

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**EFICIÊNCIA DA MACERAÇÃO ENZIMÁTICA DA POLPA DE BACURI
(*Platonia insignis* Mart.)**

ANDRÉA CARDOSO DE AQUINO

**FORTALEZA
2008**



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

EFICIÊNCIA DA MACERAÇÃO ENZIMÁTICA NA POLPA DE BACURI
(*Platonia insignis* Mart.)

ANDRÉA CARDOSO DE AQUINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará como requisito à obtenção de grau de Mestre.

FORTALEZA

2008

Esta Dissertação foi submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

A citação de qualquer trecho dessa Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Dissertação aprovada em 29 de fevereiro de 2008.

Andréa Cardoso de Aquino

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Orientador
(UFC/CCA/DETAL)

Pesquisador Dr. Gustavo Adolfo Saavedra Pinto
Co-orientador
(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
(UFC/CCA/DETAL)

Prof^a. Dra. Sueli Rodrigues
(UFC/CCA/DETAL)

Prof. Dr. Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza
(EMBRAPA MEIO-NORTE/TROPEN)

“A cada dia que vivo, mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos, nas forças que não usamos, na prudência egoísta que nada arrisca, e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade. A dor é inevitável. O sofrimento é opcional.”

(Carlos Drummond de Andrade).

Á minha família

AGRADECIMENTOS

A Deus por cada dia da minha vida.

A Jesus por nunca desistir de nós.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realizar graduação e mestrado no Departamento de Tecnologia de Alimentos.

A Embrapa Agroindústria Tropical, pela oportunidade de estagiar e realizar a parte prática da dissertação no laboratório de Bioprocessos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante todo o período do mestrado.

Ao Orientador professor Raimundo Wilane de Figueiredo, que guiou meus passos, acreditou em mim e me deu a força necessária para nunca desistir e seguir em frente com os meus objetivos.

Ao Co-orientador pesquisador Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, por me proporcionar lições de humildade, humanidade e competência com sua convivência, pela paciência, ajuda e bom humor que tanto necessitei para concluir esta tarefa.

Ao pesquisador Edy Sousa de Brito, pela notável participação, principalmente nas análises mais interessantes.

A professora Maria do Carmo Passos Rodrigues (Carminha), pela orientação de vida, pelo amor e carinho que teve comigo e com todos os seus alunos.

Ao professor Geraldo Arraes Maia, pelos conselhos sábios, pela presença no departamento que nos fortalece.

A professora Evânia Altina Teixeira de Figueiredo, pela ajuda nas análises microbiológicas e pelo empenho em nos tornar mais confiantes.

A pesquisadora Débora dos Santos Garruti, pelo auxílio nas análises sensoriais, pela dedicação e generosidade doada a mim e a todos os estagiários.

Ao Analista Manoel Alves de Souza Neto, pela paciência e auxílio com que pude contar durante todo este período, pela ajuda nas análises cromatográficas e por ser um grande exemplo de dedicação e amizade a ser seguido.

Aos professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos pela abençoada convivência e ensinamentos.

A dedicada atuação do professor José Vitorino de Souza, enquanto presidente da FUNCAP, em defesa da pesquisa e dos estudantes do Estado do Ceará.

Ao Paulo, secretário da coordenação do mestrado, por nos auxiliar nas dúvidas e nos problemas, sempre com bom humor e profissionalismo.

A todos do Laboratório de Bioprocessos da Embrapa: Renata Beltrão, Cyntia, Alaís, Adriana, Natália Lima, Natália de Freitas, Myrela, Virna, Leise, Monique, Tigressa, Renata Débora e Karina, pela força e pelos bons momentos.

A Isabell, Milena e Lúcia, pela grande ajuda na análise sensorial.

A toda turma do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos de 2006: Afrânio, Aliciane, Aline, Ana Amélia, Anália, Cristiane, Cyntia, Eli, Erika, Germana, Luiza, Márcia, Mauro, Michelle, Mirela, Rodrigo, Virlane e Wedja.

As amigas do mestrado: Aliciane, pelas boas gargalhadas e o apoio de sempre, que jamais esquecerei. A Erika, pelo companheirismo e ajuda sábia e tranqüila de sempre e a Virlane, por ser uma festa em forma de gente e nos passar sua vibração positiva e alto astral.

A minha filha Lara, pela paciência, colaboração e felicidade que me proporciona.

Ao André, por estar sempre ao meu lado, me encorajando e dedicando-se para a realização desta etapa em nossas vidas.

A minha mãe Givanira, pela educação dedicada que nos deu, por ser a grande incentivadora dessa conquista e por me ajudar a cuidar da Lara com muito amor.

Ao meu pai Juarez, pela eterna presença e preocupação e pelo apoio de sempre.

As minhas irmãs Sylvana e Alyne, pela companhia alegre e amiga e por serem tão bom espelho e influência que eu pude seguir sem medo.

Aos meus irmãozinhos George e Sara, por unir ainda mais, toda nossa família.

A todos da minha família, em especial as minhas tias: Givanilda e Genilma pela grande ajuda e força nessa etapa da minha vida.

A todos que conheço e que tive a oportunidade de conviver durante todo este período.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. GERAL	4
2.2. ESPECÍFICOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. BACURI	5
<i>3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO</i>	8
<i>3.1.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FRUTO</i>	8
<i>3.1.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA POLPA</i>	9
<i>3.1.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FRUTO</i>	10
<i>3.1.3. COLHEITA E PÓS-COLHEITA</i>	16
<i>3.1.4. UTILIZAÇÃO DA POLPA DE BACURI</i>	17
3.2. ENZIMAS DEGRADADORES DA PAREDE CELULAR VEGETAL	22
<i>3.2.1. A PAREDE CELULAR VEGETAL</i>	24
<i>3.2.2. ENZIMAS</i>	27
<i>3.2.2.1. PECTINASES</i>	28
<i>3.2.2.2. CELULASES</i>	31
<i>3.2.2.3. HEMICELULASES</i>	33
<i>3.2.3. ENZIMAS NO PROCESSAMENTO DE FRUTAS</i>	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. MATERIAL	40
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE BACURI “IN NATURA”	42
<i>4.2.1. PH</i>	42
<i>4.2.2. UMIDADE</i>	42
<i>4.2.3. CINZAS</i>	43
<i>4.2.4. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT)</i>	43
<i>4.2.5. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)</i>	43

4.2.6. AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS	44
4.2.7. ATIVIDADE DE ÁGUA	44
4.2.8. COR INSTRUMENTAL	44
4.2.9. COMPOSTOS FENÓLICOS	45
4.2.10. VITAMINA C	45
4.2.11. PROTEÍNA	45
4.2.12. EXTRATO ETÉREO	46
4.2.13. PECTINA, HEMICELULOSE E CELULOSE + LIGNINA	46
4.2.14. CONSISTÊNCIA	47
4.2.15. TEOR DE POLPA	48
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	48
4.3.1. POLIGALACTURONASES	50
4.3.2. PECTINAMETILESTERASES	50
4.3.3. PECTINALIASES	50
4.3.4. AMILASES	51
4.3.5. INVERTASES	51
4.3.6. CELULASES	52
4.3.7. XILANASES	52
4.4. TRATAMENTO ENZIMÁTICO	53
4.4.1. ESCOLHA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL	53
4.4.2. CONCENTRAÇÃO DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL	54
4.4.3. RAZÃO POLPA:ÁGUA	54
4.4.4. TEMPO DE HOMOGENEIZAÇÃO	55
4.5. BRANQUEAMENTO	55
4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	55
4.6.1. ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS	55
4.6.2. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	56
4.6.3. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS SPME-CG	56
4.7. OBTENÇÃO DO NÉCTAR PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL	57
4.8. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	61
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	62
5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	65
5.3. TRATAMENTO ENZIMÁTICO	66

<i>5.3.1. ESCOLHA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL</i>	66
<i>5.3.2. CONCENTRAÇÃO DE BIOPECTINASE CCM E VISCOZYME L</i>	71
<i>5.3.3. RAZÃO POLPA:ÁGUA</i>	73
<i>5.3.4. TEMPO DE HOMOGENEIZAÇÃO</i>	76
5.4. BRANQUEAMENTO	78
5.5. COMPARAÇÃO DAS CARACTERICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS NAS DIFERENTES ETAPAS DO PROCESSAMENTO	79
5.6. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO NÉCTAR DE BACURI	87
6. CONCLUSÕES	92
7. SUGESTÕES	93
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

LISTA DE FIGURAS

1. Árvore do bacurizeiro (A) e detalhes de suas folhas e frutos (B)	6
2. Frutos do bacurizeiro (A) e detalhes do fruto em corte transversal (B)	6
3. Fluxograma dos produtos derivados do bacuri	19
4. Estrutura da parede celular vegetal	24
5. Estrutura da molécula de celulose	25
6. Forma cíclica do ácido péctico e pectínico	26
7. Estrutura da molécula de pectina	27
8. Mecanismos de degradação através da ação das enzimas pectinolíticas PMGL: pectina-liase; PMG: polimetilgalacturonase; PMGE: pectina esterase; PGL: pectato liase e PG: poligalacturonase	30
9. Ação sinérgica das celulases	32
10. Estrutura da molécula de xilana e ação sinérgica das xilanases	33
11. Lavagem dos frutos em solução de água clorada	40
12. Frutos selecionados	40
13. Casca parcialmente removida (A); polpa + semente (B)	41
14. Despoldadeira ITAMETAL	41
15. Polpa selada e embalada em sacos de polietileno	41
16. Preparações enzimáticas comerciais	42
17. Consistômetro de Bostwick	48
18. Esquema do tratamento enzimático das amostras e controle	53
19. Cromatógrafo gasoso VARIAN	57
20. Fluxograma do processamento do néctar de bacuri com 10% de polpa sem adição de preparação comercial e os néctares com 10, 20 e 30 % de polpa com adição de preparação enzimática comercial	58
21. Matéria-prima: polpa de bacuri “in natura”	64

22. Valores médios sobre o efeito da redução da consistência das amostras: branco (polpa sem adição de preparação enzimática - tempo 0h); controle (polpa sem adição de preparação enzimática tempo 2 h) e macerada (polpa com adição de preparação enzimática - tempo 2 h) **67**
23. Polpa de bacuri antes da abertura da armadilha (**A**); fluxo observado para polpas sem adição de preparação enzimática (**B**); e para polpas após o processo de maceração (**C**) **68**
24. Polpa tratada enzimaticamente com separação de fases decorridos 30 segundos após a abertura da armadilha **71**
25. Aumento do fluxo observado para as amostras após 20, 40 e 60 min de tratamento enzimático em diferentes razões polpa/água **74**
26. Fotos das amostras controle, sem homogeneização mecânica (**A**); 20seg (**B**); 40seg (**C**); 60seg (**D**) **76**
27. Amostras: Polpa diluída (**A**); Polpa diluída e macerada (**B**); Polpa diluída, macerada enzimaticamente e branqueada (**C**) **84**
28. Cromatograma dos isolados de voláteis da polpa de bacuri antes e após o tratamento enzimático **86**
29. Frequência de categorias de doçura em porcentagem de respostas pelos consumidores. 10% s/e = 10% de polpa sem enzima adicionada. 10% c/e = 10% de polpa com enzima adicionada. 20% c/e = 20% de polpa com enzima adicionada. 30% c/e = 30% de polpa com enzima adicionada **90**

LISTA DE TABELAS

1.	Partes componentes do bacuri	9
2.	Características físicas do bacuri	9
3.	Características químicas e físico-químicas do fruto de bacuri	11
4.	Conteúdo de minerais, vitaminas e aminoácidos do bacuri	15
5.	Quantidade em mL de cada preparação enzimática comercial utilizada no tratamento enzimático	54
6.	Caracterização química da polpa “in natura” de bacuri	62
7.	Caracterização da atividade das preparações enzimáticas comerciais	65
8.	Grupos redutores totais (GRT) e teor de polpa de bacuri maceradas com diferentes preparações enzimáticas	70
9.	Incremento na distância percorrida (em cm) pelas amostras de polpa de bacuri diluídas tratadas com Viscozyme L e Biopectinase CCM	72
10.	Grupos redutores totais (GRT) e teor das polpas de bacuri maceradas com Viscozyme L em distintas razões polpa:água	75
11.	Grupos redutores totais (GRT) e teor de polpa de bacuri maceradas com diferentes tempos de homogeneização	77
12.	Caracterização das amostras de polpa de bacuri submetidas a diferentes tratamentos	80
13.	Valores de F e níveis de significância da ANOVA dos testes sensoriais das quatro amostras distintas de néctares	88
14.	Valores hedônicos médios obtidos no parâmetro impressão global dos quatro néctares formulados	88
15.	Médias obtidas no parâmetro de sabor residual dos néctares formulados	89

RESUMO

Neste trabalho utilizou-se frutos de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), provenientes da Região Meio-Norte e preparações enzimáticas comerciais, cedidas pela Novo Nordisk e Quest international. A pesquisa teve início com a caracterização da polpa de bacuri “in natura” por meio de determinações analíticas de ordem químicas e físico-químicas. Em seguida, cinco preparações enzimáticas comerciais (Pectinex AR, Pectinex Ultra SP-L, Biopectinase CCM, Ultrazym AFP-L e Viscosyme L) foram caracterizadas quanto as atividades de poligalacturonase, pectinametilesterase, pectinaliase, celulase, invertase e xilanase. O processo de maceração da polpa de bacuri foi realizado a partir de diversos estudos para a seleção da preparação enzimática comercial ideal e a definição dos parâmetros de tempo e concentração enzimática, razão polpa:água e tempo de homogeneização, cujo procedimento baseou-se na quantificação de grupos redutores totais (GRT), consistência e teor de polpa. Definidos estes parâmetros, procedeu-se a etapa de branqueamento para inativar as enzimas após a maceração. Foi realizada caracterização físico-química e química da polpa diluída, bem como da polpa diluída/macerada e da polpa diluída/macerada/branqueada para efeitos comparativos, além de análises microbiológicas. Foram formulados quatro néctares, sendo o primeiro com 10% de polpa e sem adição de preparação enzimática e os outros três com 10, 20 e 30% de polpa com adição de preparação enzimática. Estes néctares foram submetidos à avaliação sensorial quanto à impressão global e diagnóstico dos atributos para a avaliação da doçura e a intensidade do sabor residual e da consistência. Os resultados revelaram que a polpa de bacuri pode ser considerada uma apreciável fonte de alimentos. As condições de 25 U/mL de PG de Viscosyme L, com 40 minutos de tratamento enzimático, diluição polpa/água 1:2 e homogeneização de 20 segundos apresentaram um nível adequado para a maceração da polpa. A análise sensorial mostrou que é possível formular um néctar com, pelo menos 20% de polpa por meio da adição de preparações enzimáticas comerciais.

Palavras-chave: espécie nativa, liquefação da polpa, enzimas pectinolíticas.

ABSTRACT

In this work, bacuri fruits (*Platonia insignis* Mart.) from the midnorthern region have been used together with commercial enzymatic preparations kindly donated by Novo Nordisk and Quest International. Research began with a bacuri pulp characterization “in natura” through chemical and physicochemical analysis. Pectinex AR, Pectinex Ultra SP-L, Biopectinase CCM, Ultrazym AFP-L and Viscosyme L were analyzed in regards to polygalacturonase, pectinmetilesterase, pectinliase, cellulose, invertase and xilanase activity. The process of bacuri pulp maceration was carried out with basis on different studies for ideal commercial enzymatic preparation selection and enzymatic preparation and timing parameters, pulp/water ratio and homogenization time. This process was based on total reducer group (GRT) quantification, consistence and pulp content. Once these parameters were defined, the whitening stage was initiated with the objective of deactivating enzymes after maceration. Diluted pulp physicochemical and chemical characterizations were performed, as well as macerated pulp and diluted/macerated whitened pulp characterization for comparative purposes, together with microbiological analysis. Four nectars were formulated, being the first one with 10% pulp without enzymatic preparation addition and the other three with 10%, 20% and 30% pulp with addition of enzymatic preparation. These nectars were submitted to sensorial evaluation, global impression and feature diagnosis for sweetness, residual flavor consistence and intensity evaluation. Results demonstrated that bacuri pulp can be a considerable food source. 800 ppm of Viscosyme L (25 U/mL of polygalacturonase), with 40 minutes of enzymatic treatment, pulp/water dilution 1:2 and 20 second homogenization, presented an appropriate level for pulp maceration. Sensorial analysis showed that it is possible to prepare nectar with at least 20% of pulp by adding commercial enzymatic preparations.

Keywords: native species, pulp liquefaction, pectinolytic enzymes.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de frutas, no ano de 2004, foi de 675,1 milhões de toneladas em 71,5 milhões de hectares. O Brasil contribuiu com 39 milhões de toneladas, conferindo-lhe a posição de terceiro maior produtor de frutas frescas do mundo, superado apenas pela China e Índia, com 161 e 58 milhões de toneladas, respectivamente (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Contudo, para os próximos anos espera-se grandes mudanças nos hábitos e preferências alimentares dos consumidores, tanto nos países avançados quanto naqueles em desenvolvimento. A tendência de envelhecimento da população e a busca por uma vida melhor e mais saudável reforçam a valorização de frutas como uma das grandes alternativas do agronegócio futuro (ADA, 2006). Desta forma, faz-se necessário explorar as fontes e reservas naturais de alimentos. E desenvolver processos de beneficiamento, industrialização, conservação, transporte e comercialização das matérias primas alimentares, além de oferecer aos consumidores maiores opções de produtos nutritivos, higienizados e diversificados (BRASIL, 1993).

O Brasil é um dos países mais privilegiados em biodiversidade em todo o mundo. As frutas nativas brasileiras estão entre as mais saborosas e nutritivas do mundo. No entanto, muitas destas espécies, de grande potencial econômico, ainda estão restritas apenas aos mercados locais ou regionais (SAMPAIO, 2005). As Regiões Amazônica e Meio-Norte do Brasil dispõem de uma flora nativa rica em espécies frutíferas. Apesar do grande potencial de expansão do mercado para frutos exóticos, problemas como: produção quase em totalidade extrativista, falta de variedades comerciais e baixo nível tecnológico no processamento pode prejudicar a exploração destes frutos (LEDERMAN *et al.*, 2000). Esses problemas resultam em baixa produtividade, oscilação brusca na oferta e risco iminente de extinção em virtude de desmatamentos, sendo raros os pomares destas espécies (LIMA *et al.*, 1996). Segundo a FRUTICULTURA DO ESTADO DO PARÁ (2005) a produção de frutas nativas empregou direta e indiretamente cerca de 123 mil pessoas em 2003, o que representou R\$ 355,4 milhões. É uma atividade de intenso uso de mão-de-obra com forte geração de renda. Neste mesmo ano, as exportações de polpa de frutas atingiram US\$ 7,31 milhões e no primeiro semestre de 2004

alcançaram US\$ 5,04 milhões. Em decorrência das pesquisas em domesticação das espécies, na Região Amazônica, desenvolvidas principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e Universidade Federal do Pará (UFPA), o manejo e a produção vêm ganhando escalas sustentáveis do ponto de vista agrônomo, econômico, social e ambiental (DÓRIA, 2005). Dentre as frutas com alta prioridade para estudo e incentivos destaca-se o bacuri (*Platonia insignis Mart.*) por sua importância econômica nas regiões Norte e Meio-Norte do Brasil (CLEMENT & VENTURIERI, 1990).

Algumas espécies nativas têm experimentado, mais recentemente, um grande extrativismo, em função da demanda por polpa, sucos, bebidas e sorvetes. Essa demanda somente tem sido em parte viabilizada pela possibilidade da extração e congelamento da polpa obtida de frutos de plantas em áreas de ocorrência natural. O hábito de consumir sucos de polpas congeladas estabeleceu-se de tal forma que pressiona toda a cadeia das frutas nativas por tecnologias que eliminem os gargalos de produção, pós-colheita e processamento. Para que a sociedade possa cuidar e manter seu patrimônio genético vegetal, precisa conhecer cada espécie, avaliar o seu potencial e desenvolver tecnologias capazes de promover a domesticação, o cultivo racional, o desenvolvimento de variedades, a conservação e a industrialização das frutas nativas. A pesquisa tecnológica pode acelerar esse desenvolvimento, promovendo a preservação ambiental e a geração de emprego e renda para as populações rurais (SAMPAIO, 2005).

O bacuri é um fruto com grande potencial econômico, possui excelentes características organolépticas e nutritivas, apresentando condições favoráveis para a extensão da industrialização de polpa, néctar e outros produtos como sorvetes, cremes e doces. Atualmente, a inclusão do bacuri na gastronomia nacional já é visível em dezenas de receitas elaboradas por “chefs” renomados da culinária regional e nacional (SAMPAIO, 2005; ADA, 2006). FERREIRA *et al.* (1987) relatam que o bacuri é um dos frutos mais importantes da Amazônia, por suas características de odor e sabor que o tornam bastante procurado. Segundo CLEMENT & VENTURIERI (1990), o aroma de alto poder atrativo do bacuri garante seu lugar no mercado de frutos exóticos.

Esses aspectos chamam a atenção para novos desafios da fruticultura regional, uma vez que muito pouco tem sido feito para o conhecimento e uso desta espécie. Assim, tornam-se necessários grandes investimentos em tecnologia de plantio e beneficiamento, desenvolvimento de novos produtos e mercados, treinamento de mão-de-obra e na preservação ambiental (ADA, 2006). Segundo BERNHARDT & HASHIZUME (1978), a aceitação de sucos e néctares no mercado internacional requer melhoria nas técnicas de processamento, como a inclusão das etapas de maceração, extração, concentração e clarificação, pois a grande parcela de frutos tropicais no Norte e no Nordeste é de suco polposo. Esta característica se dá pelo alto teor de substâncias pécticas presentes na parede celular dos frutos que são responsáveis pela consistência, turbidez e aparência dos sucos. Sua presença causa aumento considerável na viscosidade do suco, dificultando sua filtração e concentração (UENOJO & PASTORE, 2007). O tratamento enzimático conduz a uma extensa degradação da pectina das paredes celulares por ação de poligalacturonase, pectina metil esterase e pectina liase. A combinação de pectinases, celulases e hemicelulases apresenta um efeito sinérgico que é também vantajoso sob os aspectos de rendimento, operacionalidade e qualidade final do produto. Pela adição da enzima à polpa, a viscosidade é reduzida e o suco é mais facilmente recuperado (UENOJO & PASTORE, 2007; SILVA *et al.*, 1997). A extração de sucos através da maceração enzimática pode produzir melhorias das características organolépticas (cor, sabor), nutritivas (vitaminas) e tecnológicas (melhor filtração) do suco (SILVA *et al.*, 1997).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito da maceração da polpa de bacuri, utilizando preparações enzimáticas comerciais para a obtenção de uma bebida.

2.2. Específicos

O estudo proposto consistiu em:

- i) Identificar a composição química da polpa de bacuri;
- ii) Avaliar o potencial enzimático de cada preparação enzimática comercial;
- iii) Otimizar o uso das preparações enzimáticas comerciais no processo de maceração da polpa de bacuri, e com isso, selecionar a preparação mais adequada, encontrar o menor nível, tempo de incubação, diluição e tempo de homogeneização para alcançar o efeito desejado;
- iv) Inativar as enzimas após a maceração;
- v) Estudar as modificações de ordem químicas e físico-químicas durante a maceração;
- vi) Formular um néctar agradável, proporcionando condições para a utilização de tecnologia de processamento de produtos de frutas macerados.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Bacuri

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) é uma espécie arbórea da família *Clusiaceae*, que engloba aproximadamente 1000 espécies subordinadas a 47 gêneros, disseminadas em todo o mundo nas regiões tropicais e subtropicais das quais muitas produzem frutos comestíveis (BARROSO *et al.*, 2002; BRUMMIT, 1992; CRONQUIST, 1981). No Brasil são encontrados 20 gêneros da família *Clusiaceae* e 183 espécies, sendo 17 gêneros e mais de 50 espécies representadas na Amazônia (BARROSO *et al.*, 2002).

GIACOMETTI (1993) relata o bacurizeiro como originário de uma região que corresponde à Costa Atlântica ao Baixo Amazonas, envolvendo o delta do Rio Orinoco, na Venezuela, e se amplia do Oiapoque, no Amapá, aos limites Leste da Amazônia no Maranhão, incluindo a ilha do Marajó, e o Oeste do Rio Tapajós. O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) é considerado, do ponto de vista econômico, a mais importante entre as cinco espécies frutíferas nativas da Amazônia Brasileira representantes da família *Clusiaceae* (LIMA, 2007).

O bacurizeiro é uma árvore de médio porte, medindo de 15 a 25 metros de altura e podendo chegar até 30 a 35 metros (Figura 1a). Com tronco reto de até 1,0 metro de diâmetro. Sua casca é espessa e às vezes, enegrecida nos indivíduos adultos. Quando cortada, a casca exuda um látex amarelado e resinoso (CALZAVARA, 1970; CAVALCANTE, 1996; VILLACHICA *et al.*, 1996; SOUZA *et al.*, 2000). As folhas são opostas, pecioladas, não possuem pêlos e são de cor verde brilhosas na face superior (Figura 1b). Têm formato elíptico-obovadas, ovadas ou elípticas, lâmina foliar simétrica, margens inteiras e bordos ondulados (MOURÃO & BELTRATI, 1995c; MANICA, 2000). 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 & VENTURIERI, 1990; MOURÃO & BELTRATI, 1995a).

O fruto possui baga volumosa, oniloculada, com formato arredondado, ovalado, achatado subglobolosa, conforme apresentado na Figura 2a (CAVALCANTE, 1996; GUIMARÃES *et al.*, 1992). Varia entre 7 e 15 cm no

diâmetro e possui peso médio entre 350 e 400g, podendo atingir até 1000g (CAVALCANTE, 1996; MORAES *et al.*, 1994; MOURÃO & BELTRATI, 1995a, 1995b). Apresenta casca com 1 a 2 cm de espessura, sendo esta, lisa, rígido-coriácea e quebradiça de coloração variando de verde a amarelo-citrino e que contém uma resina vermelha amarelada (UFPA, 2006). Segundo MOURÃO & BELTRATI (1995b), a casca pode também apresentar uma coloração marrom-avermelhada. A parte comestível é de cor branca (Figura 2b), macia com aroma forte e sabor adocicado. Essa parte, chamada de polpa, é a que inseri o bacuri, tanto no grupo de frutas para consumo “in natura”, como no grupo de frutas industriais, destinadas a fabricação de refresco, néctar, geléia, doce em pasta e outros (UFPA, 2006).

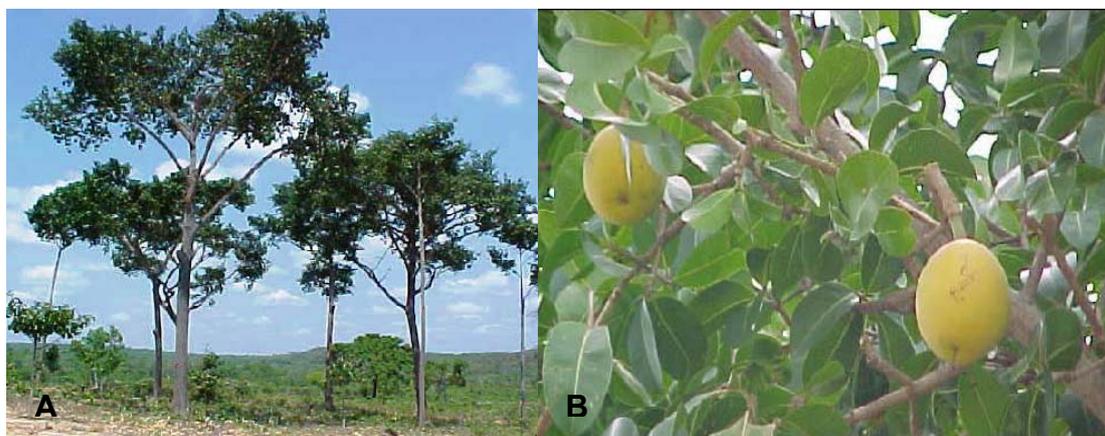


Figura 1. Árvore do bacurizeiro (A) e detalhes de suas folhas e frutos (B).

(Fonte: Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza).



Figura 2. Frutos do bacurizeiro (A) e detalhes do fruto em corte transversal (B).

(Fonte: revistanossopara.com.br).

As sementes são oleaginosas. Segundo VILLACHICA *et al.* (1996), o óleo extraído das sementes possui alta porcentagem de ácido palmítico e oléico. PIO CORRÊA (1969) relatou que as sementes contêm partes com bom sabor. O número varia de um a cinco, com média de 2 a 4 sementes (VILLACHICA *et al.*, 1996; CARVALHO *et al.*, 1998). Em casos raros, são encontrados frutos contendo seis sementes (MOURÃO, 1992) ou desprovidos de sementes (CALZAVARA, 1970).

A maior diversidade da espécie está localizada no Pará, onde se encontra ampla variação de forma e tamanho de frutos, rendimento e qualidade de polpa (FERREIRA *et al.*, 1987; CARVALHO & MÜLLER, 1996; VILLACHICA *et al.*, 1996). Contudo, CAVALCANTE (1996) relata que pode ser cultivada nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, no litoral do estado de São Paulo, Maranhão, Piauí, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Amapá, Amazonas e nas Guianas.

