

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

**Polpa de Cajá (*Spondias mombin* L.) Processada por Alta
Pressão Hidrostática**

Júlia Hauck Tiburski

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**POLPA DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.) PROCESSADA POR ALTA
PRESSÃO HIDROSTÁTICA**

JÚLIA HAUCK TIBURSKI

Sob a Orientação de
Amauri Rosenthal

e Co-orientação de
Rosires Deliza

Dissertação submetida como
requisito parcial para
obtenção do grau de **Mestre
em Ciência e Tecnologia de
Alimentos**

Seropédica, RJ
Março, 2009.

664.80444

T552p

T

Tiburski, Júlia Hauck, 1982-
Polpa de Cajá (*Spondias mombin*
L.) processada por alta pressão
hidrostática, Rio de Janeiro. /
Júlia Hauck Tiburski
- 2009.

110 f.: il.

Orientador: Amauri Rosenthal.
Dissertação (mestrado) -
Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos.

Bibliografia: f. 92-110

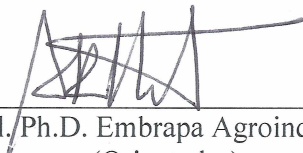
1. Umbu-Caja - Processamento -
Teses. 2. Imbu-Caja- Aspectos
nutricionais - Teses. 3. Polpa de
frutas - Indústria - Teses. 4.
Pressão hidrostática - Teses. I.
Rosenthal, Amauri, 1960-. II.
Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

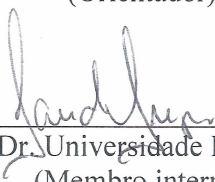
JÚLIA HAUCK TIBURSKI

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 23 (vinte e três) de março de 2009.



Amauri Rosenthal, Ph.D. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)



Sandra Regina Gregório, Dr. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(Membro interno)



Renata Torrezan, Dr. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro externo)



Ronoel L. de Oliveira Godoy, Dr. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro interno)



Daniela de Grandi Castro Freitas, Dr. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro externo)

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela oportunidade e cessão de suas instalações para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aos meus orientadores, Amauri e Rosires, por toda a confiança que depositaram em mim, pela paciência e dedicação que mostraram durante o decorrer desses dois anos. Além de orientadores vocês foram amigos, pais e exemplo de profissionais. À vocês todo meu carinho e admiração.

À banca examinadora, Sandra Gregório, Ronoel Godoy, Daniela Freitas e Renata Torrezan pelas sugestões e considerações.

Aos meus dedicados provadores: Alda Letícia, Daniela, Fernanda, Filé, Geisa, Isabelle, Janine, Luana, Monica, Monique, Ronoel e Sidney. Muito obrigada vocês foram parte fundamental deste estudo.

À melhor estagiária que já conheci, Luana Tashima, pela realização das análises de microbiologia, processamentos, enfim, por toda a cooperação, amizade e por ser essa pessoa fantástica.

À equipe do Laboratório de Sensorial, Aline, Zé Carlos e Daniela e a todos os estagiários que passaram por ali, em especial, Alessandra, Ana Paula, Marcela e Luciana.

Aos funcionários da Planta, Filé, William e Cláudio por toda a ajuda durante os processamentos.

À equipe do Laboratório de Cromatografia, Ronoel, Sidney, Rafael, Suellen e Pedro pelo auxílio na realização das análises de Carotenóides.

Aos funcionários do Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Embrapa Agroindústria de Alimentos – Simone, Flávia, Janine, pelo apoio técnico para a realização das análises.

Ao meu marido e amado Luís Henrique, que esteve ao meu lado durante esses dois anos, sempre me apoiando, me incentivando e acreditando em mim. Obrigada por todo teu amor, paciência e por toda a ajuda e suporte que me deste. À ti todo meu amor e meus sinceros agradecimentos!

À minha mãe, Adela e minha avó, Vilma, pelo apoio e incentivo incondicional e por terem me tornado a pessoa que sou. Tudo que sou hoje devo a vocês! Meu muito obrigado, com muita saudade e orgulho por ter vocês na minha vida.

