado.

Tabela 5.3 Compostos voláteis detectados na polpa de bacuri macerada com Viscozyme L (amostra PMV).

Picos	Composto	TR	IR	Contagem da área (x10 ⁶)
1	NI	2,025	<800	0,32
2	NI	2,118	<800	0,45
3	Pentan-2,3-diona	2,784	<800	0,13
4	acetato de etila	3,097	<800	0,27
5	3-metilbut-3-em-1-ol	3,447	<800	0,50
6	1-(5-metil-2-furil)-propan-1-ona	18,532	945	0,24
7	2,2,6-trimetil-6-vinil-tetrahidropropano	19,771	973	0,35
8	D-limoneno	22,092	1040	0,39
9	E-2-hexenoato de etila	22,381	1050	0,37
10	NI	22,683	1060	0,23
11	Acetofenona	22,870	1067	0,21
12	2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona	23,000	1071	0,51
13	Trans-óxido de linalol	23,264	1080	15,00
14	Terpinoleno	23,602	1091	4,18
15	beta-linalol	23,870	1100	78,00
16	Hotrienol	23,925	1104	14,08
17	2-fenil etanol*	24,083	1115	0,05
18	N-valerato de etila*	24,387	1137	0,18
19	NI	24,467	1142	0,11
20	neril oxido	24,684	1158	0,80
21	Cis-epoxi-linalol	24,946	1176	0,57
22	Trans-epoxi-linalol	25,005	1180	0,21
23	(3E)-2,6-Dimetil-3,7-octadiene-2,6-diol	25,100	1186	0,09
24	2-metileno butanoato de metila*	25,175	1191	0,08
25	alfa terpineol	25,277	1198	4,72
26	Decanal	25,358	1206	0,05
27	Beta-citronelol	25,583	1228	0,55
28	Cis-geraniol	25,845	1254	1,32
29	NI	26,059	1275	0,46
30	2-hexenoato de metila*	26,142	1283	0,03
31	NI	26,235	1293	0,08
32	Tetradecano	27,115	1399	0,09
33	Octanoato de isoamila*	27,433	1443	0,09
34	ácido acético	27,507	1453	0,10

TR: Tempo de retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

IR: Índice de Retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

NI: Não identificado.

*Composto tentativamente identificado.

Tabela 5.4 Compostos voláteis detectados na polpa de bacuri macerada com Viscozyme L e Celluclast (amostra PMVC).

Picos	Composto	TR	IR	Contagem da área (x10 ⁶)
1	NI	2,042	<800	0,14
2	Pentan-2-ona	2,725	<800	0,06
3	Pentan-2,3-diona	2,768	<800	0,09
4	3-hidroxibutan-2-ona	3,017	<800	0,02
5	acetato de Etila	3,076	<800	0,18
6	3-metilbut-3-em-1-ol	3,423	<800	0,20
7	1-(5-metil-2-furil)-propan-1-ona	18,541	945	0,09
8	2,2,6-trimetil-6-vinil-tetrahidropropano	19,775	974	0,15
9	NI	21,883	1032	0,15
10	D-limoneno	22,104	1040	0,08
11	Acetofenona	22,876	1067	0,22
12	2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona	22,984	1070	0,96
13	butanoato de 4-pentenila	23,150	1076	0,09
14	Trans-óxido de linalol	23,267	1080	13,43
15	Terpinoleno	23,605	1091	4,22
16	beta-linalol	23,867	1100	47,94
17	Hotrienol	23,925	1104	11,52
18	N-valerato de etila*	24,396	1137	0,13
19	NI	24,467	1142	0,12
20	neril oxido	24,687	1158	0,40
21	Cis-epoxi-linalol	24,948	1176	1,08
22	Trans-epoxi-linalol	25,008	1180	0,32
23	(3E)-2,6-Dimetil-3,7-octadiene-2,6-diol	25,105	1187	0,06
24	2-metileno butanoato de metila*	25,175	1191	0,22
25	alfa terpineol	25,279	1199	5,31
26	Decanal	25,358	1206	0,09
27	Beta-citronelol	25,585	1228	0,81
28	2-metil-2-butanoato de etila	25,742	1244	0,16
29	Cis-geraniol	25,846	1254	1,87
30	NI	26,061	1276	0,49
31	2-hexanoato de metila*	26,142	1283	0,05
32	NI	26,200	1289	0,06
33	NI	26,240	1293	0,20
34	NI	26,481	1321	0,10
35	NI	26,558	1331	0,05
36	Tetradecano	27,116	1399	0,11
37	Octanoato de isoamila*	27,435	1443	0,05
38	Ácido acético	27,508	1453	0,22
39	NI	28,710	1611	0,04
40	NI	33,523	1955	0,20

TR: Tempo de retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

IR: Índice de Retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

NI: Não identificado.

*Composto tentativamente identificado.

Tabela 5.5 Compostos voláteis detectados na polpa de bacuri macerada com Pectinex XXL e Celluclast (amostra PMPC).

Picos	Composto	TR	IR	Contagem da área (x10 ⁶)
1	NI	2,033	<800	0,38
2	NI	2,082	<800	0,63
3	Pentan-2,3-diona	2,781	<800	0,09
4	acetato de Etila	3,061	<800	1,35
5	3-metilbut-3-em-1-ol	3,425	<800	0,59
6	1-(5-metil-2-furil)-propan-1-ona	18,547	<800	0,32
7	2,2,6-trimetil-6-vinil-tetrahidropropano	19,781	974	0,45
8	beta mirceno	20,641	992	0,25
9	3-octanol	20,998	1000	2,92
10	D-limoneno	22,105	1040	0,31
11	E-2-hexenoato de etila	22,391	1050	0,34
12	2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona	22,992	1071	0,64
13	Trans-óxido de linalol	23,270	1080	15,37
14	Terpinoleno	23,608	1091	4,64
15	beta-linalol	23,874	1100	68,01
16	Hotrienol	23,929	1104	15,30
17	2-fenil etanol*	24,092	1116	0,03
18	N-valerato de etila*	24,392	1137	0,17
19	NI	24,475	1143	0,11
20	neril oxido	24,689	1158	0,83
21	NI	24,883	1171	0,07
22	Cis-epoxi-linalool	24,951	1176	0,81
23	Trans-epoxi-linalol	25,009	1180	0,25
24	(3E)-2,6-Dimetil-3,7-octadiene-2,6-diol	25,104	1187	0,11
25	2-metileno butanoato de metila*	25,177	1192	0,11
26	ácido caprílico	25,245	1196	0,39
27	alfa terpineol	25,282	1199	6,06
28	Decanal	25,358	1206	0,37
29	Beta-citronelol	25,586	1229	0,71
30	2-metil-2-butanoato de etila	25,742	1244	0,06
31	Cis-geraniol	25,849	1255	1,48
32	hexanoato de 4-pentenila*	25,925	1262	0,01
33	NI	26,238	1293	0,23
34	Tetradecano	27,118	1399	0,15
35	NI	27,389	1437	0,14
36	NI	27,442	1444	0,07
37	Ácido acético	27,509	1454	0,23

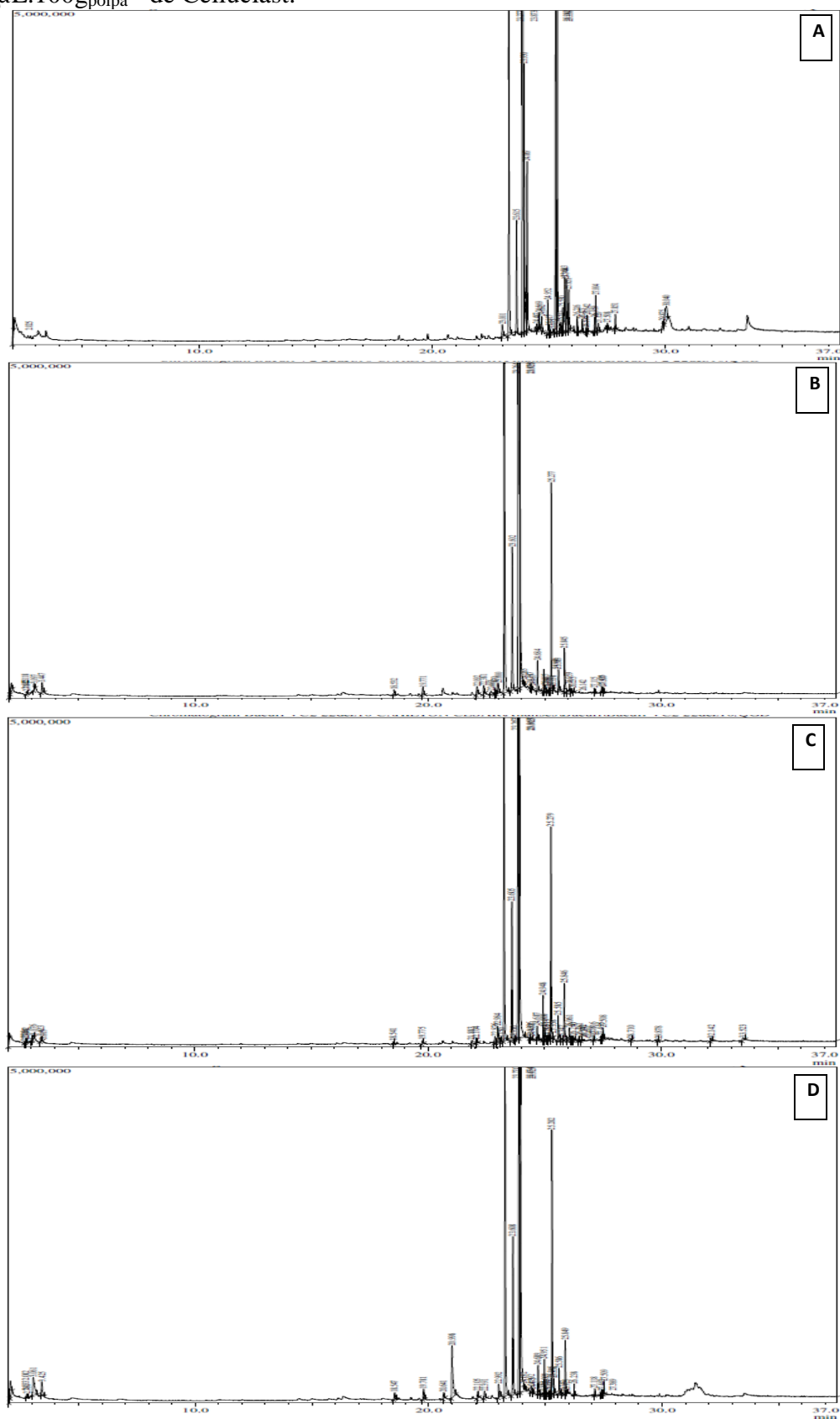
TR: Tempo de retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

IR: Índice de Retenção calculado com condições cromatográficas utilizadas neste trabalho.

NI: Não identificado.

*Composto tentativamente identificado.

Figura 5.7 Cromatograma das amostras: A) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; B) PMV: polpa macerada com 107 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L; C) PMVC: polpa macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast; D) PMPC: polpa macerada com 40 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 100 $\mu\text{L}\cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast.



Foram encontrados, ao todo, 59 compostos voláteis diferentes nas quatro amostras estudadas, sendo 30, 34, 40 e 37 compostos voláteis nos isolados das amostras controle, PMV, PMVC e PMPC, respectivamente, indicando que durante a maceração enzimática houve aumento do número de compostos voláteis na polpa de bacuri.

Dentre as modificações que ocorreram após a maceração enzimática, as mais marcantes foram o aumento do número de cetonas, que passou de 1 (amostra controle) para 4, 6 e 3 (amostras PMV, PMVC e PMPC, respectivamente), o aumento na área do composto hotrienol e a redução na área do composto decanal. Os compostos majoritários linalol óxido trans e beta-linalol também apresentaram aumento na área após a maceração enzimática (Tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5).

Algumas destas mudanças foram provocadas pela adição das preparações enzimáticas que, possivelmente promoveu a hidrólise dos compostos glicosidicamente ligados, aumentando a quantidade de compostos na fração livre.

Segundo Boulanger e Crouzet (2001), o aumento de terpenos e redução de aldeídos deve-se a reações causadas através da adição das enzimas e tratamento térmico em meio ácido.

5.3.4 Análises Reológicas

Nas Figuras 5.8 e 5.9 estão representados os espectros mecânicos em que se pode observar o comportamento dos módulos de armazenamento ou elástico (G') e de dissipação ou viscoso (G'') das amostras em função da frequência, nas diferentes temperaturas estudadas.

Figura 5.8 Módulos de armazenamento (G') em função da frequência a diferentes temperaturas: a) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada); b) PMV: polpa macerada com Viscozyme L; c) PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; d) PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

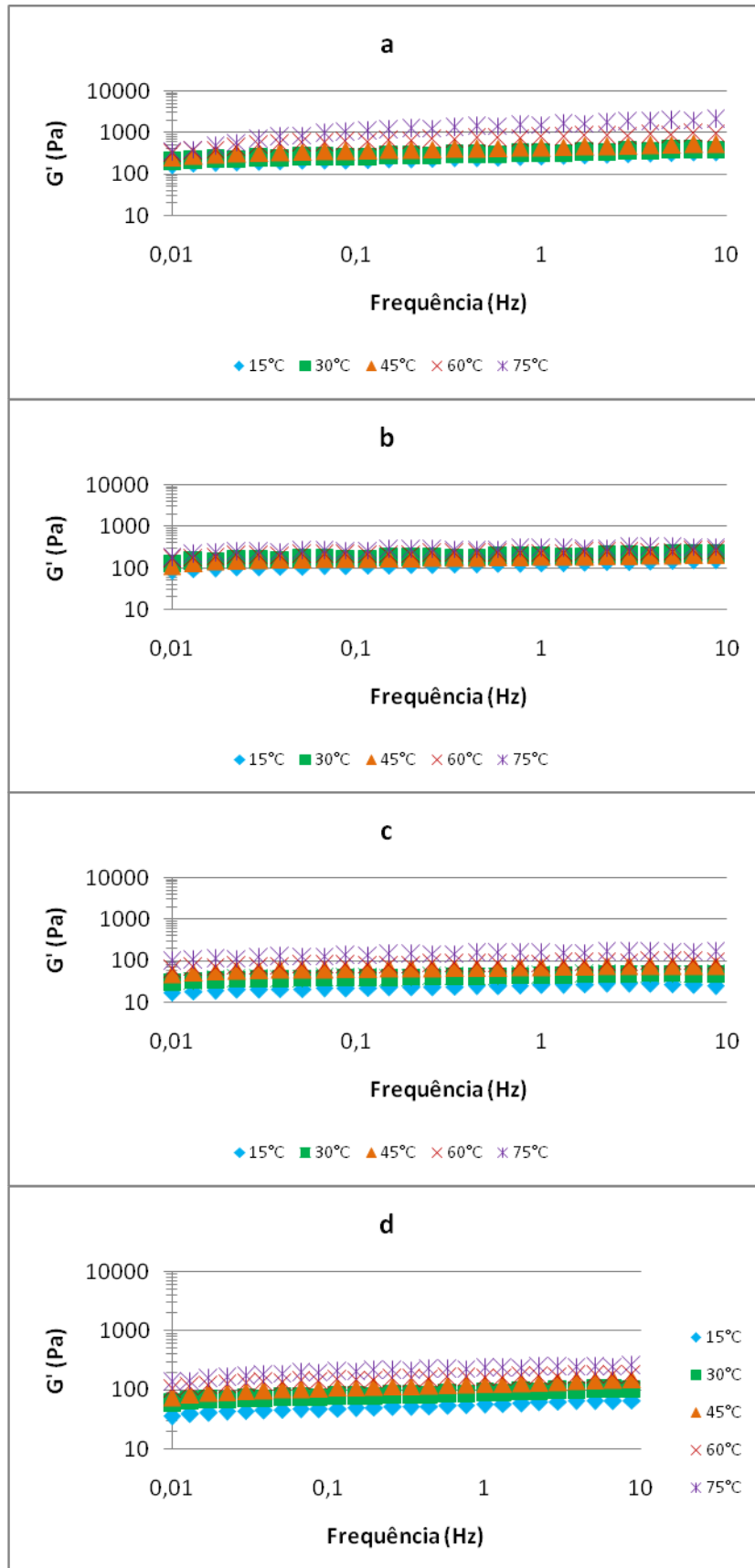
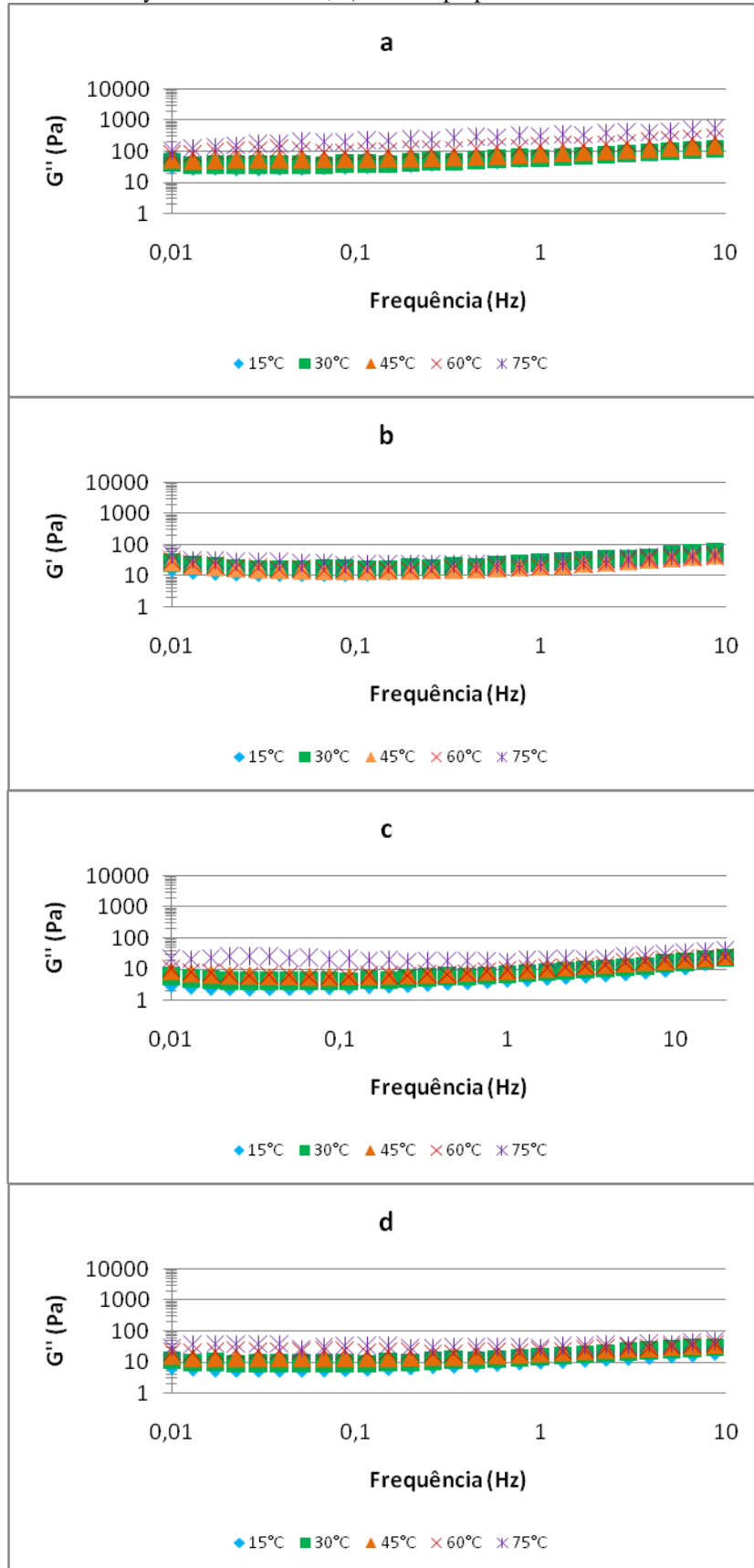


Figura 5.9 Módulos de dissipação (G'') em função da frequência a diferentes temperaturas: a) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada); b) PMV: polpa macerada com Viscozyme L; c) PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; d) PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



Através destas Figuras (5.8 e 5.9) foi possível observar uma pequena dependência dos valores de G'' e G' com a frequência. Entretanto os valores de G' foram superiores aos de G'' para todas as amostras, indicando um comportamento, predominantemente elástico.