No estado do Maranhão, a espécie apresenta grande dispersão, sendo encontrada nas regiões da Pré-Amazônia, Baixada Maranhense e nos cerrados do extremo sul e do Baixo Parnaíba. No estado do Piauí, concentra-se numa área delimitada pelos municípios de Murici dos Portela, Amarante, Barras e Palmeiras (SOUZA *et al.*, 2000).

As produções de bacuri são comercializadas, sobretudo em centrais de abastecimento e feiras livres de Belém (PA), São Luís (MA) e Teresina (PI) e não têm sido suficientes para atender à demanda crescente do mercado consumidor destas capitais. Na forma de polpa congelada, sua comercialização ocorre de forma especial nas grandes redes de supermercados dessas capitais, a preços superiores aos de outras frutas tropicais de valor estabelecido, como o cupuaçu, o cajá, a goiaba e a graviola (SOUZA *et al.*, 2001).

Segundo o censo agropecuário do IBGE (2007), a produção brasileira de bacuri concentra-se na região Norte (80,85%) e Nordeste (18,72%). O maior produtor desse fruto em nível nacional é o Pará, seguido pelo Maranhão, que respondem por cerca de 80,73% e 16,89% da produção nacional, respectivamente. Estimativas indicam que somente na cidade de Belém-PA, são comercializados, anualmente, sete milhões de frutos, com valor total de U\$ 1,61 milhão (SHANLEY, 2000).

3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO

A qualidade de um produto pode ser definida como o conjunto de inúmeras características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que tem significância na determinação do grau de aceitação pelo consumidor. Dessa forma, devem ser considerados os atributos físicos, sensoriais e a composição química, bem como devem ser realizadas associações ou relações entre as medidas objetivas e subjetivas, para um melhor entendimento das transformações que ocorrem, afetando ou não a qualidade do produto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

3.1.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FRUTO

As características físicas podem apresentar variações não somente em função do estado de maturação do fruto, mas também em função do tipo (DUQUE, 1973). As principais características físicas a considerar são: comprimento, diâmetro, peso e peso específico real (CASTRO & SIGRIST, 1988).

O tamanho e a forma dos frutos são importantes nas operações de processamento, porque facilitam os cortes, descascamentos ou misturas para obtenção de produtos uniformes. Produtos menores são, em geral, mais imaturos e possuem textura mais macia. Os produtos de maior tamanho são mais econômicos; entretanto, em alguns casos, são preferidos os de tamanho médio, pelas características de aroma, por adaptação aos equipamentos ou pela qualidade, como conteúdo de suco. Os produtos com características de tamanho e peso padronizados são mais fáceis de serem manuseados em grandes quantidades, pois apresentam perdas menores, produção mais rápida e melhor qualidade (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A Tabela 1 apresenta as frações componentes do bacuri, onde a maior parte é constituída pelo epicarpo e mesocarpo, os quais, em conjunto, constituem a casca do fruto, (SANTOS, 1982; GUIMARÃES *et al.*, 1992; CAVALCANTE, 1996). Seguido do pericarpo, que são as sementes e do endocarpo, constituído pela polpa, que se apresenta em menor proporção

(BARBOSA *et al*, 1979; CALZAVARA, 1970; CRUZ, 1988; GUIMARÃES *et al*, 1992; SANTOS, 1982; TEIXEIRA, 2000).

Tabela 1. Partes Componentes do fruto de bacuri.

<i>Referência</i>	<i>Componentes do fruto (g.100g⁻¹)</i>		
	Casca	Polpa comestível	Semente
UFPA, 2007	75	13	17
Barbosa et al., 1979	70,0	12,0	18,0
Santos, 1982	68,71	15,65	15,64
Teixeira, 2000	68,67	18,35	12,97

Existem autores que citam três variações de frutos do bacurizeiro, quanto à sua forma (MANICA, 2000). As mais conhecidas variedades do bacuri são verificadas em três agrupamentos bem definidos (CALZAVARA, 1970):

- Bacuri comprido: cujos frutos são piriformes ou ovalados;
- Bacuri redondo: seus frutos apresentam a forma arredondada;
- Bacuri sem semente: variedade encontrada na Ilha de Marajó, de frutos redondos e caracterizando-se por não possuir sementes.

A Tabela 2 mostra as medidas físicas do bacuri encontradas em diferentes trabalhos científicos.

Tabela 2. Características físicas do bacuri.

<i>Características</i>	<i>Autor</i>				
	Barbosa et al., 1979	Santos, 1982	Teixeira, 2000	Souza et al., 2001	Ferreira et al., 1987
Peso (g)	213	210-550	189,18	325,92	-
Comprimento (cm)	-	26,65	-	9,72	7
Diâmetro (cm)	-	5,94	8,01-6,71	7,91	8

3.1.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA POLPA

No planejamento e na construção de uma indústria de polpa de frutas, a velocidade do congelamento e a quantidade de açúcares são fatores importantes, porém é necessário conhecer as propriedades termofísicas do

produto final para que se possa dimensionar adequadamente os equipamentos e otimizar os processos (MATA *et al.*, 2005). As mais importantes são: massa específica, calor específico, difusividade térmica e condutividade térmica. Estas propriedades estão sujeitas a mudanças durante o congelamento e alteram-se em função da diminuição de temperatura e da quantidade de água presente no interior do produto. Esses parâmetros, por sua vez, influenciam na velocidade e no tempo de congelamento (KASAHARA, 1986; SIEBEL, 1982).

A massa específica é uma característica da substância que constitui o corpo, e é obtida pelo quociente entre a massa e o volume do corpo (COLADAWEB, 2007). O calor específico é uma grandeza física que define a variação térmica de determinada substância ao receber determinada quantidade de calor. A difusividade térmica indica como o calor se difunde através de um material. E a condutividade térmica é uma propriedade física dos materiais que descreve sua habilidade de conduzir calor (WIKIPÉDIA, 2007).

MUNIZ *et al.* (2006) determinaram o calor específico, a massa específica, a difusividade térmica e a condutividade térmica da polpa de bacuri e observaram que o calor específico diminuiu com a concentração, sendo seu valor médio de 3,19 kJ/kg^oc. A concentração de 5 a 20 °Brix acarretou aumento na massa específica das polpas em cerca de 3,7 g.100g⁻¹ e a difusividade e a condutividade térmica diminuíram com o aumento da concentração, onde o valor médio de difusividade atingiu 1,699×10⁻⁷ m².s⁻¹ e o valor médio de condutividade situou-se em 0,55 W.m⁻¹.°C⁻¹.

MATA *et al.* (2005), trabalhando com a polpa de cajá, observaram que as propriedades térmicas desta foram alteradas pelas temperaturas negativas e pelo teor de sólidos solúveis totais, onde o calor específico da polpa de cajá diminuiu com a redução de temperatura e aumentou com a concentração de sólidos solúveis totais.

3.1.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FRUTO

POTTER (1973) e SOUZA *et al.* (2000) afirmaram que as discrepâncias verificadas na composição do fruto de diferentes trabalhos podem ser oriundas de fatores, como: genética, ecologia, métodos de cultivo, maturação do fruto, condições de armazenagem, época de colheita do fruto, alterações pós-

colheita resultantes da atividade fisiológica, metodologia de determinação das análises e outros. A Tabela 3 mostra o intervalo de valores em trabalhos de vários autores na caracterização do fruto de bacuri.

Tabela 3. Características químicas e físico-químicas do fruto de bacuri.

CARACTERÍSTICAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
<i>Umidade (g.100g⁻¹)</i>	70,0	87,86
<i>Cinzas (g.100g⁻¹)</i>	0,41	1,2
<i>Extrato etéreo (g.100g⁻¹)</i>	0,60	2,96
<i>Proteína (g.100g⁻¹)</i>	1,46	3,88
<i>Fibra (g.100g⁻¹)</i>	3,10	13,90
<i>Sólidos solúveis totais (SST) (°Brix)</i>	12,2	19,10
<i>Acidez total titulável (ATT) (g.100g⁻¹)</i>	1,20	1,60
<i>Relação SST/ATT</i>	6,31	58,75
<i>Açúcar total (g.100g⁻¹)</i>	8,6	25,0
<i>Açúcar redutor (g.100g⁻¹)</i>	3,98	13,93
<i>Pectina total (g.100g⁻¹)</i>	0,12	0,27
<i>pH</i>	2,80	5,80

Fonte: INCAP (1961); BARBOSA *et al.* (1979); SANTOS (1982); LIMA (1962); ALMEIDA & VALSECHI (1966); CALZAVARA (1970); MAX & MAIA (1983); MORAES *et al.* (1994); TEIXEIRA (2000); VILLACHICA *et al.* (1996).

Os teores de acidez, dos frutos de uma maneira geral, não excedem 1,5 a 2,0 g.100g⁻¹, sendo compatíveis com os valores encontrados na Tabela 3. Existindo, no entanto, raras exceções como em limão e o maracujá que podem conter teores acima de 3 g.100g⁻¹ e o tamarindo que pode conter até 18 g.100g⁻¹. Na determinação da acidez da polpa de bacuri, o valor encontrado refere-se a percentagem de ácido cítrico, por ser o ácido predominante (IAL, 1985).

Os principais açúcares solúveis presentes em frutos são glicose, frutose e sacarose e o teor de açúcares normalmente constitui de 65 a 85 g.100g⁻¹ do teor de sólidos solúveis totais. Durante o amadurecimento, os teores de SST tendem a aumentar (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Para o mercado consumidor de frutas frescas e/ou processadas, a relação SST/ATT elevada é desejável (AGUIAR, 2006). O balanço doçura/acidez é usado como fator de qualidade, normalmente expresso pelo índice de maturação, e 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). TEIXEIRA (2000) relatou o aumento desta relação com o amadurecimento do fruto, obtendo 43,87 no bacuri de casca verde e 56,84 no bacuri com casca amarela.

O bacuri sem sementes apresenta teor de umidade de 87,86 g.100g⁻¹, SST de 10,2°Brix e relação SST/ATT de 9,10. É considerado de pouco valor tanto para o consumo da fruta fresca, como para utilização agroindustrial, pois os frutos são de tamanho diminuto, com casca muito espessa e polpa com baixo teor de sólidos solúveis totais (CARVALHO *et al.*, 2002).

CARVALHO *et al.* (2003) avaliaram a polpa do bacuri oriunda de uma planta-matriz do banco de germoplasma de bacurizeiro da Embrapa Amazônia Oriental, que apresentou 84,35 g.100g⁻¹ de umidade, 15,65 g.100g⁻¹ de sólidos totais, teor de SST de 14,53 °Brix, ATT de 1,24 g.100g⁻¹ e relação SST/ATT igual a 11,4. Tais resultados permitem sua utilização na forma industrializada. Este último caso, particularmente indicado para fabricação de compota, em decorrência do elevado número de segmentos partenocárpicos que apresenta.

SOUZA *et al.* (2001) estudaram a repetibilidade e as correlações fenotípicas de frutos coletados de matrizes selecionadas em nove pontos de ocorrência da espécie na região Meio-Norte do Brasil e observaram valores médios de 1,37 g.100g⁻¹ de ATT, 14,21 °Brix de SST e 12,60 na relação SST/ATT, concluindo que as altas estimativas de repetibilidade e de correlações fenotípicas obtidas para algumas características e combinações destas, respectivamente, são um indicativo de que a ampla variabilidade fenotípica observada nesse germoplasma pode ter um forte componente genético.

ROGEZ *et al.* (2004) compararam a composição química das polpas de araçá-boi, bacuri e cupuaçu e observaram que as três polpas apresentaram um alto teor de açúcares solúveis e um sabor tipicamente tropical, que permite suas utilizações na formulação de geléia, suco e iogurte. E ainda concluíram que a produção e o consumo destes produtos devem ser estimulados para

atender as necessidades nutritivas da população Amazônica e aumentar sua renda.

A relação entre o teor de água não-ligada, ou disponível, é denominada de 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. BEZERRA *et al.* (2004), estudando a influência da redução da atividade de água na preservação da polpa de bacuri, relataram 0,985 na polpa “in natura” de bacuri, concluindo que a redução deste valor para 0,970 ou 0,950, ajuda a garantir a estabilidade microbiológica da polpa armazenada à temperatura ambiente.

O pH (potencial hidrogeniônico) é definido como o inverso do logaritmo da concentração de íons de hidrogênio (H^+), por esta razão define-se como sendo numericamente sem unidade. Diversas reações bioquímicas dependem da transferência de H^+ entre moléculas e enzimas (WIKIPÉDIA, 2007). A concentração de íons hidrogênio é um fator de grande influência na qualidade e segurança dos alimentos por exercerem influência sobre o crescimento, a sobrevivência ou a destruição dos microrganismos, que nele se encontram presente (SILVA, 2000). A Tabela 3 apresenta valores mínimo e máximo de 2,80 e 5,80, respectivamente, indicando que o bacuri é um fruto ácido.

TEIXEIRA (2000) citou que o fruto apresenta pequenas quantidades de amido que pode dificultar sua industrialização, principalmente pelo processo de filtração. O baixo teor de amido pode estar relacionado com a degradação desse polissacarídeo à glicose, frutose e sacarose em decorrência do amadurecimento, tendo efeito no sabor e na textura dos frutos (TUCKER *et al.*, 1993).

As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos e hortaliças (CHITARRA & CHITARRA, 2005). O amolecimento e as mudanças nas substâncias pécticas durante o amadurecimento ocorrem devido à ação de enzimas que agem despolimerizando a pectina (SHEWFELT *et al.*, 1971), principalmente poligalacturonase e pectinametilsterase (SEYMOUR *et al.*, 1987). CHITARRA & CHITARRA (1990) sugerem que a textura da polpa de bacuri é macia devido à solubilização das pectinas através das enzimas endógenas. A Tabela 3 mostra que o conteúdo de pectina total, no fruto de

bacuri, pode chegar a $0,27 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$. TEIXEIRA (2000) observou $0,19 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ de pectina solúvel e $67,24 \text{ nmol.glicose.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ para a atividade de poligalacturonase. Entretanto não foi detectada atividade de pectinametilesterase.

O valor energético da polpa de bacuri é de $105 \text{ Kcal.}100\text{g}^{-1}$ de polpa, na sua maior parte determinado pelos açúcares presentes, pois os teores de lipídeos e de proteínas atingem no máximo $2,96$ e $3,88 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente, como mostra a Tabela 3. Dentre os açúcares totais, a participação relativa da sacarose é de $1,12 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, e da glucose e frutose, de $13,15$ e $16,15 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente (SAMPAIO, 2005).

No entanto, em relação ao valor protéico de frutos como maracujá, tamarindo, pitanga e graviola que são de $0,93$ e $2,52 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ (LIMA, 2007); $0,80$ e $1,40 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente (SANTOS, 1982), o bacuri não deixa nada a desejar.

As cinzas em alimentos referem-se ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica. É importante observar que a composição das cinzas corresponde à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos, devido as perdas por volatilização ou mesmo pela reação entre os componentes. O teor de cinzas é considerado como medida geral de qualidade e freqüentemente é utilizado como critério na identificação dos alimentos (CHAVES *et al.*, 2004).

Os minerais são um grupo de nutrientes necessários à saúde. Possuem papéis essenciais, como constituintes estruturais dos tecidos corpóreos, reguladores orgânicos, atividade muscular e balanço ácido-base do organismo; componentes ou ativadores/reguladores de muitas enzimas, além de estarem envolvidos no processo de crescimento e desenvolvimento corporal. Como componentes dos alimentos, os minerais participam no sabor, ativam ou inibem as enzimas e outras reações que influem na textura dos alimentos (STELLA, 2007).

O bacuri contém minerais, vitaminas e aminoácidos, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Conteúdo de minerais, vitaminas e aminoácidos no fruto de bacuri.

Característica	Quantidade (mg.100g⁻¹ de polpa)	VDR¹ (mg)
Cálcio (Ca)	20,0	1000
Fósforo (P)	36,0	700
Ferro (Fe)	2,20	14
Vitamina A	30,0	0,6
Vitamina C	33,0	45
Vitamina E	0,30	10
Vitamina B1 e B2	0,40	1,25
Vitamina B3	0,50	16
Lisina	316,0	8300
Metionina	178,0	2200
Treonina	219,0	6300
Triptofano	57,0	2000

¹ - % Valor Diário Recomendado. Fonte: MORTON (2007); IBGE (1981); MAX & MAIA (1983); BRASIL (2003); KOURY (2008).

Dos resultados encontrados na literatura, a vitamina C é um dos atributos que apresenta maior variação. BARBOSA *et al.* (1978) relataram que o teor de ácido ascórbico foi considerado baixo. No entanto, a Tabela 4 mostra que já foi relatado na literatura o teor de 33,0 mg.100g⁻¹ de vitamina C na polpa de bacuri.

O teor de cálcio do bacuri, conforme a Tabela 4, é semelhante ao da graviola de 23,0 mg.100g⁻¹, superior ao de pitanga de 9,0 mg.100g⁻¹ e inferior ao de maracujá que pode chegar a 53,0 mg.100g⁻¹. Em relação ao ferro, o bacuri apresenta um teor maior que em maracujá, pitanga e graviola que são de 1,27; 0,2 e 1,3 mg.100g⁻¹, respectivamente (LIMA, 2007; SANTOS, 1982). TEIXEIRA (2000) relatou um teor bem superior de 168,61 mg.100g⁻¹ de cálcio e 53,72 mg.kg⁻¹ de ferro em polpa de bacuri, além de encontrar também 154,59 mg.100g⁻¹ de fósforo.

ALVES & JENNINGS (1979) realizaram a extração dos compostos voláteis da polpa de bacuri enlatada com o propósito de identificá-los por destilação-extração simultânea (SDE), observando-se 12 compostos voláteis, com predominância do linalol, e de seus óxidos cis e trans. Os compostos linalol, 2- heptanona e o cis-3-hexenil foram considerados como responsáveis

pelo sabor do bacuri. Embora esses dois últimos compostos ocorram em pequenas quantidades são poderosos odoríferos e podem contribuir para o aroma do bacuri.

Uma técnica olfatométrica, “Aroma Extraction Dilution Analysis” (AEDA), foi utilizada para extração dos compostos voláteis de bacuri, mostrando que o linalol e o hexanoato de metila são os principais responsáveis pelo aroma da fruta (FRANCO, 2003).

3.1.3. COLHEITA E PÓS-COLHEITA

A safra do bacuri na Amazônia ocorre de janeiro a maio, com pico de produção nos meses de fevereiro e março (FERREIRA *et al.*, 1987). Os frutos do bacurizeiro estão em ponto de colheita com 4 a 4,5 meses após a floração.

No estado do Pará a floração ocorre durante os meses de janeiro a abril (CALZAVARA, 1970), e o período de colheita concentra-se de dezembro a março, com maior concentração nos meses de janeiro e fevereiro (SOUZA *et al.*, 2000).

A colheita é feita manualmente, coletando os frutos que caem espontaneamente quando maduros (CALZAVARA, 1970). VILLACHICA *et al.* (1996) relatam que o uso de plantas enxertadas resulta em árvores menores, possibilitando a colheita diretamente das plantas o que evita a queda dos frutos e conseqüentemente os danos físicos, tornando conveniente o estudo de métodos mais adequados de colheita, o que já vem sendo observado nos trabalhos realizados no Brasil, principalmente pelas Embrapa Meio-Norte e Embrapa Amazônia Oriental (SOUZA *et al.*, 2000).

Devido à proteção dada pela casca grossa, os frutos não se danificam facilmente e podem ser transportados a grandes distâncias, mantendo boas condições (CALZAVARA, 1970). A polpa mantém sua qualidade para consumo direto por 5 a 10 dias, contados desde o momento da queda do fruto. Este período pode ser prolongado quando os frutos são colhidos nas árvores (VILLACHICA *et al.*, 1996).

Um estudo feito por TEIXEIRA *et al.* (2005) avaliou frutos colhidos em três estádios de maturação baseados na coloração do epicarpo: verde-escuro, verde-claro e “de vez”, e verificou que o amarelecimento aumentou durante o

armazenamento e foi relacionado com a luminosidade (L), cromaticidade e a redução do ângulo *hue* (tonalidade). Foi observado que os frutos “de vez” podem ser armazenados sob condições ambientais por até 10 dias sem perda da qualidade comercial.

BEZERRA (2003) estudou um processo alternativo de conservação da polpa de bacuri por meio da tecnologia de obstáculos e verificou que a polpa de bacuri obtida por meio dessa tecnologia pode ser estocada em temperatura ambiente por no mínimo quatro meses (sem perder suas características sensoriais), permitindo seu transporte para outras regiões.

BEZERRA *et al.* (2004) para a determinação dos parâmetros técnicos para a conservação da polpa de bacuri através da aplicação de métodos combinados, concluíram que os parâmetros escolhidos (pH, redução da *A_w*, adição de benzoato sódico, metabissulfito de sódio e branqueamento) foram eficazes para garantir a estabilidade microbiológica da polpa de bacuri armazenada à temperatura ambiente. Uma maior concentração de metabissulfito de sódio apresentou maior estabilização da cor, após vinte dias de armazenagem em temperatura ambiente.

BEZERRA *et al.* (2006) estudaram a influência da sacarose na conservação da polpa de bacuri por métodos combinados, concluindo que houve redução das perdas pós-colheita e aumento da vida de prateleira da polpa, assegurando a estabilidade microbiológica e sensorial do produto final, independente da adição ou não de sacarose.

3.1.4. UTILIZAÇÃO DA POLPA DE BACURI

A industrialização tem sido feita através de pequenas indústrias, que utilizam a parte polposa dos frutos para a produção de diferentes produtos. Quase toda a produção é consumida regionalmente, embora a polpa esteja sendo distribuída para todo o Brasil (CLEMENT & VENTURIERI, 1990).

O fruto de bacuri pode ser aproveitado como fruta fresca para consumo “in natura” e para a agroindústria de polpa, servindo como matéria-prima na fabricação de refresco, néctar, sorvete, creme, geléia, doce em pasta, compota, licor, iogurte, sorvete, picolé, bombom e, até mesmo, de uma cerveja com sabor da fruta. No entanto, apesar da multiplicidade de uso, apenas a polpa

tem sido utilizada de forma econômica, sendo o seu principal produto o néctar (CLEMENT & VENTURIERI, 1990; SOUZA *et al.*, 2000).

Na culinária doméstica, o bacuri tem larga aplicação, sendo utilizado na elaboração de cremes, pudins, recheio de bolos, biscoitos e outras iguarias. Cada quilograma de polpa é suficiente para a elaboração de cinco litros de refresco de boa qualidade organoléptica. Um produto tradicional na região Amazônica, e que atrai a atenção de visitantes, é o chocolate com recheio de bacuri. O recheio oferece um contraste interessante com o chocolate e torna o produto muito apreciado (SAMPAIO, 2005).

Embora a polpa seja o principal produto do bacurizeiro, existe a possibilidade de aproveitamento da casca tanto para a elaboração de doces, como para sorvetes e cremes, aumentando dessa forma consideravelmente o rendimento do fruto (CARVALHO & MÜLLER, 1996). No entanto, segundo MOURÃO & BELTRATI (1995b), esse aproveitamento da casca não tem ocorrido devido a forte presença de resina nessa parte do fruto. PAULA (1945) em estudo referente ao mesocarpo de bacuri, destaca como de grande importância a quantidade de pectina existente (5,0%), podendo, após a separação da resina, ser usada como fonte de pectina para fabricação de geléia.

Os componentes voláteis responsáveis pelo aroma do bacuri podem, de acordo com NAZARÉ & MELO (1981), substituir a polpa pura ou diluída na fabricação de produtos como iogurte. MONTEIRO (1995) afirma que o alto poder odorífero do fruto de bacuri pode viabilizar sua utilização como produto aromático.

Apesar das vantagens deste fruto para a industrialização, o processo de extração da polpa sofre inúmeras dificuldades, devido aos poucos avanços. Sendo o descasque e a despulpa 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 de raspagem. Quando a despulpa é feita mecanicamente, em despulpadeira, a polpa não apresenta cor branca, pois partículas de sementes são trazidas junto à polpa, devido o processo de raspagem não ser minucioso.

Na maioria das vezes, a polpa bruta é congelada e vendida às indústrias de processamento que a utilizam como matéria prima, necessitando da adição de água para conseguir processá-la em equipamentos disponíveis (TEIXEIRA, 2000).

A Figura 3 mostra o fluxograma de processamento da polpa, do néctar e de produtos lácteos de bacuri.

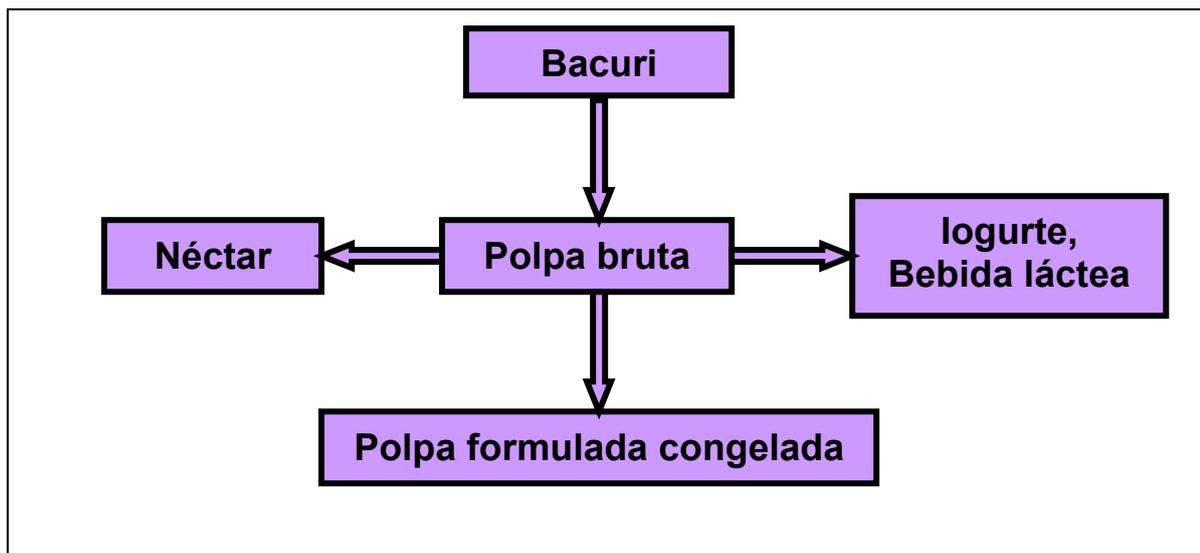


Figura 3. Fluxograma dos produtos derivados do bacuri.

Para que os produtos apresentados na Figura 3 sejam processados, os frutos são recolhidos no campo, em sua maioria, do chão e depois transportados para a indústria. Chegando a indústria, são recepcionados no setor de desembarque. Para tornar o lote mais uniforme, é realizada uma seleção, onde os frutos impróprios para o processamento são descartados. Em seguida, os frutos são lavados através da imersão por 15 minutos em 50 ppm de cloro ativo, para retirada de parte do calor do campo e desinfecção. Depois é feita a pesagem para a determinação do rendimento da extração da polpa. A retirada da casca é efetuada manualmente com o auxílio de martelos, facas e tesouras. A separação do caroço e da polpa é feita através da despolpa, que pode ser realizada manualmente, com o auxílio de facas e tesouras, ou mecanicamente, com despoldadeira. A polpa bruta obtida é a matéria prima para o processamento dos produtos derivados do bacuri.

No processamento da polpa de bacuri congelada, a polpa bruta sofre um ajuste de atividade de água e acidificação pela adição de ácido cítrico até níveis de pH 3,0. Em seguida os conservantes, benzoato e metabissulfito de sódio são adicionados, para garantir a estabilidade microbiológica. A polpa é acondicionada em sacos plásticos flexíveis de polietileno com espessura de 25 mm e termosselados. Depois é feita a operação de branqueamento com vapor a 90°C por 1 ou 2 minutos frente à eficiência na inativação de enzimas endógenas e redução da carga microbiana da polpa. O resfriamento, que tem por finalidade evitar o cozimento excessivo da polpa e ainda evitar o desenvolvimento de microrganismos termófilos, é realizado em seguida. Finalmente, o rótulo contendo todas as informações sobre o produto é inserido e este é armazenado a uma temperatura entre -20 a -10 °C, sem que ocorram alterações muito significativas por períodos de até oito meses (COSTA, 2003).

O néctar de fruta pode ser definido segundo a Portaria nº 371, de 9 de setembro de 1974, do Ministério da Agricultura, como o produto não fermentado, não gaseificado, destinado ao consumo direto, obtido pela dissolução em água potável da parte comestível da fruta (polpa e suco), adicionado de ácidos e açúcares (BRASIL, 1959). Para o processamento do néctar, a polpa bruta recebe água, açúcar e aditivos químicos (benzoato de sódio e o metabissulfito de sódio) e todos estes ingredientes são homogeneizados para se obter a consistência adequada. Em seguida, a pasteurização é realizada (85°C/ 5 min) com o objetivo de destruir microrganismos patogênicos ou deterioradores de baixa resistência ao calor. O envase deve ser feito a quente, imediatamente após a saída do produto do trocador de calor. Depois o produto passa pelas etapas de resfriamento, rotulagem e armazenagem, que deve ser a temperatura ambiente (28°C) para posterior expedição (SANTOS, 1982; SILVA *et al.*, 2007).