Aos meus tios Erica e Miguel e minhas primas, Sofia e Helena, pelo carinho e apoio.

Aos grandes amigos que fiz durante esse período, Fernanda, Monique, Alda Letícia, Luana, Flávia, Isabelle e Eliana, que tornaram esse período muito mais divertido, agradável e com quem aprendi muito. Espero tê-los na minha vida por muito tempo.

A todos que contribuíram de alguma maneira para realização deste trabalho.

TIBURSKI, JÚLIA HAUCK. **Polpa de Cajá (*Spondias mombin* L.) Processada por Alta Pressão Hidrostática**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ. 2009.

O processamento por Alta Pressão Hidrostática (APH) é capaz de inativar microrganismos e enzimas responsáveis por deterioração de alimentos, submetendo-se o produto a pressões da ordem de 100 a 1000 MPa. Uma das vantagens dessa tecnologia decorre do fato de não utilizar calor preservando, dessa forma, atributos sensoriais e nutricionais, produzindo alimentos com alta qualidade. Este estudo teve como objetivo investigar o processo de alta pressão na conservação de polpa de Cajá (*Spondias mombin* L.) de modo a avaliar sua segurança microbiológica e sua qualidade sensorial e nutricional. O trabalho foi realizado na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). A polpa de cajá foi processada por alta pressão hidrostática utilizando diferentes níveis de pressão e tempo de retenção, seguindo um delineamento do tipo composto central. Foram realizadas análises microbiológicas (para *Salmonella* spp., coliformes a 45°C, fungos filamentosos e leveduras), físico-químicas (pH, acidez, sólidos solúveis), de inativação enzimática, carotenóides, atividade antioxidante, teor de fenólicos totais, perfil de aroma e cor instrumental. Foi determinada a vida útil do néctar obtido a partir da polpa pressurizada em duas condições de tempo e pressão. As características sensoriais dos néctares obtidos foram avaliadas através de Análise Descritiva Qualitativa (ADQ) e aceitação do consumidor com relação ao néctar obtido a partir da polpa pressurizada, da polpa não pressurizada (controle) e de marcas comerciais disponíveis no mercado. Os dados foram analisados através da Análise de Variância (ANOVA), testes de médias de Tukey, Análise de Componentes Principais (ACP), Mapa Interno da Preferência, Análise de Segmentos, bem como pelo Mapa Externo da Preferência utilizando o programa estatístico Statistica e XLSAT. O processamento da polpa por alta pressão foi eficaz na inativação da contaminação inicial da polpa e na preservação do néctar refrigerado por até 28 dias. Não houve efeito negativo significativo no teor de fenólicos e na atividade antioxidante. A enzima peroxidase não foi completamente inativada em nenhum dos tratamentos realizados. Não houve diferença significativa na cor, no pH e na acidez entre os tratamentos e em relação à amostra controle. Os resultados obtidos na determinação de concentração de polpa e doçura “ideais” para a formulação do néctar de cajá foram 33% e 10,5%, respectivamente. A ADQ revelou similaridade entre as características sensoriais do néctar de cajá pressurizado e o néctar obtido da polpa controle. No Teste de Aceitação, as amostras pressurizada e controle obtiveram as maiores notas. A análise de segmentos dos dados da aceitação revelou três grupos distintos de consumidores.

Palavras-chave: Alta Pressão Hidrostática, Análise Sensorial, Cajá, componentes nutricionais.

TIBURSKI, JÚLIA HAUCK. **Processed Yellow Mombin (*Spondias mombin* L.) pulp using high hydrostatic pressure.** 2009. 110 p. Dissertation (MSc in Food Science and Technology). Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ. 2009.