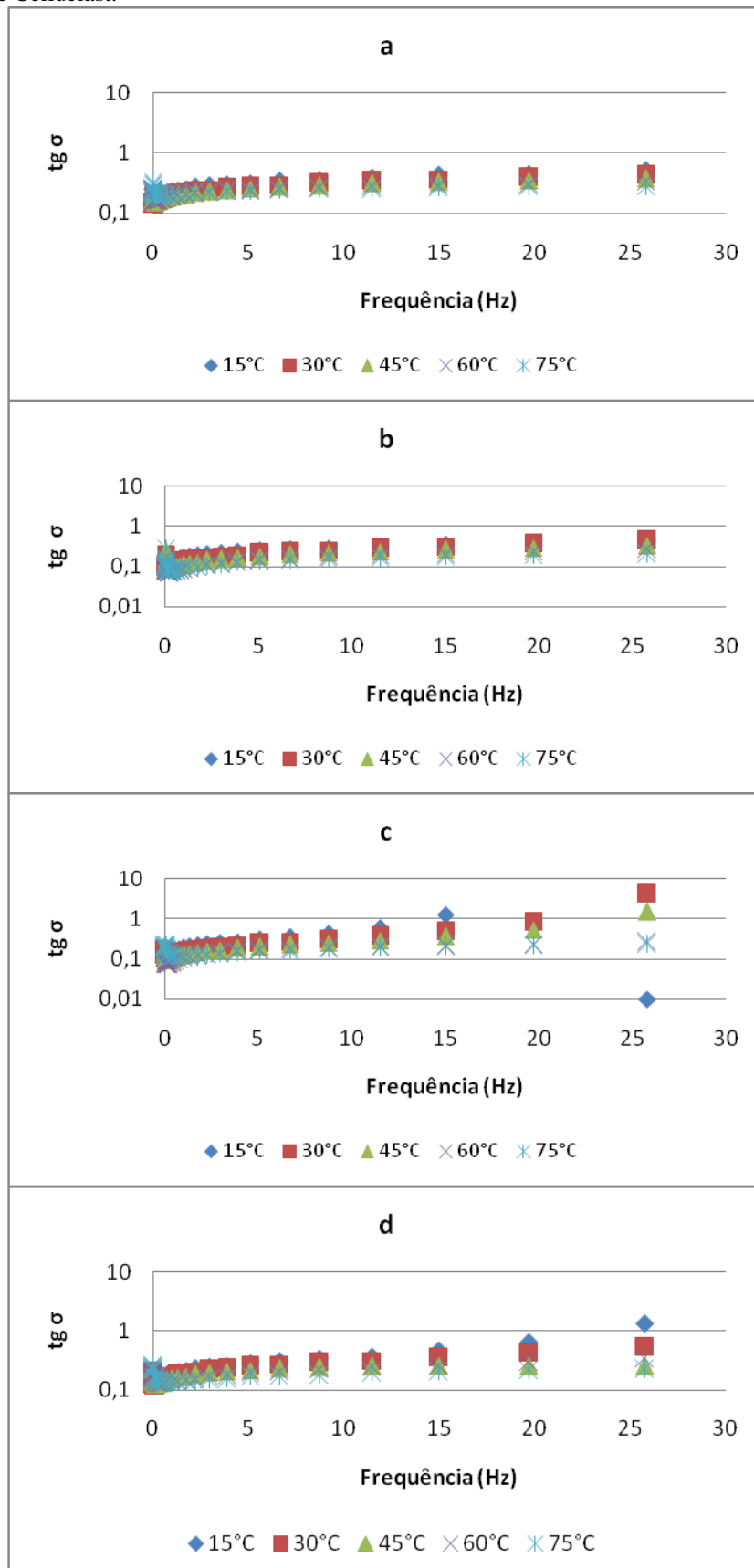
Valores de G' superiores aos G'' revelando comportamento predominantemente elástico também foram encontrados com polpa de jabuticaba (SATO et al., 2007), polpa de cupuaçu pura e aditivada com as gomas xantana e guar (FERREIRA, 2008), polpa de umbu com diferentes concentrações de goma xantana (0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 %) (PERREIRA et al., 2007), pasta de tomate (SHAROBA et al., 2005) e geléia de polpa de morango, framboesa e amora (HAMINIUK et al, 2007).

Observou-se também que o aumento da temperatura elevou os valores de G' e G'' , refletindo maior viscoelasticidade em todas as amostras a altas temperaturas. É importante destacar que este comportamento não foi ocasionado pela desidratação da amostra, pois a baixas temperaturas a tendência foi a mesma. Além disso, um teste adicional foi feito para confirmar esta tendência, colocando-se óleo de silicone ao redor da amostra de forma a reduzir a evaporação da água durante a realização dos ensaios. Os resultados revelaram o mesmo comportamento, o qual não é comum para polpas de frutas e seus derivados. O que se observa na literatura é a redução dos valores de G' e G'' a medida que a temperatura aumenta, como é o caso da polpa de açaí (ALEXANDRE, 2002) e polpa de jabuticaba (SATO, 2005).

Estas Figuras também revelaram que a amostra controle apresentou valores de G' e G'' superiores aos das demais amostras, indicando que a aplicação das preparações enzimáticas reduziu a viscoelasticidade da polpa. Comparando a amostra PMV com as amostras PMVC e PMPC, foi possível observar que a combinação das preparações enzimáticas conseguiu reduzir ainda mais a viscoelasticidade da polpa.

A relação G''/G' , denominada $\tan \delta$, permite avaliar se há predomínio da estrutura elástica ou escoamento viscoso nas amostras (Figura 5.10).

Figura 5.10 Tangente do ângulo de fase ($\text{tg } \delta$) ou relação G''/G' em função da frequência a diferentes temperaturas: a) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada); b) PMV: polpa macerada com Viscozyme L; c) PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; d) PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



É possível observar, na Figura 5.10, que a relação G''/G' aumenta com a variação da frequência. Nas amostras controle e PMV, todos os valores da relação G''/G' foram menores que 1, indicando provavelmente uma rede elástica que não teve grandes mudanças com o aumento da frequência.

As amostras PMVC e PMPC mostraram um aumento drástico da relação G''/G' com a variação da frequência a baixas temperaturas, indicando uma mudança de comportamento da polpa de elástica para viscosa, pois os valores desta relação ficaram maiores do que 1. Porém, em temperaturas altas o comportamento desta amostra permaneceu elástico mesmo com a variação da frequência. Isto pode ter sido ocasionado, provavelmente, devido à atuação das enzimas despolimerizantes sobre as moléculas de carboidratos, especialmente, a pectina, acarretando, na liberação de resíduos solúveis de açúcares redutores, que quando submetidos a altas temperaturas podem se reestruturar.

A combinação de preparações enzimáticas da amostra PMVC conseguiu agir na estrutura da polpa e quebrar a rede elástica nas temperaturas de 15, 30 e 45 °C e frequência a partir de 10 Hz, indicando que a presença da preparação enzimática Celluclast fez uma diferença significativa na maceração da polpa de bacuri. No entanto, a amostra PMPC apresentou um resultado diferente, havendo uma mudança de comportamento da polpa de elástica para viscosa na temperatura de 15 °C e frequência acima de 20 Hz.

A relação G''/G' mostrou valores inferiores a 10 em todas as amostras, o que permite classificar a polpa estudada como um gel fraco como observado em purê de batata (ALVAREZ, et al, 2004), purê de batata doce (FASINA et al., 2003) e pasta de tomate (VALENCIA, et al., 2002).

A Tabela 5.6 mostra os valores de G' e $\text{tg } \delta$ na taxa de frequência de 1 Hz, permitindo uma comparação mais direta do comportamento das amostras.

Tabela 5.6 Valores de G' (Pa) e relação G''/G' ($\text{tg } \delta$) das amostras de polpa de bacuri obtidas à frequência de 1 Hz.

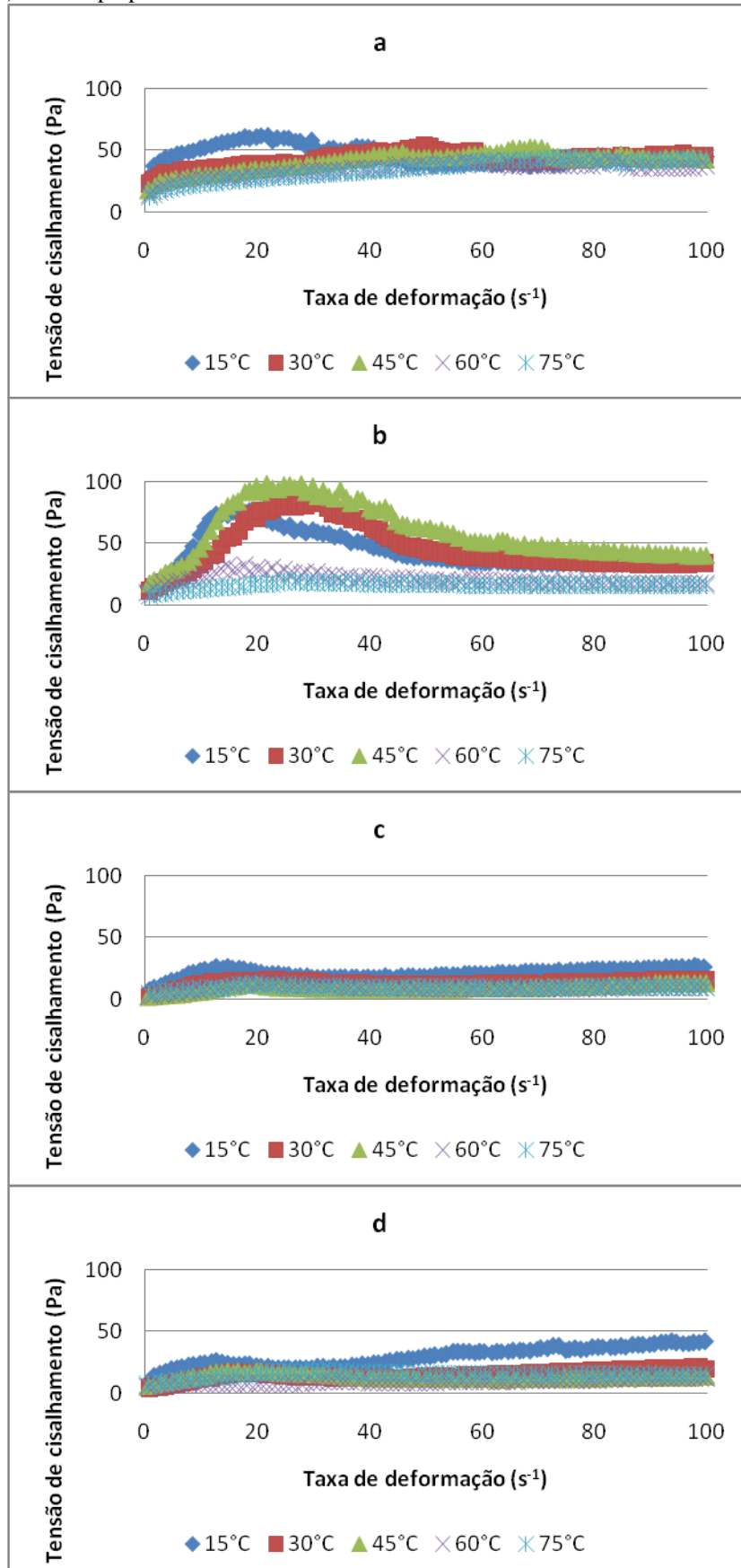
Temperatura °C	Controle		PMV		PMVC		PMPC	
	G'	$\text{tg } \delta$	G'	$\text{Tg } \delta$	G'	$\text{Tg } \delta$	G'	$\text{Tg } \delta$
15	266	0,230	130	0,160	26	0,188	56,4	0,198
30	318	0,196	190	0,132	45	0,157	88,1	0,173
45	437	0,186	185	0,110	71	0,126	124	0,154
60	775	0,183	235	0,085	88	0,100	163	0,138
75	1550	0,204	295	0,086	156	0,116	229	0,134

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Estes resultados confirmam o que havia sido observado nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 de que o aumento da temperatura resultou em maior G' e menor valor de $\text{tg } \delta$, sendo que a amostra controle apresentou maior elasticidade em relação às demais amostras, enquanto que as amostras PMVC e PMPC revelaram os menores valores de G' . Segundo Kavanagh e colaboradores (1998), quanto maior o valor de G' , maior é o caráter sólido do gel. Assim comprova-se, através dos ensaios oscilatórios a eficiente atuação das preparações enzimáticas na maceração enzimática da polpa de bacuri.

As curvas de escoamento, que representam a tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação em estado estacionário das quatro amostras, nas temperaturas de 15 a 75°C, encontram-se na Figura 5.11.

Figura 5.11 Curvas de escoamento das amostras: a) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada); b) PMV: polpa macerada com Viscozyme L; c) PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; d) PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



Na amostra controle foi possível observar oscilação no valor da tensão nas curvas de 15, 30 e 45 °C, provavelmente devido ao fato desta amostra apresentar estrutura fibrosa contendo partículas grandes, que influenciam nos resultados obtidos. Já nas curvas de 60 e 75 °C estas oscilações foram reduzidas, provavelmente, pelo colapso estrutural das partículas e seu alinhamento provocado pelo aumento da temperatura (ALPARLAN e HAYTA, 2002).

As amostras PMV, PMVC e PMPC apresentaram um pico máximo de tensão nas menores temperaturas, conhecido como “overshoot”. Em curvas de escoamento este fenômeno acontece devido à resistência da rede elástica à deformação, provocando um aumento brusco da tensão, mas a medida que a taxa de deformação aumenta a rede se rompe e a resistência é vencida, reduzindo severamente a tensão de cisalhamento.

As polpas maceradas dividiram-se em dois grupos com comportamento diferente, provavelmente devido à ação das enzimas que hidrolisaram as moléculas. O “overshoot” ocorreu nas temperaturas de 15, 30 e 45 °C, enquanto que nas temperaturas de 60 e 75 °C, as amostras mostraram menor resistência ou “overshoot”. Nestas amostras as oscilações de tensão já não apareceram, pois a degradação da parede celular dos tecidos da polpa, promovida pela ação da preparação enzimática, provavelmente, reduziu o tamanho das partículas.

O comportamento das amostras PMVC e PMPC foi muito semelhante entre si, apresentando um “overshoot” bastante suavizado devido à aplicação das combinações das preparações enzimáticas.

De maneira geral, após o “overshoot”, as amostras apresentaram comportamento característico de fluido pseudoplástico, que é normalmente observado em produtos líquidos a base de frutas e vegetais devido à tendência ao ordenamento das partículas sob cisalhamento. O ajuste do modelo lei de potência não foi possível em algumas amostras devido à oscilação da tensão ou presença de “overshoot”.

Nas Tabelas 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11 encontram-se os valores de viscosidade das amostras nas taxas de deformação 1, 10, 50 e 100 s⁻¹.

Tabela 5.7 Valores de viscosidade aparente das amostras na temperatura de 15°C.

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Viscosidade (Pa.s)			
	Controle	PMV	PMVC	PMPC
1	33,58 ± 2,91	18,98 ± 4,26	8,66 ± 1,12	12,28 ± 2,03
10	5,19 ± 0,80	5,76 ± 1,49	2,38 ± 0,66	2,48 ± 0,49
50	0,75 ± 0,07	0,74 ± 0,08	0,37 ± 0,04	0,58 ± 0,13
100	0,44 ± 0,10	0,34 ± 0,06	0,26 ± 0,04	0,41 ± 0,09

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Tabela 5.8 Valores de viscosidade aparente das amostras na temperatura de 30°C.

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Viscosidade (Pa.s)			
	Controle	PMV	PMVC	PMPC
1	25,84 ± 1,59	12,84 ± 3,29	2,41 ± 1,64	3,65 ± 2,19
10	3,40 ± 0,59	3,32 ± 0,85	1,08 ± 0,04	1,11 ± 0,25
50	1,02 ± 0,02	0,84 ± 0,26	0,21 ± 0,00	0,24 ± 0,00
100	0,46 ± 0,08	0,33 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,19 ± 0,01

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Tabela 5.9 Valores de viscosidade aparente das amostras na temperatura de 45°C.

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Viscosidade (Pa.s)			
	Controle	PMV	PMVC	PMPC
1	24,03 ± 3,83	21,78 ± 2,41	2,15 ± 1,46	7,33 ± 1,27
10	3,03 ± 0,20	4,65 ± 0,44	0,59 ± 0,18	1,35 ± 0,31
50	0,85 ± 0,01	1,23 ± 0,12	0,15 ± 0,01	0,22 ± 0,02
100	0,42 ± 0,04	0,39 ± 0,00	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Tabela 5.10 Valores de viscosidade aparente das amostras na temperatura de 60°C.

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Viscosidade (Pa.s)			
	Controle	PMV	PMVC	PMPC
1	15,35 ± 2,92	13,49 ± 2,55	3,29 ± 2,32	5,67 ± 0,89
10	2,71 ± 0,16	2,15 ± 0,00	0,70 ± 0,23	0,74 ± 0,15
50	0,73 ± 0,09	0,37 ± 0,31	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,02
100	0,37 ± 0,10	0,17 ± 0,06	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,00

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

Tabela 5.11 Valores de viscosidade aparente das amostras na temperatura de 75°C.

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Viscosidade (Pa.s)			
	Controle	PMV	PMVC	PMPC
1	13,3 ± 6,31	8,05 ± 0,17	5,70 ± 2,49	7,66 ± 1,31
10	2,23 ± 0,48	1,24 ± 0,21	0,81 ± 0,17	1,14 ± 0,20
50	0,72 ± 0,03	0,32 ± 0,01	0,17 ± 0,05	0,29 ± 0,01
100	0,43 ± 0,05	0,15 ± 0,00	0,09 ± 0,02	0,15 ± 0,02

Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada; PMV: polpa macerada com Viscozyme L; PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

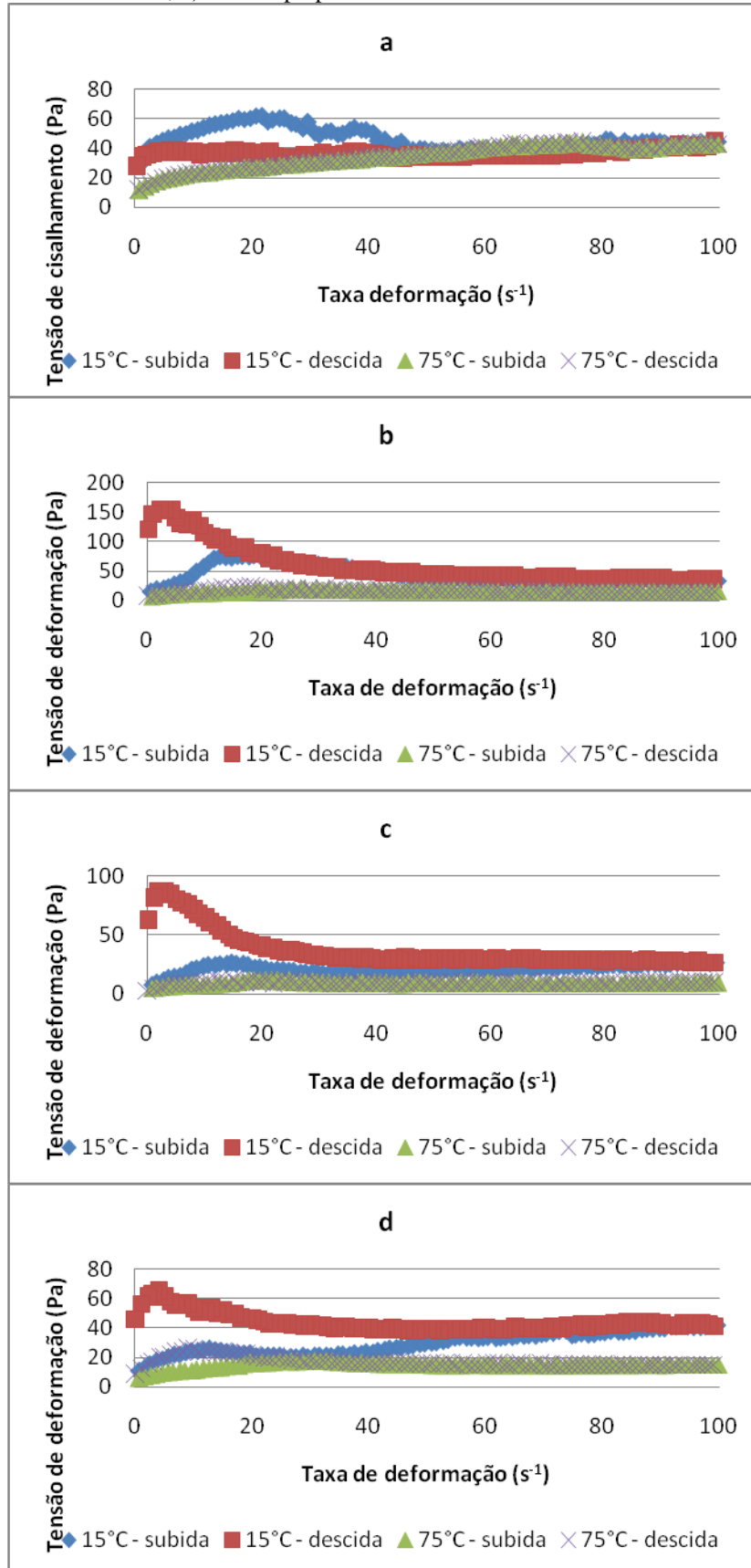
Todas as amostras apresentaram elevada viscosidade aparente e alto desvio nos resultados a 15 °C, devido à maior resistência da rede elástica. No entanto, os maiores valores de viscosidade encontrados foram na amostra controle, seguidos da amostra PMV, e por fim as amostras PMVC e PMPC.

Bhattacharya e Rastogi (1998), em estudo de polpa de manga macerada com Novo Pectinex 3XL, também observaram comportamento pseudoplástico e acentuada redução da viscosidade com a adição da enzima.

Os resultados obtidos indicam que adição da combinação de preparações enzimáticas na maceração da polpa de bacuri conseguiu proporcionar maior amolecimento e redução das partículas em suspensão com diminuição da resistência ao escoamento e conseqüente redução da viscosidade.

O comportamento dependente do tempo pode ser observado na Figura 5.12, em que são apresentados os resultados correspondentes às quatro amostras sem cisalhamento prévio (subida) e em estado estacionário (descida) (sem alteração da viscosidade com o tempo de cisalhamento).