O néctar, cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte, como é o caso do néctar de bacuri, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (BRASIL, 2003).

SILVA *et al.* (2007) realizaram um estudo com análise sensorial através de testes de aceitação em néctares de bacuri com diferentes teores de polpa, revelando que a concentração de polpa que obteve maior aceitação foi a do néctar com 10% de polpa.

O iogurte ou bebida láctea de bacuri é obtido por meio do seguinte fluxo produtivo: tratamento preliminar do leite (padronização da gordura com utilização de leite integral, ajuste do extrato seco total, adição de açúcar), filtração, homogeneização, pasteurização, a fim de assegurar fosfatase residual negativa, pré-resfriamento de 42 a 43°C, incubação e coagulação, que define a consistência do produto. Após a produção do iogurte, 50% de polpa bruta são homogeneizadas a 50% de açúcar e levadas ao fogo até obtenção de uma pasta. Em seguida, esta pasta é adicionada ao iogurte, onde o produto ganha o sabor e o aroma específico de bacuri. Posteriormente, o produto é resfriado a uma temperatura entre 0°C e 4°C e envasado a 7°C. O fechamento dos potes de iogurte é feito com tampas plásticas em máquina apropriada. E finalmente, o armazenamento é efetuado em temperaturas que podem variar entre 6 a 7°C (SILVA *et al.*, 2007).

3.2. ENZIMAS DEGRADADORES DA PAREDECELULAR VEGETAL

As enzimas têm sido utilizadas desde os tempos remotos, em forma de vegetais ricos em enzimas e microrganismos usados para uma variedade de fins, como a elaboração da cerveja, panificação e produção de álcool. As obras *Ilíada* e a *Odisséia* (epopéias gregas), que datam de cerca de 800 anos antes da era cristã, são as primeiras referências da utilização de enzimas na produção de queijos. No Extremo Oriente, durante a primeira metade do século XIX, fungos do mofo *koji*, já eram utilizados na produção de alimentos e aditivos aromáticos baseados na proteína da soja (*shoyu*, *miso*) e bebidas fermentadas como o saquê e o álcool (NOVOZYMES, 1995).

A história da tecnologia moderna das enzimas começou em 1874, quando o químico dinamarquês Christian Hansen produziu o primeiro espécime de coalho, extraindo estômagos secos de bezerros com uma solução salina (NOVOZYMES, 1995).

Durante meados da década de 1930, quando as indústrias de frutas começaram a produzir sucos e vinhos, apareceram alguns problemas como o rendimento baixo, dificuldades para filtrar e clarificar os sucos. A partir de então, as pesquisas com enzimas tornaram-se mais freqüentes. Somente em 1960, quando os estudos sobre a natureza química de tecidos vegetais se tornaram mais aparentes, os cientistas começaram a utilizar pectinases, celulases e hemicelulases de microrganismos mais eficientemente, diminuindo essas dificuldades (BHAT, 2000; JAYANI *et al.*, 2005; KASHYAP *et al.*, 2000).

Atualmente, essas enzimas correspondem a cerca de 25% do mercado mundial de enzimas (JAYANI *et al.*, 2005). O valor estimado de vendas em 1995 foi de US\$ 1 bilhão, dos quais US\$ 75 milhões somente com pectinases (KASHYAP *et al.*, 2000; GUMMADI & PANDA, 2003).

No Brasil, a utilização de enzimas no processamento de sucos 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).

As enzimas são um grupo de substâncias orgânicas de natureza protéica, existindo também enzimas constituídas de RNA, as ribozimas ou RNAs catalíticos. (HOWARD HUGUES MEDIA INSTITUTE, 2007; LUIELE, 2007). As enzimas aceleram a velocidade de uma reação por diminuir a

energia livre de ativação, sem alterar a termodinâmica da reação, ou seja, a energia dos reagentes e produtos da reação enzimática e de sua equivalente não enzimática são idênticas. Para se superar a energia de ativação de uma reação, passa-se pela formação de um estado intermediário chamado "Estado de Transição". Como a afinidade do estado de transição ao sítio catalítico é muito maior que a afinidade do substrato com o mesmo, uma pequena quantidade de moléculas em estado de transição será rapidamente convertida em produto. Assim, qualquer aumento do número de moléculas em estado de transição aumenta a velocidade da reação (WHITAKER, 1972).

Segundo NOVOZYMES (1995) as enzimas possuem propriedades benéficas para a indústria alimentícia, que são:

- **Catalisadores**: A simples presença de enzimas consegue acelerar processos químicos, sem que haja consumo das mesmas. Ao final do ciclo reacional são regeneradas, e novamente liberadas para iniciar outra reação.
- **Específicas**: Permite a obtenção de altos rendimentos com um mínimo de subprodutos indesejáveis. Em alguns casos, sua ação se limita a ligações específicas dentro dos compostos com os quais exercem reação.
- **Eficientes**: Uma reação catalisada por enzima pode se processar, 10^6 a 10^{15} vezes mais rapidamente do que a mesma reação não catalisada.
- **Ambientalmente sustentáveis**: Provém de sistemas naturais, e quando se degradam são facilmente absorvidas pela natureza. Tanto os produtos utilizáveis como os resíduos de muitas reações enzimáticas não são tóxicos e se hidrolisam com facilidade.
- **Atuam sob condições amenas**: A maioria das enzimas demonstra seu melhor desempenho em temperaturas de 30-70°C e com valores de pH próximos à neutralidade (pH 7). Algumas enzimas industriais podem atuar em temperaturas mais elevadas, porém não resistem por muito tempo a temperaturas acima de 100°C.
- **Econômicas**: Pouparam investimentos em equipamentos especiais, resistentes ao calor, pressão ou corrosão.

3.2.1. A PAREDE CELULAR VEGETAL

A parede celular é uma estrutura rígida que delimita o tamanho do protoplasto, evitando a ruptura da membrana plasmática. Também determina a forma da célula, a textura do tecido e a forma final do órgão vegetal. Apresenta funções específicas e essenciais, sendo uma estrutura dinâmica, cuja forma, composição e propriedades são constantemente alteradas em resposta ao crescimento, diferenciação, ambiente e atividades da célula. A parede celular primária é o termo usado para denominar a parede celular das plantas em crescimento, das células de tecidos vegetais suculentos e das células parenquimáticas de folhas e frutos (MARCON, 2004).

De acordo com CAPEK *et al.* (1995), a parede celular de plantas compreende um complexo de polímeros tais como polissacarídeos, proteínas e lignina mutuamente conectados em uma estrutura rígida (Figura 4). A arquitetura é descrita como um esqueleto de celulose e hemiceluloses em ligações cruzadas, imersas em uma matriz de substâncias pécticas e reforçadas com proteínas estruturais e substâncias aromáticas (ALBERSHEIM *et al.*, 1996).

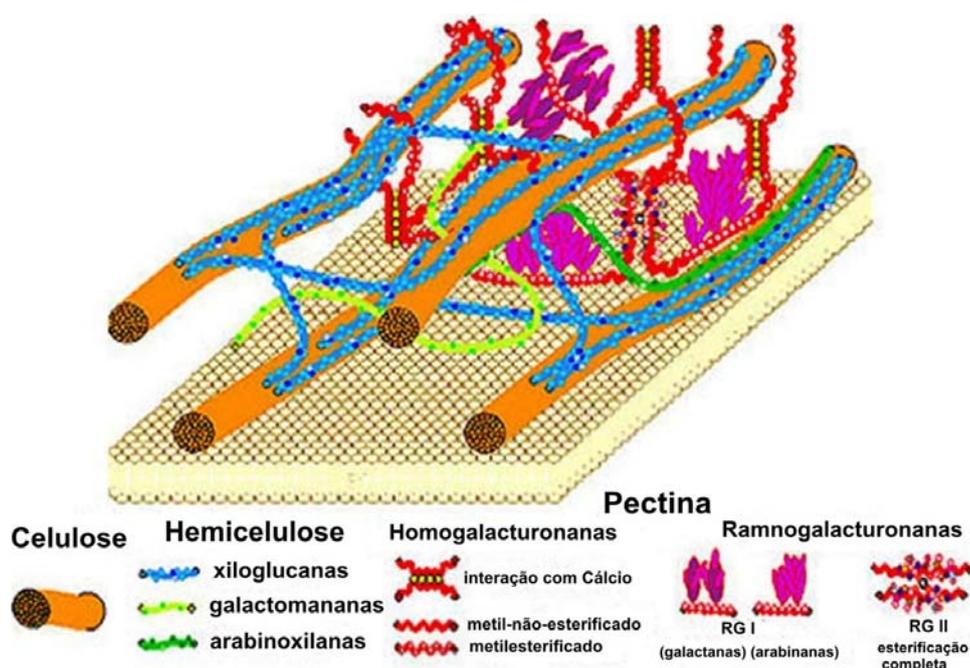


Figura 4. Estrutura da parede celular vegetal.

(Fonte: bmb.msu.edu).

✿ CELULOSE

A celulose (Figura 5) é abundante em parede secundária e corresponde à cerca de 20-30% da massa seca da maioria das paredes primárias, formada por moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas $\beta(1\rightarrow4)$ (MCNEIL *et al.*, 1984). Devido às ligações equatoriais, é linear e, portanto, tende a formar cristais. Dentre as moléculas de celulose existem as paralelas e as adjacentes, que são interligadas por meio de pontes de hidrogênio e de outras forças não covalentes formando microfibrilas. Estas fibras de celulose são formadas por regiões cristalinas altamente ordenadas, que são resistentes as enzimas, intercaladas com regiões amorfas, mais abertas, que são hidrolisáveis por enzimas (BISARIA & GHOSE, 1981; ROBINSON, 1991).

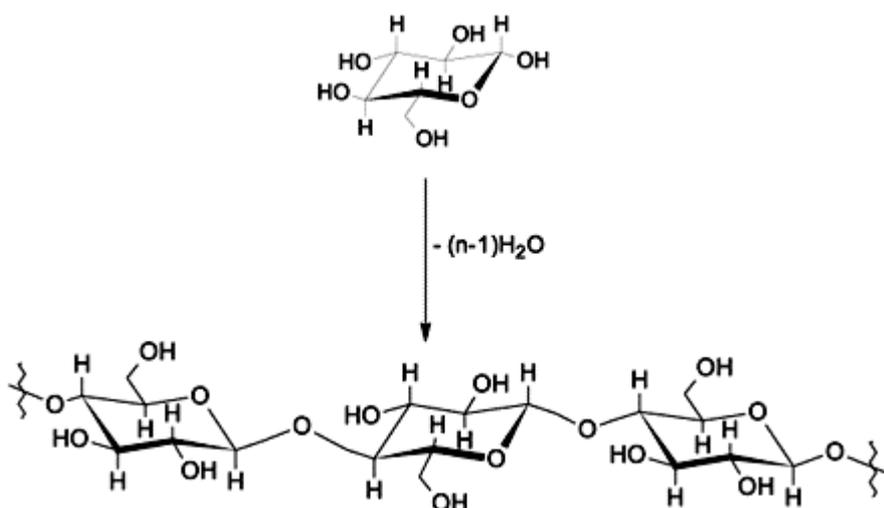


Figura 5. Estrutura da molécula de celulose.

(Fonte: MORAIS *et al.*, 2005).

✿ HEMICELULOSES

As hemiceluloses ligam-se firmemente à superfície das microfibrilas de celulosas, cobrindo-as e mantendo ligações cruzadas, via ligações hidrogênio. As moléculas de hemiceluloses são heteropolissacarídeos formados por vários resíduos de açúcares como D-xilose, D-manose, D-arabinose e D-galactose e outros (BISARIA & GHOSE, 1981; FERREIRA-FILHO, 1994). Estes açúcares estão ligados entre si por ligações glicosídicas $\beta(1\rightarrow4)$, formando uma estrutura

principal composta por um tipo específico de resíduos, a partir da qual surgem ramificações laterais de cadeias curtas de outros açúcares. A classificação é feita de acordo com o açúcar predominante na cadeia principal e na ramificação lateral. Os polissacarídeos encontrados nas hemiceluloses são: xilanas, galactomananas, arabinoxilanas, galactosanas, ramnogalactosanas, e outros (FERREIRA-FILHO, 1994; WOOD & KELLOGG, 1986).

◆ SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS

As substâncias pécticas são macromoléculas glicosídicas que formam o maior componente da lamela média (JAYANI *et al.*, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2005). Constituem um complexo coloidal de polissacarídeos, composto de resíduos de ácido galacturônico unidos por ligações α (1 \rightarrow 4), cujos grupos carboxila estão parcialmente esterificados por grupos metil e parcial ou completamente neutralizadas por uma ou mais bases, o que as torna diferentes umas das outras (UENOJO & PASTORE, 2007). A Sociedade Americana de Química (American Chemical Society) classificou as substâncias pécticas em protopectina, ácido pectínico, ácido péctico e pectina (KASHYAP *et al.*, 2000; ALKORTA *et al.*, 1998). A protopectina é insolúvel em água. É a forma nativa unida com outros constituintes das células vegetais e, em condições de hidrólise em meio alcalino por ação enzimática, separam-se os grupos metila, produzindo ácidos pectínicos ou pectina (Figura 6). Se todos os grupos metilas são eliminados, forma-se o ácido péctico (ORDOÑEZ, 2005; KASHYAP *et al.*, 2000; SAKAI *et al.*, 1993).

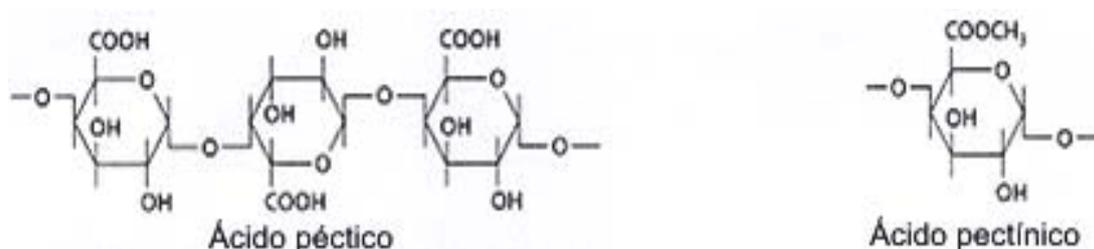


Figura 6. Forma cíclica do ácido péctico e pectínico.

(Fonte: ehu.es).

Ácidos pectínicos solúveis em água, com grau variável de grupos metil éster e um grau de neutralização capaz de formar gel com açúcares e ácidos em condições adequadas são chamados de pectinas (Figura 7). Consiste em uma estrutura de ligações de unidades de ácido α -1,4-D-galacturônico e contém moléculas de L-ramnose, arabinose, galactose e xilose como correntes laterais (UENOJO & PASTORE, 2007).

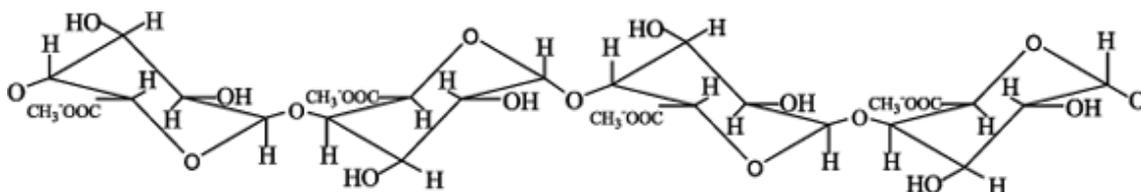


Figura 7. Estrutura da molécula de pectina.

(Fonte: UENOJO & PASTORE, 2007).

As pectinas com mais da metade dos grupos carboxilas esterificados com o metanol são chamadas de pectinas HM (high-methoxyl pectins), freqüentemente denominadas apenas "pectinas" e têm poder de geleificação na presença de açúcares e ácidos, enquanto que as mesmas, com menos da metade dos grupos carboxilas esterificados com o metanol são chamadas de pectinas LM (low-methoxyl pectins) e apresentam geleificação na ausência de açúcares e na presença de alguns íons metálicos, principalmente o cálcio (ORDOÑEZ, 2005; GUMMADI & PANDA, 2003; ALKORTA *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2005; LANG & DÖRNENBURG, 2000; SAKAI *et al.*, 1993; GONZÁLEZ *et al.*, 2004).

3.2.2. ENZIMAS

As enzimas podem ser divididas em dois grupos, as endógenas e as exógenas. As endógenas, ou internas, originam-se no próprio organismo e as exógenas, ou externas, são originadas fora do corpo e são obtidas através de aplicações e/ou alimentos ingeridos (GEOCITIES, 2007).

3.2.2.1. PECTINASES

O termo enzimas pectinolíticas refere-se aquelas enzimas que catalisam a degradação das moléculas constituídas por unidades de ácidos galacturônicos (SILVA *et al.*, 1997). As pectinases são um importante grupo de enzimas capazes de hidrolisar a pectina presente na lamela média e parede primária das células vegetais (GOMES *et al.*, 2007). UENOJO & PASTORE (2007) relatam três tipos de pectinases:

- Desmetoxilantes: pectina esterase, polimetilgalacturonato esterase ou PMGE (EC 3.1.1.11) catalisa a hidrólise dos grupos metil éster da pectina, liberando metanol e H^+ , e convertendo pectina em polímero não esterificado (pectato). Esta enzima atua preferencialmente no grupo metil éster da unidade de galacturonato próxima a uma unidade não esterificada;
- Despolimerizantes: Incluem as hidrolases e as liases.

As hidrolases são:

- ⇒ Polimetilgalacturonases (PMG): hidrolisa polimetil-galacturonatos a oligometilgalacturonatos pela separação das ligações α (1→4), podendo ser endo- ou exo-PMG.
- ⇒ Poligalacturonases (PG): (EC 3.2.1.15), hidrolisam ligações glicosídicas α (1→4) entre dois resíduos de ácido galacturônico. É a maior enzima com função hidrolítica, podendo apresentar ação endo- (hidrólise randômica) ou exo- (hidrólise seqüencial) do ácido péctico. As exo-poligalacturonases são subdivididas em Exo-PG-1 (EC 3.2.1.67), que hidrolisa as ligações sucessivas do ácido poligalacturônico a partir da extremidade não redutora, liberando ácidos galacturônicos livres e Exo-PG-2 (EC 3.2.1.82), que hidrolisa as ligações alternadas do ácido poligalacturônico a partir da extremidade não redutora, liberando ácidos digalacturônicos livres.

As liases são:

- ⇒ Pectina-liase (PMGL): pectina liase, polimetilgalacturonato liase ou PMGL (EC 4.2.2.10) catalisa a β -eliminação entre dois resíduos de ácido galacturônico mais ou menos esterificados, sem absorção de água. Quebram as ligações por transeliminação do hidrogênio dos carbonos das posições 4 e 5 da porção aglicona do substrato (pectina) de modo endo- ou exo-.
- ⇒ Pectato liase (PGL): poligalacturonato liase catalisa a separação de ligações α (1 \rightarrow 4) de ácido péctico, de modo endo- ou exo-, por trans-eliminação, requer Ca^{2+} para atividade. São subdivididas em Exo-Pectato-Liase (EC 4.2.2.9), que hidrolisa as ligações do ácido poligalacturônico a partir da extremidade não redutora, liberando principalmente ácidos digalacturônicos insaturados livres e Endo-Pectato-Liase (EC 4.2.2.2), que hidrolisa as ligações internas do ácido poligalacturônico, liberando oligogalacturonatos insaturados livres.
- Protopectinases: solubilizam protopectina formando pectina solúvel altamente polimerizada. São principalmente de dois tipos: protopectinase tipo A (PPase-A), que reage com o sítio interno, isto é, a região do ácido poligalacturônico da protopectina e, protopectinase tipo B (PPase-B) que reage com o sítio externo, ou seja, com as cadeias de polissacarídeos que podem estar conectadas às cadeias de ácido poligalacturônico, constituintes das paredes celulares.

A Figura 8 apresenta o modo de ação enzimática de cada uma das pectinases sobre uma molécula de pectina.

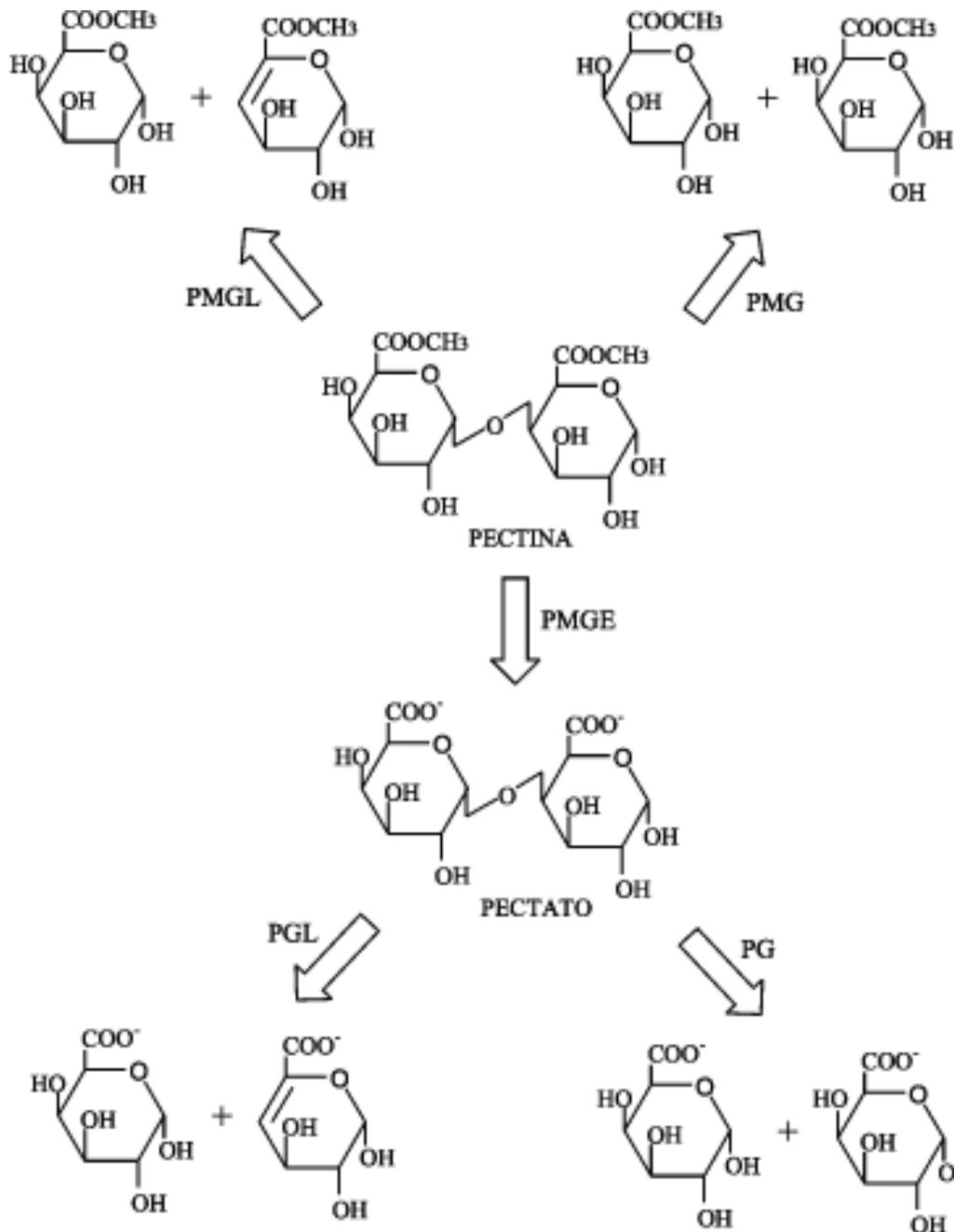


Figura 8. Mecanismos de degradação através da ação das enzimas pectinolíticas. PMGL: pectina-liase; PMG: polimetilgalacturonase; PMGE: pectina esterase; PGL: pectato liase e PG: poligalacturonase.

(Fonte: UENOJO & PASTORE, 2007).

3.2.2.2. CELULASES

As celulases atuam na degradação dos compostos celulósicos catalisando a quebra das ligações glicosídicas $\beta(1\rightarrow4)$ entre resíduos de D-glicose. Estas 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, celobiohidrolase, exoglucosidase e β -glucosidase (Figura 9):

- Endoglucanase (EG): Endo-1,4- β -glucanase (EC 3.2.1.4) catalisa aleatoriamente a quebra das ligações internas nas regiões amorfas da molécula de celulose, liberando celo-oligossacarídeos com diferentes graus de polimerização e celobiose. Da sua ação resultam também terminais livres para a ação da celobiohidrolase.
- Celobiohidrolase (CBH): Exoglucanase ou exo-1,4- β -glucanase (EC 3.2.1.91), que catalisa a quebra seqüencial da segunda ligação glicosídica a partir da extremidade não redutora da molécula de celulose, produzindo celobiose.
- Exoglucosidase (EXG): Exo-1,4- β -glucosidase (EC 3.2.1.74) age catalisando a hidrólise da celobiose e numa velocidade menor, degrada também pequenos oligossacarídeos, liberando, nos dois casos, glicose.
- β -glucosidase: Catalisa a remoção de unidades de glicose a partir da extremidade não redutora da molécula de celulose.

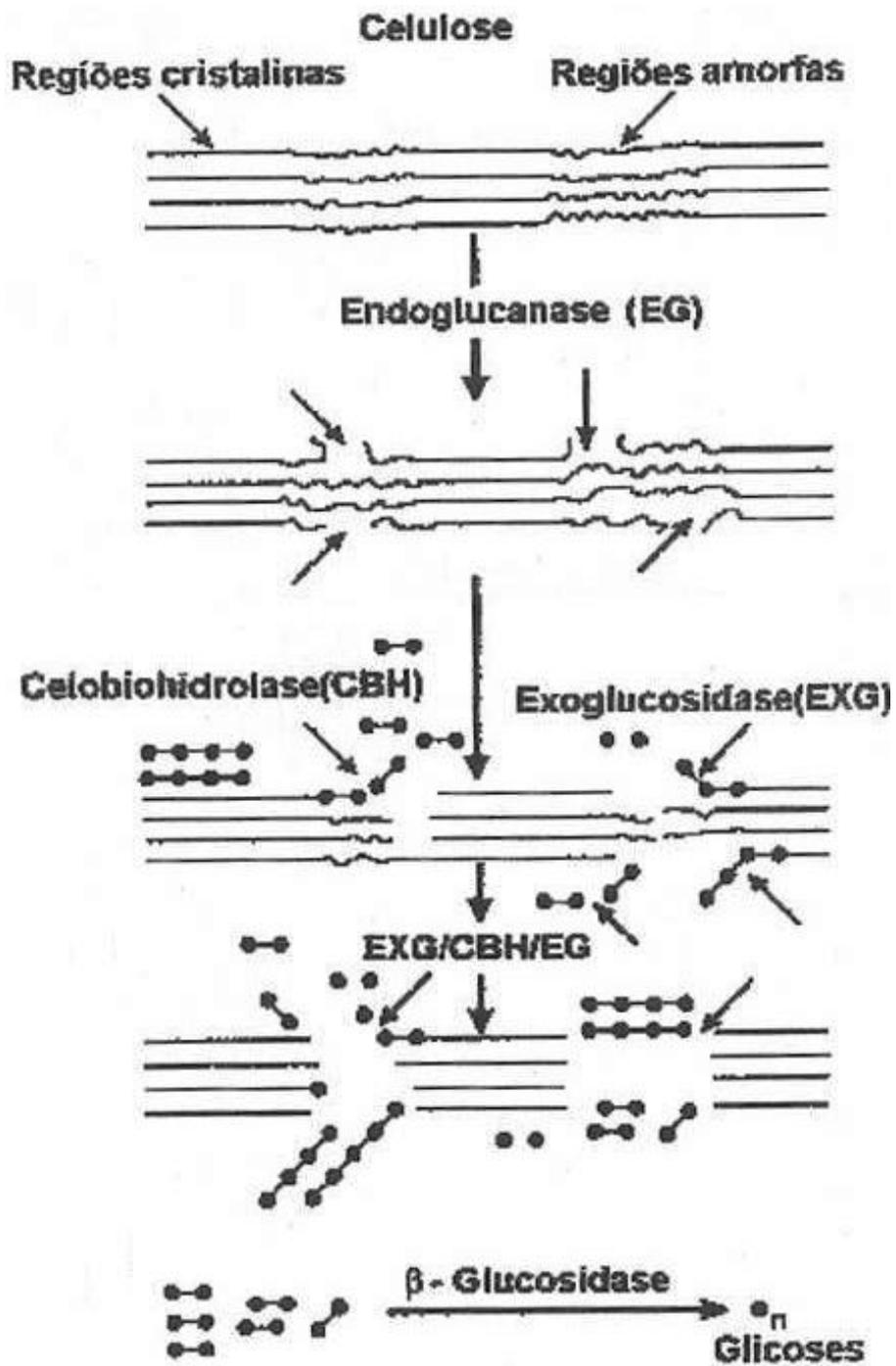


Figura 9. Ação sinérgica das celulases.
(Fonte: SILVA *et al.*, 1997).