High pressure processing (HPP) can generally inactivate microorganisms and enzymes responsible for food deterioration. The food material is submitted to elevated pressures (from 100 MPa up to 1000 MPa). One of the key advantages of this technology is that it enables food processing at ambient temperature, maintaining the quality of fresh foods, with minimal effects on its flavour and nutritional value. The aim of this study was to evaluate the effects of HPP on yellow mombin pulp (*Spondias mombin* L.) preservation in order to assure its microbiological safety and its sensory and nutritional quality. The study was conducted at Embrapa Food Technology (Rio de Janeiro, RJ, Brazil). The yellow mombin pulp was processed by HPP using different levels of pressure and retention time, according to a central composite design. Microbiological analyses (*Salmonella spp.*, Coliforms at 35 and 45°C, Moulds and Yeasts) were carried out, as well as physical-chemical analyses (pH, titrable acidity, soluble solids), peroxidase activity, carotenoids, antioxidant activity, total phenolics, volatile compounds profile and instrumental color. The shelf life of the nectar formulated from the pressurized pulp was also assessed. The sensory characteristics of the referred nectar and from the *in natura* pulp (control), as well as commercial yellow mombin pulps were evaluated using Quantitative Descriptive Analysis (QDA). The same samples were evaluated regarding consumer acceptance. Data were analyzed through Analysis of Variance, Principal Component Analysis (PCA), Internal Preference Mapping, Cluster Analysis, and External Preference Mapping, using Statistica and XLSTAT software. HPP effectively inactivated the initial contamination and preserved the refrigerated nectar for 28 days. There was no negative effect on the total phenolic content and antioxidant activity. Peroxidase was not fully inactivated on none of the treatments. HPP showed no significant effect on the colour, pH and titrable acidity. Regarding the aroma profile, there was no major change in the relative concentrations of the various compounds compared to the control sample. The ideal levels of pulp concentration and sweetness determined by the consumers was 33% and 10.4%, respectively. QDA revealed a sensory similarity between the nectar formulated from pressurized pulp and control pulp. The pressurized sample and the control one were preferred by participants on the Acceptance Test. Cluster Analysis revealed three distinct segments of consumers.