Figura 5.12 Curvas de escoamento (subida e decida) a 15 e 75 °C: a) Controle: polpa de bacuri adicionada de água destilada); b) PMV: polpa macerada com Viscozyme L; c) PMVC: polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; d) PMPC: polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



Nesta Figura são apresentadas somente as amostras às temperaturas de 15 e 75 °C, ou seja, a menor e a maior temperatura estudadas, sendo que as demais temperaturas mostraram comportamento intermediário.

A amostra controle na temperatura de 15 °C revelou histerese característica de comportamento tixotrópico. Neste caso, a área de subida, que foi 1,3 vezes maior do que a área de descida pode ser utilizada para a avaliação qualitativa desta propriedade. Estas mudanças no comportamento reológico com o tempo devem-se provavelmente às mudanças estruturais no fluido. No entanto, após o repouso, tendem a retornar à condição inicial de viscosidade. Grande parte dos fluidos alimentícios como pastas de frutas e vegetais, “ketchup”, mostarda e comida de bebê apresentam comportamento tixotrópico (AWUAH et al., 1993).

Pode-se perceber que a histerese entre as curvas tende a ser menor com o aumento da temperatura, o que também foi observado para polpa de jaboticaba (SATO et al., 2007), suco de amora (ALTAN et al., 2005) e pasta de gergelim (ALTAY et al., 2005).

Diferentemente da amostra controle, as amostras PMV, PMVC e PMPC apresentaram área de descida 1,3; 1,7 e 1,5 vezes maior do que a área de subida a 15 °C, respectivamente, indicando fluido reopético ou com tixotropia negativa. Este resultado revela que as amostras de polpa adicionadas de preparação enzimática comercial se reestruturaram com o cisalhamento. Esses são casos muito complexos e raros, não sendo muito frequentes no campo de alimentos. O comportamento dependente do tempo, normalmente, não é incluído nos cálculos de engenharia, devido à complexidade do fenômeno (CHOI e YOO, 2004), no entanto é relevante em termos de qualidade.

5.4 CONCLUSÕES

A maceração enzimática da polpa de bacuri com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast aumentou significativamente os teores de sólidos solúveis totais e reduziu significativamente os teores de pectina, compostos fenólicos, pH, além de apresentar menor luminosidade e maior tonalidade de vermelho. O teor de vitamina C não foi alterado de forma significativa.

As amostras de polpa de bacuri submetidas às diferentes macerações enzimáticas estudadas neste capítulo apresentaram menor coloração e maior desestruturação do material presente, em relação à amostra de polpa de bacuri adicionada de água destilada, revelando células soltas e desorganizadas devido à ação das enzimas contidas nas preparações enzimáticas.

Foram encontrados 31, 34, 42 e 37 compostos voláteis nos isolados das amostras controle, PMV, PMVC e PMPC, respectivamente, indicando que durante a maceração enzimática houve aumento do número de compostos voláteis na polpa de bacuri.

A área da contagem dos compostos majoritários linalol óxido trans e beta-linalool foi elevada, enquanto que a área do composto decanal foi reduzida após a maceração enzimática na polpa de bacuri. O composto terpeno hotrienol tornou-se um dos compostos com maior área de contagem após a maceração.

Nos ensaios oscilatórios os valores de G' foram superiores aos de G'' para todas as amostras estudadas, indicando um comportamento predominantemente elástico. O aumento da temperatura elevou os valores de G' e G'' , o qual não é comum para polpas de frutas e seus derivados. A aplicação das preparações enzimáticas reduziu a viscoelasticidade da polpa de bacuri, sendo que as polpas maceradas com combinação de preparações atingiram uma redução ainda maior da viscoelasticidade da polpa de bacuri.

As amostras controle e PMV apresentaram valores da relação G'/G'' menores que 1, indicando que a rede elástica não sofreu mudanças com o aumento da frequência. Já as amostras PMVC e PMPV, esta relação G''/G' apresentou valores maiores que 1, indicando uma mudança de comportamento da polpa de elástica para viscosa.

De maneira geral, as amostras apresentaram comportamento característico de fluido pseudoplástico, devido à redução da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação e a tendência ao ordenamento das partículas sob cisalhamento.

A amostra controle apresentou histerese característica de comportamento tixotrópico. Já as amostras PMV, PMVC e PMPC apresentaram fluido reopético. Este

resultado revela que as amostras de polpa adicionadas de preparação enzimática comercial se reestruturaram com o cisalhamento.

A adição da combinação de preparações enzimáticas na maceração da polpa de bacuri conseguiu proporcionar maior amolecimento e redução das partículas em suspensão com diminuição da resistência ao escoamento e conseqüente redução da viscosidade.

Diante do exposto, podemos afirmar que a maceração alterou positivamente algumas características da polpa de bacuri, proporcionando o melhoramento dessa matéria-prima, bem como o melhoramento do processamento da mesma, podendo contribuir com o desenvolvimento da produção do néctar de bacuri.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A. G. L., SULAIMAN, N. M., AROUA, M. K.; NOOR, M. J. M. M. Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.65-71, 2007.

ALEXANDRE, D. **Conservação da polpa de açaí através da tecnologia de obstáculos e caracterização reológica**. 2002, 149p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, 54 (1), 89-93, 2002.

ALTAN, A.; KUS, S.; KAYA, A. Rheological behaviour and time dependent characterisation of gilaboru juice (*Viburnum opulus* L.). **Food Science and Technology International**, v. 11, n. 2, p. 129-137, 2005.

ALTAY, F. L.; AK, M. M. Effects of temperature, shear rate and constituents on rheological properties of tahin (*sesame paste*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 1, p. 105-111, 2005.

ALVAREZ, M. D.; FERNÁNDEZ, C.; CANET, W. Rheological behaviour of fresh and frozen potato puree in steady and dynamic shear at different temperatures. *European Food Research Technology*, v. 218, n. 6, p. 544-553, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995.

AWUAH, G. B.; RAMASWAMY, H. S.; SIMPSON, B. K. Surface heat transfer coefficients associated with heating of food particles in CMC solutions. **Journal of Food Process Engineering**, v.16, p. 39-57, 1993.

BASTOS, M. S. R., GURGEL, T. E. P., FILHO, M. S. M. S., LIMA, I. F. B., SOUZA, A. C. R., SILVA, J. B. Efeito da aplicação de enzimas pectinolíticas no rendimento da extração de polpa de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.240-242, 2002.

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

BOULANGER, R.; CROUZET, J. Changes of volatile compounds during heating of bacuri Pulp. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n. 12, 2001.

CÉSAR, L. T. **Obtenção de suco clarificado de açaí (Euterpe oleracea Mart.) com utilização de pectinase e quitosana**. Fortaleza, 2007. p.95 (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Tecnologia de Alimentos, 2007

- CHAKRABANDHU, K. & SINGH, R. K. Wall slip determination for coarse food suspensions in tube flow at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, 70, 73–81, 2005.
- CHOI, Y. H.; YOO, B. Characterization of time-dependent flow properties of food suspensions. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, p.801-805, 2004.
- DEMIR, N.; ACAR, J.; BAHCECI, K.S. Effects of storage on quality of carrot juices produced with lactofermentation and acidification. **European Food Research and Technology** v. 218, p. 465-468, 2004.
- FASINA, O. O. et al. Viscoelastic properties of restructured sweetpotato puree. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, p. 421-425, 2003.
- FERREIRA, G. M. **Estudo das propriedades reológicas do sistema polpa de cupuaçu – biopolímeros**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2008.
- HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 2007, 124p. Tese de Doutorado – Setor de Tecnologia, UFPR, Curitiba.
- HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretations of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, 2, 393-418, 1971.
- KAVANAGH, G. M.; ROSS-MURPHY, S. B. Rheological characterization of polymer gels. **Progress in Polymers Science**, v. 23, p. 533-562, 1998.
- OLIVEIRA, M. C. S. **Avaliação do processo de fermentação alcoólica de suco de maçã obtido por liquefação enzimática**. 2006, 92 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.
- PELEGRINE, D. H., VIDAL, J. R. M. B., GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.1, 2000.
- PERREIRA, E. A.; BRANDÃO, E. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A. Effect of xanthan gum addition on the rheological properties of umbu fruit pulp. **Boletim CEPPA**, Curitiba v. 25, n. 2, p. 285-294 jul./dez. 2007.
- SÂNDI, D.; CHAVES, J. B. P., SOUZA, A. C. G. SILVA, M. T. C.; PARRERAS, J. F. M. Correlações entre características físico-químicas e sensoriais em suco de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 355-361, set./dez. 2003.

SATO, A. C. K. **Influencia do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jabuticaba**. 2005. 73p. Dissertação de mestrado – FEA, UNICAMP, Campinas.

SATO, A. C. K.; Cunha, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(4): 879-884, out.-dez. 2007.

SHAROBA, A. M.; SENGE, B.; EL-MANSY, H. A.; ELM. BAHLOL, H; BLOCHWITZ, R. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. **Eur. Food Res. Technol.** 220:142–151, 2005.

SILVA, R., FRANCO, C. M. L., GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31. n.2, p.251-256, 1997.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v.30, n.2, 2007.

VALENCIA, C. et al. Linear viscoelasticity of tomato sauce products: influence of previous tomato paste processing. **European Food Research Technology**, v. 214, n. 5, p. 394-399, 2002.

VIDAL, J. R. M. B., PELEGRINE, D. H., GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica L-Keitt*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 24(10): 039-042, jan.-mar. 2004.

CAPÍTULO 6. ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DO NÉCTAR DE POLPA DE BACURI MACERADA ENZIMATICAMENTE

6.1 INTRODUÇÃO

O bacuri está, atualmente, no grupo de frutas com grande potencial econômico para consumo *in natura* e industrialização, sendo o seu principal produto, a polpa congelada para a elaboração de bebidas como o néctar (CLEMENT e VENTURIERI, 1990).

A Legislação Brasileira determina a concentração mínima de 20 % de polpa na elaboração de néctares com as características da polpa de bacuri (BRASIL, 2003). No entanto, os néctares de bacuri encontrados em estudos da literatura não estão sendo elaborados de acordo com a Legislação Brasileira. Nazaré et al. (2000), por exemplo, realizou um estudo com néctar de bacuri com 12 % de polpa, enquanto Silva et al. (2007) observaram que o néctar com 10 % de polpa foi a formulação mais aceita pelos consumidores.

Ocorre que, uma bebida de fruta com 10 % de polpa, para ser considerada um néctar, precisa ter sido fixada em Regulamento Técnico específico no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como é o caso do néctar de maracujá; do contrário, essa bebida mudará de categoria e não poderá ser comercializada como néctar.

A maceração enzimática da polpa de bacuri pode ser uma alternativa para a viabilização da elaboração do néctar de bacuri com, pelo menos, 20 % de polpa, inserindo o referido produto dentro da Legislação Brasileira.

De acordo com Dutcosky (1996), a avaliação sensorial fornece suporte técnico para pesquisa, industrialização, controle de qualidade e marketing. A avaliação da aceitabilidade das características específicas de um produto ou idéias sobre o mesmo é realizada por meio de métodos afetivos. O método afetivo de aceitação determina o grau com que os consumidores gostam ou desgostam de um produto (MEILGAARD et al., 1987). Para avaliar diferenças entre amostras, realizam-se métodos discriminativos, onde os julgadores atuam como instrumentos para detectar pequenas diferenças. Quando se pretende detectar e descrever aspectos sensoriais qualitativos e quantitativos de um produto utilizam-se os métodos descritivos (ABNT, 1993; STONE e SIDEL, 1985).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) possui dois aspectos: o qualitativo e o quantitativo. Trata-se de uma metodologia muito aplicada na caracterização de atributos sensoriais para diferentes alimentos e bebidas, pois proporciona uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a sua caracterização sensorial (STONE et al., 1974; STONE e SIDEL, 1993). Métodos descritivos permitem o monitoramento de alterações sensoriais devidas ao processamento e variações nos procedimentos, além de mudanças ocorridas durante a estocagem (LYON, 1987).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um néctar de bacuri dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira, por meio de maceração enzimática da polpa, tendo como critério a aceitabilidade do produto elaborado, além de estudar a influência da maceração enzimática nas suas características sensoriais.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

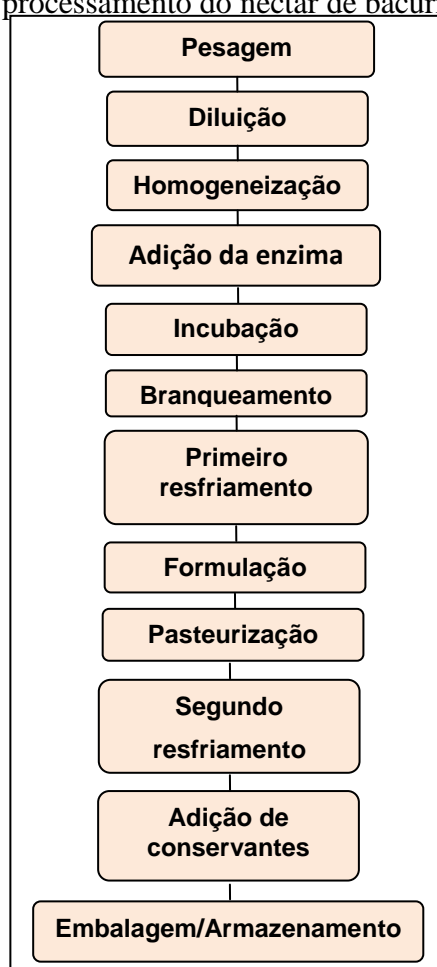
6.2.1 Matéria-Prima

A polpa de bacuri utilizada na elaboração do néctar foi obtida conforme descrito no item 2.2.2. As preparações enzimáticas comerciais utilizadas foram Viscozyme L, Pectinex XXL e Celluclast.

6.2.2 Processamento do Néctar de Bacuri em Escala de Bancada

O processamento do néctar de bacuri em escala de bancada pode ser sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 6.1.

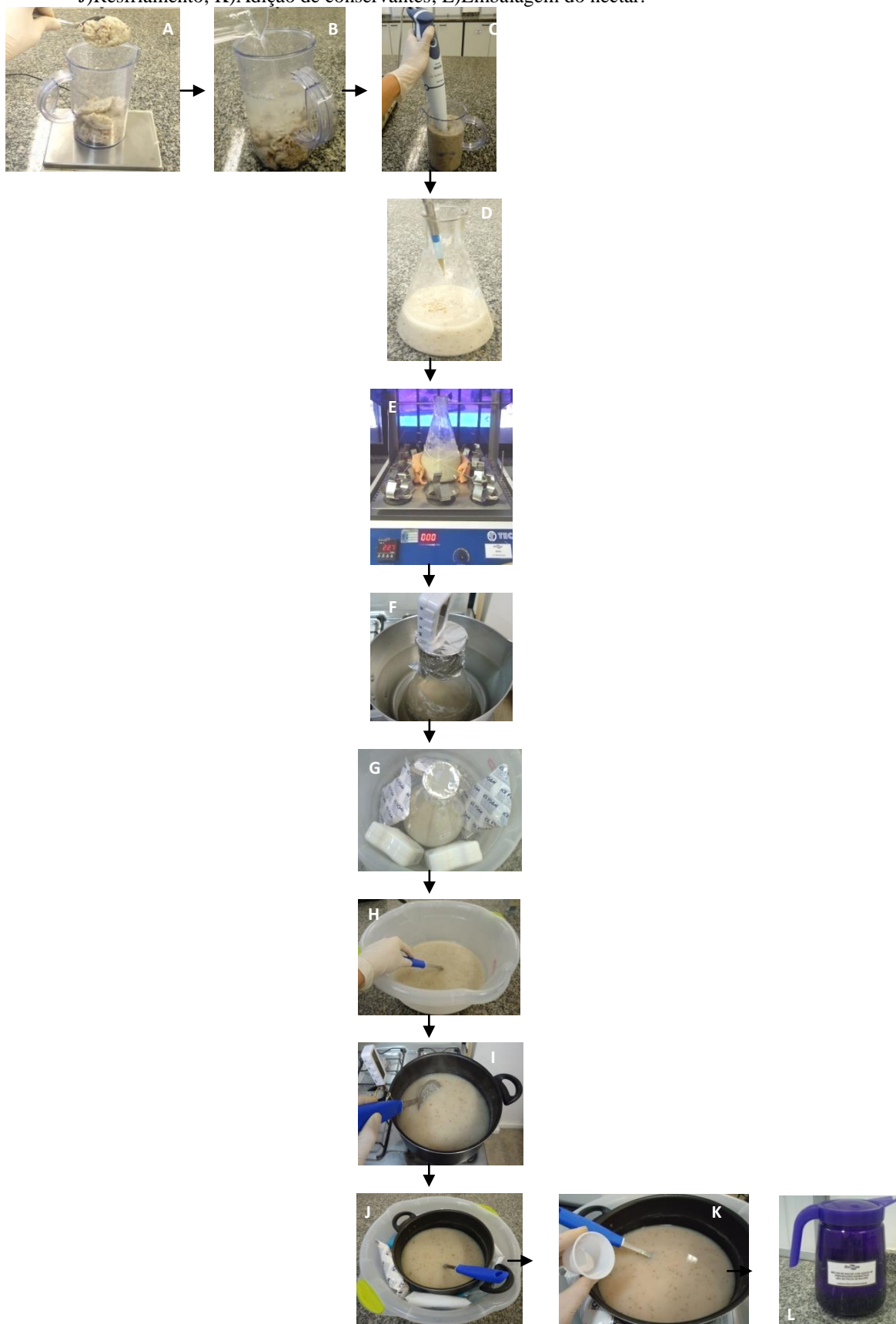
Figura 6.1 Esquema do processamento do néctar de bacuri em escala de bancada.



Após pesar a polpa de bacuri (Figura 6.2A) adicionou-se água mineral, na proporção de 1:2 (polpa:água) (Figura 6.2B). A polpa foi misturada com a água utilizando um Mixer WALITA (Figura 6.2C) durante 20 segundos. Após levar a mistura para erlemeyer de 2000 mL, adicionou-se a preparação enzimática comercial (Figura 6.2D) e realizou-se uma rápida agitação manual. O erlemeyer foi levado para um shaker orbital (Figura 6.2E) sob condições controladas (150 rpm/30°C/80 minutos). Para inativação das enzimas realizou-se um branqueamento (Figura 6.2F) em banho maria (75°C/5 minutos). Para realizar o resfriamento da polpa foi utilizado um banho de gelo (Figura 6.2G).

A formulação do néctar foi realizada pela mistura da polpa de bacuri com sacarose e água mineral (Figura 6.2H). O néctar foi pasteurizado em fogão doméstico por 5 minutos a 85 °C sob constante agitação manual (Figura 6.2I) com posterior resfriamento em banho de gelo (Figura 6.2J) até a temperatura atingir 52 °C. Em seguida foram adicionados os conservantes benzoato de sódio (0,02 %) e metabissulfito de sódio (0,01 %) (Figura 6.2K). O néctar foi acondicionado em jarras de suco comum (Figura 6.2L) e armazenado sob refrigeração, em torno de 10 °C.

Figura 6.2 Etapas do processamento do néctar de bacuri em escala de bancada: A)Pesagem da polpa; B)Diluição da polpa; C)Homogeneização da polpa com água; D)Adição da preparação Lavagem; E)Incubação da polpa; F)Branqueamento; G)Resfriamento; H)Formulação do néctar; I)Pasteurização; J)Resfriamento; K)Adição de conservantes; L)Embalagem do néctar.



6.2.3 Desenvolvimento do Néctar de Bacuri Voltado para Consumidores (*consumer driven development*)

Com o objetivo de definir a melhor formulação dos néctares de bacuri contendo diferentes concentrações de polpa, realizou-se dois testes de aceitação e preferência, de acordo com metodologia descrita por Meilgaard et al. (1999).

Como esta etapa não está relacionada com escolha de preparações enzimáticas comerciais, utilizou-se apenas a preparação Viscozyme L, baseado no estudo realizado por Aquino (2008).

- **Amostras:**

- Controle: Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa de bacuri sem maceração
- NMV10: Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
- NMV20: Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L

- **Testes**

Foram realizados dois testes:

- **Teste 1:** todas as amostras de néctar foram formuladas contendo 13°Brix (Silva et al., 2007).
- **Teste 2:** todas as amostras de néctar foram formuladas contendo o valor da relação de Brix/acidez fixado em 130 na tentativa de equilibrar o sabor das amostras. Este valor foi encontrado a partir do cálculo da relação do valor de sólidos solúveis totais fixado nos néctares do teste 1 (13 °Brix) com o valor da acidez do néctar de bacuri ($0,1 \text{ g} \cdot 100^{-1}$), previamente calculado.
- **Recrutamento dos julgadores:** primeiramente realizou-se um recrutamento por meio de questionário (Anexo 1) entre alunos da UFC, além de estagiários e funcionários da Embrapa Agroindústria Tropical. No Teste 1 participaram 50 consumidores e no Teste 2 participaram 45 consumidores.
- **Instalações:** os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, em cabinas individuais sob luz branca tipo “luz do dia”.

- **Análise sensorial:** cada indivíduo recebeu uma taça codificada com números de três dígitos, contendo cerca de 30 mL da amostra à temperatura usual de consumo de sucos (16 a 18°C). As amostras foram avaliadas quanto à aceitação global e aceitação dos atributos aparência, aroma, sabor e consistência, por meio de uma escala hedônica estruturada mista de 9 pontos (1= desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9= gostei muitíssimo). Na mesma ficha foi incluído um teste de ordenação-preferência (Anexo 2), onde os provadores foram solicitados a ordenar as amostras em ordem decrescente de preferência.
- **Análises estatísticas:** os resultados foram analisados por Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey para comparação das médias usando o programa “Statistical Analytical Systems” (SAS, 2002) e também apresentados na forma de histogramas. Os resultados dos testes de ordenação preferência foram avaliados pelo Teste de Friedman, usando-se a tabela de Newell e MacFarlane (NEWELL e MAC FARLANE, 1987) ao nível de 5%.