3.2.2.3. HEMICELULASES

Segundo WOOD & KELLOGG (1986) a degradação completa das hemiceluloses através de hemicelulases necessita de enzimas específicas como:

- Xilanase: (EC 3.2.1.8) é uma endo-enzima que degrada aleatoriamente a xilana, principal polímero das hemiceluloses constituído de unidades de D-xilose, liberando xilo-oligossacarídeos. Posteriormente, ocorre a remoção seqüencial de resíduos de D-xilose através da hidrólise dos xilo-oligossacarídeos a partir da extremidade não redutora pela ação da β -xilosidase (exo-1,4- β -D-xilosidase, EC 3.2.1.37) representado na Figura 10.
- Arabinofuranosidase: (EC 3.2.1.55) catalisa a hidrólise da ligação glicosídica do terminal não redutor nas arabinanas e outros polissacarídeos contendo arabinose.
- α -Galactosidase: (EC 3.2.1.22) catalisa a hidrólise de galactomananas e outros poli e oligossacarídeos contendo galactose.
- Mananase: (EC 3.2.1.78) catalisa a remoção de manoses a partir do terminal não redutor das mananas e outros polissacarídeos formados de resíduos de manoses.

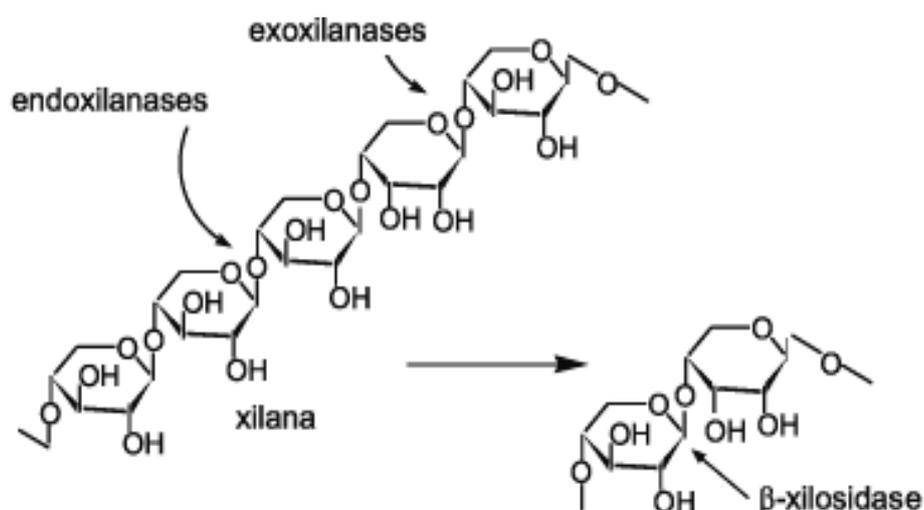


Figura 10. Estrutura da molécula de xilana e ação sinérgica das xilanases.

(Fonte: GOMES *et al.*, 2007).

3.2.3. ENZIMAS NO PROCESSAMENTO DE FRUTAS

As preparações enzimáticas, denominadas comercialmente de “pectinases”, são formuladas para conter um ou mais tipos de enzimas pectinolíticas dependendo do tipo de aplicação, além de atividades de celulases, hemicelulases, proteases e amilases, constituindo um “coquetel” enzimático. Esta combinação chamada coletivamente de enzimas de maceração, é usada na extração e clarificação de sucos de frutas e vegetais, pois agem sinergisticamente degradando a parede celular das frutas, que são ricas em celulose, hemicelulose e, principalmente pectinas (SILVA *et al.*, 2005; KAUR *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2003). A quantidade e tipo de enzimas aplicadas industrialmente dependem da matéria-prima e do processo no qual a mesma será submetida. A adição de α -amilase e amiloglicosidase, ativas a pH ácido, é usada no processamento de frutas contendo amido, especialmente maçã, para prevenir turvação (UENOJO & PASTORE, 2007) A qualidade das enzimas presentes na preparação depende da linhagem, meio de cultura e fatores ambientais utilizados (PETER, 1986).

A produção de poligalacturonase termoestável pelo fungo termófilo *Sporotrichum thermophile* Apinis, foi relatada por KAUR *et al.* (2004) a qual, aplicada na extração de sucos de banana, uva e maçã, a 55 °C proporcionou considerável aumento no rendimento.

Segundo ENDO (1965), são usadas as seguintes espécies para a produção de enzimas pectinolíticas em escala industrial, nos diversos países: Suíça (*Aspergillus niger*); Alemanha (*Aspergillus aureus*); Japão (*Sclerotinia libertiana* e *Conionthyrium diplodiella*); Estados unidos (*Aspergillus wentii*, *Aspergillus oryzae* e *Penicillium sp.*); Inglaterra (*Aspergillus foetidus*).

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 pectinases e preparações comerciais de pectinases (BHAT, 2000; GUMMADI & PANDA, 2003; SAKAI *et al.*, 1993) .

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), o emprego de enzimas e preparações enzimáticas na fabricação de um alimento está condicionado à sua necessidade tecnológica. Até o momento presente, não houve relatos de

consumidores que tenham contraído alergias decorrentes de enzimas adicionadas em alimentos (RICHCORE, 2007).

A maceração dos polissacarídeos contidos no vinho foi estudada por AYESTARÁN *et al.* (2004) utilizando enzimas comerciais. Os vinhos tratados com as enzimas comerciais tiveram um aumento nos polissacarídeos solúveis, como as arabinogalactanas e as ramnogalacturonanas, em relação aos tratamentos controles, indicando que os polissacarídeos foram hidrolisados devido à ação das enzimas comerciais.

A aplicação dos fungos *Trichoderma longibrachiatum* e *Aspergillus nidulans* com atividade endoglucanase e endoxilanase, respectivamente, no processo de maceração enzimática em vinho tinto, mostraram-se capazes de aumentar as concentrações de glicosídeos livres vinculados aos componentes de sabor, cor e compostos fenólicos, em níveis iguais ou até maiores do que com a aplicação de preparações enzimáticas comerciais pectinolíticas (GIL & VALLÉS, 2001).

MENEZES *et al.* (1998) estudaram a presença de enzimas de maceração na puba, alimento produzido no Nordeste do Brasil, através da fermentação de raízes de mandioca. Constatando-se que a adição de enzimas celulases e pectinases na pubagem aceleram a fermentação, aumentando a acidez e reduzindo o pH mais rapidamente em relação ao tratamento controle.

PILNIK & VORANGE (1989) utilizaram pectinases, celulases e hemicelulases para clarificação de diferentes tipos de sucos de frutas, fabricação de néctares para processos de liquefação e maceração de frutas e vegetais para melhoria das características de desidratação de frutas secas.

ESSA & SALAMA (2002) obtiveram melhorias no rendimento, na estabilidade da cor e na clarificação do suco através da maceração do suco de pêra por meio do uso de enzimas comerciais (pectinase e celulase).

Na maceração da uva para extração de suco, uma incubação entre 60 a 65°C promoveu a plasmólise da membrana e rupturas na parede celular do fruto, facilitando a liberação do líquido e de antocianinas responsáveis pela cor do suco. Já na extração de sucos de uva para produção de vinhos, a fruta é macerada a 80°C para desnaturação das oxidases que causam a perda da cor do vinho durante a estocagem. No caso da extração do "pulp wash", a polpa da laranja (mistura de polpa e semente), resultante do peneiramento do suco

de primeira, é aquecida a 90°C para desnaturar a pectinametilesterase da fruta, que causa problemas de coagulação da pectina (GOMES *et al.*, 2007).

Um estudo realizado com o uso de uma enzima comercial na produção de néctar de maçã por STRUEBI *et al.* (1978), mostrou que as substâncias pécticas da parede celular solubilizaram-se e o comprimento das moléculas de pectina diminuíram, reduzindo a viscosidade da bebida. Os autores ainda relatam que a solubilidade em água das pectinas altamente esterificadas pode ser o fator responsável para que se obtenha a estabilidade da turbidez no néctar de maçã.

CLOTTEAU *et al.* (2002) realizaram um estudo em suco de laranja e observaram que o uso de poligalacturonases e celulasas não influenciou nos parâmetros de cor e turbidez. No entanto, houve uma redução de 77% no conteúdo da polpa e 88% da viscosidade no tratamento enzimático com 500 ppm de poligalacturonases e 200 ppm de celulasas durante 15 minutos. Foi verificado também que a análise sensorial não demonstrou influência sobre o sabor e o odor do suco de laranja tratado enzimaticamente.

SANTIN (2004) mostrou que o processo de hidrólise enzimática com 240 ppm de Pectinex AFP L3 por 60 minutos, apresentaram os melhores resultados na redução de polpa (48%) e na redução de viscosidade (68%) da polpa de pêsego.

MATA *et al.* (2000) efetuou a redução de 87% da viscosidade do suco de acerola aplicando Pectinex Ultra SP-L durante 90 minutos.

As pectinases podem ser utilizadas também na obtenção do suco de banana, com a finalidade de aumentar o rendimento, diminuir a viscosidade e clarificar o suco, através da adição de complexo enzimático a 45°C e centrifugação durante 20 minutos (FLORIBETH *et al.*, 1981).

Aumenta-se a doçura e diminui-se a viscosidade de purê de banana, melhorando a qualidade do suco com a adição de invertases (CARDOSO *et al.*, 1998).

CANTO (1995) avaliou que a aplicação de complexos enzimáticos contendo pectinases e celulasas é fundamental para hidrolisar a pectina na extração do suco de maçã, pois esta fruta, mesmo madura contém alto teor de celulose e pectina.

BASTOS *et al.* (2002) concluíram que a utilização de 300 ppm de Citrozym-L melhora o processo de extração da polpa de cupuaçu, pois o rendimento na extração da polpa tratada com enzima foi de 60%, enquanto que sem adição de enzima obteve-se 44%.

LANDBO *et al.* (2007) observaram que o suco do fruto do sabugueiro teve o seu rendimento aumentado em 77% e sua turbidez reduzida em até 30% com um tratamento enzimático utilizando-se a preparação enzimática pectinolítica Pectinex BE 3L, produzido pelo *Aspergillus estirpe*, comparado a com um tratamento sem preparação enzimática. Já o tratamento enzimático utilizando-se a preparação Pectinex BE Color, produzida pelo *Aspergillus niger*, melhorou a cor do suco do sabugueiro, aumentando o teor de antocianinas e reduzindo o teor de fenóis e a turbidez do suco.

Um tratamento com o uso de poligalacturonases e celulases para hidrolisar os componentes de cascas de laranja com o objetivo de obter agentes naturais capazes de melhorar a estabilidade da turbidez em bebidas, foi realizado por BARROSO *et al.* (2004). A adição de celulases e poligalacturonases durante 80 minutos a 48 °C forneceu uma quantidade de agentes naturais capazes de estabilizar a turbidez em bebidas de frutas com uma redução de 9,1%. Entretanto, a aplicação destas enzimas não ofereceu grandes desempenhos em relação ao rendimento e a cor.

A pectinametilesterase presente em uma preparação enzimática comercial extraída de cascas de laranja (*Citrus sinensis L.*) foi caracterizada para determinar a identidade das isoenzimas pectinametilesterase presentes nestas cascas. Observou-se que nesta enzima comercial ambas as pectinametilesterases têm perfis comparáveis sobre a troca de cátions, interação hidrofóbica, pesos moleculares (cerca de 34 kDa), pI (pH 9,2) e propriedades bioquímicas, incluindo atividade em uma ampla gama de pH e atividade na ausência de adição de cátions, possibilitando o estudo sobre o modo de ação detalhado das enzimas e da estrutura, propriedades e relações funcionais da pectina (SAVARY *et al.*, 2002).

HAIGHT & GUMP (1994) avaliaram a eficácia de cinco preparações comerciais enzimáticas em suco de uva e os resultados obtiveram um aumento global no rendimento do suco de uva de 8,5%.

OLIVEIRA (2006) relatou que o processo de fermentação alcoólica do mosto de maçã obtido pela liquefação enzimática por meio da adição de Ultrazym AFP-L por 75 minutos a 50°C, apresentou aumento de 18% no rendimento quando comparado o mosto obtido por prensagem, que recebeu Pectinex 100L por 2 h a 28°C.

Na polpa de goiaba, o método de extração conjugada, que inclui o mecânico e o enzimático, pode ser mais efetivo do que somente o mecânico, ocorrendo um aumento de 27,4% de suco. O rendimento pode ser aumentado 84,7% com o tratamento enzimático de 120 minutos a 45°C com a aplicação de 600 ppm de enzimas pectinolíticas (BRASIL, 1993).

A recuperação do suco de abacaxi pode ser melhorada a partir da aplicação de pectinases e celulases em uma concentração de 0,025% a uma temperatura de 27°C durante 30 minutos. O rendimento do suco pode chegar até 88%, melhorando a qualidade do suco por aumentar a quantidade de sólidos solúveis extraídos (SREENATH *et al.*, 1994).

Em um estudo de estabilidade com suco de cajá tratado enzimaticamente com 120 ppm de Pectinex Ultra SP-L por 30 min à 25°C, SILVA *et al.* (1997) observou que, mesmo após 120 de estocagem, as características físico-químicas e sensoriais observadas permaneceram sem alterações significativas, indicando boa estabilidade.

SILVA *et al.* (1999) determinou que 500 ppm de Pectinex AR como sendo a melhor concentração para o tratamento enzimático do suco polposo de cajá durante 120 minutos, precedido de tratamento enzimático na polpa com 120 ppm de Pectinex Ultra SP-L. Os autores relatam a degradação completa da pectina, oferecendo condições propícias para se experimentar o processo de clarificação do suco, com o aumento do rendimento de 65,0% para 85,9%.

Os efeitos da pectinase (Clarex ML) em sucos de ameixa, banana e goiaba foram investigados por AMIN & ESSA (2002), melhorando diversos parâmetros da qualidade dos sucos. Estes estudos mostram a existência de pesquisas sobre a adição de enzimas em frutas típicas de clima temperado e tropical, entretanto estudos desta natureza com frutos nativos das Regiões Amazônica e Meio-Norte do Brasil, como o bacuri, são escassos.

ABDULLAH *et al.* (2007) recomendaram um tratamento enzimático com 0,10% de Pectinex Ultra SP-L por 20 minutos para uma adequada clarificação de suco de carambola, onde a viscosidade foi significativamente reduzida. A interação entre o tempo de incubação, a temperatura e a concentração da preparação enzimática mostrou-se positiva.

CÉSAR (2007) concluiu que a concentração de 0,1% (v/v) de preparação enzimática Citrozym-Ultra L a 45 °C durante 15 minutos foi suficiente para a obtenção do suco clarificado de açai.

WILKINS *et al.* (2007) utilizando uma combinação de preparações enzimáticas Pectinex Ultra SP, Celluclast 1,5 e Novozym 188 em casca de “grapefruit” observaram uma redução no rendimento das cascas, liberando mais suco. Foram determinadas as quantidades ideais: pectinase 5 mg/g de casca seca e de celulase 2mg/g de casca seca. A pectinase mostrou-se mais eficiente na hidrólise das cascas de uva do que a celulase.

BALISCHI *et al.* (2002) trabalhando com a influência de Citrozym Ultra L sobre as características da polpa de acerola encontraram uma redução de 67,7% da viscosidade utilizando 100 ppm a 45 °C durante 60 min de tratamento enzimático.

KASHYAP *et al.* (2000) realizou uma revisão sobre a aplicação de pectinases no setor comercial, relatando a aplicação da preparação enzimática Rapidase Pomaliq para a clarificação do suco de maçã, que contém pectinases, hemicelulases e celulases, numa concentração entre 200 e 600 g/tonelada de maçãs, num tratamento enzimático de aproximadamente 3 h. Para macerar adequadamente bagas de uva, e com isso, aumentar o rendimento, aplica-se 50 g/tonelada de Cytolase PCL5 ou Ultrazyme. A adição de Rapidase BE às bagas com aproximadamente 125 g/tonelada para a maceração, extração, filtração e concentração de sucos de morango, framboesa e amora. Para produtos com abacaxi adiciona-se Rapidase abacaxi, Pectinex Ultra SP e Rohapect BIL a 50 °C durante 25 min ou a 20°C por algumas horas para produzir um concentrado claro através da despectinização.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Os frutos foram cedidos pela Embrapa Meio-Norte, localizada em Teresina-PI a 600 km de Fortaleza. Quando colhidos, no pico da safra, foram imediatamente conduzidos a unidade de processamento na Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza/ CE, por meio de transporte rodoviário, durante aproximadamente 12 h. Os frutos foram transportados em embalagem de sacos trançados de plásticos (tiras de polietileno), cada saco contendo, aproximadamente 300 frutos.

O processamento, em escala piloto, foi realizado após uma pré-seleção descartando os frutos muito injuriados e aqueles que encontravam-se em fase de senescência muito avançada. Lavaram-se os frutos em água contendo 20 ppm de cloro com imersão de 20 minutos (Figura 11). Em seguida, procedeu-se seleção dos frutos com a finalidade de padronizar o seu estágio de maturação (Figura 12).



Figura 11. Lavagem dos frutos em solução de água clorada.



Figura 12. Frutos selecionados.

A operação de despolpa teve início com a quebra da casca, utilizando um martelo de borracha, e removendo a polpa com semente (Figura 13a e 13b), que foi passada em uma despoldadeira bonina modelo 0.25 df ITAMETAL (Figura 14) para a remoção da semente. A polpa extraída foi embalada em sacos de polietileno, que foram selados em uma seladora Sulpack SP-350 (Figura 15), e finalmente, congelada a -20°C em freezer.



Figura 13. Casca parcialmente removida (A); polpa + semente (B).



Figura 14. Despoldadeira ITAMETAL.
(Fonte: Itametal).



Figura 15. Polpa selada e embalada em sacos de polietileno.

Os reagentes utilizados para as determinações químicas e físico-químicas foram Tipo Padrão Analítico (P.A.). As preparações enzimáticas comerciais utilizadas foram: Pectinex AR, Pectinex Ultra SP-L, Ultrazym AFP-L e Viscozyme L, cedidas gentilmente pela Novo Nordisk Bioindustrial do Brasil Ltda e Biopectinase CCM fornecida pela Quest international Ltd. (Figura 16).



Figura 16. Preparações enzimáticas comerciais.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE BACURI “IN NATURA”

Para a caracterização da polpa de bacuri “in natura” foram realizadas três repetições para cada amostra das seguintes análises químicas e físico-químicas:

4.2.1. PH

As medidas de pH foram realizadas em pHmetro digital QUIMIS modelo Q400A, calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e pH 4,0. Adicionou-se 10 g de amostra a 50 mL de água destilada e determinou-se o pH por imersão direta dos eletrodos na solução, conforme AOAC (1992).

4.2.2. UMIDADE

Foi determinada pelo método descrito pela AOAC (1975). Pesaram-se 3g da amostra em um cadinho de porcelana previamente tarado. Levou-se a estufa a vácuo a 70°C onde o material foi dessecado até peso constante.

Relacionou-se a perda de peso para 100g da amostra integral, expressando os resultados em $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

4.2.3. CINZAS

As cinzas foram determinadas, segundo o método recomendado pela AOAC (1975). Pesou-se em cadinho de porcelana, previamente tarado, cerca de 2 g de polpa dessecada. Levaram-se as amostra para a carbonização em temperatura de 200°C e em seguida, incinerou-se a amostra em forno mufla à temperatura de 550°C. Deixou-se reduzir a temperatura da mufla até aproximadamente 80°C, quando então o cadinho contendo o material foi transferido para um dessecador. Resfriou-se e pesou-se a amostra e depois calculou-se a quantidade de cinzas obtida para 100 g da amostra integral, expressando os resultados em $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

4.2.4. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT)

Para a determinação de ATT adicionou-se 0,5 g de polpa diluída em 50 mL de água destilada. Depois de homogeneizada a solução foi filtrada, com papel de filtro qualitativo, e adicionou-se 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína. Em seguida, foi feita a titulação com solução de NaOH (0,1 N) até a mudança de cor para róseo claro. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, segundo metodologia descrita pelo IAL (1985).

4.2.5. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

As determinações de sólidos solúveis foram feitas em refratômetro digital (ATAGO PR-101) com escala de 0 a 45 °Brix, através da leitura direta após filtração, em papel de filtro qualitativo, da amostra diluída 1:5 (p/p). Os resultados foram expressos °Brix, de acordo com o AOAC (1992).

4.2.6. AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS

A determinação dos açúcares redutores foi realizada segundo MILLER (1959), utilizando o ácido 3,5 dinitrossalicílico (DNS). Tomou-se 1 g de polpa diluída em 40 mL de água destilada. As amostras foram aquecidas em banho-maria (65°C/ 5 minutos). Em seguida, foram resfriadas e transferidas para balão volumétrico de 100 mL, aferindo com água destilada. Posteriormente, foram homogeneizadas e filtradas com papel de filtro qualitativo. Para a quantificação de açúcares redutores adicionou-se em tubos 1 mL de DNS, 1 mL do filtrado e 0,5 mL de água destilada. Para a quantificação dos açúcares totais coletou-se 25 mL do filtrado e adicionou-se 2 mL de HCl P.A, levando para extração em banho-maria (75°C/ 30 minutos), seguido de resfriamento e neutralização com NaOH 20% e indicador (papel de tornassol). As amostras foram transferidas para balão volumétrico de 50 mL, aferindo-se com água destilada, homogeneizando e filtrando com papel de filtro quantitativo. Para açúcares totais coletou-se em tubos 1 mL de DNS, 1 mL da amostra e 0,5 mL de água destilada. Todos os tubos foram levados para banho-maria (5 minutos/100°C), resfriados, adicionados 7,5 mL de água destilada, homogeneizados e submetidos à leitura em espectrofotômetro, realizada a 540 nm. A curva de calibração foi montada por meio de seis tubos de ensaio, onde em cada um adicionou-se glicose 10 mM, em quantidades decrescente de 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 mL, água, em quantidade crescente de 1,5; 1,3; 1,1; 0,9 e 0,7 mL, e 1 mL de DNS. Os resultados expressos em percentual.

4.2.7. ATIVIDADE DE ÁGUA (Aw)

A atividade de água foi determinada através do medidor digital de Aw (AQUALAB CX-2), com sensibilidade de 0,001 à temperatura de (28°C ± 2 °C);

4.2.8. COR INSTRUMENTAL

A cor foi determinada usando colorímetro (MINOLTA CR-300), com valores expressos em L*, a* b*. O sistema CIElab (Comissão Internacional de d'Eclairage), possibilita sua medição através dos parâmetros de cor: L* =

luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a* (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho) e b* (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo) (Modesta *et al.*, 2005).

4.2.9. COMPOSTOS FENÓLICOS

Foram determinados segundo o método colorimétrico de Folin-Denis, de acordo com a AOAC (1975). Pesou-se 5 g da amostra em um Becker e adicionou-se 40 mL de água destilada. Em seguida, a amostra foi levada para banho-maria (5 min/ 75°C). Após resfriamento, adicionou-se 100 mL de água destilada e filtrou-se com papel de filtro qualitativo. Seqüencialmente adicionou-se 15 mL de água destilada, 5 mL do filtrado, 5 mL do Reagente de Folin-Denis e 10 mL da solução saturada de carbonato de sódio em um balão de 100 mL. Deixou-se em repouso por 30 minutos e efetuou-se a leitura em Espectrofotômetro a 760 nm. Os resultados foram expressos $\text{g.100g}_{\text{polpa}}^{-1}$ de ácido tânico.

4.2.10. VITAMINA C

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol 0,02% até coloração róseo claro permanente, de acordo com a metodologia de STROHECKER & HENNING (1967). Pesou-se 5 g de amostra, e diluiu-se em 50 mL de ácido oxálico 0,5%. Para a titulação utilizou-se uma alíquota de 20 mL. Os resultados foram expressos em $\text{mg.100g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

4.2.11. PROTEÍNA

A proteína foi determinada segundo o método Kjeldahl, recomendado pela AOAC (1975), que consiste na determinação do nitrogênio total. Neste método a matéria-prima orgânica é decomposta através de uma digestão feita com H_2SO_4 concentrado, usando como catalisador sulfato de cobre, sendo o nitrogênio existente transformado em sal amoniacal (sulfato de amônia). A seguir, desse sal deslocou-se a amônia recebendo-se em uma solução de

ácido sulfúrico 0,1N, contendo gotas de vermelho de metila, cujo excesso foi titulado com hidróxido de sódio de igual normalidade. A quantidade de ácido sulfúrico 0,1N consumida e multiplicada por 0,0014, revelou o nitrogênio total da amostra. Multiplicando-se esse resultado por 6,25 para converter o nitrogênio em proteína, obteve-se a quantidade de proteína. Os resultados foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

4.2.12. EXTRATO ETÉREO

Determinou-se de acordo com o método descrito nas Normas Analíticas do IAL (1985). Pesou-se cerca de 2 g de polpa dessecada, transferiu-se quantitativamente para um cartucho de Soxhlet e cobriu-se a amostra com um pouco de algodão. Utilizando-se um balão volumétrico, previamente tarado, procedeu-se a extração em aparelho de Soxhlet, utilizando hexano como solvente, durante 6 h. Ao final deste período, evaporou-se o solvente e em seguida, colocou-se o balão volumétrico contendo o material lipídico em estufa regulada a 105°C, durante 1h. Esfriou-se em dessecador e pesou-se. Pela diferença de peso obteve-se a quantidade de substâncias lipídicas presentes na amostra e os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$.

4.2.13. PECTINA, HEMICELULOSE, CELULOSE + LIGNINA

A pectina foi quantificada de acordo com a metodologia de SCHIEBER, *et al.* (2005). A análise teve início com a pesagem de 30 g de polpa, que foram diluídas em 300 mL de etanol (80% v/v) em fervura, permanecendo em aquecimento por 1 h a 80°C. Centrifugou-se a solução a 15000 g a 40°C durante 10 min. O resíduo da centrifugação foi lavado com etanol 80% quente, em filtração a vácuo. O filtrado foi agitado em *shaker* orbital (TE-420 marca Tecnal) a 150 rpm a 30°C com acetona por 12 h. Em seguida filtrou-se com papel de filtro e secou-se em exaustor por 24 h. Assim obteve-se o AIR (resíduo insolúvel em álcool) e peso-se. Coletou-se 0,8 g do AIR e diluiu-se em 50 mL de solução alcalina de EDTA (0,05 M NaOH; 0,5 mM EDTA) para agitação por 1 h a 30°C. Em seguida, centrifugou-se a 15000 g durante 20 min. Esta operação de adição de EDTA, agitação e centrifugação foi repetida,

reservando o resíduo para a quantificação da hemicelulose. Juntaram-se os dois sobrenadantes da centrifugação e o pH foi ajustado para 6,5 com HCl. Colocou-se a solução na diálise em membranas Dialysis tubing cellulose de tamanho 25 x 16 mm (SIGMA – ALDRICH) com água destilada por 48 h. Adicionou-se álcool comercial (álcool/líquido 3:1) ao líquido dialisado, que ficou em repouso por 24 h. Após o repouso, a solução foi centrifugada a 15000 g durante 20 min, secada (estufa a 60°C) e pesada. Para a determinação de hemicelulose o resíduo reservado na análise de pectina foi lavado com 100 mL de água destilada, em filtração a vácuo, e agitada por 5 h com 50 mL de solução NaOH 16% em *shaker* orbital (150 rpm/ 30°C). Em seguida, centrifugou-se a 15000 g durante 20 min e reservou-se o resíduo para quantificar a celulose. Ajustou-se o pH do sobrenadante para 6,5 usando HCl e colocou-se a solução na diálise, repetindo as etapas da quantificação de pectina. A celulose + lignina foi determinada lavando-se o resíduo reservado, em filtração a vácuo, e adicionando-se 100 mL de água destilada. Colocou-se a solução na diálise, repetindo as etapas acima. Após a pesagem, a amostra foi incinerada em forno mufla a 550°C. Os resultados foram encontrados através da relação do peso de cada carboidrato determinado com o peso do AIR total da amostra e expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}_{\text{polpa}}^{-1}$. Para determinar celulose + lignina, primeiramente calculou-se o peso das cinzas para ser abstraído e, em seguida, procedeu-se o mesmo cálculo feito com a pectina e a hemicelulose.

4.2.14. CONSISTÊNCIA

Foi feita com a utilização de um Consistômetro de Bostwick (CSC Scientific) e um cronômetro. Colocou-se 75 g de amostra na parte superior do consistômetro (Figura 17) e disparou-se a lanca e o cronômetro ao mesmo tempo. Mediu-se a distância que as amostras percorreram através das marcas de graduação divididas em 0,5 centímetros na base do equipamento, no tempo de 30 segundos.



Figura 17. Consistômetro de Bostwick.

(Fonte: alpax.com.br).