Key-words: high hydrostatic pressure; yellow mombin; quality; sensory evaluation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de produtos comerciais processados por APH.....	19
Tabela 2. Resultados importantes na área de aplicação de APH em frutas.....	23
Tabela 3. Classificação dos compostos fenólicos.....	28
Tabela 4. Variáveis de Processo	41
Tabela 5. Delineamento experimental	42
Tabela 6. Amostras avaliadas na ADQ.....	50
Tabela 7. Composição centesimal e caracterização físico-química da polpa de cajá.....	52
Tabela 8. Composição em minerais da polpa de cajá <i>in natura</i>	53
Tabela 9. Características físico-químicas das amostras de polpa de cajá submetidas à APH em comparação ao controle (<i>in natura</i>).....	55
Tabela 10. Contagem de coliformes a 35°C e 45°C, fungos filamentosos e leveduras e <i>Salmonella spp.</i> em polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática.	56
Tabela 11. Atividade residual de peroxidase em polpa de cajá resultante do processamento a alta pressão hidrostática.....	59
Tabela 12. Comparação entre as médias dos teores de fenólicos.	62
Tabela 13. Atividade antioxidante da polpa de cajá controle e das amostras processadas por APH	64
Tabela 14. Teor de carotenóides na polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática...	67
Tabela 15. Compostos voláteis identificados na polpa de cajá controle e processada por alta pressão e suas respectivas áreas relativas.	70
Tabela 16. Parâmetros de cor avaliados nas amostras pressurizadas	74
Tabela 17. Critérios usados para a seleção das condições do estudo de vida útil	74
Tabela 18. Atributos sensoriais do néctar de cajá: definições e respectivas referências.....	79
Tabela 19. Média dos atributos sensoriais para as amostras de néctar de cajá.....	80
Tabela 20. Matriz de correlação** para os atributos do néctar de cajá.....	81
Tabela 21. Médias* da aceitação atribuídas às mostras de néctar de cajá pelos consumidores.	83
Tabela 22. Médias** da aceitação atribuídas às mostras de néctar de cajá pelos diferentes segmentos de consumidores.	86
Tabela 23. Características sócio-demográficas dos consumidores.....	87
Tabela 24. Correlação* entre os atributos sensoriais e a média de aceitação das amostras	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árvore e inflorescência da cajazeira (LORENZI, 1998)	16
Figura 2. O fruto da cajazeira (STRI, 2008).....	16
Figura 3. Número de plantas de processamento de alta pressão (MATHYS, 2008).....	18
Figura 4. Percentual dos tipos de produtos pressurizados (MATHYS, 2008).	19
Figura 5. Sistema direto (A) e sistema indireto (B) (ARDIA, 2004).	20
Figura 6. Diagrama pressão <i>versus</i> temperatura da água, decorrente do calor adiabático (ARDIA, 2004).....	21
Figura 7. Fluxograma de processamento do cajá	40
Figura 8. Equipamento de Alta Pressão Hidrostática Stansted Fluid Power.....	43
Figura 9. Fluxograma de processamento por APH da polpa de cajá	44
Figura 10. Diagrama de Pareto para os efeitos da pressão e tempo na contagem de fungos filamentosos e leveduras em polpa de cajá processada por alta pressão	56
Figura 11. Superfície de reposta e gráfico de contorno referentes ao efeito de pressão e tempo de pressurização na contagem de fungos e leveduras em polpa de cajá.....	57
Figura 12. Variação da atividade de POD em polpa de cajá <i>in natura</i> com pH	58
Figura 13. Diagrama de Pareto correspondente à análise de superfície de resposta de atividade de peroxidase de polpa de cajá processada por alta pressão	60
Figura 14. Influência da pressão e do tempo na atividade da peroxidase (POD) de polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática	61
Figura 15. Variação do teor de fenólicos em polpa de cajá processada por APH, em relação ao tempo e a pressão de processo	63
Figura 16. Diagrama de Pareto correspondente ao ajuste da variável de resposta atividade antioxidante em polpa de cajá em função do tempo e nível de pressão hidrostática	65
Figura 17. Superfície de Resposta e gráfico de contorno a variável atividade antioxidante em polpa de cajá, em função da pressão e tempo de pressurização	65
Figura 19. Variação (%) do teor de carotenóides em polpa de cajá decorrente dos tratamentos de alta pressão em relação a amostra controle não processada	68
Figura 20. Superfícies de contorno representando o efeito da pressão e do tempo de pressurização em polpa de cajá sobre a) carotenóides totais, b) luteína, c) zeinoxantina, d) β -criptoxantina, e) α -caroteno e f) β -caroteno.	69
Figura 21. Principais componentes voláteis da polpa de cajá obtidos por microextração em fase sólida	73
Figura 22. Contagem de Psicrófilos em néctar de cajá preparado a partir de polpa sem tratamento e tratada por APH, armazenado a 4°C.....	75
Figura 23. Contagem fungos filamentosos e leveduras em néctar de cajá preparado a partir de polpa sem tratamento e tratada por APH, armazenado a 4°C.	76
Figura 24. Determinação da diluição ideal de polpa para a formulação de néctar de cajá.	77
Figura 25. Determinação da doçura ideal para a formulação no néctar de cajá.....	77
Figura 26: ACP das amostras de néctar de cajá, posição dos atributos sensoriais.....	82
Figura 27. ACP das amostras de néctar de cajá, posição das amostras.....	82

Figura 28. Dendrograma dos consumidores (n=112).....	85
Figura 29. Mapa Interno da Preferência mostrando: (a) posição das amostras e (b) posição dos consumidores e dos três segmentos formados no espaço gráfico definido pelas duas primeiras dimensões.	85
Figura 30. Mapa Externo da Preferência: amostras e segmento de consumidores.	88
Figura 31. Mapa Externo da Preferência: atributos sensoriais definidos na ADQ.....	88
Figura 32: Mapa Externo de Preferência sobreposto a superfície de contorno gerada por modelos ajustados aos dados de aceitação	90