6.2.4 Análises Descritiva Quantitativa

Para avaliar o comportamento do perfil sensorial do néctar de bacuri formulado com polpa macerada enzimaticamente, realizou-se a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), segundo Stone et al. (1974).

a) **Recrutamento dos provadores**

Foram recrutadas 18 indivíduos que já haviam participado de testes descritivos de bebidas de frutas, e portanto já haviam sido previamente selecionados quanto à sua acuidade sensorial normal para gostos básicos e aromas, bem como à sua capacidade de detectar pequenas diferenças sensoriais nesse tipo de produto.

b) **Levantamento dos termos descritivos:**

O levantamento dos termos que descrevem a qualidade sensorial de um néctar de bacuri (termos descritivos, também chamados de descritores) foi realizado pelo Método Rede (MOSKOWITZ, 1983). Utilizando a ficha ilustrada na figura do Anexo 3, os provadores descreveram as diferenças e similaridades em relação à aparência, aroma, sabor, sensações bucais e sabor residual em três amostras de néctar de bacuri que representassem o universo de variação entre os produtos a serem analisados:

- Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração
- Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L
- Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast

As amostras foram apresentadas duas a duas, em todas as combinações possíveis. Após cada provador ter gerado seus próprios termos descritivos, foram realizadas reuniões com o grupo para avaliar os termos levantados, agrupar os semelhantes, selecionar o termo representante de cada atributo e decidir pela eliminação daqueles que não foram percebidos pela maioria dos provadores.

c) **Treinamento dos provadores**

Nesta etapa foram realizadas a elaboração das definições de cada termo descritivo e a apresentação de materiais de referência. Os provadores foram orientados a analisar cada um, indicando se poderiam ou não ser utilizados como referências dos termos e como padrões de intensidade (fraca e forte). As opiniões de cada provador foram registradas, analisadas e nas reuniões seguintes discutidas, até o grupo definir, quais materiais deveriam ser utilizados como referência.

Durante o treinamento foi elaborada uma ficha de avaliação contendo os termos descritivos escolhidos em consenso pela equipe sensorial. Nessa ficha foi utilizada uma escala linear não estruturada de 9 cm, ancorada nas suas extremidades com termos que expressam intensidade (fraca e forte).

d) **Seleção final da equipe de ADQ:**

A seleção final foi realizada com 15 provadores dos 18 pré-selecionados. Todas as referências foram dispostas em bancada, separadas por atributo, e ficaram sempre disponíveis (Figura 6.3). Os provadores eram incentivados a experimentar novamente as referências sempre que tivessem dúvida.

Os testes foram realizados em cabinas individuais, sob luz branca, em condições controladas de ruídos e temperatura. As amostras foram apresentadas de forma monádica, sendo servidas à temperatura ambiente em porções de aproximadamente 30 mL, em taças codificadas com números aleatórios de três

dígitos, cobertas com vidro de relógio. Foi servida água mineral e biscoito tipo água e sal entre as amostras para limpar o palato e eliminar o sabor residual.

Cada amostra foi servida em três repetições para cada provador. A ordem de apresentação das amostras seguiu um delineamento de blocos completos balanceados (MACFIE et al., 1989), sendo cada provador considerado um bloco. Foram realizadas três sessões, cada uma com as três amostras. Uma análise de variância foi aplicada aos resultados de cada julgador, para cada descritor avaliado, tendo como fontes de variação: amostras e repetição. Para compor a equipe descritiva final foram selecionados aqueles julgadores que apresentarem bom poder discriminativo ($p_{amostra} < 0,45$), boa reprodutibilidade nos julgamentos ($p_{repetição} > 0,05$) e consenso com os demais membros do grupo, segundo a metodologia proposta por Damásio e Costell (1991).

e) **Avaliação das amostras:**

Após a seleção final, a equipe sensorial ficou composta de 10 provadores, os quais avaliaram cinco amostras. As polpas escolhidas para serem utilizadas na formulação dos néctares foram aquelas que apresentaram resultados positivos na degradação da polpa de bacuri nos capítulos anteriores. Já as concentrações de polpa adicionadas foram baseadas nos padrões exigidos pela legislação brasileira (mínimo 20 % de polpa) e no trabalho realizado por Silva et al., 2007, que revelaram a concentração de 10 % de polpa sem maceração enzimática como a mais aceita entre os consumidores na formulação do néctar de bacuri.

O objetivo de avaliar várias formulações foi verificar se as diferenças encontradas nos capítulos anteriores seriam percebidas pelos provadores, e somente depois desta resposta, fazer a escolha de uma formulação. As amostras foram:

- Controle: Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa de bacuri sem maceração
- NMV10: Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa macerada com 107 $\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
- NMV20: Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com 107 $\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
- NMVC20: Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com 40 $\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e 100 $\mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

- NMPC20: Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com 40 $\mu\text{L}.100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e 100 $\mu\text{L}.100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

Foram seguidos os mesmos critérios e mantidas as mesmas condições empregadas durante o preparo e a apresentação das amostras usados na etapa de seleção de provadores, descrita anteriormente.

f) **Análise Estatística:**

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), tendo como fontes de variação: amostra, provador e a interação entre elas (amostra x provador), e ao teste de Tukey para comparação das médias, usando o programa “Statistical Analytical Systems” (SAS, 2002). Foi realizada também uma Análise Multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) usando o programa XLSTAT-MX Excel software (2005).

Figura 6.3 Referências fraca e forte de cada termo descritivo dispostas em bancada.



6.2.5 Aceitação e Intenção de Compra

Foram realizados testes de aceitação das mesmas amostras avaliadas por ADQ com a participação de 46 consumidores de néctares de frutas. Foi avaliada a aceitação global e a aceitação por atributos (aparência, aroma, sabor, consistência e sabor residual), de acordo com a metodologia descrita no item 6.2.3.

Foi solicitado também que cada consumidor manifestasse sua intenção em uma situação hipotética de compra, por meio de uma escala de cinco categorias (1 = certamente não compraria o produto; 5 = certamente compraria o produto), como

descrita por Meilgaard et al. (1999) (Anexo 4). Em razão do néctar de bacuri ser um produto novo, ainda não lançado no mercado, verificou-se a intenção de compra do produto e não de cada amostra.

6.2.6 Análises Sensoriais em Belém/PA

Como o Pará é o Estado de origem do bacuri (CLEMENT e VENTURIERI, 1990), testes sensoriais também foram realizados na cidade de Belém/PA para avaliar a aceitação do néctar de bacuri formulado com a polpa de bacuri macerada enzimaticamente entre consumidores paraenses, acostumados ao sabor do bacuri. Foi realizada uma análise de aceitação global, de acordo com o item 6.2.3 e um diagnóstico de atributos, avaliando-se a intensidade da consistência, presença de grumos e acidez, por meio uma escala de cinco categorias (1 = pouca; 5 = muito forte), de acordo com Meilgaard et al. (1999) (Anexo 5). Em virtude da dificuldade do transporte refrigerado das cinco amostras para o local do teste, foram escolhidas apenas três amostras capazes de representar o universo de variação entre elas:

- **Amostras:**
 - Controle: Néctar de bacuri contendo 10 % de polpa de bacuri sem maceração
 - NMV10 : Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com $107 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L
 - NMVC20: Néctar de bacuri contendo 20 % de polpa macerada com $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Viscozyme L e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast

A amostra NMVC20 foi escolhida pelo fato desta amostra apresentar resultados bastante semelhantes com a amostra NMPC20, além de assegurar que as diferenças, caso encontradas, tivessem relação com a aplicação de pectinases e a aplicação da combinação de pectinases e celulases na polpa de bacuri, e não com o tipo de pectinases aplicadas à polpa.

- **Instalações:** os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal do Pará.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Desenvolvimento do Néctar de Bacuri Voltado para Consumidores

A Tabela 6.1 apresenta as médias dos valores hedônicos obtidos no teste 1 para avaliar a aceitação dos néctares de bacuri formulados com 13°Brix.

Tabela 6.1 Valores hedônicos médios obtidos na análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com 13°Brix.

Amostra ^a	Impressão global	Aparência	Aroma	Sabor	Consistência
Controle	6,8a	6,4a	6,2a	6,9a	6,8a
NMV10	6,3a	6,2a	6,2a	6,4ab	6,2a
NMV20	6,1a	6,1a	6,2a	5,7b	6,3a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Os valores da tabela referem-se à escala estruturada de nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

^aControle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10: néctar contendo 10 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L.

Os néctares formulados com 13 °Brix apresentaram aceitação entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” na escala hedônica (médias dos valores hedônicos entre 6,0 e 7,0) para impressão global, aparência, aroma e consistência, não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre si.

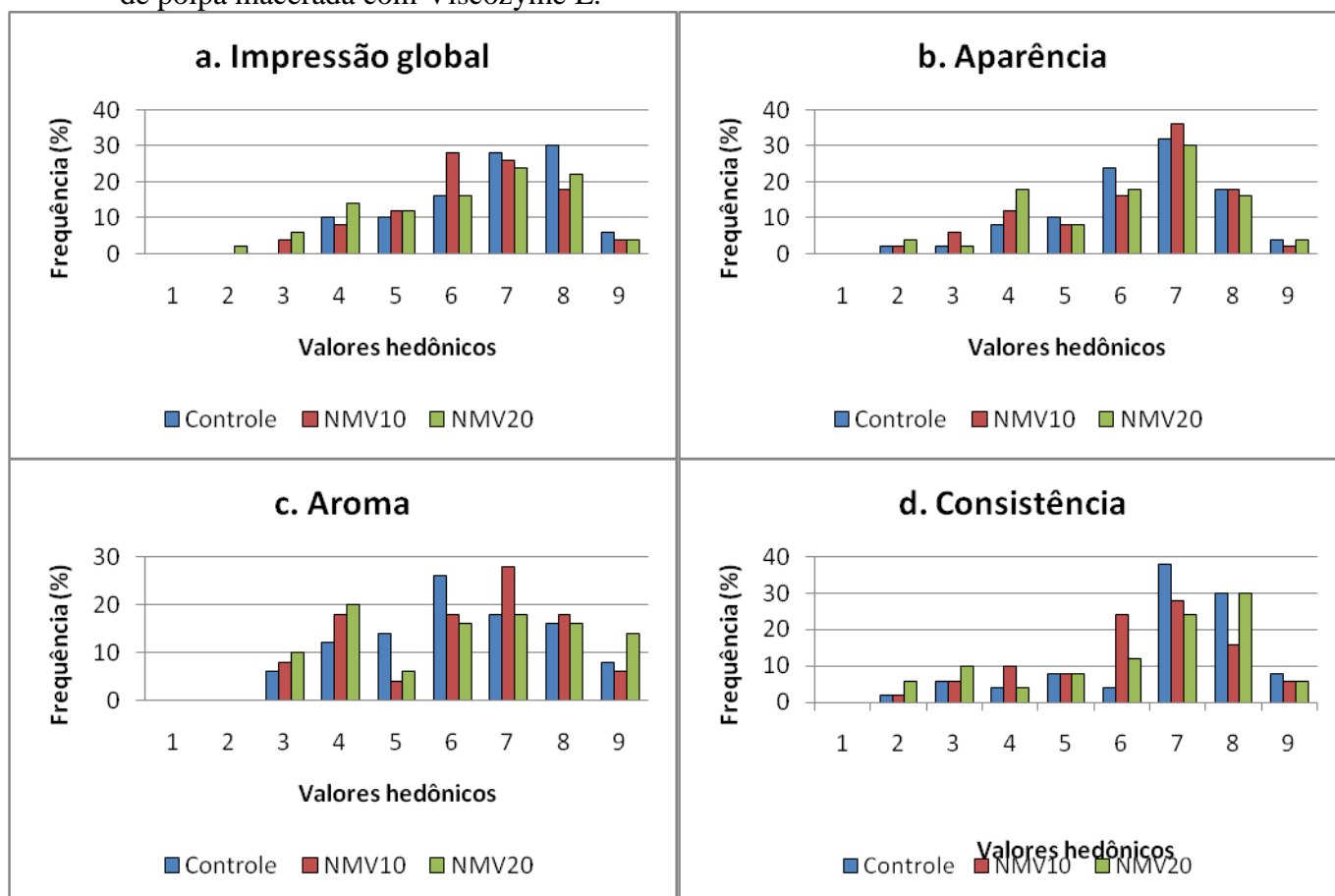
Porém, para o atributo sabor, a amostra NMV20 obteve média mais baixa (5,7), entre “gostei ligeiramente” e “nem gostei, nem desgostei”, ocasionando diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à amostra controle (Tabela 6.1). Este resultado ocorreu, provavelmente pelo fato de que as três amostras foram formuladas adicionando-se sacarose até atingirem 13°Brix. Como as amostras continham diferentes teores de polpa de bacuri (néctar com 10 e 20 % de polpa) e diferentes tratamentos (néctar com polpa macerada e não macerada), a amostra NMV20, com maior concentração de polpa e tratada enzimaticamente, apresentou sabor menos doce, devido à liberação de GRT, que aumentou o teor de sólidos solúveis totais, acarretando na adição de pouca sacarose para atingir 13 °Brix, e sabor mais ácido, provocado pela liberação de ATT com a maceração.

A amostra NMV10, por conter 10 % de polpa macerada, apresentou sabor menos ácido e mais doce do que a amostra NMV20, entretanto, revelou-se mais ácida e menos doce do que a amostra controle, porém não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras em relação à aceitação.

A média dos valores hedônicos nem sempre representa de forma fiel a opinião dos provadores, pois um grupo pode não ter gostado da amostra e outro ter gostado muito, e quando se calcula a média, ela fica próxima ao valor médio da escala. Pode-se, então, recorrer a uma análise das distribuições de frequência das respostas para verificar se houve esse tipo de segmentação. As categorias do “desgostei muitíssimo” ao “desgostei ligeiramente” são consideradas como região de rejeição da escala hedônica, enquanto as categorias do “gostei ligeiramente” ao “gostei muitíssimo” são consideradas como região de aceitação. A categoria “nem gostei, nem desgostei”, que fica exatamente no meio da escala, equivale à região de indiferença.

Assim, apesar das médias das três amostras não terem apresentado diferença significativa ($p > 0,05$) entre si para a maioria dos atributos, os histogramas das distribuições de frequência (Figura 6.4) revelaram algumas diferenças de aceitação entre as amostras.

Figura 6.4 Histograma de frequência da análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com 13°Brix. a) Impressão global; b) Aparência; c) Aroma, d) Consistência. Controle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10: néctar contendo 10 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L.



Na Figura 6.4 pode-se observar que, para a impressão global, a distribuição das frequências da amostra controle ficou mais deslocada para a região de maior aceitação, com moda 8 (categoria “gostei muito”) enquanto a amostra NMV20 obteve moda 7 (categoria “gostei moderadamente”) e a NMV10 apresentou moda na categoria 6 (“gostei ligeiramente”) (Figura 6.4a).

Para o atributo aparência, observa-se na Figura 6.4b que as amostras apresentaram distribuições de frequência muito semelhantes entre si, porém, as amostras NMV10 e NMV20 apresentaram 20 e 24 % da frequência das respostas na região de rejeição da escala hedônica, respectivamente, contra apenas 12% de rejeição para a aparência da amostra controle. De fato, a reação enzimática promoveu um leve escurecimento na polpa, observado no capítulo anterior, que pode ter levado a este resultado desfavorável para os néctares elaborados com polpas maceradas.

Quanto ao aroma, a Figura 6.4c evidencia que, para a amostra controle, as respostas dos provadores distribuíram-se em torno da moda 6, o que coincide com a média dos valores hedônicos (6,2). No entanto observou-se uma segmentação dos consumidores em relação à aceitação das amostras NMV10 e NM20, ou seja, um grupo de pessoas gostou muito dessas amostras, enquanto outro grupo não gostou. Observou-se alta frequência nas categorias 7 e 9 para as amostras NMV10 e NM20, respectivamente, e por outro lado, elevado índice de rejeição (categorias 3 e 4) para ambas as amostras. Esta resposta pode ser explicada pela liberação de ácidos voláteis na polpa durante a maceração, o que foi agradável para alguns consumidores, que revelaram preferência por um néctar com aroma mais forte, mas foi motivo de desgosto para outros indivíduos que preferem néctar com aroma mais suave.

A análise da Figura 6.4d revela que a amostra mais aceita quanto à consistência foi a amostra controle, para a qual mais de 65% dos provadores afirmaram “gostar moderadamente” ou “gostar muito” (valores hedônicos 7 e 8). Em segundo lugar na aceitação dos consumidores ficou a amostra NMV20, com 45% dos provadores escolhendo as categorias 7 e 8. A amostra NMV10 foi ligeiramente menos aceita, apresentando máximo de frequência das respostas entre as categorias 6 e 7. Assim, os provadores mostraram predileção pela amostra de consistência intermediária (amostra controle), pois a amostra NMV20, com 20% de polpa macerada era a mais consistente das três e a amostra NMV10, com 10% de polpa macerada, a menos consistente.

A avaliação do processo de pressurização de polpa de manga na elaboração de suco, realizada por Pontes (2008) mostrou que a análise dos dados utilizando-se a

segmentação de consumidores foi mais adequada do que a análise das médias, pois evidenciou grupos de consumidores com respostas distintas, enquanto a análise das médias mostrou respostas similares.

O resultado do teste de ordenação-preferência (Tabela 6.2) confirmou que a amostra preferida entre os consumidores foi a amostra controle, pois apresentou diferença significativa em relação às demais. Os consumidores não apresentaram preferência entre os néctares elaborados com polpa macerada, visto que a diferença entre os totais de ordenação dessas amostras foi muito pequena, não sendo estatisticamente significativo.

Tabela 6.2 Resultado do Teste de Ordenação-preferência para os néctares de bacuri formulados com 13°Brix. Diferenças entre os totais de ordenação de cada amostra.

Amostra ^a	Diferença
NMV10 - controle	25*
NMV20 - controle	32*
NMV20 - NMV10	7 ^{n.s.}

* significativo a $\alpha = 0,05$; n.s.= não significativo.

^aControle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10: néctar contendo 10 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L.

O segundo teste de aceitação foi realizado somente com as amostra controle e NMV20, sendo os néctares formulados com o mesmo valor de relação Brix/acidez. A Tabela 6.3 apresenta as médias dos valores hedônicos obtidos nesse teste.

Tabela 6.3 Valores hedônicos médios obtidos na análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com relação Brix/acidez 130.

Amostra ^a	Impressão global	Aparência	Aroma	Sabor	Consistência
Controle	6,1 a	6,4 a	6,0 a	5,6 a	6,2 a
NMV20	6,2 a	5,6 b	6,0 a	6,0 a	6,6 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F ao nível de 6%. Os valores da tabela referem-se à escala estruturada do nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

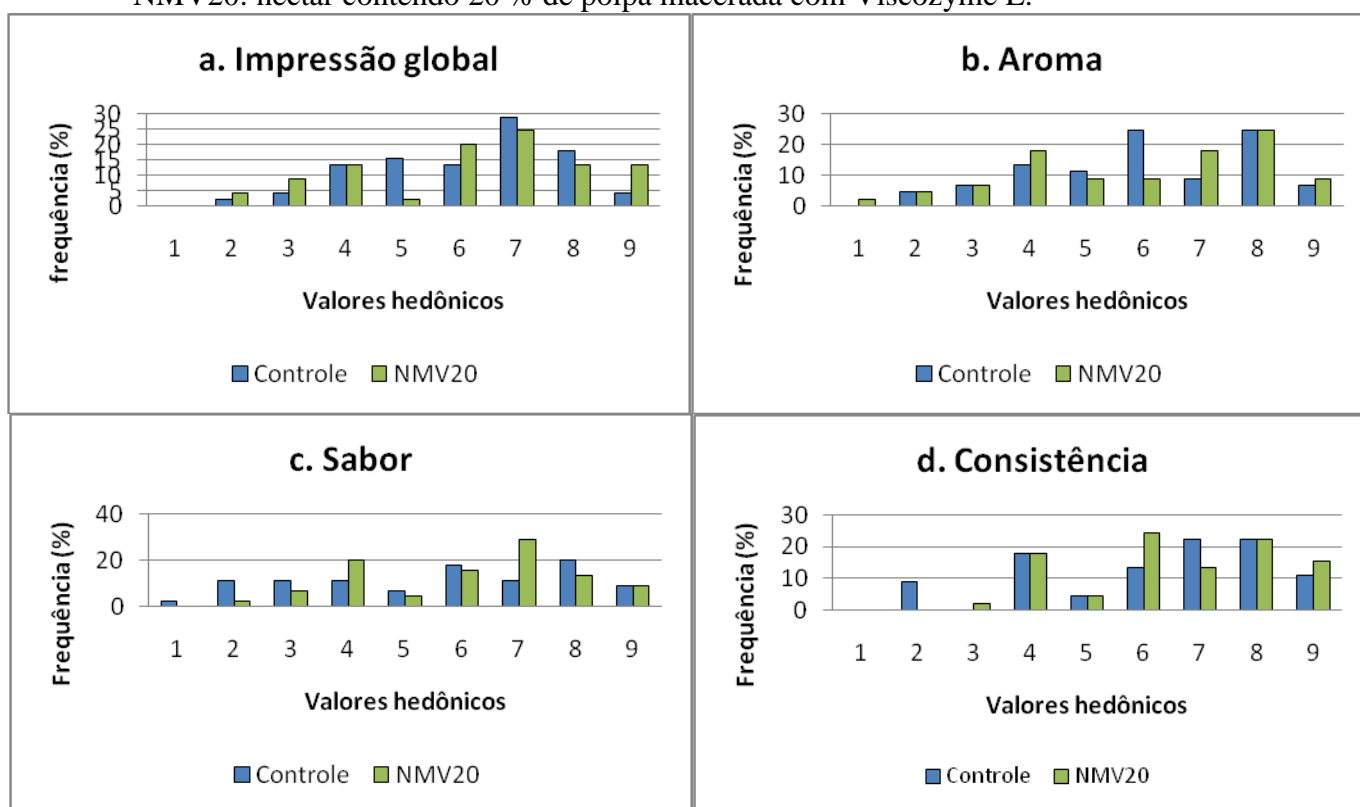
^aControle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L.