4.2.15. TEOR DE POLPA

Esta análise foi feita segundo a metodologia de KOCH (1971). Tomou-se 10 g de amostra, colocou-se em tubos cônicos graduados de polipropileno para centrifuga e levou-se para centrifugação (em centrífuga HERAEUS nas seguintes condições: 10 min, 12980 g e 23°C). Após a eliminação do sobrenadante, foram feitos os cálculos do teor de polpa por meio da diferença de peso da polpa, antes e depois da centrifugação, expressando o resultado em percentagem.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

As preparações enzimáticas são constituídas de um ou mais tipos de enzimas pectinolíticas, além de atividades de celulasas, hemicelulasas, proteases e amilases, que atuam sinergisticamente, favorecendo aspectos de rendimento, operacionalidade e qualidade final do produto (PETER, 1986). Em geral, os trabalhos com aplicação de preparações enzimáticas para a maceração de produtos vegetais indicam, apenas, a quantidade utilizada, por exemplo, em “ppm” (SREENATH *et al.*, 1994; BASTOS *et al.*, 2002; BALISCHI *et al.*, 2002) e ao final do estudo, citam o valor que se mostrou mais adequado ao processo. Contudo, a eficiência de um tratamento enzimático está mais relacionada com os constituintes da formulação enzimática, em função do objetivo que se deseja alcançar. Desta forma, se o interesse for de aumentar o rendimento da extração, é importante que todas as frações enzimáticas estejam presentes. Contudo, quando se deseja reduzir parcialmente a

viscosidade de um suco, a presença de pectinesterase poderá resultar numa intensa quebra de pectina, diminuindo a viscosidade e causando floculações na presença de Ca^{++} (SILVA *et al.*, 1997).

Esta etapa possibilita a apresentação de dados mais concretos sobre o tipo específico de enzimas e suas atividades presentes em cada preparação enzimática comercial. E com estes dados, após o estudo da maceração da matéria-prima, é possível saber quais são as enzimas que agem sinergisticamente, quebrando a estrutura da parede celular desta matéria-prima e, conseqüentemente, ter uma noção da composição desta parede celular.

As preparações enzimáticas pectinolíticas Pectinex AR, Pectinex Ultra SP-L, Biopectinase CCM, Ultrazym AFP-L e Viscozyme L fabricadas pela Novo Nordisk Bioindustrial do Brasil Ltda e Quest international Ltd. foram escolhidas para o presente estudo devido à presença de $3,33 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ pectina total encontrada na polpa de bacuri (Tabela 6).

O efeito da aplicação de preparações enzimáticas comerciais pectinolíticas, ou seja, com elevado teor de poligalacturonases e pectinaliases à polpa de um fruto contendo pectina, facilita a maceração através da hidrólise nas ligações glicosídicas, que liberam resíduos de ácidos galacturônicos, causando a despolimerização de molécula (SILVA *et al.*, 1997).

A pectinametilesterase, que também compõe as preparações enzimáticas pectinolíticas, tem sua função no processo de amaciamento de frutos desmetilando o carbono da posição 6 de cada unidade de protopectina, e com isso, possibilitando o reconhecimento pela poligalacturonase (CHEFTEL & CHEFTEL, 1992). Portanto, a pectinametilesterase deve proceder à atividade de poligacturonase, no sentido de facilitar a atividade desta última (PRESSEY, 1977; HUBER, 1983, JEN & ROBINSON, 1984). Já a pectinaliase quebra as ligações por transeliminação do hidrogênio dos carbonos das posições 4 e 5 da porção aglicona da pectina, não necessitando da ação da poligalacturonase (UENOJO & PASTORE, 2007).

Para determinar a quantidade de enzimas em cada preparação enzimática, foram feitas análises bioquímicas. Com exceção das análises de pectinametilesterases e pectinaliases, todas as reações, após sofrerem a paralisação da reação, foram agitadas para homogeneização em agitador de tubos (PHOENIX) e aquecidas a 100°C por 5 minutos. Em seguida, foram

colocados 8 mL de água, agitados e levados para leitura em espectrofotômetro a 540 nm. Os valores das absorbâncias foram relacionados as respectivas as curvas padrões de DNS, segundo a metodologia de MILLER (1959). Os resultados foram expressos em unidades por mL (U_{enzima}/mL).

Essas análises foram realizadas no início e no meio do experimento, para avaliar a estabilidade das propriedades enzimáticas das preparações. Foram realizadas com duas repetições para cada amostra, segundo a metodologia de PINTO (2002):

4.3.1. POLIGALACTURONASES

Adicionou-se 0,25 mL de preparação enzimática comercial diluídos em 4,0 mL de solução de 0,25% de ácido poligalacturônico (tampão acetato 200 mM, pH 4,5) nos tubos de ensaio. Esta mistura reacional foi incubada por 30 minutos a 35°C em banho termostático (QUIMIS), com agitação suficiente para manter a suspensão da solução de ácido poligalacturônico, e assim, facilitar a ação da preparação enzimática. Ao final deste tempo, coletou-se uma alíquota de 0,25 mL da solução para tubos contendo 1,0 mL de DNS, paralisando a reação. Uma unidade de atividade de poligalacturonase é definida como sendo aquela que libera 1 mmol de ácido galacturônico por minuto a 35°C.

4.3.2. PECTINAMETILESTERASES

Foram colocados 6 mL da preparação enzimática em tubos contendo 30 mL da solução de pectina cítrica 1%. Posteriormente, realizou-se uma etapa de ajuste do pH para 7,0 usando NaOH 0,01 N durante 10 min com auxílio de bureta, agitador magnético e pHmetro. Anotou-se o volume gasto de NaOH 0,01 N usado a partir da bureta e multiplicou-se fator de correção do NaOH 0,01 N, 1000 e a diluição e, em seguida, dividindo-se por 60, obteve-se a quantidade de unidades de pectinametilesterases. Uma unidade de pectinesterase corresponde como a quantidade de enzima que libera 1 mmol de grupos carboxílicos por hora de reação.

4.3.3. PECTINALIASES

Em tubos de ensaio adicionou-se 21 mL de tampão acetato 0,2M, pH 5,5, 2,5 mL de solução de pectina 2% e 0,5 mL de CaCl₂. Em seguida, os tubos foram aclimatados em banho termostático a 35°C, sob agitação, por 10 min. Ao atingir a temperatura, adicionou-se 1 mL da preparação enzimática. Após homogeneização uma alíquota da amostra foi transferida para uma cubeta e efetuou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 235 nm, referente à absorbância do branco reacional. O restante da amostra continuou na incubação com agitação por 10 min, realizando-se uma nova leitura, referente a absorbância do tempo 10. O cálculo das unidades de pectinaliases foi feito multiplicando-se a diferença das absorbâncias por 0,1818 e pela diluição. Uma unidade de pectinaliase corresponde a quantidade de enzima que libera 1 mmol de uronídeos insaturados.

4.3.4. AMILASES

Em banho termostático a 37°C foi aclimatado 1 mL de solução 2% de amido e, em seguida, adicionou-se 1 mL de preparação enzimática comercial diluída, que foi incubada a 37°C por 15 min, sob agitação. Posteriormente, a reação foi paralisada com 0,5 mL de NaOH 1N e 0,5 mL desta solução foram então transferidos para tubos contendo 1 mL de DNS. A unidade de amilase é definida como a quantidade de enzima que hidrolisa 10 mg de amido em 30 min e à temperatura de 37°C

4.3.5. INVERTASES

Adicionou-se 0,5 mL de solução sacarose 0,1 M a 0,4 mL de tampão acetato 100 mM com pH 5,0. Em seguida, adicionou-se 0,1 mL de preparação enzimática comercial diluída, que foram incubados por 30 min a 30°C, sob agitação. Posteriormente, a reação foi paralisada com 1 mL de DNS. Uma unidade de atividade de invertase corresponde à quantidade de enzima capaz de liberar 1 mmol de grupos redutores (como glicose), por minuto.

4.3.6. CELULASES

Foi colocado 0,9 mL de solução 1% de celulose em tubos e aclimatados em banho termostático a 40°C. Em seguida, adicionou-se 0,1 mL de preparação enzimática comercial diluída, incubando, sob agitação, por 60 min a 40°C. Para a paralisação da reação, foi adicionado 1 mL de DNS. Uma unidade de atividade de celulase corresponde à quantidade de enzima que libera 1 mmol de glicose por minuto.

4.3.7. XILANASES

Colocou-se 0,5 mL de solução 1% de xilana em tubos e aclimatados em banho termostático à 60°C. Depois adicionou-se 0,5 mL de preparação enzimática comercial e incubou-se por 10 minutos a 60°C, sob agitação. A paralisação da reação foi feita com a adição de 1 mL de DNS. Uma unidade de atividade de xilanase corresponde à quantidade de enzima que produz 1 mmol de açúcar redutor (como glicose) por minuto a 50 °C .

4.4. TRATAMENTO ENZIMÁTICO

O tratamento enzimático foi feito pesando-se 100 g de polpa de bacuri, adicionando-se 200 mL de água destilada e homogeneizando-se em *blender* WARING comercial por 20 segundos, obtendo 300 mL de solução (polpa + água). Em seguida, dividiu-se a solução em quatro partes de 75 g em erlenmeyers. Dos quatro erlenmeyers contendo a solução, dois deles receberam a preparação enzimática comercial. Agitou-se manualmente para que a preparação enzimática fosse misturada uniformemente na polpa e foram imediatamente levados para incubação em um *shaker* orbital (150 rpm/ 30°C) por 2 h. As outras duas partes mativeram-se sem adição da preparação enzimática comercial e também foram incubadas, servindo como controle para comparação, conforme esquema mostrado na Figura 18.

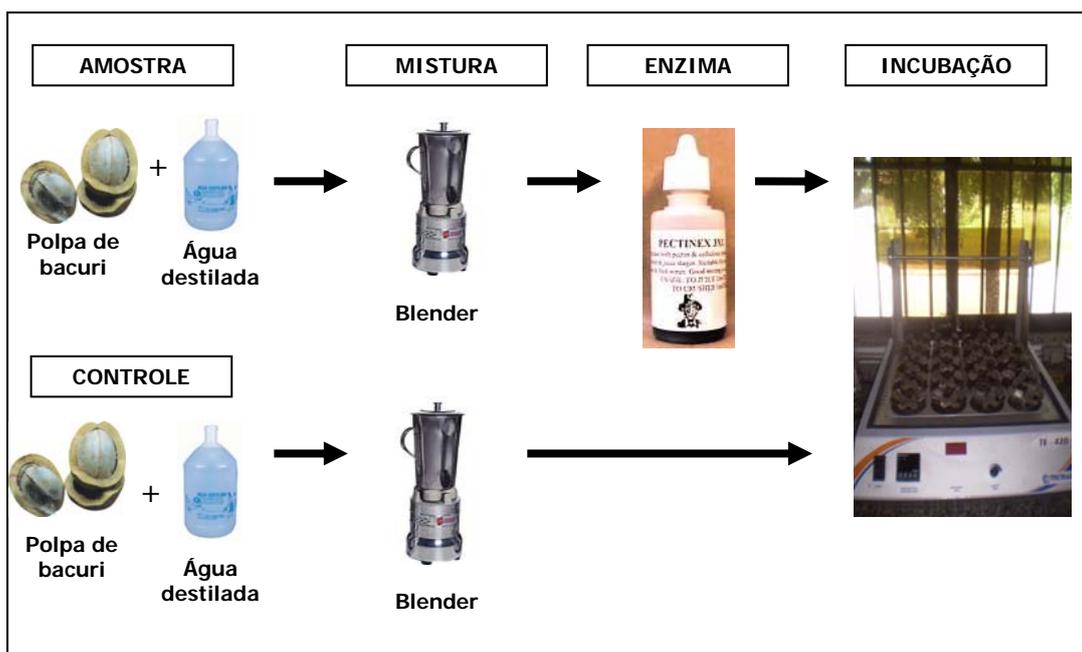


Figura 18. Esquema do tratamento enzimático das amostras e controle.

4.4.1. ESCOLHA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL

Nesta etapa todas as cinco preparações enzimáticas foram submetidas ao tratamento enzimático citado no item 4.4. Foram feitas as seguintes análises físico-químicas: GRT (grupos redutores totais), consistência e teor de polpa, citadas nos itens 4.2.6., 4.2.14. e 4.2.15. As amostras, para cada preparação enzimática, foram às seguintes: controle 1 (polpa de bacuri sem adição de preparação enzimática, sem incubação), controle 2 (polpa de bacuri sem adição de preparação enzimática, 2 h de incubação) e macerada (polpa de bacuri com adição de preparação enzimática, 2 h de incubação), onde foi realizada duas repetições.

A quantidade de cada preparação enzimática comercial a ser adicionada foi determinada utilizando como referência o número de enzimas poligalacturonases (PG) contidas em 10.000 ppm na Pectinex AR (231,4U/mL) (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidade em mL de cada preparação enzimática comercial utilizada no tratamento enzimático.

Preparação enzimática comercial	Quantidade (mL)	Quantidade (ppm)
<i>Pectinex AR</i>	0,75	10.000
<i>Pectinex Ultra SP-L</i>	0,64	8.533
<i>Biopectinase CCM</i>	0,64	8.533
<i>Ultrazym AFP-L</i>	0,70	9,333
<i>Viscozyme L</i>	0,60	8.000

Concluída esta primeira fase de testes preliminares, apenas as preparações enzimáticas comerciais que demonstraram melhor desempenho, foram selecionadas para as próximas fases de testes, que consistiu em avaliar a eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri, com a redução da concentração das enzimas, do tempo de tratamento enzimático, da razão polpa/água e do tempo de homogeneização da polpa com a água.

4.4.2. CONCENTRAÇÃO DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL

Duas preparações enzimáticas comerciais foram submetidas em oito tratamentos enzimáticos semelhantes ao citado no item 4.4, reduzindo a quantidade de preparação enzimática, em aproximadamente, 200, 150, 100, 50, 25, 12, 6 e 3 U/mL de PG. Realizou-se a análise de consistência citada no item 4.2.14. das amostras nos tempos de 120, 90, 60, 40, 20 e 0 min, utilizando duas repetições para cada amostra.

4.4.3. RAZÃO POLPA:ÁGUA

Com a preparação enzimática e sua concentração já determinados, foram realizados sete tratamentos enzimáticos semelhantes ao citado no item 4.4. variando na concentração de água e de polpa da formulação da solução. As concentrações foram: polpa/água (1:4); (1:3); (1:2); (1:1,5), (1:1); (2:1) e (3:1) nos tempos (60, 40, 20 e 0 min). Em seguida foram realizadas as análises de GRT, consistência e teor de polpa citadas no itens 4.2.6.; 4.2.14. e 4.2.15., respectivamente. Foram realizadas três repetições para cada amostra.

4.4.4. TEMPO DE HOMOGENEIZAÇÃO

Realizaram-se quatro tratamentos enzimáticos semelhantes ao citado no item 4.4, utilizando a concentração de polpa e água mais adequada, variando os tempos de homogeneização da polpa com a água (0, 20, 40 e 60 min). Foram realizadas três repetições para cada amostra. Posteriormente, as amostras foram submetidas às análises de GRT, consistência e teor de polpa citadas nos itens 4.2.6; 4.2.14. e 4.2.15., respectivamente.

4.5. BRANQUEAMENTO

Após a determinação dos parâmetros já descritos, realizou-se novo tratamento enzimático, nas condições selecionadas, para testar a eficiência do branqueamento, realizado a temperatura de 75 - 80°C por 5 minutos em banho termostático, seguido de imediato resfriamento em água corrente, com o objetivo de evitar a continuidade da atividade enzimática. Para avaliar o efeito do branqueamento foi realizada a análise de poligalacturonase, citada no item 4.3.1., nas seguintes amostras:

1. Polpa branqueada;
2. Polpa não branqueada.

4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Avaliou-se a caracterização das amostras:

1. Polpa diluída (PD);
2. Polpa diluída e tratada enzimaticamente (PM) e;
3. Polpa diluída, tratada enzimaticamente e branqueada (PB).

4.6.1. ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

Estas análises foram feitas com amostras aleatoriamente retiradas dos respectivos lotes, em triplicata, para cada amostra. Foram realizadas as análises citadas nos itens 4.2.1; 4.2.4; 4.2.5; 4.2.6; 4.2.7; 4.2.8; 4.2.9; 4.2.10; 4.2.13; 4.2.14, 4.2.15.

4.6.2. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Realizou-se a contagem de bolores e leveduras; coliformes fecais a 45°C e pesquisa de *Salmonella sp.*, segundo a metodologia proposta por VANDERZANT *et al.* (1992). Os resultados foram expressos em NMP/g para coliformes e UFC/g para bolores e leveduras.

4.6.3. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS SPME-GC

Em um frasco de 40 mL pesou-se 10 g de amostra, 10 mL de água e 6 g de cloreto de sódio (30%). O frasco foi fechado e agitado por 15 min. Ao fim deste período foi introduzida a seringa de SPME, com o revestimento divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) de espessura 50 / 30 µm (Supelco Co., Bellefonte, P.A.), no espaço de cabeça do frasco, a qual permaneceu durante 15 min. Todo este processo decorreu a uma temperatura constante de 40,0 ± 1°C, por imersão completa do frasco com a amostra num banho termostatizado. Em seguida, realizou-se a etapa de dessorção em cromatógrafo por 3 minutos a 200°C.

Os compostos voláteis foram analisados por cromatografia gasosa de alta resolução em cromatógrafo gasoso VARIAN, modelo CP- 3380, acoplado a um microcomputador equipado com o programa STAR WORKSTATION (Figura 19).

Foi injetado 1 µL da cada isolado, e as condições cromatográficas foram: coluna CP Sil 8-CB de sílica fundida com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada 0,25 µm; hidrogênio como gás de arraste, velocidade linear de 1,5 mL / min, injetor tipo *splitless* a 220°C, detector de ionização de chama (DIC) a 250°C. A programação da temperatura da coluna teve início a 30°C mantida por 10 minutos, sendo elevada até 90°C com elevação de 5°C / min atingindo temperatura final de 200°C com elevação de 20°C / min, a qual foi mantida por 10 minutos.



Figura 19. Cromatógrafo gasoso VARIAN.

4.7. OBTENÇÃO DO NÉCTAR PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL

Foram obtidas quatro formulações de néctar de bacuri: o néctar com 10% de polpa não macerada e outros três néctares formulados com adição de preparação enzimática, variando na quantidade de polpa, como mostra a Figura 20.

Os néctares foram feitos com a pesagem da polpa e diluição com água. Os aditivos químicos utilizados foram os conservantes benzoato de sódio (C_6H_5COONa) e metabissulfito de sódio ($Na_2S_2O_5$). Em seguida, adicionou-se uma quantidade de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) suficiente para o néctar atingir 13°Brix.

Após a formulação, os néctares foram submetidos a um tratamento térmico (pasteurização) a uma temperatura de 85°C durante 5 minutos em banho-maria, com auxílio de termômetro. Procedeu-se, em seguida, o acondicionamento em garrafas de vidro transparentes com enchimento a quente e fechamento. O resfriamento foi feito em água corrente até atingir uma temperatura de 25°C. Após identificação, o néctar foi armazenado em geladeira a 4°C, por aproximadamente 16 h, até o início da análise sensorial.

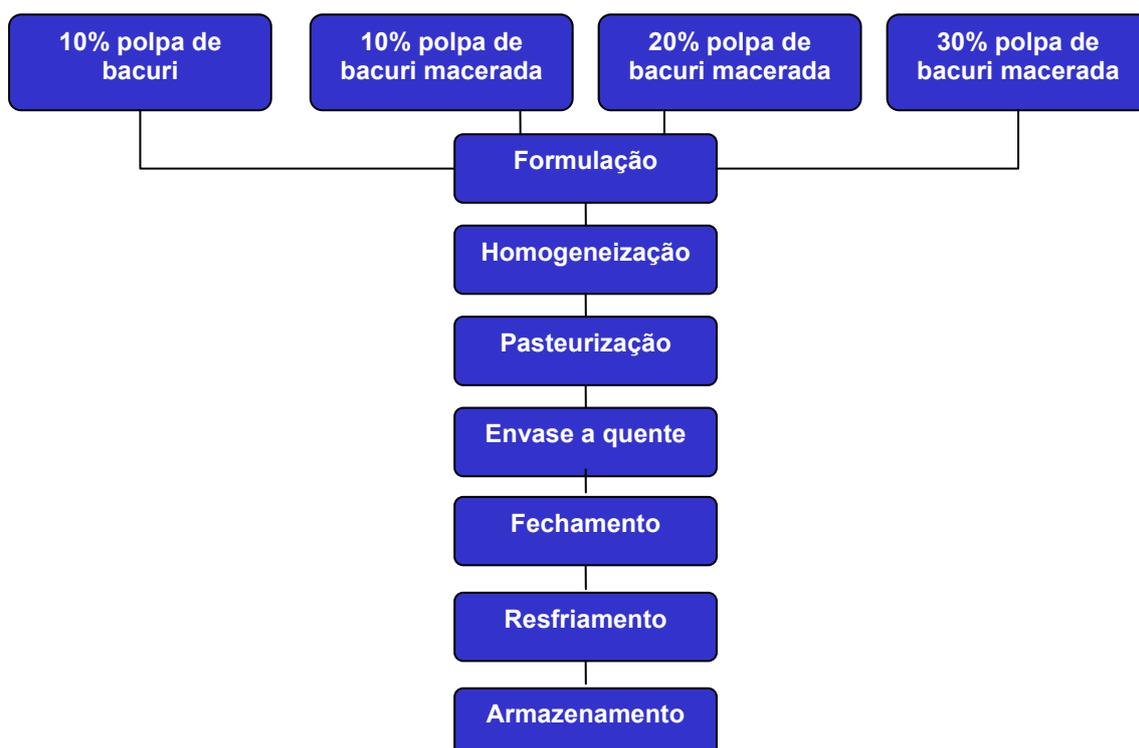


Figura 20. Fluxograma do processamento do néctar de bacuri com 10% de polpa não macerada e os néctares com 10, 20 e 30% de polpa macerada.

Para facilitar a apresentação dos dados, as quatro formulações receberam as seguintes abreviaturas:

1. Néctar 10% não macerada (*10se*);
2. Néctar 10% macerada (*10ce*);
3. Néctar 20% macerada (*20ce*);
4. Néctar 30% macerada (*30ce*).

A aceitação das quatro formulações dos néctares foi avaliada de acordo com metodologia descrita por MEILGAARD *et al.* (1998), com a participação de 42 consumidores potenciais do produto. Os testes de aceitação foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, em cabinas individuais. Cada indivíduo recebeu uma taça codificada com números de três dígitos, contendo cerca de 30 mL da amostra à temperatura usual de consumo (16 a 18°C). As amostras foram avaliadas sob luz branca tipo “luz do dia” quanto à impressão global, através de uma escala

hedônica estruturada de 9 pontos (1= desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9= gostei muitíssimo). Na mesma ficha foi incluído um Diagnóstico de Atributos para avaliar a doçura, a intensidade do sabor residual e da consistência das amostras, onde o julgador compara a amostra com seu próprio padrão mental de qualidade para aquele produto. A doçura foi avaliada por meio da Escala do Ideal (“*just right scale*”) e os outros atributos por uma escala de intensidade de sete pontos (1= fraco, 7= forte), como mostra a ficha abaixo.

Ficha – Análise Sensorial

Avaliação Sensorial de Néctar de Bacuri
Código da Amostra _____

1. Por favor, prove a amostra e marque com um X na escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da amostra de uma forma global - IMPRESSÃO GERAL (aparência + aroma + sabor + consistência) da amostra.

- () Gostei muitíssimo
- () Gostei muito
- () Gostei moderadamente
- () Gostei ligeiramente
- () Nem gostei, nem desgostei
- () Desgostei ligeiramente
- () Desgostei moderadamente
- () Desgostei muito
- () Desgostei muitíssimo

2. Indique na escala abaixo, O QUÃO PRÓXIMO DO IDEAL encontra-se a DOÇURA da amostra.

- () extremamente MENOS DOCE que o ideal
- () muito MENOS DOCE que o ideal
- () moderadamente MENOS DOCE que o ideal
- () ligeiramente MENOS DOCE que o ideal
- () ideal
- () ligeiramente MAIS DOCE que o ideal
- () moderadamente MAIS DOCE que o ideal
- () muito MAIS DOCE que o ideal
- () extremamente MAIS DOCE que o ideal

3. Marque nas escalas abaixo o que você achou da intensidade dos seguintes atributos:

Sabor residual

<input type="checkbox"/>						
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Fraco

Forte

Consistência

<input type="checkbox"/>						
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Fraco

Forte

Comentários: _____

4.8. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Foram avaliados os efeitos das análises químicas e físico-químicas de vários grupos de observações classificados através de um só fator por meio de Análise de Variância (ANOVA) para testar a diferença entre os valores encontrados e para a comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey DMS (Diferenças Máximas Significantes), ao nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa Estatística Statsoft (Tulsa, Estados Unidos).

Os resultados das análises sensoriais foram analisados utilizando o programa estatístico SAS (Statistic Analysis System), versão 8.02 (1995), com exceção dos resultados da escala do ideal para doçura que foram apresentados na forma de barras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da matéria-prima

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios obtidos com a caracterização química da polpa de bacuri “in natura”.

Tabela 6. Caracterização química da polpa de bacuri “in natura”.

Caracterização	Valores¹
Composição centesimal	
☐ 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
☐ Carboidrato total ² (g.100g ⁻¹)	18,24
Açúcares	
☐ Totais (g.100g ⁻¹)	10,56 ± 0,24
☐ Redutores (g.100g ⁻¹)	5,89 ± 0,27
AIR³ (g.100g⁻¹)	
☐ Pectina* (g.100g ⁻¹)	3,33 ± 0,19
☐ Hemicelulose* (g.100g ⁻¹)	1,67 ± 0,31
☐ Celulose + 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

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

O teor de umidade encontrado no presente estudo foi de 78,79 g.100g⁻¹, valor praticamente idêntico ao de 78,4 g.100g⁻¹ relatado por SANTOS (1982),

que também analisou frutos de bacuri oriundos da Região Meio-Norte. Já UFPA (2007), que utilizou frutos oriundos da Região Amazônica, encontrou um valor inferior de 70 g.100g^{-1} . Em estudos com bacuri de maior rendimento (CARVALHO *et al.*, 2003) e bacuri sem semente (CARVALHO *et al.*, 2002) a umidade apresentada foi superior, chegando a 84,35 e 87,86 g.100g^{-1} , respectivamente, devido, provavelmente, pela maior quantidade de polpa.

Os teores médios de proteína e cinzas encontrados na polpa de bacuri foram de 1,31 e 0,38 g.100g^{-1} , respectivamente (Tabela 6). Estes resultados foram inferiores aos citados na literatura (SANTOS, 1982).

O extrato etéreo determinado foi de 1,46 $\text{g.100g}_{\text{polpa}}^{-1}$ (Tabela 6), que é menor do que os valores relatados por SANTOS (1982), LIMA (1962) e PECHNIK (1950), com valores de 1,9; 2,9 e 2,00 g.100g^{-1} , respectivamente.

O valor médio de sólidos solúveis totais (SST) encontrado de 19,87°Brix, foi muito próximo aos relatados por SANTOS (1982), CAMPOS *et al.* (1951) e GUIMARÃES *et al.* (1992), que obtiveram 19,10; 19,10 e 18,73 °Brix, respectivamente. No entanto, VILLACHICA *et al.* (1996), SOUZA *et al.* (1996), SOUZA *et al.* (2001) e AGUIAR (2006) obtiveram valores menores de 16,40, 16,89, 14,1 e 12,2 °Brix, respectivamente.

O teor de açúcares totais foi de 10,56 g.100g^{-1} (Tabela 6), aproximando-se do valor encontrado por SANTOS (1982) de 10,98 g.100g^{-1} . AGUIAR (2006) relatou um valor inferior de 8,6 g.100g^{-1} . Para os açúcares redutores foi determinado um teor de 5,89 g.100g^{-1} , estando dentro da faixa já relatada (Tabela 3).

A acidez total titulável (ATT) foi de 1,34 g.100g^{-1} , encontrando-se próxima aos valores citados por SANTOS (1982), VILLACHICA *et al.* (1996), AGUIAR (2006) e SOUZA *et al.* (2001), cujos valores médios obtidos foram de 1,2; 1,6; 1,5 e 1,37 g.100g^{-1} , respectivamente. Desta forma, o parâmetro de SST/ATT foi calculado em 14,81.

O conteúdo de vitamina C encontrado foi de 3,88 mg.100g^{-1} . Este valor é inferior aos valores relatados por CALZAVARA (1970) e IBGE (1981) de 33 mg.100g^{-1} , SANTOS (1988) de 10 mg.100g^{-1} e AGUIAR (2006) de 6 mg.100g^{-1} . NAZARÉ (2000) e BARBOSA *et al.* (1979) encontraram apenas traços de vitamina C. Já o teor de fenólicos totais encontrado foi de 0,51 g.100g^{-1} , sendo maiores que o valor de 0,24 g.100g^{-1} relatado por AGUIAR (2006).

O conteúdo de resíduos insolúveis em álcool (AIR – “*alcohol insoluble residues*”) foi quantificado em $7,59 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, sendo $3,33 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de pectina. AGUIAR (2006) relatou $1,32 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de pectina total pela técnica de Blumenskrantz & Asboe-Hansen (1973). VILLACHICA *et al.* (1996), no livro “*Frutales y hortalizas promosoras de la Amazônia*”, relatou apenas $0,12 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. O conteúdo de hemicelulose e celulose + lignina, foram $1,67 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $2,59 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

A atividade de água (A_w) da polpa de bacuri foi de 0,983, o que é compatível com valor de 0,985 determinado por BEZERRA (2004).