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Cajá	15
2.2	Alta Pressão Hidrostática	17
2.2.1	Aplicação de alta pressão em produtos de fruta	22
2.2.2	Efeito da alta pressão sobre microrganismos	24
2.2.3	Efeito da Alta pressão sobre a atividade antioxidante.....	26
2.2.4	Compostos fenólicos e o efeito da alta pressão	27
2.2.5	Efeito da alta pressão sobre enzimas	29
2.2.6	Carotenóides e o efeito da alta pressão	31
2.2.7	Efeito da alta pressão sobre a cor	33
2.2.8	Efeito da alta pressão sobre compostos voláteis	34
2.3	Análise Sensorial.....	34
2.3.1	Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	35
2.3.2	Teste de aceitação.....	36
2.3.3	Mapa de preferência	37
3	MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1	Material	40
3.1.1	Polpa de cajá (<i>Spondias mombin</i>)	40
3.2	Métodos.....	40
3.2.1	Determinação da Composição Centesimal e Teor de Minerais	40
3.2.2	Planejamento Experimental.....	41
3.2.3	Processamento a alta pressão	42
3.2.4	Processamento térmico.....	44
3.2.5	Determinações Físico-Químicas.....	45
3.2.6	Análises microbiológicas	45
3.2.7	Atividade de peroxidase	46
3.2.8	Atividade antioxidante	47
3.2.9	Quantificação de fenólicos totais	47
3.2.10	Quantificação de carotenóides.....	48
3.2.11	Perfil de compostos voláteis.....	48
3.2.12	Análise de cor.....	48
3.2.13	Análise Sensorial	49
3.2.14	Avaliação da estabilidade do néctar de cajá.....	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1	Caracterização da polpa de cajá	52
4.2	Efeito da Alta Pressão Hidrostática (APH) sobre qualidade e segurança da polpa de cajá	54
4.2.1	Efeito da APH sobre as características físico-químicas da polpa de cajá	54
4.2.2	Caracterização microbiológica da polpa de cajá processada por APH	55
4.2.3	Efeito da APH sobre atividade de peroxidase (POD) de polpa de cajá	58
4.2.4	Efeito da APH sobre o teor de fenólicos totais	61
4.2.5	Efeito da APH sobre a atividade antioxidante.....	64
4.2.6	Efeito da APH no teor de carotenóides	66
4.2.7	Efeito da APH nos compostos voláteis	70
4.2.8	Análise de cor.....	73

4.2.9	Efeito da APH na estabilidade do néctar de cajá armazenado refrigerado	74
4.3	Análise Sensorial.....	77
4.3.1	Determinação da Diluição Ideal e Doçura Ideal	77
4.3.2	Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	78
4.3.3	Teste de Aceitação.....	83
4.3.4	Mapa Externo da Preferência (MEP)	87
5	CONCLUSÃO	91
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

1 INTRODUÇÃO

Os processos convencionais de conservação dos alimentos, principalmente os que envolvem a utilização tecnológica do calor, sob qualquer forma, apresentam empecilhos intrínsecos que dificultam o desenvolvimento de novos produtos, tão desejados e necessários para um setor industrial que se amplia e aprimora sob constante e acirrada competição. A substituição destas formas tradicionais de processamento por métodos menos drásticos e agressivos, que possibilitem a obtenção de produtos de melhor qualidade e aparência para o público consumidor, vem merecendo grande destaque nos estudos técnico-científicos nas últimas décadas. Os processos térmicos podem ocasionar alterações indesejáveis, notadamente relativas aos aspectos nutricionais e sensoriais. Dentre algumas das alterações nutricionais indesejáveis, incluem-se a destruição de vitaminas termolábeis e a diminuição do valor nutricional de proteínas. No que diz respeito aos aspectos sensoriais, as alterações indesejáveis que podem ser ocasionadas pelo processamento térmico incluem a destruição de pigmentos termolábeis e o desenvolvimento de sabor indesejável (amargo, queimado, cozido, etc.). Desta forma, processos alternativos vêm sendo investigados, como possíveis tecnologias promissoras a serem empregadas em larga escala industrial e, entre esses, encontra-se a aplicação de alta pressão.