Nessa Tabela (6.3) observa-se que as médias de aceitação ficaram entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” na escala hedônica, não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre si para a maioria dos atributos avaliados. Diferentemente do teste anterior, o segundo teste revelou diferença na aceitação da aparência, ao nível de 0,06 de significância, entre as médias dos valores hedônicos dos

néctares formulados com a polpa sem maceração (controle) e com a polpa macerada (NMV20). Esta pequena diferença pode ter sido devida ao aspecto mais escurecido da amostra macerada e mais consistente.

A distribuição de frequência das respostas obtidas na aceitação do segundo teste está apresentada na Figura 6.5.

Figura 6.5 Histograma de frequência da análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com relação brix/acidez de 130. a) Impressão global; b) Aroma; c) Sabor; d) Consistência. Controle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L.



A Figura 6.5a mostrou que o néctar NMV20, com 20% de polpa macerada, recebeu maior frequência (12%) das respostas no valor máximo da escala hedônica (valor 9) que a amostra controle (não macerada), a qual recebeu apenas 4% das respostas nessa categoria e ainda apresentou elevado percentual das respostas (15%) na região de indiferença (valor 5).

Os néctares controle e NMV20, desta vez, não apresentaram diferença entre as amostras quanto às médias de aceitação do sabor, pois a relação Brix/acidez foi igualada. No entanto, observou-se na distribuição das frequências (Figura 6.5c), que a amostra macerada (NMV20) apresentou uma aceitação do sabor ligeiramente maior, com maior frequência na categoria “gostei muito” (valor 8) e menor frequência nas

categorias da região de maior rejeição da escala (valores 1 a 3), que a amostra não macerada (controle).

Quanto ao aroma (Figura 6.5b) e consistência (Figura 6.5d), as amostras também apresentaram distribuições de frequência semelhantes, com diferenças apenas nas porcentagens de frequência das categorias 6 e 7, ambas na região de aceitação (“gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, respectivamente). Isso também pode ser devido à semelhança dos termos escolhidos para representar essas categorias, ou seja, o provador não sabe bem a diferença entre os graus “ligeiramente” e “moderadamente”, e acaba escolhendo uma das duas categorias aleatoriamente.

Este resultado sinalizou que néctares de bacuri, quando formulados com diferentes concentrações de polpa, devem igualar a relação brix/acidez, visto que a aceitação deste produto sofre influência dessa relação.

6.3.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A ficha de avaliação desenvolvida consensualmente pela equipe sensorial (Anexo 6) constou de 14 termos descritivos (ou descritores) relativos à aparência (cor, consistência visual, presença de grumos, quantidade de partículas escuras); aroma (bacuri, doce, verde, pungente); sabor (bacuri, doce, ácido); textura (consistência) e sensações residuais (residual doce, residual adstringente). A Tabela 6.4 apresenta os termos descritivos com suas respectivas definições e amostras–referência.

Foi aplicada uma análise de variância (ANOVA) para cada descritor. A análise foi realizada em diversas etapas:

- (a) ANOVA para cada um dos 14 descritores, com as seguintes fontes de variação: amostra (AMOS), provador (PROV), e interação AMOS*PROV. Foram verificadas interações significativas para um grande número de descritores.
- (b) Fazendo-se uma análise desdobrada por julgador, foi possível identificar dois indivíduos responsáveis pela maioria das interações observadas, os quais foram eliminados da equipe.
- (c) A ANOVA do item (a) foi repetida, excluindo-se dois provadores, porém os descritores ‘consistência visual’, ‘consistência’ e ‘residual doce’ ainda apresentaram interação AMOS*PROV significativa.
- (d) Para corrigir esse problema foi realizada nova análise de variância para esses descritores, utilizando-se o Quadrado Médio (QM) da interação ao invés do QM do erro no cálculo do valor de F. O valor de p_{amos} foi < 0.0001 .

Tabela 6.4 Relação de termos descritivos (descritores) do néctar de bacuri, com as respectivas definições e amostras-referências.

DESCRITOR	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIAS
Consistência Visual	Característica de textura do produto (corpo), que se percebe visualmente, relativa à sua fluidez e à sua aparência de substância espessa	Fraca: solução de 4,80 % de polpa de bacuri e água mineral Forte: solução de 17 % polpa de bacuri e água mineral
Cor	Cor amarela esverdeada similar à cor Amarillo Del aliso do atlas de cores de Biesalski DIN 6164, cartela 1,5	Fraca: ton de letra A do atlas de cores Forte: ton de letra J do atlas de cores
Quantidade visual de partículas escuras	Característica do produto apresentar-se com Partículas escuras, provenientes da película que recobre o caroço do fruto, à qual é parcialmente removida juntamente com a polpa durante a operação tecnológica de despulpamento	Fraca: solução de 10 % de polpa de bacuri e água mineral Forte: solução de 40 % de polpa de bacuri e água mineral
Presença visual de grumos	Característica do produto apresentar-se heterogêneo, não contínuo, com grânulos ou pelotes, os quais são percebidos visualmente	Fraca: solução de 4,76 % de polpa de bacuri e água mineral Forte: solução de 16,6 % de polpa de bacuri e água mineral
Aroma de Bacuri	Aroma característico de bacuri maduro	Fraca: solução de 5 g de polpa de bacuri e 195 mL de água mineral Forte: solução de 75 g de polpa de bacuri e 100 mL de água mineral
Aroma Doce	Aroma adocicado típico de fruta madura fresca	Fraca: 200 mL de solução (1 gota de essência de manga em 500mL de água mineral) em 100 mL de água mineral Forte: 1 gota de essência de manga em 200 mL de água mineral
Aroma Verde	Aroma que lembra mato e folha	Fraca: 50 mL de solução (1 saquinho de chá de cidreira Imergido em 200 mL de água mineral durante 1 minuto) em 50 mL de água mineral Forte: 1 saquinho de chá de cidreira imergido em 200 mL de água mineral durante 1 minuto
Aroma pungente	Impacto dos voláteis na mucosa nasal causando Irritação	Fraca: 50 mL da solução (1 % de metabissulfito de sódio em água mineral) em 120 mL de água mineral Forte: 50 mL da mesma solução em 30 mL de água mineral
Sabor de Bacuri	Sabor característico de bacuri maduro	Fraca: 50 g de polpa de bacuri em 300 mL de água mineral e 35 g de sacarose Forte: 100 g de polpa de bacuri em 300 mL de água mineral e 45 g de sacarose
Gosto Doce	Sabor doce característico de uma solução aquosa de sacarose	Fraca: 20 g de sacarose em 500 mL de água mineral Forte: 100 g de sacarose em 500 mL de água mineral
Gosto Ácido	Sabor ácido característico de uma solução aquosa de ácido cítrico	Fraca: 0,47 g de ácido cítrico em 1 L de água mineral Forte: 1,50 g de ácido cítrico em 1 L de água mineral
Sensação bucal de consistência	Sensação bucal que se percebe ao movimentar o produto na boca, relativo ao corpo do produto e à sua resistência ao espalhamento	Fraca: solução contendo 4,76 % polpa de bacuri, 1000 mL de água mineral e 71,4 g de sacarose Forte: solução contendo 16,6 % de polpa de bacuri, 1000 mL de água mineral e 104,7 g de sacarose
Gosto residual doce	Sabor residual doce característico de uma solução aquosa de sacarose que permanece após a ingestão do produto	Fraca: 20 g de sacarose em 500 mL de água mineral Forte: 100 g de sacarose em 500 mL de água mineral
Residual Adstringente	Sabor residual adstringente, característico de uma solução de ácido tânico, que permanece após a ingestão do produto causando amarração	Fraca: 100 mL de solução (0,5 g de ácido tânico em 1 L de água mineral) em 300 mL de água mineral Forte: 100 mL da mesma solução em 50 mL de água mineral

A Tabela 6.5 apresenta as médias obtidas para cada termo descritivo avaliado nas amostras de néctar de bacuri, com os respectivos resultados do Teste de Tukey.

Tabela 6.5 Médias dos descritores sensoriais para os néctares de bacuri formulados.

Amostras	CV	C	PE	G	AB	AD	AV	AP	SB	GD	GA	SBC	RD	RA
Controle	4,4b	2,4b	2,2b	4,0c	4,0b	5,0a	3,6bc	3,1a	3,9b	6,1a	3,2c	4,6b	4,9a	2,6d
NMV10	2,6c	3,1b	3,1b	2,2d	3,9b	4,0a	3,4c	3,1a	3,4b	4,4b	4,6b	2,4c	4,0ab	3,6c
NMV20	5,6a	4,8a	4,3a	5,7a	5,6a	4,1a	5,0a	4,0a	5,7a	3,7b	5,6ab	5,7a	3,2b	5,1ab
NMVC20	5,0ab	5,2a	4,1a	4,4bc	5,4a	4,0a	4,3abc	3,8a	5,0a	3,8b	5,8a	4,2b	3,3b	5,2a
NMPC20	5,0ab	5,0a	4,2a	5,1ab	5,5a	4,8a	4,6ab	3,9a	5,1a	3,9b	5,5ab	3,9b	3,4b	4,3bc

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente ($p < 0,05$) entre si.

Controle = néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10 = néctar contendo 10 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMV20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMVC20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; NMPC20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.

CV = consistência visual; C = cor; PE= quantidade visual de partículas escuras; G= presença visual de grumos; AB= aroma de bacuri; AD= aroma doce; AV= aroma verde; AP= aroma pungente; SB= sabor de bacuri; GD= gosto doce; GA= gosto ácido; SBC= sensação bucal de consistência; RD= gosto residual doce; RA= residual adstringente.

Os resultados revelaram que, para os termos descritivos consistência visual e sensação bucal de consistência, as amostras controle, NMVC20 e NMPC20 não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, indicando que com a polpa macerada pelas combinações de preparações enzimáticas estudadas (Viscozyme L com Celluclast e Pectinex XXL com Celluclast) conseguiu-se formular um néctar dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira (20 % de polpa) com a mesma fluidez do néctar com 10 % de polpa sem maceração (fora dos padrões) (Tabela 6.5).

Para os descritores cor e partículas escuras, foi possível observar que as amostras formuladas com 20 % de polpa (NMV20, NMVC20 e NMPC20) diferenciaram-se significativamente ($p < 0,05$) das amostras formuladas com 10% de polpa (controle e NMV10), indicando que a intensidade da cor e a quantidade de partículas escuras aumentaram com o aumento da concentração de polpa adicionada ao néctar (Tabela 6.5).

Em relação ao descritor presença visual de grumos, quando comparou-se a NMV10 (contendo 10 % de polpa macerada) com a amostra controle (contendo 10 % de polpa sem maceração), foi possível observar que a maceração reduziu os grumos do néctar. Porém as amostras NMV20, NMVC20 e NMPC20, mesmo maceradas, revelaram maior percepção visual de grumos ($p < 0,05$) em relação às demais amostras, devido à concentração de polpa das mesmas dobrar para 20 %. No entanto, as amostras NMVC20 e NMPC20 apresentaram menos grumos do que a amostra NMV20,

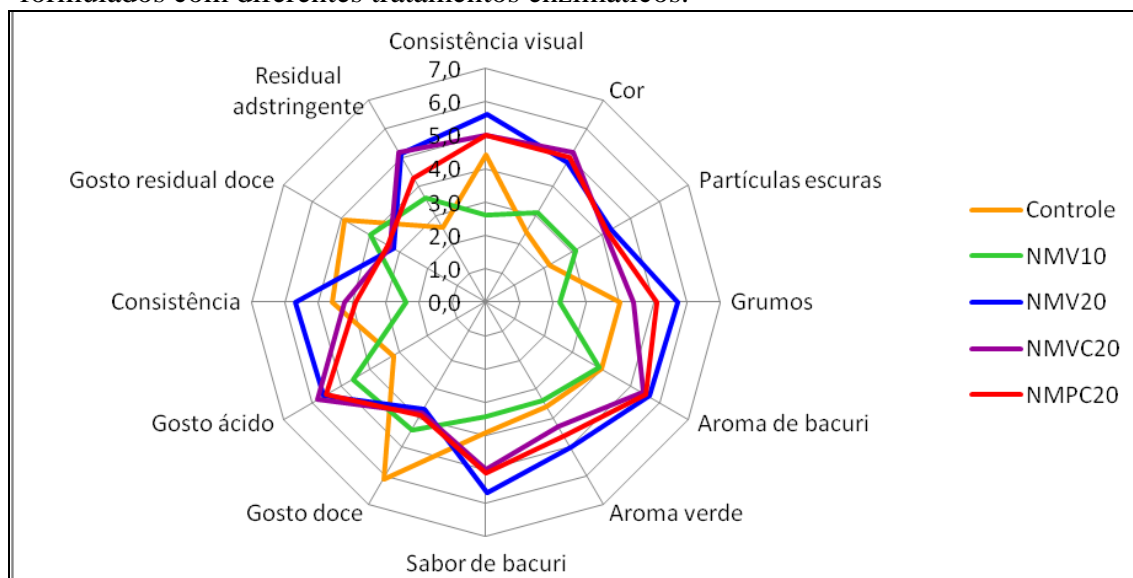
indicando que a combinação de pectinases e celulases das preparações enzimáticas estudadas degradou os grumos de maneira mais adequada (Tabela 6.5).

Os termos descritivos aroma de bacuri, aroma verde, sabor de bacuri, gosto ácido e residual adstringente apresentaram tendência a aumentar com o aumento da concentração de polpa dos néctares (Tabela 6.5), enquanto que os termos descritivos gosto doce e gosto residual doce obtiveram resultado contrário, com tendência a diminuir com o aumento da concentração de polpa nos néctares. Este resultado pode ser explicado pela liberação de ácidos promovida pela maceração, observada nos capítulos 3 e 4, que provavelmente mascarou a doçura das amostras com 20 % de polpa macerada (NMV20, NMVC20 e NMPC20), tornando por conseqüência, as amostras controle e NMV10 mais doces (Tabela 6.5).

Os termos descritivos aroma pungente e aroma doce não foram influenciados por nenhum efeito da maceração, pois não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras para estes termos descritivos.

O perfil sensorial das cinco amostras estudadas no presente trabalho pode ser visualizado na Figura 6.6.

Figura 6.6 Representação gráfica do perfil sensorial dos néctares de bacuri formulados com diferentes tratamentos enzimáticos.



Nessa Figura, o valor médio atribuído pelos provadores a cada termo descritivo é marcado no eixo correspondente, sendo que o centro do gráfico representa o ponto zero da escala utilizada. Os termos descritivos aroma doce e aroma pungente foram omitidos em razão de não terem apresentado diferença significativa entre os tratamentos. Observa-se que, praticamente todos os descritores estudados, com exceção apenas do

gosto doce e gosto residual doce, aumentaram nas amostras de néctar com 20% de polpa macerada (Figura 6.6).

As amostras NMV20, NMVC20 e NMPC20 mostram perfis sensoriais semelhantes entre si. No entanto, foi possível perceber que os termos descritivos presença visual de grumos, consistência visual e sensação bucal de consistência, para a amostra NMV20, revelaram médias superiores, confirmando a maior eficiência das combinações de preparações estudadas na maceração enzimática da polpa de bacuri (Figura 6.6).

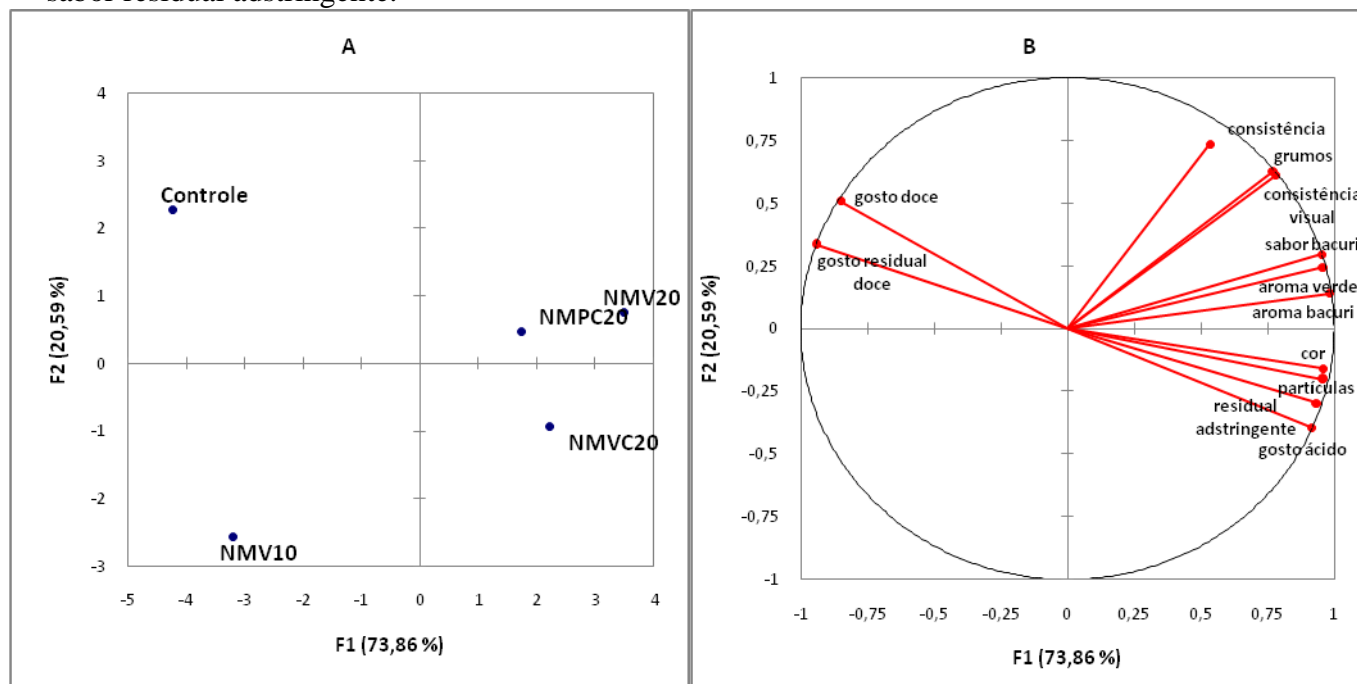
Pinto (2006), analisando o perfil sensorial do suco de acerola observou que os descritores aroma e sabor artificial e sabor de acerola cozida, não característicos da fruta fresca, foram percebidos em baixa intensidade nas etapas iniciais do processo (despolpadeira, refinamento e centrifugação), sendo bastante intensificados nas etapas finais (tratamento térmico e adição de conservante), provocando uma alteração no perfil sensorial global do produto final.

Facundo (2009) concluiu que as etapas *finisher* e centrifugação não modificaram drasticamente o perfil sensorial do suco de abacaxi recém extraído. Porém, o suco final, concentrado, apresentou uma maior intensidade de descritores indesejáveis, tais como, aroma e sabor de fruta cozida e aroma artificial, não característicos da fruta fresca.

Por meio da análise do perfil sensorial de suco de laranja, Torre et al. (2003) concluíram que não houve diferenças estatísticas entre as amostras de suco de laranja natural e os sucos de laranja pasteurizados minimamente processados para os atributos cor amarela, viscosidade visual, aroma fermentado, sabor fermentado e sabor de óleo essencial.

A Figura 6.7 mostra os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP).

Figura 6.7 Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos sensoriais do néctar de bacuri formulados com diferentes tratamentos enzimáticos: A)Primeira componente; B)Segunda componente. CV = consistência visual; C = cor; G= presença visual de grumos; PE= quantidade visual de partículas escuras; AB= aroma de bacuri; AV= aroma verde; SB= sabor de bacuri; SD= sabor doce; SA= sabor ácido; SBC= sensação bucal de consistência; RD= sabor residual doce; RA= sabor residual adstringente.



Quando os resultados foram submetidos à Análise de Componentes Principais – ACP (Figura 6.7), as características sensoriais de cada amostra foram evidenciadas, apresentando grande concordância com os resultados obtidos na ANOVA. As duas primeiras componentes juntas (F1 e F2) conseguiram explicar 94,45 % da variabilidade entre as amostras.