A polpa de bacuri apresentou pH de 3,56, e conseqüentemente de característica ácida, como a maioria das frutas, devido à presença dos ácidos orgânicos. Os valores de pH encontrado na literatura por SANTOS (1982), MORAES *et al.* (1994), VILLACHICA *et al.* (1996) e AGUIAR (2006) variam de 2,8 a 3,5. Já ALMEIDA & VALSECHI (1966) relataram um valor maior de 5,8.

A consistência da polpa de bacuri mostrou-se firme, pois o escorrimento do seu fluxo no equipamento foi de 0,0 cm. Essa consistência foi compatível com o valor do teor de polpa, que apresentou $99,94 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

A cor é uma das características sensoriais mais importantes para a aceitabilidade. É uma percepção visual resultante da detecção da luz após interação com um objeto (OLIVEIRA *et al.* 2003). A polpa de bacuri avaliada apresentou valores de L^* de 63,54, a^* de 1,03 e b^* de 11,87, indicando uma cor clara e neutra, conforme a Figura 21.



Figura 21. Matéria-prima: polpa de bacuri “in natura”.

As variações verificadas na composição química e características físicas do fruto de bacuri em diferentes trabalhos podem ser oriundas de fatores, como: genéticos, ecológicos, estágio de maturação do fruto, condições de armazenagem, época de colheita do fruto, alterações pós-colheita resultantes da atividade fisiológica, metodologias utilizadas na determinação das análises e outros (SANTOS, 1982). DUCKWORT (1968) afirma que os frutos são constituídos de tecidos vivos metabolicamente ativos, e como tal sofrem modificações rápidas e contínuas em sua composição química, dependendo de sua fisiologia e estágio de maturação, além das variações inerentes às culturas biológicas. CHITARRA & CHITARRA (2005) corroboram este postulado que as variações nos teores de açúcares numa mesma espécie são decorrentes de fatores diversos como tipo de solo e condições climáticas.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

A Tabela 7 apresenta os valores de atividade determinados para as preparações enzimáticas comerciais avaliadas.

Tabela 7. Caracterização das atividades das preparações enzimáticas comerciais¹.

Preparações Enzimáticas	Pectinases (U.mL ⁻¹)			Amilases (U.mL ⁻¹)	Celulases (U.mL ⁻¹)	Xilanases (U.mL ⁻¹)	Invertases (U.mL ⁻¹)
	PG ²	PME ³	PL ⁴				
<i>Pectinex Ultra SP-L</i>	361,33±0,78 ^{ab}	18,90±0,92 ^{bc}	17,16±0,69 ^b	24,86±0,58 ^b	5,84±0,49 ^d	48,44±1,38 ^e	49,14±0,39 ^b
<i>Pectinex AR</i>	308,59±0,42 ^b	3,58±0,46 ^c	1,45±0,61 ^d	20,20±1,69 ^b	8,90±1,99 ^{bc}	176,50±0,58 ^a	17,95±0,79 ^d
<i>Ultrazym AFP-L</i>	328,32±0,34 ^{ab}	29,98±0,00 ^b	6,32±0,00 ^c	1,21±0,42 ^d	16,08±0,16 ^a	74,46±0,75 ^b	17,12±0,36 ^d
<i>Biopectinase CCM</i>	361,50±0,88 ^{ab}	18,25±3,69 ^{bc}	0,16±0,11 ^d	11,79±2,40 ^c	N.D.* ^e	62,12±2,04 ^c	42,38±2,32 ^c
<i>Viscozyme L</i>	384,38±0,62 ^a	61,26±12,90 ^a	25,34±0,00 ^a	171,55±2,64 ^a	11,46±0,38 ^b	58,56±2,57 ^c	232,54±2,40 ^a
<i>Média</i>	348,82±0,61	26,39±3,59	10,09±0,28	45,92±1,86	8,46±0,60	84,02±1,46	71,83±1,25
<i>C.V. (%)</i>	0,17	13,62	2,77	4,04	7,14	1,74	1,74

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 5%. ² PG = poligalacturonase; ³ pectinametilsterase; ⁴ pectinase. * N.D. = Não detectada.

Das preparações enzimáticas comerciais avaliadas, Viscozyme L foi a que apresentou atividade PG ($384,38 \text{ U.mL}^{-1}$), seguida pela Biopectinase CCM ($361,50 \text{ U.mL}^{-1}$), Pectinex Ultra SP-L ($361,33 \text{ U.mL}^{-1}$) e Ultrazym AFP-L ($328,32 \text{ U.mL}^{-1}$). A Pectinex AR apresentou o menor valor de PG ($308,59 \text{ U.mL}^{-1}$) (Tabela 7).

A preparação enzimática Viscozyme L se destacou pela maior concentração de PME, seguida da Ultrazym AFP-L, Pectinex Ultra SP-L e Biopectinase CCM. Pectinex AR apresentou baixa quantidade de PME (Tabela 7).

Todas as preparações enzimáticas analisadas são pobres em relação ao teor de PL. Contudo, Viscozyme L e Pectinex Ultra SP-L apresentaram as maiores concentrações, com $25,34$ e $17,16 \text{ U.mL}^{-1}$, respectivamente, destacando-se em relação às demais (Tabela 7).

A preparação enzimática Viscozyme L apresentou alta concentração de α -amilases e invertases, enquanto que pectinex AR apresentou uma quantidade elevada de xilanase em sua composição.

SPAGNUOLO *et al.* (1997) encontraram $779,2$ e $523,1 \text{ U.mL}^{-1}$ pectinase e $3,7$ e $32,8 \text{ U.mL}^{-1}$ de celulase nas preparações Pectinex e Viscozyme, respectivamente.

Sabendo que a polpa de bacuri apresenta uma quantidade considerável de pectina e que também contém hemicelulose, celulose e lignina (Tabela 6), todas as preparações enzimáticas comerciais podem agir em favor da maceração da polpa de bacuri. Sendo que a Viscozyme L se destaca pela maior concentração de pectinase.

5.3. TRATAMENTO ENZIMÁTICO

5.3.1. ESCOLHA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA COMERCIAL

As preparações enzimáticas pectinolíticas são responsáveis pelo amaciamento e pelo aumento da quantidade de pectina solúvel de frutos, ou seja, sua ação libera suco reduzindo teor de polpa total e consistência (SILVA *et al.*, 1997).

Durante o processo de extração do suco, as enzimas podem ser adicionadas para aumentar a liberação de açúcares e sólidos solúveis melhorando o rendimento e diminuindo a viscosidade (KAYSHAP *et al.*, 2000).

A Figura 22 apresenta os resultados das análises de consistência para a escolha da preparação enzimática comercial na maceração da polpa diluída de bacuri. A adição de aproximadamente $231,4 \text{ U.mL}^{-1}$ de poligalacturonase (PG), a partir de cada preparação pectinolítica (Tabela 5), promoveu diminuição na consistência da polpa após 2 horas de incubação, observado a partir do aumento do fluxo desta, quando comparado ao experimento controle 2.

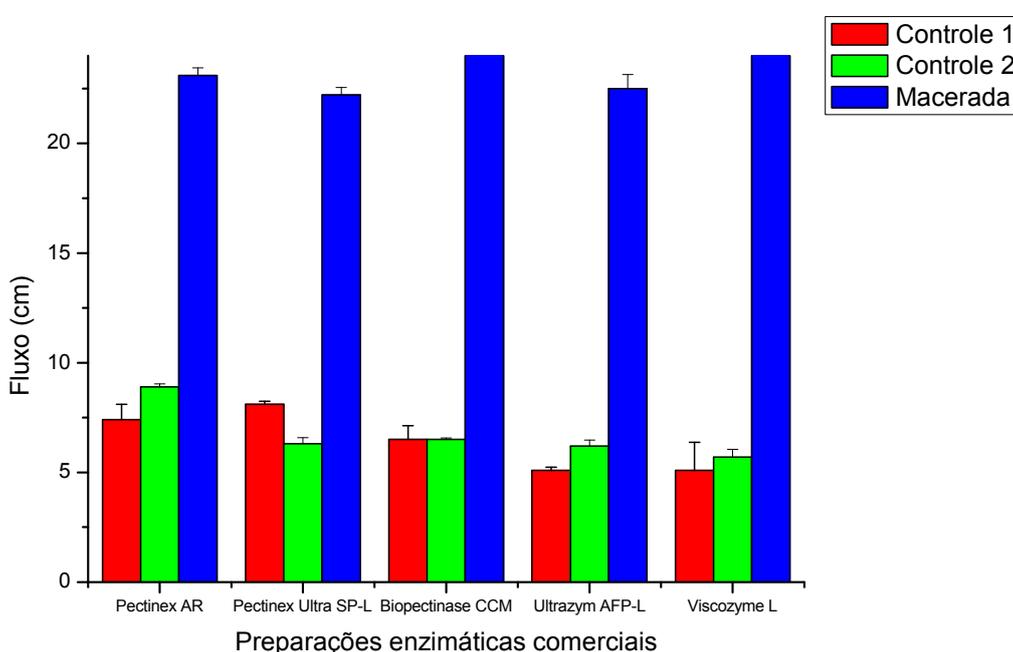


Figura 22. Valores médios para o efeito da redução da consistência das amostras: controle 1 (polpa sem adição de preparação enzimática, sem incubação); controle 2 (polpa sem adição de preparação enzimática, 2 h de incubação) e macerada (polpa com adição de preparação enzimática, 2 h de incubação).

Todas as preparações enzimáticas avaliadas registraram elevada redução na consistência da polpa de bacuri, segundo a metodologia do aparato de Bostwick, ou seja, as polpas tratadas apresentaram elevados valores de fluxo ($> 20 \text{ cm}$) após 30 segundos depois da abertura da armadilha. Contudo, as polpas adicionadas de $231,4 \text{ U.mL}^{-1}$ de PG provenientes das preparações Biopectinase CCM e Viscozyme L atingiram o limite de detecção do

consistômetro (24cm) com um intervalo de tempo entre 1 a 2 segundos após a abertura da armadilha. Este dado sinaliza para uma maior eficiência destas preparações, abrindo espaço para redução das quantidades adicionadas.

Segundo TEIXEIRA (2000), a polpa de bacuri apresenta atividade endógena de poligalacuronase. Os resultados das amostras controle 2, onde a polpa de bacuri diluída foi incubada sem a adição das preparações enzimáticas, mostram que o aumento no fluxo da polpa está associado à adição das enzimas exógenas.

A polpa de bacuri em diferentes momentos do teste de consistência é apresentada na Figura 23, confirmando que apenas as polpas maceradas com as preparações comerciais apresentaram aumento no fluxo medido no consistômetro.

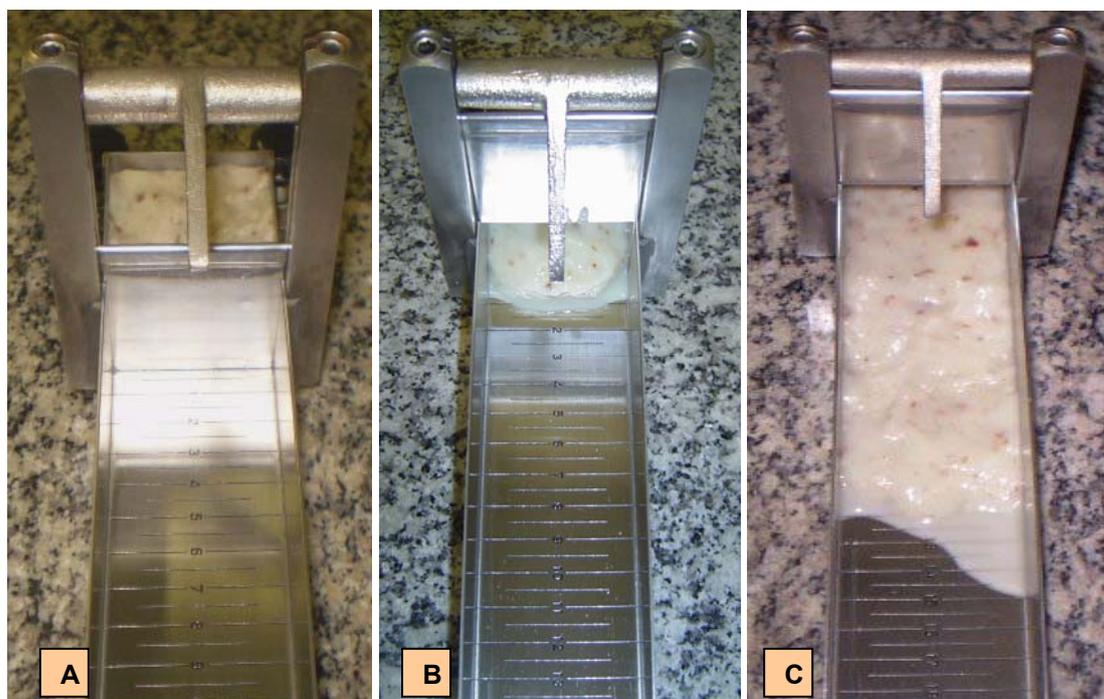


Figura 23. Polpa de bacuri antes da abertura da armadilha (A), fluxo observado para polpas sem adição de preparação enzimática (B) e para polpas após o processo de maceração (C).

Após 2 h de incubação, as amostras que receberam preparação enzimática apresentaram fluxo de polpa muito superior aos das amostras controle (sem enzima adicionada), indicando que, sem a adição destas

preparações enzimáticas, a redução na consistência da polpa não seria promovida.

Para o processamento de suco de pêra, a adição de Rapidase LIQ⁺, Pectinex Ultra SP-L e Rohapect TF, que têm alto teor de PG e atividades PL combinada com celulases e hemicelulases reduzem a viscosidade, mantêm a estabilidade e melhora a capacidade de concentração do produto. Já para a laranja o ideal é uma preparação enzimática puramente constituída de PL. Rapidase Citrus 2000 contém atividades, que diminuem o amargor causado pela celulose e melhora o “flavor” do suco de laranja. Em relação ao mamão, adiciona-se Rapidase, que contém pectinametilesterases e poligalacturinas para reduzir a viscosidade através de despectinização (KASHYAP *et al.*, 2000).

Foi observado aumento significativo na concentração dos grupos redutores totais e GRT (grupos redutores totais) presentes nas amostras tratadas enzimaticamente em relação ao controle 2 (Tabela 8). Este fato pode ser atribuído a liberação de resíduos de açúcares redutores devido à ação das enzimas despolimerizantes, em especial, resíduos de ácidos galacturônicos, em função da atividade das pectinases incorporadas. Nos experimentos incubados sem a adição de enzima, a maioria dos incrementos na concentração de GRT não se mostraram significativos quando comparados aos experimentos controle, corroborando com a idéia de que a maceração da polpa tenha ocorrido pela ação das enzimas exógenas.

Tabela 8. Grupos redutores totais (GRT) e teor de polpa de bacuri maceradas com diferentes preparações enzimáticas¹.

Amostras	GRT (g.100g ⁻¹)			Teor de polpa (g.100g ⁻¹)		
	Controle 1 ²	Controle2 ³	Macerada ⁴	Controle 1 ²	Controle2 ³	Macerada ⁴
Polpa de bacuri com Pectinex AR	1,90±2,40 ^b	2,12±0,17 ^b	3,14±0,19 ^a	34,41±0,03 ^A	34,05±0,01 ^A	14,97±0,02 ^B
Polpa de bacuri com Pectinex Ultra SP-L	2,20±0,01 ^b	2,27±0,00 ^b	3,16±0,38 ^a	33,51±0,00 ^B	37,09±0,05 ^A	16,12±0,02 ^C
Polpa de bacuri com Biopectinase CCM	2,06±0,05 ^c	2,19±0,42 ^b	3,16±0,20 ^a	28,83±0,10 ^B	31,69±0,00 ^A	14,87±0,03 ^C
Polpa de bacuri com Ultrazym AFP-L	1,80±0,88 ^b	2,04±0,38 ^b	2,65±3,79 ^a	30,63±0,29 ^A	30,30±0,34 ^A	13,61±0,04 ^B
Polpa de bacuri com Viscozyme L	2,16±0,76 ^b	2,18±0,27 ^b	3,40±0,37 ^a	30,71±0,20 ^A	32,07±0,04 ^A	14,88±0,05 ^B

¹ Valores médios obtidos a partir de triplicatas de amostras. ² Polpa de bacuri sem adição de preparação enzimática, sem incubação. ³ Polpa de bacuri sem adição de preparação enzimática, 2 h de incubação. ⁴ Polpa de bacuri com adição de preparação enzimática, 2 h de incubação. *Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

As análises do teor de polpa (Tabela 8) reforçam ainda mais o pressuposto de que a redução na consistência da polpa tenha sido mediada pela ação das enzimas adicionadas, uma vez que somente neste caso foi observada redução significativa em seu valor total.

MICARD *et al.* e SPAGNUOLO *et al.* (1997), em estudos separados comparativos sobre a hidrólise ácida e enzimática em polpa de beterraba, observaram a liberação de diferentes monossacarídeos ou derivados destes, em especial glicose, arabionose e ácido galacturônico. Sendo que todos estes apresentaram poder redutor.

LANDBO *et al.* (2007) utilizaram cinco preparações enzimáticas na avaliação da maceração enzimática em suco do fruto do sabugueiro. A Pectinex BE 3L, produziu um máximo rendimento do suco de 77%. Em comparação com a amostra controle, o nível de turbidez diminuiu 30% com a adição desta preparação enzimática comercial.

5.3.2. CONCENTRAÇÃO DE *BIOPECTINASE CCM* E *VISCOZYME L*

Nesta etapa, comparou-se a quantidade adicionada das preparações selecionadas anteriormente, Biopectinase CCM e Viscozyme L à polpa de bacuri.

As polpas tratadas com Viscozyme L ou Biopectinase CCM entre, aproximadamente, 3 e 12 U/mL de PG apresentaram uma separação de fases, onde uma massa de polpa ficou praticamente imóvel e uma fração líquida escorreu pelas bordas do consistômetro, mesmo após a abertura da armadilha e o tempo do teste (Figura 24). Devido à pequena quantidade de enzimas adicionadas, provavelmente, a hidrólise das fibras da polpa tenha ocorrido em baixo nível, que apenas tenha permitido a pequena liberação de líquido. A partir de 25 U/mL de PG de preparação enzimática adicionada, a maceração da polpa ocorreu de forma uniforme. Dessa forma, estes experimentos foram retirados da avaliação de consistência apresentada a seguir.



Figura 24. Polpa de bacuri tratada enzimaticamente com separação de fases (amostras com, aproximadamente, 3 e 12 U/mL de PG), decorridos 30 segundos após a abertura da armadilha.

Os resultados das análises de consistência nas concentrações mais viáveis para a maceração da polpa estão apresentados na Tabela 9. Não foi encontrada diferença significativa entre as variáveis avaliadas (concentração e tempo de incubação) de cada preparação isolada e entre si. Dessa forma, pode-se afirmar que o tratamento enzimático pode ser reduzido de 2 h para 1 h, adicionando-se 25 U/mL de PG de Viscozyme L e de Biopectinase CCM, sem afetar sua eficiência. As outras amostras, com menores concentrações de preparação enzimática, como já descrito, foram descartadas da avaliação por apresentarem separação de fases.

Tabela 9. Incremento na distância percorrida (em cm) pelas amostras de polpa de bacuri diluídas tratadas com Viscozyme L e Biopectinase CCM¹.

Tempo de incubação (min) ²	<i>Viscozyme L (U/mL de PG)</i>					<i>Biopectinase CCM (U/mL de PG)</i>				
	25	50	100	150	200	25	50	100	150	200
20	11,5±0,28	14,0±4,87	11,1±5,09	11,7±2,26	11,1±0,84	10,8±3,10	13,2±3,40	12,0±0,10	9,8±2,50	8,0±1,40
40	11,6±3,52	12,8±5,02	11,2±2,47	12,6±2,26	13,5±2,75	12,2±3,20	12,8±5,40	11,1±1,50	11,4±3,00	9,2±0,80
60	11,6±2,75	11,5±3,18	12,5±0,56	10,8±2,19	13,5±1,55	11,9±0,40	11,9±4,20	10,2±1,30	12,6±1,60	9,8±0,50
90	12,5±0,91	12,5±1,69	11,9±2,89	11,8±3,32	14,0±2,26	13,0±1,70	12,2±4,70	9,4±1,10	12,2±0,30	9,4±3,30
120	13,8±1,20	12,0±1,62	10,1±1,13	12,5±2,19	14,2±2,96	11,9±0,50	10,4±2,20	9,2±0,40	10,5±2,10	10,8±0,00

¹ Valores médios obtidos a partir de triplicatas de amostras; ² Não-significativo pelo teste F a 5%.

A inclusão de uma etapa de tratamento enzimático em um processamento industrial de frutas pode melhorar a qualidade do processo, aperfeiçoando a linha de produção e, até mesmo, eliminando algumas etapas. Contudo, o custo da preparação enzimática e o tempo de incubação precisam ser bastante estudados para não inviabilizarem o processo. Dessa forma, não somente o presente estudo como muitos outros trabalhos, citados abaixo, avaliaram a redução da concentração da preparação enzimática em função do tempo de incubação.

5.3.3. RAZÃO POLPA:ÁGUA

A adição de água às amostras melhora a ação da preparação enzimática na polpa, atuando de forma mais uniforme. Contudo, sua adição promove um aumento no volume, desfavorável em relação ao processamento industrial. Em razão disso, esta etapa avaliou o melhor desempenho da maceração enzimática na polpa de bacuri em função da quantidade de água adicionada, utilizando 25 U/mL de PG de Viscozyme L.

Apesar de todas as amostras dessa etapa obterem a mesma quantidade de preparação enzimática (25 U/mL de PG), as amostras com menores concentrações de água (diluição polpa:água 1:3, 1:2, 1:1,5 e 1:1) apresentaram separação de fases (sólido + líquido) semelhantes a mostrada na Figura 25, sendo que a causa dessa separação foi, provavelmente, devido a reduzida quantidade de água. Desta forma, essas amostras também tornaram-se inadequadas para o tratamento enzimático e, por este motivo, foram descartadas da avaliação de consistência, GRT e teor de polpa.

Na Figura 25 é mostrado que as condições analisadas reagiram positivamente em relação à distância percorrida pelas amostras tratadas enzimaticamente. Não houve diferença significativa nas condições avaliadas e dos tempos de tratamento.

Dentre as amostra que não apresentaram separação de fases, nem diferença significativa entre si, a amostra de concentração polpa:água (1:2), por ser a de menor diluição, foi a selecionada.

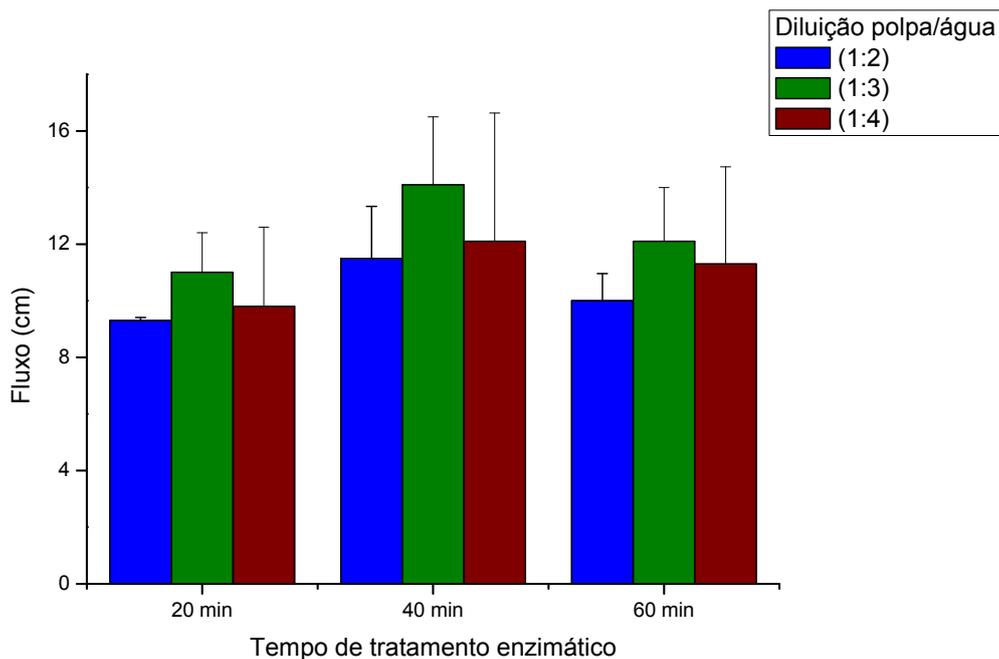


Figura 25. Aumento do fluxo observado para as amostras após 20, 40 e 60 min de tratamento enzimático em diferentes razões polpa/água.

Todas as amostras tratadas apresentaram aumento na concentração de GRT, devido à ação das enzimas hidrolíticas. As amostras com razão polpa:água de 1:2, 1:3 e 1:4 aumentaram 0,32; 0,26 e 0,27 g.100g⁻¹ de GRT, respectivamente. De forma inversa, foi observado redução no teor de polpa de 25,42%; 20,87% de 27,39%, para as razões polpa:água de 1:2, 1:3 e 1:4, respectivamente (Tabela 10). A análise de teor de polpa da amostra com razão polpa:água 1:4, foi realizada com uma centrífuga diferente das demais, provavelmente este foi o motivo dessa amostra apresentar uma redução incoerente do teor de polpa.

Tabela 10. Grupos redutores totais (GRT) e teores de polpa de bacuri macerada com Viscozyme L em distintas razões polpa:água¹.

Razão (polpa:água)*	GRT (g.100g⁻¹)		Teor de polpa (g.100g⁻¹)	
	Controle²	Tratamento³	Controle²	Tratamento³
(1:2)	1,48±0,30	1,80±0,48	29,5±0,44	22,0±0,80
(1:3)	1,16±0,11	1,42±0,53	23,0±0,94	18,2±1,27
(1:4)	1,16±0,05	1,43±0,32	23,0±0,70	16,7±0,55

¹ Valores médios obtidos a partir de triplicatas de amostras. ² Polpa de bacuri diluída. ³ Polpa diluída incubada com Viscozyme L. * Não significativo pelo teste F a 5%.

BORA & NARAIN (1980) formularam as amostra diluindo a polpa agregada as sementes de maracujá numa proporção de polpa e água: 1:0,75. Estes autores indicaram 0,05% de Rohament-P; Rohapect-D; Rohapect Solid H.C.; Pectinol AC; Taienzyme-B e 0,2% de Clarex-L, durante 1 h para aumentar o rendimento do suco com liberação da polpa aderida as sementes de maracujá. A porcentagem de suco extraído aumentou 22,5%.

AL-HOOTI *et al.* (2002) estudaram o efeito da variação da adição de água na polpa de tâmara (1:2, 1:3 e 1:4) para a extração do xarope através da aplicação de pectinases e celulases e verificaram que, em todas as diluições houve um aumento de rendimento dos sólidos solúveis, variando entre 30,17 a 35,09%.

NISHIO & NAGAI (1978) diluíram cascas de laranja e tangerina para a obtenção da maceração enzimática. As condições selecionadas foram de 8 g de casca/litro de água, 1 g de enzima/litro de água durante 24 h de incubação. Nestas condições, as cascas de laranja e tangerina liberaram 83% de materiais sólidos, produzindo 0,57 g de açúcares redutores.

MENEZES *et al.* (1998) adicionaram 2 litros de água de torneira para cada quilo de raiz, e em seguida, introduziram Pectinex Ultra SP-L e Celluclast 1.5 L na polpa de mandioca para o estudo da influência de enzimas de maceração na produção de puba. Estes autores constataram que esta diluição e a adição de 1 g de enzima/kg de raiz efetuaram a melhor maceração.

5.3.4. TEMPO DE HOMOGENEIZAÇÃO

Quando a fruta é moída, a célula se rompe liberando a fase aquosa. A fração solúvel da pectina se distribui nessa fase aquosa e a fração insolúvel permanece ligada à parede celular, compondo a polpa. Esta última fração atua dificultando a liberação do líquido e baixando o rendimento na extração de sucos (SILVA *et al.*, 1997). Com a ação das preparações enzimáticas a fração insolúvel da pectina é degradada, e parte dela torna-se solúvel, fazendo com que haja um aumento na concentração da fase aquosa, ou seja, de suco.

A etapa de homogeneização da polpa, assim como a de diluição, tem o objetivo de aperfeiçoar a solução que irá receber a preparação enzimática, e assim, tornar o tratamento enzimático o mais eficiente possível. É uma etapa que auxilia na quebra das paredes celulares e na absorção da preparação enzimática pela polpa, facilitando a ação das enzimas.

As amostras homogeneizadas por 40 e 60 segundos apresentaram separação de fases após a maceração (Figura 26). Apesar da amostra controle (sem homogeneização mecânica) não ter apresentado separação de fases, observou-se, nas três repetições, o aparecimento de grumos de polpa (Figura 26A). Desta forma, a homogeneização é necessária para desfazer os aglomerados. Contudo, o tempo dessa homogeneização não deve ultrapassar 20 segundos.