O emprego da tecnologia de processamento por alta pressão vem sendo igualmente estudado visando a substituição ou complementação de processos convencionais com fornecimento de calor, de forma a evitar as reações responsáveis pela deterioração de alimentos. Desse modo, o processamento a alta pressão pode ocasionar a destruição ou redução drástica da carga microbiana inicial do alimento e inativar certas enzimas que são diretamente responsáveis pela deterioração, mantendo os atributos nutricionais e sensoriais dos produtos.

O aumento crescente da demanda por produtos com aparência natural, apresentando valor nutricional e características sensoriais ainda mais próximos das matérias-primas originais tem levado a intensificação dos estudos para a busca de tecnologias alternativas que visam a obtenção dos produtos ditos minimamente processados. Dentre esses métodos incluem-se o tratamento por alta pressão hidrostática que, basicamente, consiste em submeter o alimento a pressões entre 500 a 10000 MPa por um certo tempo, variando desde poucos segundos até uma hora.

A pressão é submetida de modo isostático, ou seja, é aplicada instantaneamente e uniformemente, sem que haja variação da mesma no interior do produto ou da embalagem. Os principais efeitos da alta pressão sobre o alimento podem ser: (1) inativação de microrganismos; (2) modificação de biopolímeros, tais como desnaturação de proteínas, formação de géis, ativação ou desativação de enzimas, influência na degradação ou extração de compostos; (3) retenção de qualidade, especialmente com relação ao aroma, sabor e valor nutricional; e (4) alteração das características físicas e funcionais do produto, incluindo mudança na densidade, temperatura de congelamento e fusão, e atributos de textura.

As polpas de frutas são alimentos delicados e sensíveis ao processamento térmico tradicional. Os apelos da diversidade tropical, entre outros fatores, fazem com que o mercado interno e externo esteja em ascensão, estimulando diretamente o agronegócio brasileiro com o crescimento e consolidação de um parque agroindustrial disperso, mas que leva desenvolvimento regional, e que é gerador de empregos e de divisas para o país. Todavia, a aceitação dos produtos derivados, ou que se caracterizam por conter estas matérias-primas, depende da manutenção, na sua integralidade, das suas características naturais. Assim, o processamento de polpas de frutas por alta pressão é um campo especial das ciências agroalimentares que necessita e busca conhecimentos científicos para consolidar o

desenvolvimento tecnológico, visando sua ampla aceitação industrial com a possibilidade de extensão de escala.

O Cajá (*Spondias mombin* L.) é uma fruta de origem tropical de coloração intensa, apreciado por seu gosto doce e ácido característico. Possui ampla adaptação ao clima quente e úmido das regiões Norte e litorânea do Nordeste, o que motiva o surgimento de uma agroindústria associada à sua produção e processamento. Suas particularidades sensoriais resultam em ampla aceitação, e fazem com que seja cada vez mais consumido nas demais regiões do país, com possibilidades de ampliar ainda mais este mercado quando se vislumbra as oportunidades de exportação.

O perfil das exportações brasileiras de frutos apresenta uma tendência crescente de exportação, inclusive do produto processado. Um grande potencial tem-se apresentado para as polpas, sucos e néctares. Nas últimas décadas, o comércio internacional desses produtos vem apresentando crescimento acelerado, tendo sido, por exemplo, no caso de sucos, triplicado a partir de 1980. Assim, este trabalho se justifica pelo empenho em associar a ciência e os avanços tecnológicos básicos sobre o processamento de alimentos por alta pressão com a possibilidade de ampliar o conhecimento sobre o Cajá e suas características quantitativas e qualitativas, de forma a contribuir com o progresso de um setor da agroindústria genuinamente nacional.