Por meio da sobreposição das Figuras 6.7 A e B foi possível observar que as cinco amostras foram divididas em três grupos distintos: o primeiro, situado no quadrante esquerdo superior no gráfico, formado pela amostra controle, a qual caracterizou-se pelos termos descritivos gosto doce e gosto residual doce; o segundo, situado no quadrante esquerdo inferior no gráfico, formado pela amostra NMV10, que ficou isolada e distante de todos os vetores, significando tratar-se de uma amostra com baixa intensidade em todos os termos descritivos avaliados, e o terceiro grupo, situado à direita no gráfico, composto pelas amostras NMV20, NMVC20 e NMPC20, caracterizaram-se por apresentar maior intensidade da maioria dos termos descritivos:

consistência visual, cor, presença visual de grumos, quantidade visual de partículas escuras, aroma de bacuri, aroma verde, sabor de bacuri, gosto ácido, sensação bucal de consistência e residual adstringente.

No gráfico da Figura 6.7B, vetores a um ângulo próximo de zero grau apresentam alta correlação positiva entre si, enquanto os vetores com ângulos próximos a 180 graus apresentam alta correlação negativa entre si. Assim os termos descritivos consistência visual e presença visual de grumos apresentaram alta correlação positiva entre si, indicando que a presença dos grumos influenciou a percepção da consistência visual, ou seja, quanto mais grumos, mais consistente era a amostra. Da mesma forma, a cor foi associada pelos provadores à quantidade visual de partículas escuras: quanto maior a quantidade de partículas, mais escuro era o néctar.

Pode-se dizer que os termos descritivos sabor de bacuri, aroma de bacuri e aroma verde apresentaram correlação positiva entre si, indicando que essas duas notas aromáticas estavam presentes nos néctares mais saborosos. Por sua vez, o gosto ácido e residual adstringente correlacionaram-se positivamente entre si, e ambos correlacionaram negativamente com gosto doce e gosto residual doce. Isso era esperado, uma vez que o gosto doce mascara o gosto ácido e a sensação de adstringência.

Apesar das amostras NMV20, NMVC20 e NMPC20 apresentarem perfil sensorial semelhante, a ACP revelou um certo distanciamento da amostra NMVC20 (Figura 6.7 a), a qual, por ficar no quadrante inferior, foi caracterizada pela maior intensidade dos descritores cor, presença visual de partículas escuras, gosto ácido e residual adstringente e menor intensidade dos descritores do quadrante superior, principalmente a consistência.

6.3.3 Testes de Aceitação em Fortaleza e Belém

Na Tabela 6.6 estão apresentadas as médias do teste de aceitação das mesmas amostras avaliadas na ADQ, realizadas em Fortaleza.

Tabela 6.6 Valores hedônicos médios obtidos na análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com diferentes tratamentos enzimáticos, realizada em Fortaleza.

Amostra ^a	Impressão global	Aparência	Aroma	Sabor	Consistência	Sabor residual
Controle	6,7 a	6,6 a	6,7 a	6,5 a	7,2 a	6,9 a
NMV10	6,0 a	5,9 a	6,5 a	6,1 a	5,9 b	6,0 a
NMV20	6,6 a	6,2 a	6,5 a	6,3 a	6,6 a b	6,0 a
NMVC20	6,6 a	6,5 a	6,9 a	6,4 a	7,2 a	6,3 a
NMPC20	6,5 a	6,7 a	7,2 a	6,6 a	6,8 a	6,1 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F ao nível de 6%. Os valores da tabela referem-se a escala estruturada do nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

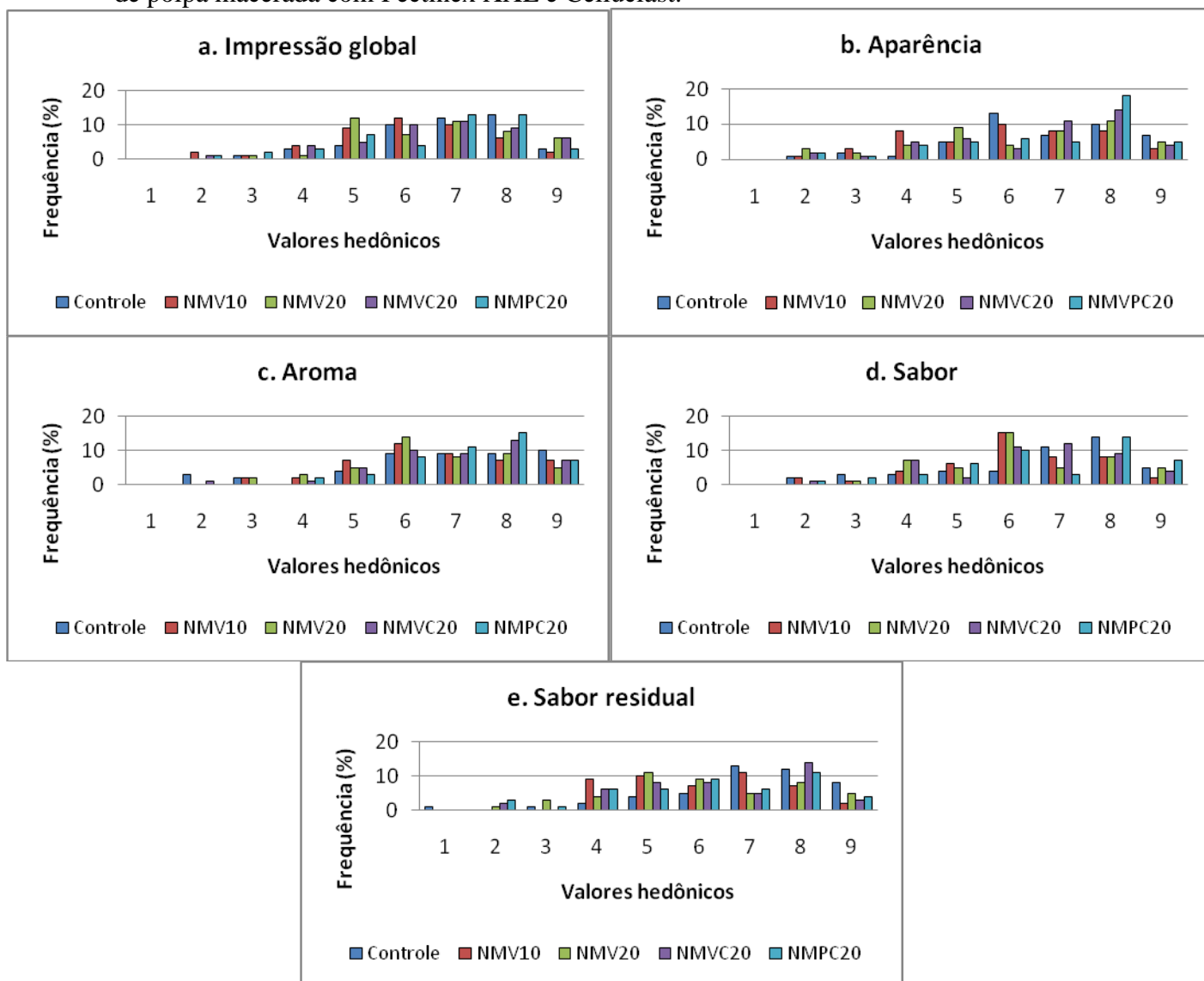
^aControle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10: néctar contendo 10 % de polpa macedara com Viscozyme L; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macedara com Viscozyme L; NMVC20: néctar contendo 20 % de polpa macedara com Viscozyme L e Celluclast; NMPC20: néctar contendo 20 % de polpa macedara com Pectinex XXL e Celluclast.

As diferenças observadas nos perfis sensoriais das cinco amostras de néctar de bacuri não afetaram a sua aceitação, pois não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a aceitação global e a aceitação dos atributos aparência, aroma sabor e sabor residual (Tabela 6.6). Todos os néctares foram bem aceitos, recebendo valores hedônicos entre 6,0 e 7,0, correspondentes às categorias “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” da escala hedônica.

O atributo consistência foi o único que obteve aceitação diferenciada entre as amostras, onde as amostras controle, NMV20, NMVC20 e NMPC20 não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, apresentando aceitação entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”, enquanto que a amostra NMV10 apresentou aceitação entre “gostei ligeiramente” e “não gostei/nem desgostei”, não revelando diferença significativa somente em relação à amostra NMV20. A menor aceitação das amostras NMV10 e NMV20 para o atributo consistência, provavelmente, deve-se ao fato de essas amostras serem, respectivamente, a menos e a mais consistente entre as estudadas, tendo os consumidores demonstrado maior aceitação pelas amostras com consistência intermediária (Tabela 6.6).

A distribuição de frequência das respostas obtidas na análise de aceitação está apresentada na Figura 6.8.

Figura 6.8 Histograma de frequência da análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com 13°Brix. a) Impressão global; b) Aparência; c) Aroma; d) Sabor; e) Sabor residual. Controle = néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV10 = néctar contendo 10 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMV20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMVC20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast; NMPC20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Pectinex XXL e Celluclast.



Observando-se os histogramas de frequência para aceitação global (Figura 6.8a) foi possível observar que, apesar de todas as amostras apresentarem maior frequência na região de aceitação da escala hedônica (89, 75, 78, 86 e 82 % para as amostras controle, NMV10, NMV20, NMVC20 e NMPC20, respectivamente), os valores das modas obtidos para estas amostras variaram bastante. As amostras controle e NMPC20 apresentaram moda 8 (categoria “gostei muito”), amostra NMVC20 apresentou moda 7

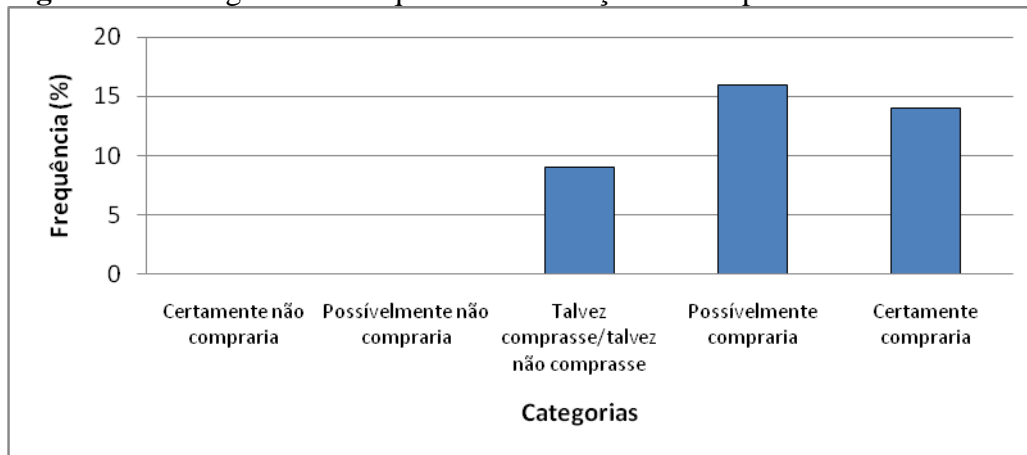
(“gostei moderadamente”), a amostra NMV10 moda 6 (categoria “gostei ligeiramente) e amostra NMV20 obteve moda 5 (categoria “nem gostei/nem desgostei”).

Para todos os atributos avaliados (Figuras 6.8b a 6.8e) também observou-se maior distribuição de frequência das respostas na área de aceitação, porém, a amostra NMPC20 foi a que se destacou com moda 8 em todos os atributos. A amostra NMVC20 apresentou moda 8 para quase todos os atributos, com exceção do sabor (moda 7). A amostra controle obteve moda 9 no atributo de aroma, provavelmente devido a menor concentração de polpa, o que refletiu em um aroma pungente mais suave, porém, os demais atributos atingiram menores valores de moda, sendo 6 no atributo aparência, 8 para sabor e 7 em sabor residual.

As amostras NMV10 e NMV20, apresentaram menores frequências na região de aceitação e menores valores de moda em relação às demais amostras. A amostra NMV20 apresentou moda 8 no atributo aparência, moda 6 para aroma e sabor e moda 5 em sabor residual. Enquanto que a amostra NMV10 obteve moda 6 nos atributos aparência, aroma e sabor e moda 5 para sabor residual (Figura 6.8).

Possivelmente, este resultado ocorreu devido à predileção dos consumidores pelas amostras que obtiveram aparência, aroma, sabor e sabor residual intermediários, pois avaliando os termos descritivos destas amostras a NMV10 revelou menor intensidade de consistência visual, presença visual de grumos, aroma de bacuri, aroma verde, sabor de bacuri e sensação bucal de consistência. Enquanto que a amostra NMV20 apresentou maior intensidade de consistência visual, presença visual de grumos, aroma de bacuri, aroma verde, sabor de bacuri e sensação bucal de consistência (Figura 6.6). Este resultado reforçou ainda mais o bom desempenho das amostras de néctar de bacuri adicionadas de combinação de preparações enzimáticas.

A Figura 6.9 apresenta a distribuição de frequência das respostas obtidas no teste de intenção de compra.

Figura 6.9 Histograma de freqüência de intenção de compra de néctar de bacuri.

Observa-se que a maioria dos consumidores respondeu “certamente compraria” (36%) e “possivelmente compraria” (41%) o néctar de bacuri, sendo este um resultado considerado muito bom, principalmente por ter sido realizado em Fortaleza/CE, onde este produto não é comercializado, indicando a possibilidade da inclusão desse produto no mercado.

Em Belém foi analisada a aceitação de apenas três amostras (controle, NMV20 e NMVC20), devido à inviabilidade de deslocamento das cinco amostras para o local deste teste (Tabela 6.7). Essas amostras foram escolhidas em razão de serem capazes de representar o universo de variação entre as cinco amostras estudadas.

Tabela 6.7 Valores hedônicos médios obtidos na análise de aceitação global realizada em Belém/PA dos néctares de bacuri formulados com diferentes tratamentos enzimáticos.

Amostra ^a	Impressão global
Controle	5,9 b
NMV20	7,2 a
NMVC20	7,0 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F ao nível de 6%. Os valores da tabela referem-se a escala estruturada do nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

^aControle: néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMVC20: néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast.

A Tabela 6.8 apresenta os resultados do teste de diagnóstico de atributos, no qual cada consumidor avaliou, de acordo com seu padrão mental para o produto em questão, a intensidade da consistência, presença de grumos e acidez das amostras de néctar de bacuri.

Tabela 6.8 Valores médios de intensidade obtidos no teste de diagnóstico de atributos realizado em Belém/PA com os néctares de bacuri formulados com diferentes tratamentos enzimáticos.

Amostra ^a	Consistência	Presença de grumos	Acidez
Controle	2,2 b	2,4 b	1,6 b
NMV20	3,2 a	2,8 a	3,1 a
NMVC20	2,9 a	2,2 b	3,3 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F ao nível de 6%. Os valores da tabela referem-se a escala estruturada do cinco pontos (1= pouca, 5= muita).

^aControle = néctar de bacuri contendo 10 % de polpa sem maceração; NMV20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L; NMVC20 = néctar contendo 20 % de polpa macerada com Viscozyme L e Celluclast.

Observa-se, na Tabela 6.7 que as médias de aceitação global aumentaram para as amostras NMV20 e NMVC20, passando de 6,6 (médias obtidas em Fortaleza) para 7,3 e 7,1, respectivamente, apresentando aceitação entre “gostei muito” e “gostei moderadamente”, porém não apresentando diferença entre si ($p > 0,05$). Já para a amostra controle, a média diminuiu de 6,7 para 5,9, com aceitação entre “gostei ligeiramente” e “nem gostei, nem desgostei”, o que acarretou em diferença significativa ($p < 0,05$) em relação às amostras maceradas. Foi possível observar que os consumidores de Belém obtiveram predileção pelos néctares com maior concentração de polpa e maior acidez (Tabela 6.8).

6.4 CONCLUSÕES

Os néctares de bacuri com 10 e 20% de polpa macerada obtiveram boa aceitação, não apresentando diferença significativa entre si ($p > 0,05$) quando formulados com igual valor de relação brix/acidez.

Através dos resultados da Análise de Componentes Principais (ACP), que foram confirmados pela ANOVA, concluiu-se que o processo de maceração enzimática modificou um pouco o perfil sensorial do néctar de bacuri, aumentando a intensidade da cor, quantidade visual de partículas escuras e gosto ácido e reduzindo a intensidade da consistência visual, presença visual de grumos, sensação bucal de consistência e gosto residual doce. Os termos descritivos aroma de bacuri, aroma doce, aroma verde, aroma pungente, sabor de bacuri e sensação residual adstringente não foram modificados. No entanto, a maceração enzimática, juntamente com o aumento da concentração da polpa, modificaram praticamente todo o perfil sensorial do néctar de bacuri, aumentando a intensidade da consistência visual, cor, presença visual de grumos, quantidade visual de partículas escuras, aroma de bacuri, aroma verde, aroma pungente, sabor de bacuri, gosto ácido, sensação bucal de consistência e residual adstringente, reduzindo a intensidade do gosto doce e gosto residual doce. O único termo descritivo que não foi alterado foi o aroma doce.

Por meio dos resultados obtidos para os termos descritivos consistência visual e sensação bucal de consistência, foi possível observar que a polpa de bacuri macerada com as combinações de preparações enzimática estudadas (Viscozyme L com Celluclast e Pectinex XXL com Celluclast) conseguiram formular um néctar dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira, com a mesma fluidez do néctar formulado fora dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira.

Quando a análise de aceitação para o atributo de impressão global foi realizado em Belém/PA, o néctar com 20 % de polpa macerada obteve maior aceitação e o néctar com 10 % de polpa sem maceração obteve menor aceitação em relação ao mesmo teste realizado em Fortaleza/CE.

A maceração enzimática conseguiu reduzir a consistência do néctar de bacuri sem alterar sua aceitação, o qual apresentou ainda boa intenção de compra, viabilizando a elaboração do desse produto dentro das exigências da Legislação Brasileira.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** – NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8p.

AQUINO, A. C. **Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (platonía insignis mart.)**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de Alimentos, UFC – Universidade Federal do Ceará, 115 p, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 9 de setembro, Brasília, 2003.

CLEMENT, C. R.; VENTURIERI, G. A. BACURI E CUPUASSU. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWISKI, W.G. **Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses**, Lake Alfred: Florida, 1990.

DAMASIO, M. H.; COSTELL, E. Analisis sensorial Descriptivo: Generación de Descriptores y selección de catadores. **Ver. Agroq. Tecnol. Alim.** v.31, n.2, p. 165-178, 1991.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Ed. DA Champagnat, 123 p., 1996.

FACUNDO, H. V. V. **Mudanças no perfil sensorial e de voláteis do suco de abacaxi concentrado durante o processamento**. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, 83 p., 2009.

LYON, B. G. Development of chicken flavor descriptive attribute terms aided by multivariate statistical procedures. **Journal of Sensory Studies**, v. 2, p. 55-67, 1987.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order-carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, n.4, p.129-148,1989.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press. 1987. 281p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 1999. 390p.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods: Marketing and R & D approaches**. Westport: Food and Nutrition Press, 1983, 605p.

NAZARÉ, R. F. R. de. **Produtos agroindustriais de bacuri, cupuaçu, graviola e açaí, desenvolvidos pela Embrapa Amazônia Oriental**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000.

NEWELL, G. J.; MAC FARLANE, J. D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. **Journal of Food Science.**, v. 52, n. 6, p. 1721-1725, 1987.

PINTO, L. G. C. **Efeito do processamento sobre o perfil sensorial e os constituintes voláteis do suco de acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, 102 p., 2006.

PONTES, M. M. M. **Polpa de manga processada por alta pressão hidrostática: aspectos microbiológicos, nutricionais, sensoriais e a percepção do consumidor**. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 136 p., 2008.

SAS. **User's Guide: basic and statistic**. Cary: SAS, 1995. 1686 p.

SILVA, Virlane Kelly Lima da ; Figueiredo, Raimundo Wilane ; MAIA, G. A. ; SOUSA, P.H.M. ; FIGUEIREDO, E. A. T. ; PINHEIRO, E. S. . Otimização do formulação de néctar de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). **In: 7 Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos**, 2007, Campinas-SP. 7 Simpósio Latino americano de Ciências de Alimentos: Ciência de Tecnologia de Alimentos em Benefício a Sociedade: Ligando a Agricultura à Saúde, 2007. v. 7.

STONE, H. H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technol.** V. 28, n. 11, p. 24-31. 1974.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. Academic Press. 1985. 311p.

STONE, H.; Sidel, J. **Sensory evaluation practices**. Academic Press: New York. 1993, 338p.

TORRE, J. C. M. D.; RODAS, M. A. B.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p. 105-111, 2003.

CAPÍTULO 7. PRODUÇÃO DO NÉCTAR DE BACURI EM ESCALA PILOTO

7.1 INTRODUÇÃO

O bacuri possui características sensoriais e nutritivas únicas, apresentando condições favoráveis para a extensão da industrialização de seu néctar (SAMPAIO, 2005).

No entanto, para que o néctar de bacuri possa ser comercializado dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira, sua polpa precisa de um tratamento para melhorar sua consistência, como por exemplo, a maceração enzimática. No Brasil, a utilização de enzimas no processamento de bebidas de frutas já é comum em escala industrial, principalmente no caso de obtenção de sucos de maçã, uva e na produção de vinhos cidra (SANTIN, 2004).

A vida útil destas bebidas é influenciada por diversos fatores, entre eles o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, reações enzimáticas e outras reações químicas que comprometem a qualidade sensorial do produto, além de diminuir a qualidade nutricional. Além da matéria-prima, a qualidade desses produtos é influenciada por mudanças que podem ocorrer durante o seu processamento, especialmente na concentração ou tratamento a altas temperaturas (PIRILLO e SABIO, 2009).

Este trabalho tem como objetivo a elaboração do néctar de bacuri em escala piloto com aplicação de enzimas e otimizar o processo de pasteurização, através da avaliação de fatores que influenciam direta ou indiretamente na sua qualidade.