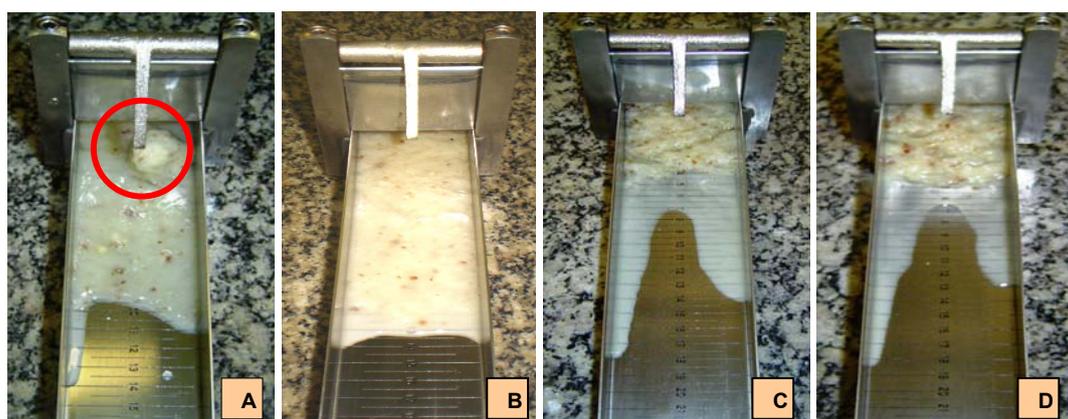


Figura 26. Fotos das amostras controle (sem homogeneização) (A); 20 seg de homogeneização (B); 40 seg de homogeneização (C); 60 seg de homogeneização (D).

A Tabela 11 mostra que os GRT das amostras com tempo de homogeneização de 0 e 20 segundos aumentaram com o tratamento enzimático 0,65 e 0,63 g.100g⁻¹, respectivamente. A mesma Tabela mostra a redução do teor de polpa após o tratamento enzimático das amostras. Vale ressaltar que a amostra com o tempo de 0 segundos de homogeneização teve 18,5% de redução do teor de polpa, enquanto que no tempo de 20 segundos a redução foi de 34,8%, constatando assim, a importância da homogeneização no processo.

Tabela 11. Grupos redutores totais (GRT) e teor de polpa de bacuri macerada com diferentes tempos de homogeneização¹.

<i>Tempo de homogeneização</i>	<i>GRT (g.100g⁻¹)</i>		<i>Teor de polpa (g.100g⁻¹)</i>	
	<i>Controle²</i>	<i>Tratamento³</i>	<i>Controle²</i>	<i>Tratamento³</i>
Controle	1,47±1,48	2,12±0,94	28,7±2,12	23,4±0,76
20 seg	1,80±0,21	2,43±0,18	37,6±1,31	24,5±1,03

¹ Valores médios obtidos a partir de triplicatas de amostras. ² Polpa de bacuri diluída. ³ Polpa diluída incubada com adição de preparação enzimática.

SREENATH *et al.* (1994) homogeneizaram fatias de manga utilizando um *blender* WARING em alta velocidade por 2 min. E com isto obtiveram a polpa para realizar o tratamento enzimático, adicionando 0,14 g/L de Pectinex e Celluclast durante 30min. Nestas condições o rendimento aumentou de 60 para 88%. A aplicação de Pectinex isolada durante 30 min mostrou uma redução da viscosidade entre 70 e 80%. Já no tratamento enzimático com Celluclast a redução da viscosidade foi entre 20 e 40%.

NARAIN & BORA (1986) trituraram a polpa de mamão em liquidificador doméstico WALITA, utilizando velocidade máxima durante o tempo suficiente para liquidificar a amostra, sem adição de água. Entretanto, as preparações enzimáticas foram diluídas em água na concentração de 0,075% (Rohament-P, Rohapect-D e Taienzyme-B) e 0,15% (Clarex-L), para o tratamento enzimático durante 1,5 h. Concluíram que a Taienzyme-B atingiu o rendimento máximo de 86,6% e 72,9% de redução da viscosidade. NARAIN & BORA (1987) também obtiveram a polpa de banana através de um homogeneizador e diluíram as preparações enzimáticas em água nas concentrações de: 0,075% de

Rohament-P; Rohapect-D e Rohapect Solid H.C. e 0,05% de Taienzyme-B. Esta última foi à preparação enzimática selecionada, alcançando o máximo rendimento do suco de banana de 92,1% durante um tratamento enzimático de 1,5 h.

OLIVEIRA (2006), por sua vez, fragmentou amostras de maçã em multiprocessador WALITA para comparar dois processos de extração enzimática do suco de maçã. No primeiro método, a Pectinex 100 L foi adicionada em suco prensado e no segundo método, foi realizada a liquefação enzimática com a adição da Ultrazym AFP-L diretamente na polpa. O autor concluiu que a melhor extração de suco de maçã ocorreu através da liquefação enzimática, nas condições de 0,1 mL/Kg de Ultrazym AFP-L durante 75 min, havendo um aumento no rendimento de 18,5% comparado ao outro processo.

5.4. BRANQUEAMENTO

A polpa de bacuri não branqueada apresentou atividade de poligalacturonases de 65 U.100g⁻¹, enquanto que na polpa branqueada esta não foi detectada. Portanto, pode-se afirmar que o processo térmico ao qual a polpa macerada foi submetido para a inativação enzimática foi eficiente.

A faixa de atividade das pectinases situa-se entre 0 e 60°C, e o aquecimento a 60°C por 10 seg é suficiente para destruir sua atividade (PILNIK & VORANGE, 1989). Segundo ENDO (1965), as enzimas mais importantes em produtos de natureza ácida são as poligalacturonases, com atividade ótima entre pH 4,0-5,0 e resistência ao calor. Sua inativação é feita a temperatura de 100-110°C por 60-90 seg.

BEZERRA *et al.* (2004) determinaram parâmetros técnicos para conservação da polpa de bacuri pela aplicação de métodos combinados, utilizando o mesmo processo de branqueamento do presente trabalho (imersão em água seguido de resfriamento imediato em água corrente), e revelou que o branqueamento realizado a 2 min a 100°C, aliado a redução da atividade de água e adição de conservantes, foi o mais eficaz, garantindo a estabilidade da cor e microbiológica.

SANTIN (2004) inativou as enzimas, adicionadas a polpa de pêsego, após o processo de hidrólise enzimática nas condições de 90°C por 35 min,

superiores a do presente trabalho, observando a redução de 78% da atividade das pectinases.

ABDULLAH *et al.* (2007), após a clarificação de suco de carambola, realizaram a inativação das enzimas por meio do aquecimento da amostra a 90°C durante 5 min em banho termostático, sendo estas condições próximas da inativação feita com a polpa de bacuri neste estudo.

TRIBESS (2003) realizou o estudo da cinética de inativação térmica da pectinametilesterase do suco de laranja, obtendo os maiores níveis de inativação desta enzima, na temperatura de 82,5°C.

MICARD *et al.* (1997) aplicou o branqueamento em amostras de polpa de beterraba para a inativação das enzimas após a maceração enzimática com a finalidade de cessar a hidrólise. Este branqueamento foi realizado sob condições superiores as submetidas no presente trabalho com o bacuri, pois foi realizado em imersão das amostras em água fervendo por 15 min.

WILKINS *et al.* (2007) realizaram um tratamento térmico após a completa hidrólise da casca de uva, colocando as em um forno a 105°C durante 15 min para a inativação enzimática.

GUIMARÃES (1985) e SILVA (2000) utilizaram a injeção de vapor para inativar as enzimas após o tratamento enzimático em condições compatíveis com as do trabalho atual, sendo realizado a 70°C durante 20 min em suco de maracujá e a 90°C durante 5 min em suco de cajá, respectivamente.

5.5. COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS NAS ETAPAS DE DILUIÇÃO, MACERAÇÃO E BRANQUEAMENTO

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados das análises químicas e físico-químicas para: polpa diluída (PD), polpa diluída/macerada (PM) e polpa diluída/macerada/branqueada (PB). Os valores médios de açúcares totais foram de 3,41 g.100g⁻¹ para PD; 3,99 g.100g⁻¹ para PM, e 4,36 g.100g⁻¹ para PB. Já em relação aos açúcares redutores, tanto o tratamento enzimático quanto o branqueamento elevaram seus teores. As médias obtidas foram de 1,72 g.100g⁻¹ para PD; 2,85 g.100g⁻¹ para PM, e 3,74 g.100g⁻¹ para PB. O aumento após o tratamento enzimático deve-se, provavelmente, a ação hidrolítica das enzimas pectinolíticas (poligalacturonases, pectinases e

pectinametilsterases). Já o aumento dos açúcares totais e redutores após o branqueamento, pode ser explicado devido à hidrólise dos açúcares não redutores em meio ácido (Tabela 12).

Tabela 12. Caracterização das amostras de polpa de bacuri submetidas a diferentes tratamentos¹.

Caracterização	Unidade	PD²	PM³	PB⁴
Açúcares totais	g.100g ⁻¹	3,41±0,21	3,99±0,18	4,36±0,14
Açúcares redutores	g.100g ⁻¹	1,72±0,04	2,85±0,07	3,74±0,09
AIR⁵	g.100g ⁻¹	2,88±0,09	1,54±0,05	1,97±0,07
Pectina ⁶	g.100g ⁻¹	1,32±0,04	0,34±0,04	0,62±0,07
Hemicelulose ⁶	g.100g ⁻¹	0,62±0,07	0,50±0,09	0,59±0,05
Celulose + lignina ⁶	g.100g ⁻¹	0,94±0,07	0,70±0,04	0,76±0,04
Fenólicos totais	g.100g ⁻¹	0,50±0,00	0,50±0,00	0,51±0,00
Vitamina C	mg.100g ⁻¹	2,91±0,00	2,92±0,00	2,13±0,00
Acidez total titulável	g.100g ⁻¹	0,45±0,05	0,65±0,05	0,67±0,03
Sólidos solúveis totais	°Brix	7,13±0,15	8,60±0,23	8,90±0,30

¹ Valores médios obtidos a partir da análise de 3 amostras em base úmida. ² PD = polpa diluída. ³ PM = polpa diluída/macerada. ⁴ PM = polpa diluída/macerada/branqueada. ⁵ AIR = Resíduos insolúveis em álcool. ⁶ Pectina, Hemicelulose ou celulose + lignina = (Peso do resíduo seco x Peso do AIR) / (0,8g / Peso da amostra) x100 (Segundo SCHIEBER *et al.*, 2005).

AL-HOOTI *et al.* (2002) observaram uma maior recuperação de sólidos solúveis totais (68%) e um elevado teor de açúcares totais (cerca de 88%) na extração do xarope de tâmaras com a aplicação de pectinases e celulases em comparação com o controle sem estas enzimas (35%). A glicose e a frutose foram os principais açúcares presentes no xarope.

Antes da aplicação da preparação enzimática (amostra PD) o teor médio de AIR foi de 2,88 g.100g⁻¹. Contudo, ao ser adicionada a preparação enzimática (amostra PM) a ação das enzimas, degradando os polissacarídeos, reduziu o AIR para 1,54 g.100g⁻¹. Com a inativação das enzimas (amostra PB),

o AIR mostrou um valor um pouco maior de $1,97 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, pois a degradação foi paralisada.

Entre os polissacarídeos atingidos pelo tratamento enzimático incluem-se: pectinas, hemiceluloses, celulosas e ligninas. Portanto, em suas determinações os valores obtiveram o mesmo comportamento. Para pectina os valores médios foram de $1,32 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para PD de $0,34 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para PM, e de $0,62$ para PB. Houve uma redução de 74,2% de pectina após o tratamento enzimático. Em relação à hemicelulose, os valores obtidos foram de $0,62$, $0,50$ e $0,59 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para PD, PM e PB, respectivamente. Houve redução de hemicelulose de 19,3% após o tratamento enzimático. A celulose e a lignina foram determinadas numa mesma fração e obtiveram resultados onde PD apresentou $0,94 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, enquanto que PM e PB apresentaram valores médios próximos de $0,70$ e $0,76 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Após o tratamento enzimático houve uma redução de 25,5% de celulose e lignina (Tabela 12).

Em relação aos fenólicos totais, os resultados mostraram que o tratamento enzimático e o branqueamento praticamente não alteraram estes componentes. Seus valores médios foram de $0,50$, $0,50$ e $0,51 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para PD, PM e PB, respectivamente (Tabela 12).

Adicionando-se enzimas em concentrações apropriadas pode-se controlar a formação da acidez, possivelmente, pela diminuição dos teores de pectina e de fibras e alterar as propriedades reológicas do amido, tornando-o adequado para a elaboração de diversos produtos alimentícios (MENEZES *et al.*, 1998).

LANDBO *et al.* (2007) observaram uma variação maior nos teores de carboidratos de $10,7$ para $12,4 \text{ mg/g}$ e de fenólicos totais que chegou a $4,9 \text{ mg/g}$ no suco do fruto do sabugueiro após a maceração enzimática.

Com relação ao teor de vitamina C, a amostra PB apresentou teor médio de $2,13 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, ocorrendo uma pequena redução, provavelmente, devido à maior exposição ao calor durante o branqueamento, ocasionando perda da atividade vitamínica da amostra. As outras amostras obtiveram valores médios de $2,91$ e $2,92 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para PD e PM, respectivamente (Tabela 12).

Os valores de atividade de água (Aw) foram de $0,991$ para PD; $0,994$ para PM, e $0,985$ para PB. O aumento de Aw após o tratamento enzimático ocorreu, provavelmente, devido a absorção de água de algumas pectinases.

Os teores de acidez total titulável foram de 0,45, 0,65 e 0,67 g.100g⁻¹ para PD, PM e PB, respectivamente (Tabela 12). Foi observado em relação ao pH, com 3,64, 3,30 e 3,40 para PD, PM e PB, respectivamente. Esta alteração pode ser explicada devido à aplicação das enzimas pectolíticas desmetoxilantes. Também podem ter ocorrido reações bioquímicas, inter e intramoleculares, como por exemplo, ligações cruzadas e fixações de grupos acídicos por elevações da temperatura durante o tratamento térmico.

OLIVEIRA (2006) verificou um aumento de 28,43% na acidez total titulável 39,38% nos compostos fenólicos em suco de maçã obtido por liquefação enzimática. Já em relação à pectina ocorreu uma redução de 23,35%.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) as médias PD, PM e PB foram de 7,13, 8,60 e 8,90°Brix, respectivamente (Tabela 12). Houve compatibilidade dos valores de açúcares redutores com os valores de SST, visto que em polpa de fruta a maior parte de SST é constituída de açúcares e, em segundo lugar, de ácidos e seus sais, sendo o restante de compostos nitrogenados e outras poucas substâncias solúveis (TING, 1986).

A relação SST/ATT diminuiu com o tratamento enzimático em razão do aumento da acidez. Os valores médios de PD, PM e PB foram de 15,89, 13,27 e 13,21, respectivamente.

Em relação à consistência PD apresentou um valor médio de 3,47 cm de fluxo, enquanto que PM e PB apresentaram valores de 12,60 e 11,37 cm de fluxo, respectivamente. Este resultado já era de se esperar, pois as enzimas pectinases degradam as fibras das células, causando sua desestruturação e, com isto, diminuindo a consistência da polpa.

A degradação através da hidrolização de polissacarídeos solúveis, como a pectina, leva a uma liberação da água livre, portanto, a viscosidade é reduzida (CHERYAN & ALVAREZ, 1995). STRUEBI *et al.* (1978) realizaram medições dos níveis de viscosidade e observaram a redução do comprimento da cadeia de pectina.

Para PD, PM e PB, o teor de polpa de 51,02%, 40,08% e 30,80% g.100g⁻¹, respectivamente. Esta redução do teor de polpa também é um resultado já esperado, pois a maceração enzimática degrada a pectina solúvel e a pectina insolúvel, localizada nos espaços intercelular da lamela média e a

pectina do interior da parede celular (JANDA & DORREICH, 1988), além das microfibrilas de celulosas e das hemicelulosas.

CÉSAR (2007) comparou o suco de açaí sem adição de pectinases com o suco clarificado de açaí com adição de pectinases, obtendo aumento na acidez e redução do pH, compatíveis com o presente trabalho.

BRASIL (1993) analisou amostras de polpa de goiaba após o tratamento enzimático e pôde observar aumento nos SST de 12,5 para 15,0°Brix e nos açúcares redutores de 15,9 para 57,0 g/l. Na polpa de bacuri também pode-se observar modificações compatíveis a da polpa de goiaba em diferentes proporções (Tabela 12). Observou também uma redução na viscosidade de 65,7%.

Os autores SILVA (2000) e SANTIN (2004) realizaram estudos com suco de cajá e polpa de pêsego, respectivamente, e obtiveram resultados compatíveis com o presente estudo, onde a ação de pectinases reduziu a viscosidade e aumentou o rendimento, através da redução do teor de polpa, tornando a extração mais eficaz.

Em relação a cor, foi possível observar uma alteração mínima entre PD e PM no parâmetro de luminosidade (L^*), com valores médios de 54,61 e 54,18, respectivamente. A PB sofreu um pequeno aumento da luminosidade, de 56,59. A PM apresentou um leve escurecimento, com valores médios de a^* e b^* de 0,56 e 7,82, respectivamente. Para PD estes valores foram de 0,38 e 6,38 e para PB de 0,37 e 4,42, respectivamente. Esses resultados mostram que o tratamento térmico tornou a polpa bacuri mais clara do que a polpa diluída (Figura 27).



Figura 27. Efeito do tratamento térmico na cor da Polpa diluída (A), Polpa diluída e macerada (B), e Polpa diluída, macerada enzimaticamente e branqueada (C).

O tratamento realizado somente em autoclave para a extração do xarope de tâmaras resultou em uma cor mais escura, com valores de a^* e b^* aproximando-se de zero, em comparação com o xarope tratado com aplicação de pectinases e celulases (AL-HOOTI *et al.*, 2002).

ABDULLAH *et al.* (2007) observaram efeito negativo do valor de L^* sobre o tempo de incubação na clarificação do suco de carambola. Quando a incubação foi realizada em temperatura fixa, houve um aumento do valor de L^* equivalente ao aumento da concentração das enzimas. Contudo, o valor L^* diminuiu com até 80 min de incubação e, posteriormente, aumentou. Este fenômeno pode ser devido a formação de complexos proteína-tanino à medida que o tempo avançou.

O perfil microbiológico da polpa diluída, polpa diluída/macerada e polpa diluída/macerada/branqueada apresentaram-se dentro dos critérios de tolerância máxima estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) e Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000). Dessa forma, pode-se afirmar que todas obtiveram boa qualidade microbiológica, podendo ser aplicadas em produtos alimentícios sem causar riscos à segurança alimentar, do ponto de vista microbiológico.

Na Figura 28 estão apresentados os cromatogramas obtidos pela presença dos compostos voláteis na PD e na PM. No cromatograma da PD foram detectados 30 compostos voláteis, com a contagem de 9.801 de área total, enquanto que na PM detectaram-se 42 compostos voláteis, com a contagem de 16.681 de área total. Este resultado mostra que a ação de preparação enzimática libera compostos voláteis da polpa de bacuri, possivelmente, devido a hidrólise dos compostos glicosidicamente ligados, aumentando a quantidade de compostos na fração livre.

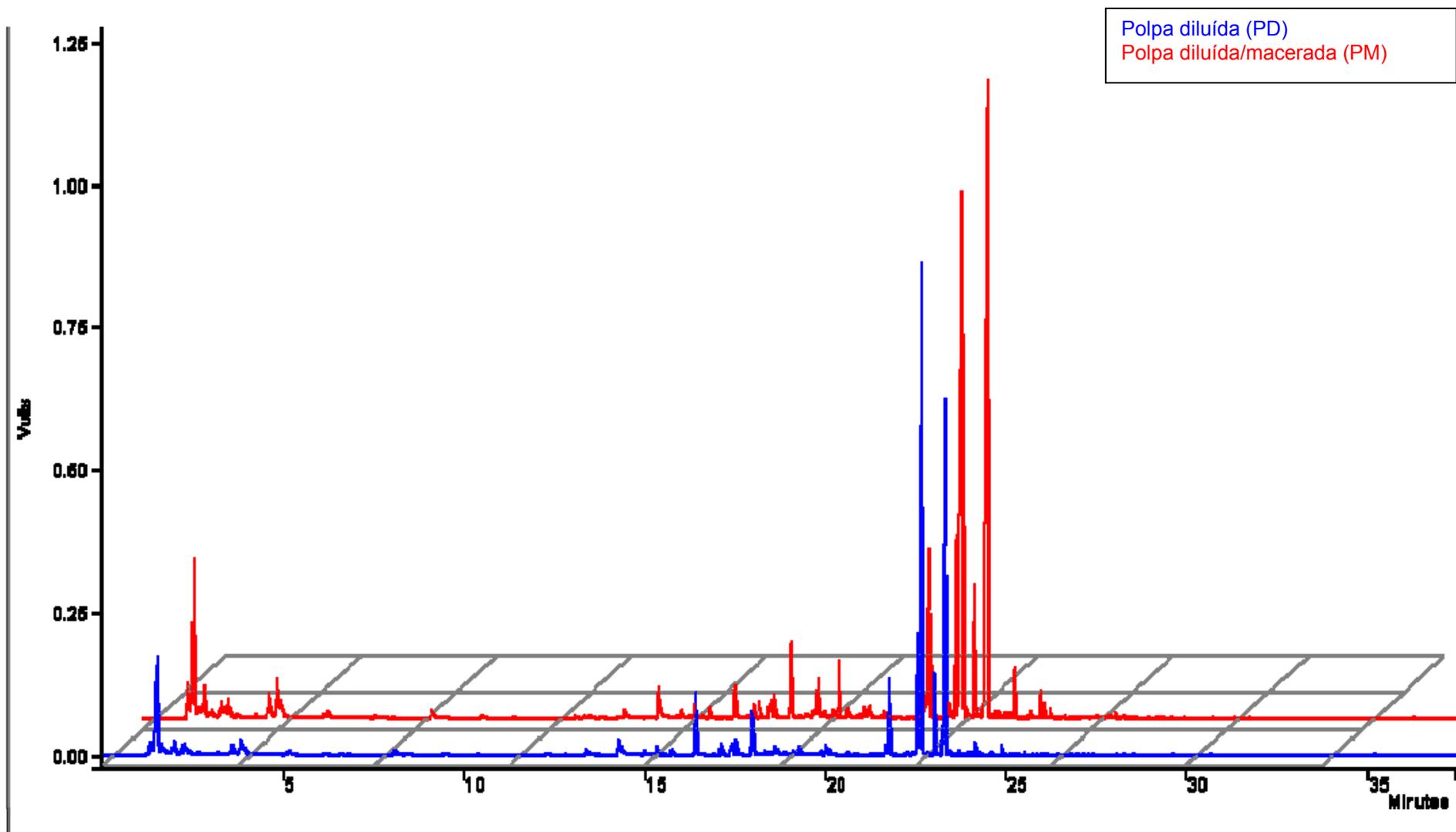


Figura 28. Cromatograma dos isolados de voláteis da polpa de bacuri antes e após o tratamento enzimático.

VILLACHICA *et al.* (1996) relata a presença de quantidades significativas de linalol, substância responsável pelo sabor e o aroma do bacuri, e ainda a presença de 2-heptanona e cis-3-hexenil acetato, que promovem um efeito adicional no aroma da polpa de bacuri.

BOULANGER *et al.* (1999) estudaram os compostos voláteis do bacuri, encontrando 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.

BOULANGER & CROUZET (2001) estudaram a formação de compostos voláteis durante o tratamento térmico da polpa de bacuri através da destilação-extração simultânea (SDE) em diferentes valores de pH e relataram um aumento de terpenos oxigenados e hidrocarbonetos terpênicos e, após a realização de SDE a pH 3, foi encontrado, em menores quantidades, aldeídos.

ALVES & JENNINGS (1979) identificaram, através da destilação-extração simultânea (SDE) 12 compostos voláteis, com predominância de linalol e seus óxidos cis e trans. Dentre os 12 compostos encontrados, linalol apresentou altas concentrações e 2-heptona e o acetato de 3-hexenila apresentaram baixas concentrações. Contudo, estes foram considerados os responsáveis pelo sabor de bacuri.

A técnica olfatométrica, Aroma Extraction Dilution Analysis (AEDA), foi utilizada para extração dos compostos voláteis de bacuri, mostrando que o linalol e o hexanoato de metila são os principais responsáveis pelo aroma da fruta (FRANCO, 2003).

5.6. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO NÉCTAR DE BACURI

Na Tabela 13 são apresentados os valores de F e os respectivos níveis de significância da análise de variância, realizada com os resultados dos testes sensoriais das quatro formulações de néctares: 10% de polpa não macerada (10NM); 10% de polpa macerada (10M); 20% de polpa macerada (20M), e 30% de polpa macerada (30M). Não foi observada diferença significativa ao nível de 5% na aceitação global das amostras. As amostras diferiram na intensidade do sabor residual e consistência ($P \leq 0,05$).

Tabela 13. Valores de F e níveis de significância da ANOVA dos testes sensoriais das quatro formulações distintas de néctares.

Efeito	Impressão global	Sabor residual	Consistência
Formulações	2,14 ^{ns}	4,50 ^{**}	18,25 ^{***}

** e *** Significativo ao nível de 1 % e 0,1 de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.
^{ns} - não significativo.

O grau de aceitação das formulações de néctares pelos consumidores quanto à impressão global estão apresentados na Tabela 14. As quatro formulações apresentaram boa aceitação, correspondendo a “gostei ligeiramente” na escala hedônica, não apresentando diferença significativa ($P > 0,05$) entre si.

Tabela 14. Valores hedônicos médios obtidos no parâmetro impressão global dos quatro néctares formulados.

Néctares	Médias
10NM¹	5,9 ^a
10M²	5,5 ^a
20M³	6,2 ^a
30M⁴	5,2 ^a

¹ 10% de polpa não macerada. ² 10% de polpa macerada. ³ 20% de polpa macerada. ⁴ 30% de polpa macerada. *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 a escala estruturada do nove pontos (1=desgostei muitíssimo, 5=nem gostei, nem desgostei, 9=gostei muitíssimo).

A Tabela 15 apresenta os valores médios da intensidade dos atributos sabor residual e consistência, dados pelos consumidores a cada formulação. Quanto ao sabor residual, as formulações 30M e 20M foram caracterizadas como as mais fortes, não diferindo significativamente ($P > 0,05$) entre si. Contudo, a formulação 20M não diferiu das formulações 10NM e 10M, de menor intensidade. O sabor residual intenso das formulações 30M e 20M, deve-se, provavelmente, a maior concentração de polpa. Dessa forma, pode-se afirmar que a aplicação da preparação enzimática comercial não alterou o sabor residual do néctar.

Tabela 15. Médias obtidas no parâmetro de sabor residual e consistência das formulações de néctares.

Formulações de Néctares	Sabor residual	Consistência
10NM¹	3,9b	3,8b
10M²	4,0b	2,8c
20M³	4,6ab	4,2b
30M⁴	5,0a	5,1a

¹ 10% de polpa não macerada. ² 10% de polpa macerada. ³ 20% de polpa macerada. ⁴ 30% de polpa macerada. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Em relação à consistência, a formulação 30M foi caracterizada como a mais consistente, diferindo significativamente em relação às demais. As formulações 10M e 20M não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre si. A formulação 10NM foi caracterizada como a menos consistente. Esses resultados mostram que a aplicação da preparação enzimática reduziu a consistência do néctar. A formulação 10M revelou-se menos consistente, provavelmente, devido a menor concentração de polpa, aliada à ação da preparação enzimática adicionada. Essa ação enzimática foi, possivelmente, o que tornou a consistência da formulação 20M igual à da formulação 10NM, mesmo com elevada diferença no teor de polpa. Finalmente, a formulação 30M apresentou-se como a mais consistente, provavelmente, por conter maior concentração de polpa, apesar da presença da preparação enzimática.

Os resultados obtidos por meio da “escala do ideal” para analisar a doçura das formulações de néctares de bacuri são mostrados na Figura 29. Os consumidores caracterizaram as formulações 10NM, 10M e 20M como “ideal”, sendo que a formulação 10M apresentou maior frequência na categoria “ideal” do que as demais. A formulação 30M foi caracterizada como “ligeiramente menos doce do que o ideal”, apresentando maior frequência nas categorias abaixo do “ideal”.

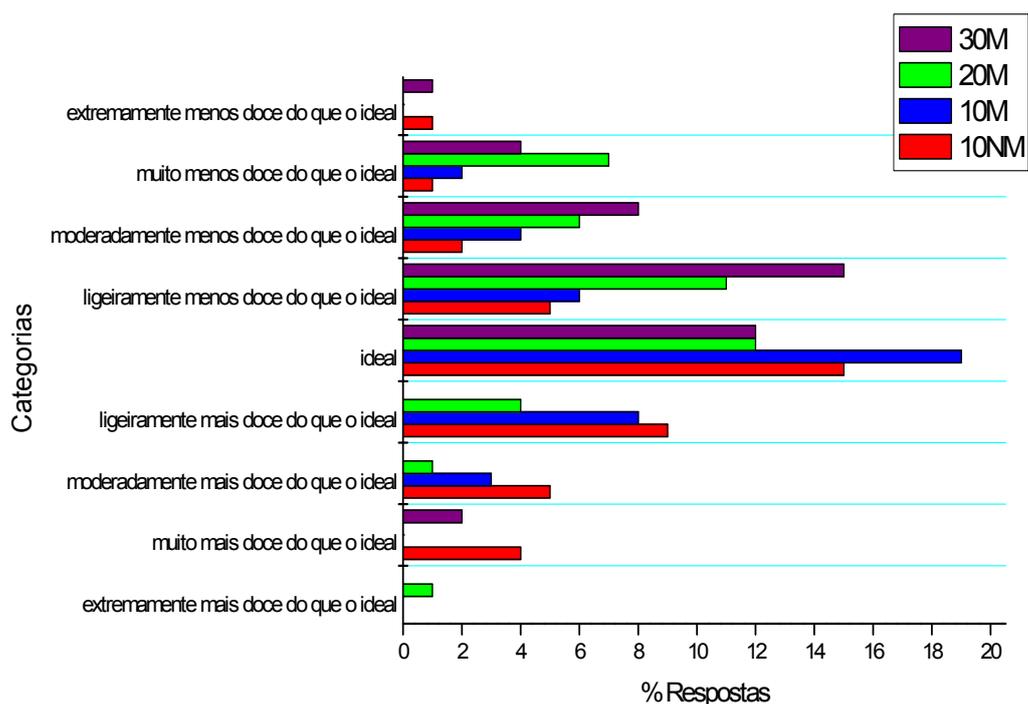


Figura 29. Frequência de categorias de doçura em porcentagem de respostas pelos consumidores. Formulações: 10NM = 10% de polpa não macerada; 10M = 10% de polpa macerada; 20M = 20% de polpa macerada, e 30M = 30% de polpa macerada.