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a aplicação da tecnologia de alta pressão sobre polpa natural de Cajá (*Spondias mombin* L), com vistas à aplicação segura e eficiente de processamento e definir os parâmetros quantitativos e qualitativos do produto processado no que diz respeito à saúde e preferências do consumidor. E como objetivos específicos, o trabalho pretendeu:

1. Avaliar a qualidade microbiológica da polpa de Cajá processada por alta pressão;
2. Estudar as alterações químicas e bioquímicas resultantes do processamento a alta pressão aplicado à polpa de Cajá;
3. Avaliar o efeito dessas possíveis alterações sobre as qualidade sensorial e nutricional do produto processado;
4. Realizar estudo de estabilidade ao longo do armazenamento refrigerado de néctar de Cajá formulado a partir da polpa pressurizada;
5. Realizar estudo de consumidor de néctar de Cajá formulado a partir da polpa processada por tecnologia de alta pressão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cajá

A cajazeira é uma árvore frutífera, que se encontra dispersa nas regiões tropicais da América, África e Ásia. No Brasil, é encontrada principalmente nos estados do Norte e Nordeste, mas também está disseminada em menor escala em quase todos os quadrantes do país (SACRAMENTO & SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000).

Os frutos da cajazeira recebem diferentes denominações, de acordo com a região de origem. Na Amazônia, é vulgarmente conhecido como *Taperebá*; no sudeste do Brasil como *cajá-mirim*, *cajá-pequeno*; e na maioria dos estados do Nordeste, onde ocorre espontaneamente em condições silvestres competindo com outras espécies vegetais, ou em quintais e sítios e, até mesmo, na proteção e sombreamento do cacauzeiro, é simplesmente conhecido por *cajá* (BOSCO et al., 2000). Os nomes cajá e taperebá são corruptelas das palavras *acaja* e *tapiriba*, denominações indígenas para a fruta. *Acaja* significa *fruto de caroço* (de “acâ”, caroço e “ya”, fruta) e *tapiriba*, *fruto de anta* (de “tapir”, anta e “iba”, fruto), em alusão ao fato de que a fruta se constitui em um dos alimentos desse mamífero (LEDERMAN et al., 2008).

O cajá é também chamado de *prunier mombin* na Guiana Francesa; *ciruela de monte* e *jocote* na Guatemala; *ciruela amarilla* no México e Equador; *jobo* na América Central; *hogplum* ou *yellow mombin* na América do Norte (FILGUEIRAS et al., 2000).

O gênero *Spondias*, foi criado por Carolus Linnaeus em 1753, baseado na *S. mombin* L., encontrada em suas expedições pela América Tropical. A cajazeira (*Spondias lutea* L. ou *Spondias mombin* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Spondias*, formado por cerca de 18 espécies distribuídas em áreas tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, este gênero está representado pelos frutos da ceriguela ou siriguela (*Spondias purpurea* L.), cajarana (*Spondias cytherea* Sonn.), cajá-manga (*Spondias dulcis*), umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) e os naturais híbridos umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *Spondias lutea*) e umbuguela (*Spondias tuberosa* x *Spondias purpurea*). Porém, na zona oeste e sudoeste da Amazônia ocorrem também espécies nativas como o cajá de jaboti (*Spondias testudinis*) e o cajá-açu (*Spondias mombin* x *testudinis*) (LEDERMAN et al., 2008; SILVA JUNIOR et al., 2004; SOUZA, 1998; BORA et al., 1991).

Considerada como uma árvore frutífera tropical, a cajazeira situa-se entre as frutíferas perenes, produzindo frutos nutritivos, saborosos e de grande aceitação de mercado. A cajazeira é uma árvore frutífera tropical lenhosa, perenifólia ou secundária (Figura 1). Têm porte alto, atingindo 25 m de altura, folhas compostas pinadas, de 5-9 pares de folíolos opostos e troncos revestidos por casca grossa e rugosa de 40-60 cm de diâmetro, que esgalha e ramifica na parte terminal, o que confere um porte alto à planta. A copa é ampla, vistosa e imponente quando em fase de floração e frutificação (LORENZI, 1998).

A espécie encontra condições favoráveis de sobrevivência nos mais variados ecossistemas brasileiros, notadamente, naqueles existentes no Norte e Nordeste, por apresentarem maior estabilidade de temperatura e umidade relativa do ar. As condições climáticas ideais para o desenvolvimento da espécie são: temperatura média anual entre 25 a 28°C, umidade relativa do ar entre 60 a 80% e precipitação pluviométrica entre 700 e 1600mm, distribuída com certa regularidade nos meses de abril a agosto (BOSCO et al., 2000).