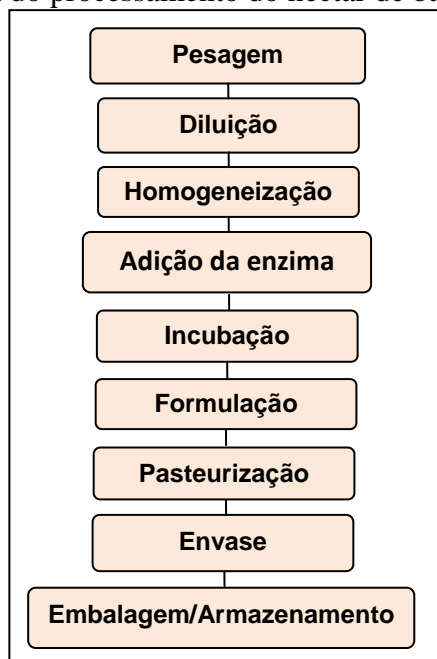
7.2 MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1 Matéria-Prima

A polpa de bacuri utilizada nesta etapa foi obtida como no item 2.2.2. As preparações enzimáticas comerciais utilizadas foram Pectinex XXL e Celluclast.

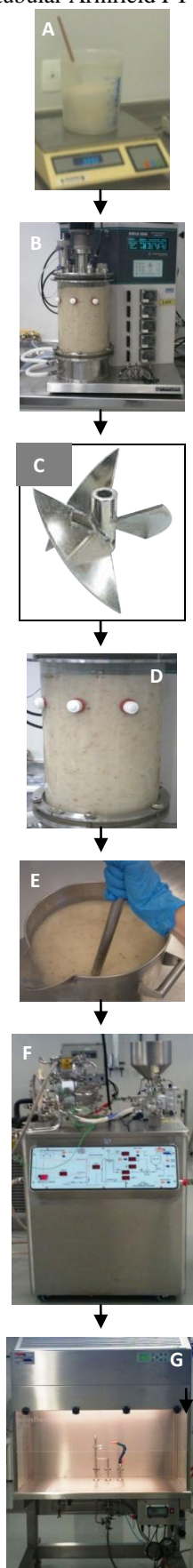
7.2.2 Processamento do Néctar de Bacuri em Larga Escala

O processamento do néctar de bacuri em larga escala pode ser sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 7.1.

Figura 7.1 Esquema do processamento do néctar de bacuri em larga escala.

Inicialmente pesou-se uma quantidade suficiente de polpa (Figura 7.2A) para formulação do néctar contendo 20 % de polpa de bacuri. A polpa foi levada para um reator BIOFLO 3000 (Figura 7.2B) com capacidade para 12 L. Em seguida adicionou-se água mineral na proporção 1:2 (polpa:água). Devido à elevada consistência da polpa, utilizaram-se dois agitadores do tipo m11078 (Figura 7.2C) no reator. A homogeneização foi realizada com agitação de 250 rpm durante 2 minutos (Figura 7.2D). Após a homogeneização da polpa com a água mineral foram adicionadas $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast no reator em agitação (200 rpm) durante 20 segundos, desta vez, para homogeneizar a enzima com a mistura de polpa e água. A incubação foi realizada sob condições controladas (200rpm/30°C/80 minutos). Após a maceração enzimática a polpa de bacuri foi diluída em água mineral e recebeu sacarose (Figura 7.2E). Para o processo de pasteurização utilizou-se um pasteurizador tubular contínuo Armfield FT74X UHT/HTST com tempo de retenção de 15 segundos e vazão 9 L/h (Figura 7.2F). O néctar foi envasado em uma capela de envase Armfield FT83 (Figura 7.2G), acoplada ao pasteurizador. Estas etapas foram realizadas de acordo com a análise a ser aplicada, por exemplo, o néctar destinado à análise sensorial foi embalado em bombonas de 5 litros e levado para refrigeração a $\approx 10^\circ\text{C}$.

Figura 7.2 Etapas do processamento do néctar de bacuri em larga escala. A) Pesagem; B) Reator utilizado na maceração enzimática da polpa de bacuri; C) Agitador utilizado no reator; D) Homogeneização; E) Formulação do néctar; F) Pasteurizador tubular Armfield FT74X; G) Capela de envase Armfield FT83.



7.2.3 Estudo da Pasteurização do Néctar de Bacuri em Escala Piloto

Nesta etapa realizou-se o estudo da pasteurização do néctar de bacuri, utilizando o pasteurizador tubular Armfield FT74X UHT/HTST com tempo de retenção de 15 segundos e vazão 9 L.h^{-1} . A elaboração do néctar foi realizada de acordo com o item 6.2.2 nas seguintes condições:

- Temperatura de pasteurização: 80, 90, 100, 110 e 120°C
- Amostras submetidas às análises citadas abaixo:
 - Néctar de bacuri sem pasteurização (NSP)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 80°C (NP80)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 90°C (NP90)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 100°C (NP100)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 110°C (NP110)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 120°C (NP120)
- Análises:
 - Análises microbiológicas: A contagem de mesófilos totais e bolores e leveduras foram feitas de acordo com a metodologia proposta por Vandersant e Splittstoesser (1992)
 - GRT: de acordo com o item 4.2.5
 - SST: de acordo com o item 3.2.2.11
 - Cor instrumental: de acordo com o item 3.2.2.5
 - Análise de hidroximetilfurfural (HMF) e Furfural por HPLC: As concentrações de HMF e furfural foram determinadas por HPLC, sob as seguintes condições: coluna Agilent Zorbax SB C-18, mantida a 25°C ; detector ultravioleta/visível Varian a 276 nm, tendo acetoneitrila/água (2:8) com 1% de ácido acético como eluente em fluxo de $0,7 \text{ mL min}^{-1}$. O volume de amostra injetada foi de 20 μL . As amostras foram previamente centrifugadas e filtradas em membrana de acetato de celulose ME25 com 0,45 μL e D13 mm. Corrida de 7 minutos. Pressão de 100-99 bar. Tempo de retenção: HMF (3,4 min) e furfural (5,5 min)
 - Todas estas análises foram realizadas em triplicata.
- Análise Sensorial:
 - Teste triangular: realizado conforme a metodologia descrita por Meilgaard et al. (1999) com o objetivo de verificar se existia ou não

diferença entre as amostras. Foram realizados 3 testes com a participação de 24 provadores, avaliando-se as amostras duas a duas:

- Néctar de bacuri pasteurizado a 80°C (NP80)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 100°C (NP100)
 - Néctar de bacuri pasteurizado a 120°C (NP120)
- Os provadores receberam três amostras codificadas com números de três dígitos, e foram informados que duas amostras eram iguais e uma diferente e que deveriam identificar a amostra diferente (Anexo 7). O resultado foi feito contando-se o número de respostas corretas e o número de respostas totais. Se o número de respostas corretas for maior ou igual ao valor tabelado, conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5 % de significância.
 - Teste de aceitação: Foi realizada análise de aceitação, de acordo com o item 6.2.3, quanto aos atributos impressão global, aparência, aroma, sabor e consistência, com o objetivo de comparar a aceitação do néctar elaborado em escala de bancada (item 6.2.2) com o néctar elaborado em larga escala (item 7.2.2), com a participação de 46 consumidores.
 - Amostras utilizadas no teste de aceitação:
 - Néctar de bacuri elaborado em escala de bancada com pasteurização a 80°C (NEBP80)
 - Néctar de bacuri elaborado em larga escala com pasteurização a 80°C (NLEP80)
- Monitoramento da pasteurização: O software Armfield FT74-44 registrou a temperatura de pasteurização a cada 10 segundos.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1 Análises Microbiológicas

Na Tabela 7.1 estão apresentados os resultados obtidos nas análises microbiológicas realizadas nos néctares de bacuri pasteurizadas em diferentes temperaturas.

Tabela 7.1 Valores médios obtidos nas análises dos néctares de bacuri pasteurizados em diferentes temperaturas.

Amostra^a	Contagem de bolores/leveduras (UFC/mL)
NSP	3,87 x 10 ⁵
NP80	< 1,0
NP90	< 1,0
NP100	< 1,0
NP110	< 1,0
NP120	< 1,0

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ^aNSP: néctar de bacuri sem pasteurização; NP80: néctar de bacuri pasteurizado a 80°C; NP90: néctar de bacuri pasteurizado a 90°C; NP100: néctar de bacuri pasteurizado a 100°C; NP110: néctar de bacuri pasteurizado a 110°C; NP120: néctar de bacuri pasteurizado a 120°C.

Como pode-se observar na Tabela 7.1, os resultados referentes à avaliação microbiológica realizada nos néctares pasteurizados (NP80, NP90, NP100, NP110 e NP120) apresentaram contagem de bolores e leveduras inferior ao néctar sem pasteurização (NSP), conforme esperado, já que a pasteurização visa à redução da carga microbiana, permitindo adequação as conformidades da Portaria n° 451, de 19 de setembro de 1997, do Ministério da Saúde, que regulamenta os padrões microbiológicos para sucos concentrados congelados, sucos e refrescos in natura, preparado para refrescos e refrigerantes, sucos concentrados adicionados ou não de conservantes, polpas e produtos de frutas, cujos valores máximos permitidos para bolores e leveduras estão entre 10² e 10⁴ UFC/mL (BRASIL, 1997).

Assim como o presente trabalho, Rivas et al. (2006) também revelaram redução na contagem de bolores e leveduras após pasteurização do suco misto de laranja e cenoura, que passou de 1,5 x 10⁴ para < 1 UFC/mL.

Dutra et al. (2010) observaram contagem de bolores e leveduras inferior a 10 UFC/mL na pasteurização do suco de tangerina nas temperaturas entre 88 e 100°C e tempo entre 16 e 44 segundos.

Sukasih e Setyadjit (2008) estudando a resistência térmica de microrganismos no suco de pomelo revelaram que para se produzir este suco é necessário que o mesmo seja submetido à pasteurização nas condições de 85 °C durante 11,26 minutos.

7.3.2 Análises Químicas e Físico-Químicas

Na Tabela 7.2 estão apresentados os valores médios obtidos nas análises químicas e físico-químicas realizadas nos néctares de bacuri formulados em diferentes temperaturas de pasteurização.

Tabela 7.2 Valores médios obtidos nas análises dos néctares de bacuri formulados em diferentes temperaturas de pasteurização.

Amostra ^a	GRT (mg/g)	SST (°Brix)	Cor (L*)	Cor (a*)	Cor (b*)
NSP	30,54 ± 0,39 c d	13,65 ± 0,06 b	43,31 ± 0,05 b	-1,87 ± 0,03 c d	6,37 ± 0,00 d
NP80	22,31 ± 0,31 e	12,90 ± 0,00 c	44,09 ± 0,27 a b	-1,69 ± 0,09 b c	7,28 ± 0,01 b
NP90	30,30 ± 0,71 d	14,20 ± 0,10 a	44,85 ± 0,13 a	-2,01 ± 0,07 d	7,63 ± 0,04 a
NP100	32,66 ± 0,86 c	14,05 ± 0,06 a	42,74 ± 0,71 b	-1,32 ± 0,02 a	6,70 ± 0,11 c
NP110	38,43 ± 0,49 b	13,95 ± 0,06 a b	43,20 ± 0,46 b	-1,56 ± 0,06 b	7,14 ± 0,01 b
NP120	42,69 ± 0,01 a	12,40 ± 0,10 d	43,29 ± 0,14 b	-1,72 ± 0,04 b c	7,10 ± 0,00 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

^aNSP = néctar de bacuri sem pasteurização; NP80 = néctar de bacuri pasteurizado a 80°C; NP90 = néctar de bacuri pasteurizado a 90°C; NP100 = néctar de bacuri pasteurizado a 100°C; NP110 = néctar de bacuri pasteurizado a 110°C; NP120 = néctar de bacuri pasteurizado a 120°C.

Com relação ao teor de GRT, a amostra NP80 apresentou um valor significativamente menor ($p < 0,05$) em relação à amostra NSP. Já as amostras NP90, NP100, NP110 e NP120, apresentaram valores significativamente maiores ($p > 0,05$) em relação às amostras NSP e NP80, indicando uma possível perda de água e, conseqüentemente, concentração no teor de GRT.

Para o teor de SST, houve um aumento significativo ($p < 0,05$) do teor de SST nas amostras com pasteurização até 100°C (NP100) e um decréscimo nos teores de SST nas amostras com pasteurização acima de 100°C (NP110 e NP120). Este aumento decorreu, provavelmente devido à perda de água ou a hidrólise de algum amido ainda presente nos tecidos (CANTILLANO et al., 1981).

Para Sugai et al. (2002) as diferenças existentes no valor de SST do suco podem explicadas em princípio pela variação existente na própria matéria-prima e principalmente pelos eventos que ocorrem durante a passagem do suco num trocador de calor.

Dutra et al. (2010) verificaram um aumento significativo dos teores de SST do suco de tangerina após pasteurização realizadas nos binômios 90°C/40s, 98°C/20s e 98°C/40s com valores médios de $11,27 \pm 0,06$; $11,43 \pm 0,12$ e $11,40 \pm 0,06$ °Brix, respectivamente, e redução dos mesmos após pasteurização realizadas nos binômios 88°C/30s, 90°C/20s, 94°C/16s, 94°C/30s e 94°C/44s, relatando valores de $10,47 \pm 0,06$; $10,73 \pm 0,06$; $10,43 \pm 0,12$; $10,20 \pm 0,00$ e $10,50 \pm 0,00$ °Brix, respectivamente, em relação ao suco de tangerina sem pasteurização ($11,00 \pm 0,00$ °Brix).

A amostra NP90 apresentou maiores valores de L* (44,85) e b* (7,63), além do menor valor de a* (-2,01), indicando que a pasteurização a 90°C tornou o néctar mais claro e amarelado que as demais devido, principalmente ao valor de b*, correspondente a relação amarelo-azul (valores positivos e valores negativos, respectivamente). A amostra NP100 apresentou efeito contrário, mas somente para os valores de L* (42,74) e a* (-1,32). As demais amostras revelaram valores intermediários em relação às amostras NP90 e NP100, sendo que a amostra sem pasteurização (NSP) foi a que apresentou menor valor de b* conferindo a esta amostra tonalidade mais escura. Este resultado deve-se ao fato de que a pasteurização, provavelmente inativou as enzimas, inclusive a polifenol oxidase presente em frutas, a qual é responsável pelo escurecimento. No entanto, essas pequenas diferenças de cor, observadas por meio do colorímetro, são dificilmente percebidas pela visão humana.

Vendruscolo (2005) observou que a pasteurização a 100°C durante 10 minutos promoveu maior luminosidade na polpa de carambola, tornando-a mais clara e com maior aceitação.

Outro fator que indica escurecimento, e conseqüente perda da qualidade de um produto após o tratamento térmico, é a formação dos compostos furfural e hidroximetilfurfural (KAANANE et al., 1988). O furfural é produto da decomposição do ácido ascórbico, o qual sofre polimerização como um aldeído ativo podendo combinar-se com aminoácidos e o hidroximetilfurfural é formado a partir de açúcares juntamente com aminoácidos, contribuindo, em ambos os casos, para o escurecimento do produto sob influência da temperatura (SOLOMON et al., 1995). O presente trabalho não detectou formação de furfural e hidroximetilfurfural em nenhuma das amostras, explicando, em parte, porque a pasteurização nas temperaturas estudadas não promoveu escurecimento, não afetando a qualidade do néctar de bacuri.

Giovanelli e Lavelli (2002) avaliaram o efeito do processamento térmico e da estocagem de produtos processados de tomate a 30, 40 e 50 °C por 90 dias e relataram

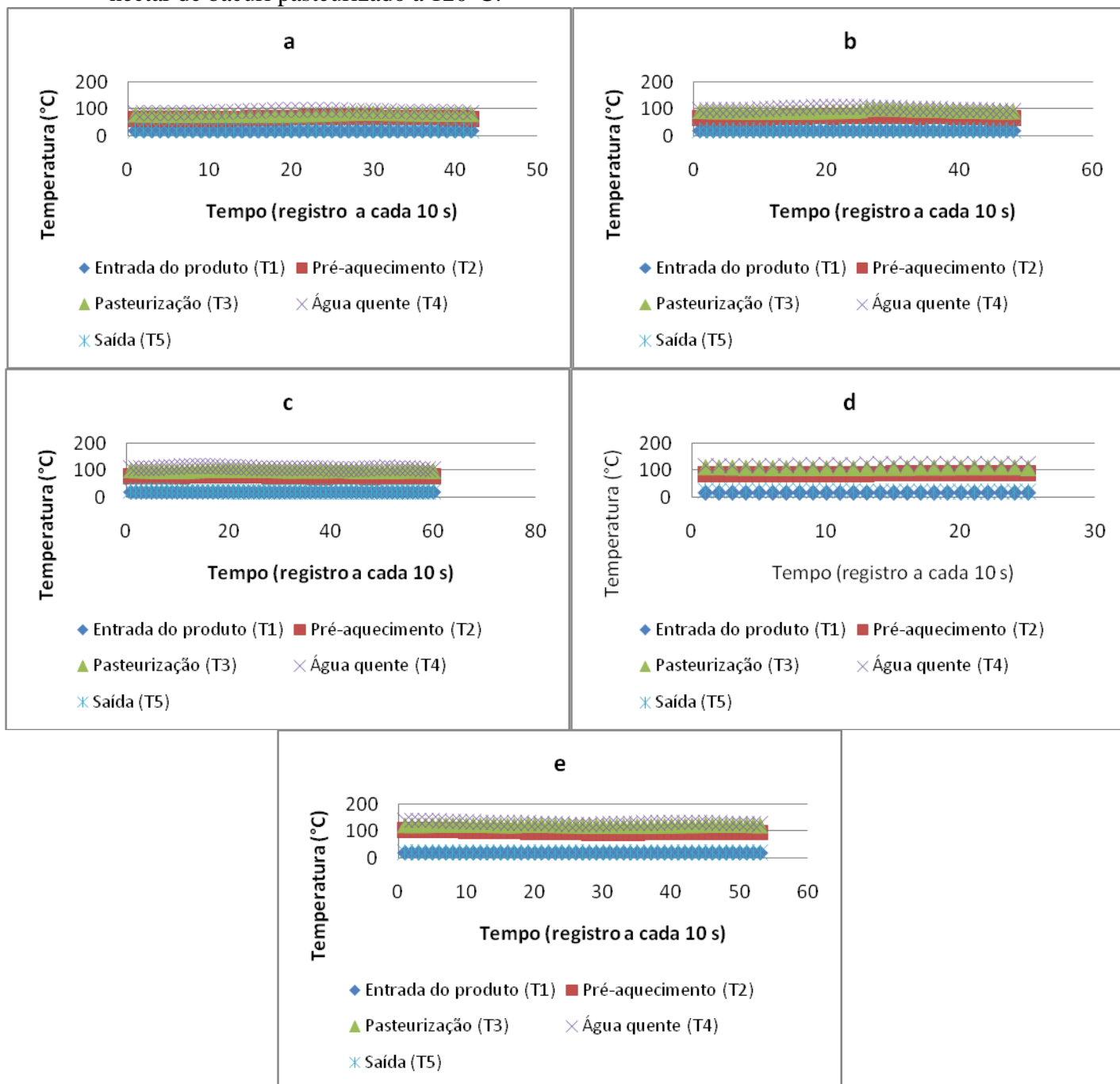
que a polpa de tomate, após tratamento térmico quase dobrou a formação de furosina de 70,6 para 131,5 mg/100g proteína e a de hidroximetilfurfural quase triplicou de 13,5 para 32,9 mg Kg⁻¹ massa seca.

Rivas et al. (2006) observaram que a pasteurização a 98 °C por 21 segundos não promoveu formação de hidroximetilfurfural no suco misto de laranja e cenoura, sendo que a quantidade de 0,013 mg/mL de hidroximetilfurfural foi mantida após a pasteurização.

7.3.3 Monitoramento da Pasteurização

De acordo com o manual do pasteurizador Armfield FT74X UHT/HTST, o tamanho das partículas e fibras do material a ser pasteurizado não deve ultrapassar 0,8 e 25 mm, respectivamente. Na Figura 7.3 estão apresentados os pontos registrados através do software Armfield de cada pasteurização.

Figura 7.3 Monitoramento da pasteurização. a) NP80: néctar de bacuri pasteurizado a 80°C; b) NP90: néctar de bacuri pasteurizado a 90°C; c) NP100: néctar de bacuri pasteurizado a 100°C; d) NP110: néctar de bacuri pasteurizado a 110°C; e) NP120: néctar de bacuri pasteurizado a 120°C.



Essas Figuras revelam que todas as temperaturas de pasteurização estudadas mantiveram-se estáveis ao longo do processo de pasteurização, indicando que a maceração enzimática, provavelmente conseguiu reduzir o tamanho das partículas e fibras da polpa de bacuri, permitindo a pasteurização do néctar de bacuri neste equipamento sem apresentar problemas de entupimento. As corridas com menor número de pontos obtiveram estabilização mais rápida da temperatura de pasteurização.

7.3.4 Análises Sensoriais

Na Tabela 7.3 está apresentado os resultados obtidos no teste triangular.

Tabela 7.3 Teste triangular dos néctares de bacuri pasteurizados em diferentes temperaturas.