Possivelmente, a quantidade de sacarose adicionada a cada formulação de néctar na correção do teor de sólidos solúveis foi responsável pelos valores obtidos na escala do ideal para doçura. A formulação 10NM necessitou de maior quantidade de sacarose para atingir os 13°Brix estabelecidos, enquanto que as outras formulações de néctares atingiram este valor com menor quantidade de sacarose. Isto ocorreu, provavelmente, devido à liberação de açúcares das formulações com preparação enzimática através da ação das enzimas, aumentando o teor de sólidos solúveis antes da adição da sacarose. Esses resultados mostraram que é possível formular um néctar de bacuri com, pelo menos 20% de polpa, por meio da adição de preparação enzimática comercial e, com isto, torná-lo adequado aos padrões de identidade e qualidade exigidos pela Legislação Brasileira, onde o conteúdo de polpa de bacuri, que tem acidez e conteúdo de polpa muito elevados, além de sabor muito forte, não deve ser inferior a 20%.

Um estudo realizado por SILVA (1995) com adição de enzimas na polpa de cajá para a obtenção do suco polposo e clarificado não obteve um resultado compatível com o resultado do néctar de bacuri, pois houve diferença significativa no sabor entre formulações cujas proporções de suco e água foram (1:1), (1:2) e (1:3), onde a mais preferida foi a (1:3).

BRASIL (1993) avaliou os atributos de sabor de dois sucos de goiaba clarificados com Hidrogel/Baykisol-30 e Hidrogel/Betonita, previamente submetidos ao método de extração conjugado (mecânico-enzimático), e observou que no tempo 0, a média dos valores foram, respectivamente, 4,9 e 4,0, que corresponde a “nem gostei nem desgostei”. No presente trabalho o parâmetro de sabor não foi avaliado separadamente, mas o parâmetro de impressão global avaliado, que envolve os parâmetros de aparência, aroma, sabor e textura, apresentou uma média superior.

6. CONCLUSÕES

- De acordo com os resultados da composição química e físico-química da polpa de bacuri, evidencia-se considerável fonte nutrientes. No entanto, quando a polpa é macerada ocorrem modificações significativas de redução no teor de pectina e aumento no teor de açúcares redutores totais e compostos voláteis, não verificando-se grandes variações nos demais nutrientes.
- Todas as preparações enzimáticas comerciais avaliadas apresentaram atividades pectinolíticas, celulolíticas, xilanolíticas, hemicelulolíticas em seus perfis de enzimas, com exceção de Biopectinase CCM, onde não foi detectado atividade celulolítica.
- As preparações enzimáticas comerciais Viscozyme L e Biopectinase CCM mostraram-se mais eficientes no tratamento enzimático, pois as polpas de bacuri que receberam essas preparações apresentaram considerável aumento em seus fluxos, evidenciando elevada redução na consistência, além de aumento no teor de GRT e redução no teor de polpa. Essas preparações não diferiram significativamente entre si.
- A aplicação de 25 U/mL de PG, de Viscozyme L na polpa de bacuri diluída na razão polpa:água 1:2, com 20 segundos de homogeneização e 40 minutos de incubação, mostrou-se satisfatória, uma vez que ocorreu significativa redução do fluxo (consistência), teor de polpa e aumento dos GRT das amostras.
- Temperatura entre 75 e 80°C durante 5 minutos em banho termostático foi suficiente para inativar enzimas poligalacturonases, uma vez que após o branqueamento essas enzimas não foram mais detectadas .
- Os resultados das análises sensoriais mostraram que é possível a formulação de um néctar de bacuri com, pelo menos 20% de polpa, por meio da adição de preparação enzimática comercial, inserindo o referido produto dentro da Legislação Brasileira, que relata que o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (m/m).

7. SUGESTÕES

- Emprego de outras preparações enzimáticas ou combinações na maceração da polpa de bacuri.
- Na leitura do consistômetro, quando a amostra apresentar separação de fases, considerar apenas a distância do fluxo até onde a polpa escorre juntamente com o líquido liberado.
- Avaliação da aceitação dos néctares de bacuri formulados com consumidores de diferentes regiões.
- Avaliação da maceração enzimática da polpa de bacuri para obtenção do néctar em escala industrial.

8. 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.

ADA. (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA). **Produção rural: empresarial e familiar**. Universidade Federal do Pará, Belém: ADA, v.9. 2006.

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.

ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G.; O'NEILL, M.A.; SCHOLS, H.A.; VORAGEN, A.G.J. A hypothesis: the same six polysaccharides are components of the primary cell walls of all higher plants. In *Pectins and Pectinases*. (J. Visser & A.G.J. Voragen, eds.). **Elsevier Science**. p.47-55, 1996.

AL-HOOTI, S.N.; SIDHU, J. S.; AL-SAQER, J.M.; AL-OTHMAN, A. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. **Food Chemistry**. v.79, p.215-220, 2002.

ALKORTA, I.; GARBISU, C.; LLAMA, M.J.; SERRA, J.L. Industrial application of pectic enzymes: a review. **Process Biochemistry**. v.33, p.21-28, 1998.

ALMEIDA, C.; BRANYIK, T.; MORADAS-FERREIRA, P. Use of two different carriers in a packed endopolygalacturonase production by a bed reactor for yeast strain. **Process Biochemistry**. v.40, n.5, p.1937-1942, 2005.

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

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

AMIN, A.; ESSA, H. Effect of pectinase enzyme treatment on the rheological, physical and chemical properties of plum, banana and guava juices. **Food Science and Nutrition**. v.3, p.13-19, 2002.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12.ed. Washington, DC, 1975. 1094p.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11. ed. Washington, 1992. 1115 p.

AYESTARÁN, B.; GUADALUPE Z.; LEÓN, D. Quantification of major grape polysaccharides (*Tempranillo* v.) released by maceration enzymes during the fermentation process. **Analytica Chimica Acta**, v.513, n.1, p. 29-39, 2004.

BALISCHI, L.; PEREIRA, N.C.; LIMA, O.C.M.; BARROS, S.T.D.; DAMASCENO, J.W.; MENDES, E.S. Influência do tratamento enzimático sobre as características reológicas e microscópicas da polpa de acerola. **Acta Scientiarum**, v.24, n.6, p.1649-1658, 2002.

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.

BARBOSA, W.C.; NAZARÉ, R.F.R.; NAGATA, I. **Estudo tecnológico de frutas da Amazônia**. EMBRAPA - CPATU.1978. (EMBRAPA – CPATU. Comunicado Técnico, 3).

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.

BARROSO, A.E.; FORTUNY, R.C.S.; BELLOSO, O.M. A natural clouding agent from orange peels obtained using polygalacturonase and cellulose. **Food Chemistry**, v.92, p.55-61, 2004.

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.

BERNHARDT, L.W.; HASHIZUME, H. Processamento: produtos, caracterização e utilização. In: MEDINA, J.C.; BLEINROTH, L.W.; BERNHARDT, R.T.; HASHIZUME, T.; RENESTO, O.V.; VIEIRA, L.F. Caju: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas, ITAL, 1978. p.89-148 (Série Frutas Tropicais; 4).

BEZERRA, G.A.S.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; FILHO, M.S.M.S.; SOUSA, P.H.M. Influência da adição de sacarose na estabilidade da polpa de bacuri conservada por métodos combinados. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.4, p.715-723, 2006.

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.

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.

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

BISARIA, V.S.; GHOSE, T.K. Biodegradation of cellulosic materials: substrates, microorganisms. enzymes and products. **Enzyme Microbiology Technology**, v.3, p.90-104, 1981.

BORA, P.S.; NARAIN, N. Estudo do rendimento do suco de maracujá (**Passiflora edulis** var. **Flavicarpa**) por tratamento enzimático. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. 1980. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, p.226-236, 1980.

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

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.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Aprova o regulamento de identidade e qualidade gerais para suco tropical; os padrões de identidade e qualidade dos sucos tropicais de abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, mangaba, maracujá e pitanga; e os padrões de identidade e qualidade dos néctares de abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, maracujá, pêssigo e pitanga. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 de set. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Estabelece o Regulamento Técnico para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para a Polpa de Fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2000, Seção 1, n. 6, p. 54-58.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria nº. 371 de 9 de setembro de 1974 do Ministério da Agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 jun. 1959. Seção 1, 26-27.

BRASIL. Isabella Montenegro. **Utilização de pectinases e agentes “fining” no processamento de suco integral e clarificado de goiaba** (*Psidium guajava*, L. var. *pomifera*.). Fortaleza, 1993, 186p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará.

BRUMMITT, R.K.; POWELL, C.E. **Author of plant names**. London: Royal Botanic Gardens Key, 1992. 732p.

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

CAMPOS, F.A.M.; PECHINIK, E.; SIQUEIRA, R. da. **Valor nutritivo de frutas brasileiras**: trabalhos e pesquisas. Rio de Janeiro: Instituto de Nutrição, v.4, p.61-171, 1951.

CANTO, W.L. **Produção, usos e mercados de enzimas (Estudos econômicos – Alimentos processados)**. Campinas: ITAL, 1995, 74p.

CAPEK, P.; RENARD, C.M.G.C.; THIBAUT, J-F. Enzymatic degradation of cell walls of apples and characterization of solubilized products. **Internacional Journal of Biological Macromolecules**, v.17, n.6, p.337-340, 1995.

CARDOSO, M.H.; JACKIX, M.N.H.; MENEZES, H.C.; GONÇALVES, E.B.; MARQUES, S.V.B. Efeito da associação de pectinase, invertase e glicose isomerase na qualidade do suco de banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, 1998.

CARVALHO, J.E.U.; FONTENELLE, D.S.; MÜLLER, C.H. Propagação do bacurizeiro (*Platonia insignis Mart.*) por meio da raiz primária de sementes em início de germinação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 13., 2003, Gramado, RS. **Informativo ABRATES**. Londrina: ABRATES, 2003, v.13, p446.

CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H. Características físicas e químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis Mart.*) sem sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p. 573-575, 2002.

CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O do; MÜLLER, C.H. **Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 18p. (Embrapa-CPATU, Boletim de Pesquisa, 203).

CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H. **Propagação do bacurizeiro, *Platonia insignis Mart.*** Belém: Embrapa – CPATU, 1996. 13p. (Mimeografado)

CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M. **Goiaba – Matéria-prima**. In: Série Frutas Tropicais. 6ed. São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. ITAL. 1988. p. 121-139.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6ed. Belém: CNPq/

Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279p.

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.

CHAVES, M.C.V.; GOUVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C.; LEITE, J.C.A.; SILVA, F.L.H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos.** Zaragoza: Editorial Acriba, 1992. v.1, 333p.

CHERYAN, M.; ALVAREZ, J.R. Food and beverage industry application. In: NOBLE; R. D.; STERN, S. A. (Eds.). *Membrane separation technology principles and applications.* London: Elsevier. 1995. p. 443–465.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL/FAEPE, 2005, 783 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** ESAL/FAEPE, Lavras, 1990. p.289

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.

CLOTTEAU, M.S.; CABRAL, L.M.C.; MODESTA, R.C.D.; GOMES, F.S.; VENTURINI, W.; PALLET, D.; DORNIER, M.; REYNES, M. Enzymatic treatment using a polygalacturonase (Clarex Citrus 8XL) and a cellulase (Rapidase TF). In: **XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, p. 1544-1547, 2002.

COLADAWEB. Disponível em:
<<http://www.coladaweb.com/fisica/hidrostatica.htm>>. Acesso em: 22 agosto de 2007.

COSTA, M.C.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, R.W.; NASSU, R.T.; MONTEIRO, J.C.S. Conservação de polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.2, 2003.

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

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262p.

CRUZ, P.E.N. **Caracterização química e nutricional de algumas frutas do Estado do Maranhão**. São Luís: UFMA, 1988. 58p.

DÓRIA, C.A. **Desfrute do Brasil**. Disponível em:
<<http://p.php.uol.com.br/tropico/html/textos/2632,1.shl>>. Acesso em: 24 de setembro de 2005.

DUCKWORTH, R.B. **Frutas y verduras**. Zaragoza, Acribia, v. 1, 1968. p.16-48.

DUQUE, G. Cultura da goiabeira. In: **O Nordeste e as lavouras xerófitas**. Fortaleza: BNB, 1973. 203p.

ENDO, A. Studies on pectolytic enzymes of molds-clarification of apple juice by the joint action of purified pectolytic enzymes. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.2, n.29, p.129-136, 1965.

ESSA, H.A.; SALAMA, M.F. Effect of macerate enzymes on the yield, quality, volatile compounds and rheological property of prickly pear juice. **Food Science and Technology**, v.4, p.245-250, 2002.

FERREIRA-FILHO, E.X. The xylan-degradjng enzyme system. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.27, p.1093-1108, 1994.

FERREIRA, F.R.; FERREIRA, S.A.N.; CARVALHO, J.E.U. de. Espécies frutíferas pouco exploradas, com potencial econômico e social para o Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.9, n.extra, p.11-22, 1987.

FLORIBETH, V.; LASTRETO, C.; COOKE, R.D. A study of the production of clarified banana juice pectinolytic enzymes. **Journal Food Technology**. v.16, p.115-125, 1981.

FRANCO, M.R.B. **Aroma e sabor de alimentos**. São Paulo: Varela, p.93-95, 2003.

FRUTICULTURA DO ESTADO DO PARÁ. Disponível em: <http://www.ada.gov.br/apldefrutas/potencial.html>. Acesso em: 24 de setembro de 2005.

GEOCITIES. Disponível em: br.geocities.com/ggompa/saude/nutricao/crudivorismo/enzimas.html. Acesso em: 18 de agosto de 2007.

GIACOMETTI, D.C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF, p.13-27, 1993.

GIL, J.V.; VALLÉS, S. Effect of macerating enzymes on red wine aroma at laboratory scale: exogenous addition or expression by transgenic wine yeasts. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.11, n.49, p.5515-5523, 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.

GONZÁLEZ, M.F.; ÚBEDA, J.F.; VASUDEVAN, T.G.; OTERO, R.R.C.; BRIONES, A.I. Evaluation of polygalacturonase activity in *Saccharomyces cerevisiae* wine strains. **FEMS Microbiology Letters**, v.237, p.261-266, 2004.

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, 1992, 23p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 132).

GUIMARÃES, A.C.L. **Utilização de enzimas pectinolíticas no processamento de suco de maracujá integral**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia, UFC, 1985.

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

HAIGHT, K.G. & GUMP, B.H. The use of macerating enzymes in grape juice processing. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.1, n.45, p.113-116, 1994.

HOWARD HUGUES MEDIA INSTITUTE. The Structural Biology Program, "RNA, The Enzyme", 2007. Disponível em: <http://www.hhmi.org/annual99/a255html>. Acesso em: 24 de agosto de 2007.

HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruits softening. **Horticultural Reviews**, v.5, p.169-219, 1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl>. Acesso em: 21 de junho de 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela de composição de alimentos**. Rio de Janeiro: FIBGE, v.3, p.213, 1981.

INCAP. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. **Tabla de composición de alimentos para uso em América Latina**. Guatemala: INCAP, 1961. p.42.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ed. São Paulo, v.1, 1985, 533 p.

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.

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

JEN, J.J.; ROBINSON, M.L. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, v.49, p.1085-1087, 1984.

KASAHARA, I. Cinética de congelación y propiedades termofísicas en dos especies de frutales menores. In: KASAHARA, I.; GARRIDO, F.; SIMPSON, R.; ALDUNATE, M.I.; CORNEJO, F. **Refrigeración y congelación de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986, p.81-109.

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.

KAUR, G.; KUMAR, S.; SATYANARAYAMA, T. Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* Apinis. **Bioresource Technology**, v.94, n.3, p.239-243, 2004.

KOCH, J.H.D. Determination of falsified orange juice, **Deutsche Lebensmittel-Rundschau**, v.6, p.185-195, 1971.

KOURY, J. C. **Valores de minerais, vitaminas e aminoácidos recomendados diariamente.** Disponível em: <http://www.fitmail.com.br/si/site/0605?idioma=portugues - 25k>>. Acesso em: 03 de março de 2008.

LANDBO, A.K.; KAACK, K.; MEYER, A.S. Statistically designed two step response surface optimization of enzymatic prepress treatment to increase juice yield and lower turbidity of elderberry juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.8, p.135-142, 2007.

LANG, C.; DÖRNENBURG, H. Perspectives in the biological function and the technological application of polygalacturonases. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.53, p.366-375, 2000.

LEDERMAN, I.E.; SILVA Jr., J.F. da; BEZERRA, J.E.F.; ESPÍNDOLA, A.C. de M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 35p. (Série Frutas Nativas, 2).

LIMA, M.C. **Bacuri (*Platonia insignis* Mart. Clusiaceae): agrobiodiversidade.** São Luís: IICA, 2007. 210 p.

LIMA, P.R.A.; ARAÚJO, E.C.E.; ALCOFORADO, FILHO F.G. ; VASCONCELOS, L.F.L. **Avaliação agrônômica de fruteiras nativas do Meio-Norte do Brasil.** 1996 (Pesquisa em Andamento, 64).

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

LUIELE, M.E. **Função das enzimas.** Disponível em: <http://www.bioqmed.ufrj.br/enzimas/funcao.htm>. Acesso em: 31 de março de 2007.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas, 1: Técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biriba, carambola, cereja-dorio-grande, jabuticaba.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 327p.

MARCON, M.V. **Extração e caracterização de pectinas obtidas de farinha de bagaço de maçã.** 2004, 150P. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MATA, M.E.R.C.; DUARTE, M.E.M.; ZANINI, H.L.H.T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.488-498, 2005.

MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C.; SILVA, F.C. Rheological behaviour of west indian cherry pulp with and without enzymatic treatment. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.3, p.59-64, 2000.

MAX, F.; MAIA, J.G.S. Vitamins in fruit and vegetables of the amazon 1. Methods for the determination of β -carotene, tocopherol and ascorbic acid with high performance liquid chromatography (HPLC). **Acta Amazônica**, v.13, n.5-6, p.823-30, 1983.

McNEIL, M.; DARVILL, A.G.; FRY, S.C.; ALBERSHEIM, P. Structure and function of the primary cell walls of plants. **Annual Review of Biochemistry**, v.53, p.625-663, 1984.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques.** 2ed. Boca Raton, FL: 1998.

MENEZES, T.J.B.; SARMENTO, S.B.S.; DAIUTO, E. R. Influência de enzimas de maceração da produção de puba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, 1998.

MICARD, V.; RENARD, C.M.G.C.; THIBAUT, J.F. Influence of pretreatments on enzymic degradation of a cellulose-rich residue from sugar-beet pulp . **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.30, p.284-291, 1997.

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

MODESTA, R.C.D.; GONÇALVES, E.B.; AMAURI OSENTHAL, A.; SILVA, A.L.S.; FERREIRA, J.C.S. Desenvolvimento do perfil sensorial e avaliação sensorial/instrumental de suco de maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, 2005.

MONTEIRO, A.R. **Estudo da cinética de extração dos sólidos da casca do fruto do bacuri (*Platonia insignis* Mart) com CO₂ líquido**. Campinas, 1995. 66p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.

MORAES, V.H.F.; MÜLLER, C.H.; SOUZA, A.G.C.; ANTÔNIO, I.C. Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. **Angewandte Botanik**, v.68, p.47-52, 1994.

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.

MOURÃO, K.S.M.; BELTRATI, C.M. Morfologia dos frutos, sementes e plântulas de *Platonia insignis* Mart (*Clusiaceae*). I. Aspectos anatômicos dos frutos e sementes em desenvolvimento. **Acta Amazônica**, v.25, n.1/2, p.11-31, 1995a.

MOURÃO, K.S.M.; BELTRATI, C.M. Morfologia dos frutos, sementes e plântulas de *Platonia insignis* Mart. (*Clusiaceae*). II. Morfo-anatomia dos frutos e sementes maduros. **Acta Amazônica**, v.25, n.1/2, p.33-45, 1995b.

MOURÃO, K.S.M.; BELTRATI, C.M. Morfologia dos frutos, sementes e plântulas de *Platonia insignis* Mart. (*Clusiaceae*). III. Germinação e plântulas. **Acta Amazônica**, v.35, n.1/2, p.47-52, 1995c.

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

MUNIZ, M.B.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; DUARTE, M.E.M. Caracterização termofísica de polpas de bacuri. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26 n.2, p.360-368. 2006.

NARAIN, N.; BORA, P.S. Estudo do rendimento do suco de banana por tratamentos enzimáticos. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p.43-51p, 1987.

NARAIN, N.; BORA, P.S. Extração enzimática do suco de mamão (*Carica papaya L.*). **Boletim SBCTA**, v.20, p.141-152, 1986.

NAZARÉ, R.F.R. de; MELO, C.F.M. **Extração do aroma de bacuri e sua utilização como flavorizante em iogurte natural**. Belém: Embrapa - CPATU, 1981, 13p. (Embrapa – CPATU. Circular técnica, 13).

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).

NISHIO, N.; NAGAI, S. Production of macerating enzymes of mandarin orange peel by fungal cultures. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.6, n.4, p. 371-378, 1978.

NOVOZYMES. **A ação das enzimas**. Bioindustrial Group - Novo Nordisk, Novo Allé, 2880 - Bagsvaerd, Dinamarca. (Araucária, PR - Brasil), 1995, p.5-34.

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.

OLIVEIRA Jr., M.E.; MANICA, I. **Mercado de frutíferas**: principais países e quantidades de frutas produzidas no mundo. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br>. Acesso em: 01 de dezembro de 2007.

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.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAULA, R.D.G. Estudo químico do mesocarpo do bacuri. **Anais da Associação Química do Brasil**, v.4, n.3, p.173-176, 1945.

PECHNIK, E.; SIQUEIRA, R. de; Dados analíticos sobre 20 frutos brasileiros. **Imprensa Médica**, n.439, p.30-44, 1950.

PETER, J. Enzymic treatment of tropical fruit for improvment of concentration capability and sediment stability of pulp and juice. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.19, p.81-87, 1986.

PILNIK, W.; VORANGE, A.G.J. Effect of enzymes treatment on the quality of processed fruit and vegetables. **ACS Symposium Series**, v.405, p.250-269, 1989.

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

PIO CORRÊA, M.P. 1926/1969. **Dicionário das plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: IBDF, v.6, 1969.

POTTER, N.N. **Food Science.** New York, AVI, 1973, p. 488-517.

PRESSEY, R. Enzymes involved in fruit softening. In: Enzymes in Food and Beverages Processing. **ACS Symposium Series**, v.47, p.172-191, 1977.

RICHCORE. Disponível em: <<http://www.richcoreindia.com/> - 27k>. Acesso em: 25 de dezembro de 2007.

ROBINSON, D.S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1991, 516 p.

ROGEZ, H.; BUXANT, R.; MIGNOLET, E.; SOUZA, J.N.S.; SILVA, E.M.; LARONDELLE, Y. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araca-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **European Food Research Technology**, v.218, p.380-384, 2004.

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.

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.

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, 2004, 89 p.

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.

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

SAS. **User's Guide:** basic and statistic. Cary: SAS, 1995. 1686 p.

SAVARY, B.J.; HOTCHKISS, A.T.; CAMERON, R.G. Characterization of a salt-independent pectin methylesterase purified from Valencia orange peel. **Journal Agricultura and Food chemistry**, V. 50, n.12, p.3553-3558, 2002.

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.

SEYMOUR, G.B.; HARDING, S.E.; TAYLOR, A.J.; HOBSON, G.E.; TUCKER, G.A. Polyuronide solubilization during ripening of normal and mutante tomate fruit. **Phytochemistry**, v.26, n.6, p.1871-1875, 1987.

SHANLEY, P., **As the Forest falls: the changing use, ecology and value of non-timber forest resources for caboclo communities in eastern Amazonia.** 2000. 214P. Tese (Doutorado) – The Durrel Institute of Conservation and Ecology, The University of Kent, Canterbury.

SHEWFELT, A.L.; PAYNTER, V.A.; JEN, J.J. Textural changes and molecular

characteristics of pectic constituents in ripening peaches. **Journal Food Science**, v.36, p.573-577, 1971.

SIEBEL, J.E. Specific heat of various products. **Ice and Refrigeration**, v.2, p.256-257, 1982.

SILVA, V.K.L.; LIMA, R.M.T.; FIGUEIREDO, R.W. Desenvolvimento de néctar de bacuri. In: CONGRESSO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, UFC, 2007, Fortaleza/CE. In: **ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA**, 26. UFC, 2007.

SILVA, E.G.; BORGES, M.F.; MEDINA, C.; PICCOLI, R.H.; SCHWAN, R.F. Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits. **FEMS Yeast Res**, v.5, n.9, p.859-865, 2005.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 232p.

SILVA, A.P.V.; MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F.; FIGUEIREDO, R.W.; BRASIL, I. M. Estudo da produção do suco clarificado de cajá (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p. 33-36, 1999.

SILVA, A.P.V. **Processamento e estabilidade dos sucos polposos e clarificados de cajá (*Spondias lutea* L.)**. Fortaleza, 1995, 115p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará.

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.

SOUZA, J.V.B.; SILVA, E.S.; MAIA, M.L.S.; TEIXEIRA, M.F.S. Screening of fungal strains for pectinolytic activity: endopolygalacturonase production by *Peacilomyces clavissporus* 2A.UMIDA.1. **Process Biochemistry**, v.39, n.4, p.455-458, 2003.

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.

SOUZA, V.A.B.; VASCONCELOS, L.F.L.; ARAÚJO, E.C.E.; ALVES, R.E. **Bacurizeiro** (*Platonia insignis* **Mart.**). Jaboticabal: Funep, 2000. 72p. (Série Frutas Nativas, 11).

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, 1996. 204p.

SPAGNUOLO, M.; CRECCHIO, C.; PIZZIGALLO, M.D.R.; RUGGIERO, P. Synergistic effects of cellulolytic and Pectinolytic enzymes in degrading sugar beet Pulp. **Bioresource Technology**, v.60, p.215-222, 1997.

SREENATH, H.K.; KRISHNA, K.R.S.; SANTHANAM, K. Enzymatic liquefaction of some varieties of mango pulp. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.28, p.196-200, 1994.

STELLA, R. A importância dos sais minerais para o organismo. Disponível em: http://www1.uol.com.br/cyberdiet/colunas/030725_nut_saisminerais.htm.

Acesso em: 25 de junho de 2007.

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

STRUEBI, P.; ESCHER F.E.; NEUKOM, H. Use of a macerating pectic enzyme in apple nectar processing. **Journal of Food Science**, v.43, n.1, p.260–263, 1978.

TEIXEIRA G.H.A.; DURIGAN, J.F.; LIMA, M.A.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Postharvest changes and respiratory pattern of bacuri fruit (*Platonia insignis* Mart.) at different maturity stages during ambient storage. **Acta Amazônica**, v.35, n.1, p.17-21, 2005.

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

TING, S.V.; ROUSEFF, R.L. **Citrus fruits and their products: analysis y technology**. New York: Marcel Dekker, 1986. 293p.

TRIBESS, T.B. **Estudo da cinética de inativação térmica da pectinesterase em suco de laranja natural minimamente processado**. São Paulo, 2003. 117 p. (Dissertação de Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

TUCKER, G.A. In: SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. Cambridge: Chapman & Hall, 1993, p.3-43.

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

Universidade Federal do Pará. UFPA. Disponível em: <http://www.sposito.com.br/artigoroberta.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2006.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3.ed. Washington, DC: American Public Health Association (APHA), 1992, 1219 p.

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).

WHITAKER, J.R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker Inc., 1972. 636p.

WIKIPÉDIA. **A inciclopédia livre**. Disponível em: [http://www.pt.wikipedia.org/wiki/ATP_\(calor_específico\)_-16k](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/ATP_(calor_específico)_-16k). Acesso em: 27 de maio de 2007.

WILKINS, M.R.; WIDMER, W.W.; GROHMANN, K.; CAMERON, R.G. Hydrolysis of grapefruit peel waste with cellulase and pectinase enzymes. **Bioresource Technology**, v.98, p.1596-1601, 2007.

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