Amostra ^a	Diferença
NP80 – NP100	12 ^{n.s.}
NP80 – NP120	6 ^{n.s.}
NP100 – NP120	5 ^{n.s.}

* significativo a $\alpha = 0,05$; n.s.= não significativo. ^aNP80: néctar de bacuri pasteurizado a 80°C; NP100: néctar de bacuri pasteurizado a 100°C; NP120: néctar de bacuri pasteurizado a 120°C.

Sabendo que o valor tabelado para que haja diferença significativa no teste triangular a $\alpha = 0,05$, com 24 observações é 13, pode-se afirmar que não houve diferença significativa entre as amostras testadas, ao nível de 5% de significância, pois os julgadores não foram capazes de identificar a amostra correta. Este fato indica que não existe diferença entre as amostras pasteurizadas nas temperaturas de 80, 100 e 120 °C, perceptível ao paladar.

A análise sensorial de aceitação dos néctares elaborados em escala de bancada (NPEB80) e em larga escala (NPLE80) estão apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 Valores hedônicos médios obtidos na análise de aceitação dos néctares de bacuri submetidos a diferentes processos de pasteurização.

Amostra ^a	Impressão global	Aparência	Aroma	Sabor	Consistência
NEBP80	6,2 a	6,3 a	6,3 a	6,7 a	6,3 a
NLEP80	6,4 a	6,2 a	6,3 a	6,9 a	6,5 a

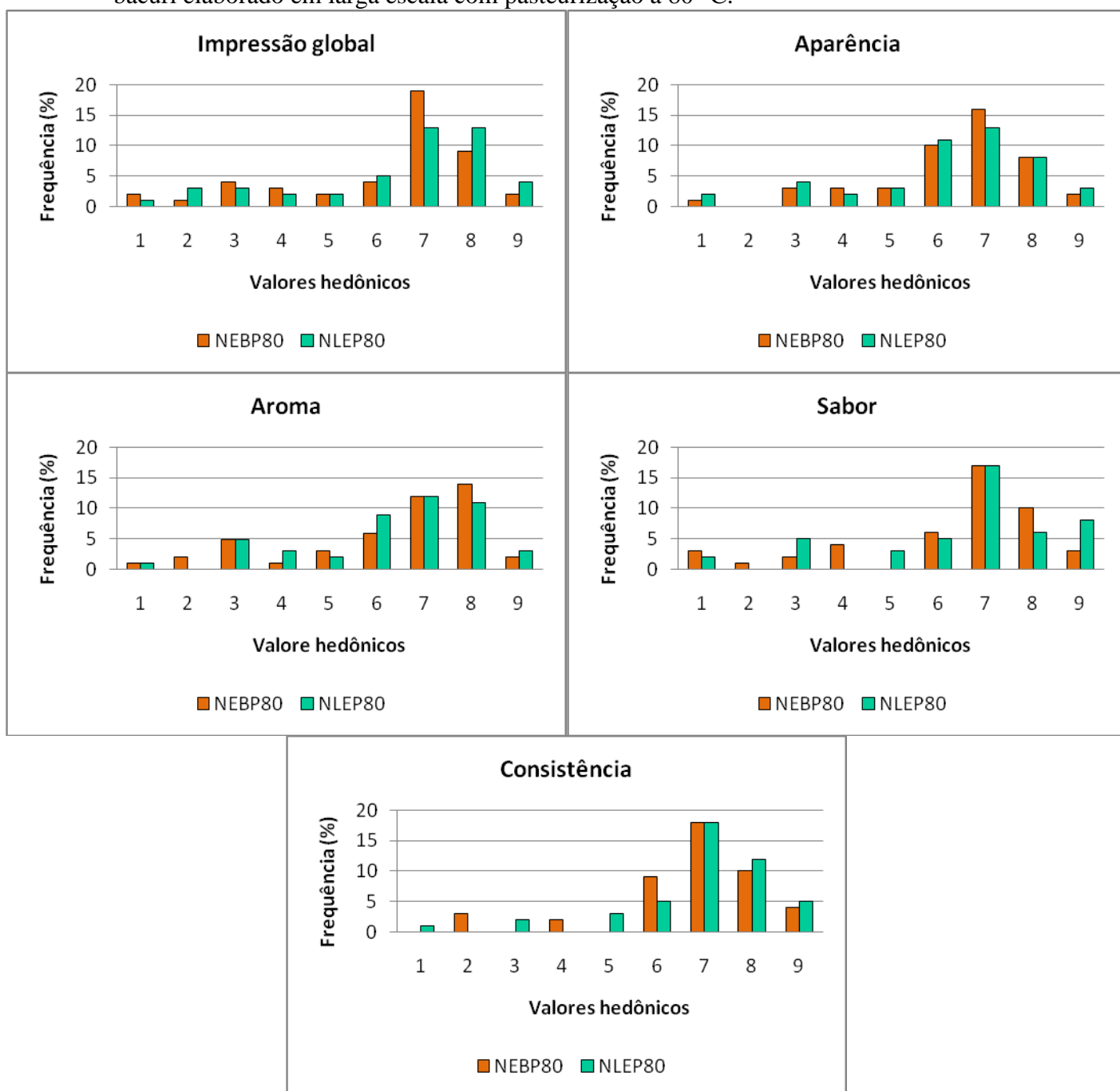
*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F ao nível de 6%. Os valores da tabela referem-se a escala estruturada do nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

^aNEBP80: néctar de bacuri elaborado em escala de bancada com pasteurização a 80 °C; NLEP80: néctar de bacuri elaborado em larga escala com pasteurização a 80 °C.

Os resultados da Tabela 7.4 revelaram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras, em relação à aceitação dos atributos avaliados. Todos os atributos obtiveram boa aceitação entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” na escala hedônica (médias dos valores hedônicos entre 6,0 e 7,0).

As distribuições de frequência para os atributos estudados na análise de aceitação estão apresentadas na Figura 7.4.

Figura 7.4 Histograma de frequência da análise de aceitação dos néctares de bacuri formulados com processo diferente de pasteurização. NEBP80 = néctar de bacuri elaborado em escala de bancada com pasteurização a 80 °C; NPLE80 = néctar de bacuri elaborado em larga escala com pasteurização a 80 °C.



Todos os atributos apresentaram uma pequena segmentação dos consumidores em relação à aceitação das duas amostras, sendo que o grupo de pessoas que gostou muito (área de aceitação das amostras NPEB80 e NPLE80 foi de 78,69 e 78,70 %, respectivamente) dessas amostras foi bem maior do que o outro grupo que não gostou (a

área de rejeição das amostras NPEB80 e NPLE80 foi de 17,83 e 15,64 %, respectivamente).

A Figura 7.4 mostrou que as duas amostras apresentaram a mesma distribuição de frequência para a aceitação dos atributos de aparência, aroma e consistência, porém, para os atributos de impressão global e sabor, a amostra NLEP80 ficou mais deslocada para a região de maior aceitação, indicando que o néctar de bacuri formulado em escala piloto foi mais aceito do que o néctar de bacuri formulado em escala de bancada para os atributos impressão global e sabor.

7.4 CONCLUSÕES

Foi possível aumentar a escala do processamento do néctar de bacuri utilizando as mesmas condições de concentração das preparações enzimáticas, tempo e temperatura de incubação do processamento do néctar de bacuri em escala de bancada. A única diferença se deu na velocidade da agitação, em razão dos equipamentos possuírem diferentes sistemas de agitação, sendo esta aumentada para que o produto apresentasse as mesmas características.

Todos os processamentos térmicos estudados proporcionaram a adequação aos parâmetros microbiológicos preconizados pela RDC nº12/01.

A análise estatística indicou uma perda significativa de GRT e SST no néctar de bacuri após a pasteurização a 80°C. No entanto, verificou-se uma tendência dos valores de GRT aumentarem com o aumento da temperatura de pasteurização a partir de 90°C, devido a uma provável concentração no teor de GRT.

Os valores de SST do néctar de bacuri submetidos a pasteurizações de 90 e 100°C aumentaram. Já os néctares submetidos a pasteurizações de 110 e 120°C apresentaram um decréscimo nos valores de SST.

A pasteurização não promoveu escurecimento no néctar de bacuri, pois na análise de cor instrumental o néctar que apresentou tonalidade mais escura foi o que não recebeu pasteurização. Além disso, não foi evidenciada formação de furfural e hidroximetilfurfural no néctar de bacuri pasteurizado em nenhuma das temperaturas estudadas.

Todas as temperaturas de pasteurização estudadas mantiveram-se estáveis ao longo do processo de pasteurização, indicando que a maceração enzimática, provavelmente conseguiu reduzir o tamanho das partículas e fibras da polpa de bacuri,

permitindo a pasteurização do néctar de bacuri neste equipamento sem apresentar problemas de entupimento.

De acordo com o resultado do teste triangular, os julgadores revelaram que as amostras pasteurizadas nas temperaturas de 80, 100 e 120 °C não apresentam diferenças sensoriais.

A análise sensorial de aceitação dos atributos impressão global, sabor, aparência, aroma e consistência revelou que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na aceitabilidade dos néctares elaborados com os dois níveis de processo testados (em escala de bancada e em escala piloto).

O néctar de bacuri com 20 % de polpa elaborado em escala piloto nas condições de diluição da polpa a ser macerada de 1:2 de polpa e água, maceração enzimática utilizando $40 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Pectinex XXL e $100 \mu\text{L} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de Celluclast, incubação em reator Bioflo 3000, 80 minutos de incubação, temperatura de incubação de 30 °C e agitação de 200 rpm com agitadores do tipo ml1078, pasteurização a 80 °C durante 15 segundos em pasteurizador Armfield FT74X, envase asséptico em capela Armfield FT83 conseguiu obter segurança microbiológica sem afetar sua aceitação e suas características sensoriais perceptíveis ao paladar do consumidor, além de não promover escurecimento.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. Princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 22 set. 1997.

CANTILLANO, R. F. F.; CAMELATTO, D.; MEDEIROS, A. R. M. Efeito do grau de maturação na conservação de maçãs cv. Golden Delicious. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 845-856, 1981.

DUTRA, A. S.; FURTADO, A. A. L.; OIANO-NETO, J.; PASSOS, J. Efeito do processamento térmico nas propriedades físico-químicas e microbiológicas do suco de tangerina *var. murcott*. **3º Simpósio de Segurança Alimentar**. Florianópolis/SC, 2010.

GIOVANELLI, G.; LAVELLI, V. Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. I. Study of heat damage indices. **J. Sci. Food Agric.**, v.82, p.1263-1267, 2002.

KAANANE, A.; KANE, D.; LABUZA, T.P. Time and temperature effect on stability of Moroccan processed orange juice during storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1470-1473, 1988.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 1999. 390p.

PIRILLO, C. P.; SABIO, R. P. 100% suco: nem tudo é suco nas bebidas de frutas. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 8, n. 81, p. 6–13, 2009.

RIVAS, A.; RODRIGO, D.; MARTÍNEZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; RODRIGO, M. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice. **LWT, Food Science and Technology**, v.39, n.10, p.1163-1170, 2006.

SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS JÚNIOR, A. G. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. 1ed. Recife: APN. v.1, 331 p, 2005.

SANTIN, M. M. **Aplicação de tratamento enzimático combinado a microfiltração na clarificação de suco de pêsego**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Alimentos, URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 89 p., 2004.

SUKASIH, E.; SETYADJIT. Study on heat resistance and heat adequacy to inactivate microorganism population in pasteurized pure citrus juices cv. siam. **Indonesian journal of agriculture**, v. 1, n.1, p. 22-27, 2008.

SOLOMON, O.; SVANBERG, U.; SAHLSTROM, A. Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8°C. **Food Chemistry**, Essex, v. 53, n. 4, p. 363-368, 1995.

SUGAI, Y. A.; SHIGEOKA, S. D.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 233-238, 2002.

VANDERSANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 3 rd ed. Washington, APHA. p.153-165, 1992.

VENDRÚSCOLO, A. T. **Comportamento reológico e estabilidade física da polpa de carambola (*Averrhoa carambola* L.)**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Alimentos, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, 90 p., 2005.

CONCLUSÕES FINAIS

A produção do néctar de bacuri pode ser viabilizada mediante a inclusão de uma etapa de maceração no processamento industrial. A maceração apresentou-se como uma solução vantajosa, pois além das enzimas serem naturais, não tóxicas e com ação direcionada, são também capazes de alterar as características da matéria-prima, reduzindo a consistência e promovendo melhorias na polpa de bacuri. Essas melhorias possibilitam sua utilização na produção do néctar de bacuri dentro dos Padrões exigidos pela Legislação.

Observou-se ainda que a inclusão da maceração não requer elevado aumento de custos na produção do néctar, visto que a quantidade de enzima a ser aplicada é pequena e esta pode ser facilmente adquirida em empresas brasileiras, como a Novo Nordisk, sendo equivalente a 5 % do custo global, além disso, no que se refere a estrutura do processamento, o mesmo reator de mistura e homogeneização dos ingredientes pode ser utilizado na etapa de maceração, não precisando adquirir novos equipamentos para este fim.

O processo de despolpa do bacuri requer a busca de outras alternativas, como por exemplo, testar outros equipamentos ou projetar um novo equipamento capaz de despolpar o bacuri de maneira mais eficiente, visto que, a polpa não escorreu facilmente no decorrer do despolpamento, além de arrastar partículas de sementes.

ANEXO 1

Figura A.1 Modelo do questionário utilizado no recrutamento dos consumidores de néctar de bacuri para os testes de aceitação e preferência.

Recrutamento de Consumidores para Análise Sensorial de Néctar de Bacuri

Você está realizando um teste para fazer parte da equipe sensorial de néctar de bacuri.

Antes de iniciar o teste, por favor, leia os tópicos abaixo:

Caso você seja selecionado:

- Você participará de uma análise sensorial que acontecerá este semestre.
- Entraremos em contato com você para marcar o melhor dia e hora, para a realização da sua análise.
- Seu nome ficará arquivado para as próximas análises realizadas no futuro.
- Seus resultados serão usados na Tese de Doutorado de Andréa Aquino, que tem como Orientador, o Professor Hosiberto Sant'Ana, e Co-orientador, o Pesquisador da Embrapa, Gustavo Saavedra.

Para os selecionados que realizarem a análise:

- Além do brinde distribuído na análise, realizaremos o sorteio de um Pen drive ao final da análise do grupo.

Se estiver de acordo, responda as questões abaixo:

Nome: _____

Telefones: _____

Melhores dias da semana: _____

Melhores horários: _____

1. Você conhece o fruto bacuri ou algum produto de bacuri?

() Não

() Sim

2. Caso você conheça, marque uma das opções abaixo:

() Conhece por foto, revistas, livros, internet, etc.

() Experimentou o fruto ou algum produto de bacuri apenas uma vez.
Quando? Em que situação?

() Já experimentou o fruto ou algum produto de bacuri várias vezes.

3. Caso você tenha experimentado bacuri ou algum produto de bacuri, mais de uma vez, responda:

() Experimentei quando fui convocado(a) para participar de análises sensoriais.

() Consumo quando viajo para regiões onde o fruto é habitualmente consumido.

() Tenho sempre em casa o fruto e/ou produtos de bacuri.

() Outros _____

ANEXO 2

Figura A.2 Modelo da ficha utilizada para avaliação da aceitação e ordenação-preferência do néctar de bacuri.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE NÉCTAR DE BACURI			
[A sua opinião SINCERA é de extrema importância!!!!]			
<p>Você vai receber 3 amostras de Néctar de Bacuri. Por favor, avalie a primeira amostra, da esquerda para a direita, e responda às questões formuladas abaixo. Ao terminar, repita toda a avaliação com a próxima amostra, e assim por diante. Tome um pouco de água e coma um pedacinho de pão entre cada amostra.</p>			
<p>Questão 1. Utilizando a mesma escala, avalie cada uma das amostras e indique, o quanto você gostou ou desgostou do produto em relação à APARÊNCIA, AROMA, SABOR, CONSISTÊNCIA e IMPRESSÃO GLOBAL, usando a escala abaixo:</p>			
<p>(9) Gostei muitíssimo (8) Gostei muito (7) Gostei moderadamente (6) Gostei ligeiramente (5) Não gostei, nem desgostei (4) Desgostei ligeiramente (3) Desgostei moderadamente (2) Desgostei muito (1) Desgostei muitíssimo</p>			
	Amostra_____	Amostra_____	Amostra_____
IMPRESSÃO GLOBAL			
APARÊNCIA			
AROMA			
SABOR			
CONSISTÊNCIA			
<p>Questão 2. Agora que você já provou todas as amostras de Néctar de Bacuri, ordene-as em ordem decrescente de acordo com a sua preferência, colocando os respectivos códigos nos espaços abaixo. Se precisar, pode provar novamente as amostras, respeitando a ordem em que elas foram servidas.</p>			
_____	_____	_____	_____
Mais preferida			Menos preferida
<p>Comentários: _____</p> <p>_____</p>			

ANEXO 3

Figura A.3 Modelo da Ficha para levantamento dos termos descritores do néctar de bacuri.

Nome: _____		Amostras: _____	
<p>Você esta recebendo três amostras de néctar de Bacuri. Por favor, avalie as amostras e descreva suas similaridades e diferenças quanto à aparência, aroma, sabor, sensações bucais e sabor residual que as caracterizam. Ao provar, coloque uma porção da amostra suficiente para cobrir a língua. Em seguida leve a amostra por todos os lados da língua.</p>			
	Similaridades		Diferenças
Aparência	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Aroma	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Sabor	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Sensações Bucalis	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Sabor Residual	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____

ANEXO 4

Figura A.4 Modelo da ficha utilizada na avaliação da aceitação e intenção de compra do néctar de bacuri.

Avaliação Sensorial de NÉCTAR DE BACURI																																															
A sua opinião SINCERA é de extrema importância. Por favor, responda as seguintes questões:																																															
<p>1. Avalie as amostras de Néctar de bacuri em relação à ACEITAÇÃO GLOBAL, APARÊNCIA, AROMA, SABOR, OPINIÃO BUCAL (CONSISTÊNCIA), SABOR RESIDUAL, utilizando a escala hedônica para registrar a nota equivalente a sua sensação:</p> <p style="text-align: center;"> (9) Gostei muitíssimo (8) Gostei muito (7) Gostei moderadamente (6) Gostei ligeiramente (5) Nem gostei, nem desgostei (4) Desgostei ligeiramente (3) Desgostei moderadamente (2) Desgostei muito (1) Desgostei muitíssimo </p>																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CARACTERÍSTICA</th> <th colspan="5" style="text-align: center;">AMOSTRA</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">ACEITAÇÃO GLOBAL</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">APARÊNCIA</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">AROMA</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">SABOR</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">CONSISTÊNCIA</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">SABOR RESIDUAL</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </thead></table>						CARACTERÍSTICA	AMOSTRA					ACEITAÇÃO GLOBAL						APARÊNCIA						AROMA						SABOR						CONSISTÊNCIA						SABOR RESIDUAL					
CARACTERÍSTICA	AMOSTRA																																														
ACEITAÇÃO GLOBAL																																															
APARÊNCIA																																															
AROMA																																															
SABOR																																															
CONSISTÊNCIA																																															
SABOR RESIDUAL																																															
<p>2. Se você encontrasse este produto à venda, indique utilizando a escala abaixo o grau de certeza com que você compraria ou não este néctar:</p> <p> <input type="checkbox"/> Certamente compraria o produto <input type="checkbox"/> Possivelmente compraria o produto <input type="checkbox"/> Talvez comprasse/talvez não comprasse <input type="checkbox"/> Possivelmente não compraria o produto <input type="checkbox"/> Certamente não compraria o produto </p>																																															

ANEXO 6

Figura A.6 Modelo da ficha utilizada na análise descritiva quantitativa do néctar de bacuri.

Nome: _____ Data: ___/___/___ Proveedor: _____

Por favor, avalie as amostras de Néctar de bacuri e, de acordo com a escala abaixo, faça um traço vertical no ponto da escala que melhor expressa a sua opinião.

APARÊNCIA:

A) COR _____
 Fraco |-----| Forte

C) QUANTIDADES DE PARTÍCULAS ESCURAS _____
 Fraco |-----| Forte

B) CONSISTÊNCIA VISUAL _____
 Fraco |-----| Forte

D) PRESENÇA DE GRUMOS _____
 Fraco |-----| Forte

AROMA:

A) AROMA DE BACURI _____
 Fraco |-----| Forte

B) AROMA VERDE _____
 Fraco |-----| Forte

B) AROMA DOCE _____
 Fraco |-----| Forte

D) AROMA PUNGENTE _____
 Fraco |-----| Forte

SABOR:

B) SABOR DE BACURI _____
 Fraco |-----| Forte

D) GOSTO ÁCIDO _____
 Fraco |-----| Forte

B) GOSTO DOCE _____
 Fraco |-----| Forte

SENSAÇÃO BUCAL:

A) CONSISTÊNCIA _____
 Fraco |-----| Forte

B) CONSISTÊNCIA VISUAL _____
 Fraco |-----| Forte

SABOR E SENSAÇÃO BUCAL RESIDUAL:

A) GOSTO DOCE RESIDUAL _____
 Fraco |-----| Forte

B) RESIDUAL ADSTRINGENTE _____
 Fraco |-----| Forte

ANEXO 7

Figura A.7 Modelo de ficha utilizada no teste triangular do néctar de bacuri.

TESTE TRIANGULAR PARA SELEÇÃO DE PROVADORES		
NOME:	_____	DATA _____
		TESTE _____
Você está recebendo três amostras codificadas. Duas são iguais e uma é diferente. Por favor, analise as amostras da esquerda para a direita e identifique, com um círculo, a amostra diferente.		
	_____	_____
	_____	_____
Comentários: _____		