Figura 1. Árvore e inflorescência da cajazeira (LORENZI, 1998)

A cajazeira é uma espécie que sobrevive naturalmente na forma silvestre, cuja exploração é geralmente feita de modo extrativista ou em pequenos pomares domésticos (SACRAMENTO & SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000).

A altura das cajazeiras dificulta a colheita dos frutos na planta, desse modo, os cajás maduros desprendem-se da planta e caem. Na queda, muitos frutos se danificam ao se chocarem com galhos ou mesmo com o solo. Os frutos danificados perdem líquido e entram em processo de fermentação, além de ficarem expostos ao ataque de patógenos, formigas, insetos e roedores. Desse modo, a colheita, mesmo no chão, deve ser feita pelo menos duas vezes ao dia, para preservar a qualidade. Devido a problemas de colheita, condições de acesso e transporte, estima-se que menos de 30% da produção de cajá seja aproveitada atualmente para consumo humano (SACRAMENTO & SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000).

Os frutos da cajazeira são botanicamente caracterizados como drupas de 3 a 6 cm de comprimento, ovóides ou oblongos, achatados na base, com cor variando do amarelo ao alaranjado (Figura 2). A casca é fina, lisa, com polpa pouco espessa também variando do amarelo ao alaranjado, suculenta e de sabor ácido adocicado (BOSCO et al., 2000).

Com sabor exótico e diferenciado, o cajá já é bastante apreciado por aqueles que regionalmente têm acesso ao fruto. É bastante consumido *in natura* e na forma processada, em inúmeros produtos entre os quais, pode-se citar: polpas, sucos, néctares, doces, geléias, sorvetes e gelados, bebidas fermentadas e destiladas (SACRAMENTO e SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000).



Figura 2. O fruto da cajazeira (STRI, 2008)

A época de colheita varia nos diversos estados brasileiros, muito em função do regime pluviométrico peculiar a cada ambiente ou da constituição intrínseca à própria planta (BOSCO et al., 2000). Como exemplo, na região Amazônica, a safra geralmente ocorre de

dezembro a fevereiro, e na região Nordeste, de março a maio (SACRAMENTO e SOUZA, 2000).

A partir da década de 90, o cajá começou a ganhar o mercado interno brasileiro através de sua polpa congelada. A maior parte da produção da fruta está voltada para a produção de polpa, tal fato é justificável, devido a perecibilidade do fruto. O cajá deve ser comercializado, no máximo, 48 horas após a sua colheita (BOSCO et al., 2000).

No Brasil, notadamente no Norte e Nordeste, a espécie tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados.

Além da importância regional, os frutos da cajazeira vêm ganhando papel de destaque no agronegócio brasileiro, com o desenvolvimento de novos produtos e a comercialização em maior escala de sua polpa (SACRAMENTO e SOUZA, 2000).

Na Instrução Normativa n.º.12, de 10 de setembro de 1999, o Ministério da Agricultura e Abastecimento aprovou os Padrões de Identidade e Qualidade (P.I.Q) para polpas de maracujá, acerola, cacau, cupuaçu, graviola, açaí, caju, manga, goiaba, pitanga, uva, mamão, cajá, melão e mangaba (BRASIL, 1999). Segundo Brasil (1999), os Padrões de Identidade e Qualidade (P.I.Q) para polpas de cajá estipulam valores mínimos de pH (2,2), sólidos solúveis (9°Brix), acidez total (0,9 g/100g) e sólidos totais (9,50g/100g) e o máximo de 12g/100g para açúcares totais, naturais do cajá.

Pereira (2003), realizou o acompanhamento do processamento e armazenamento da polpa e do néctar de cajá em escala industrial e observou alterações de cor e mudanças deteriorativas no aroma original do fruto. Dentre as enzimas presentes, foram testadas as atividades enzimáticas da peroxidase e polifenoloxidase. Os estudos iniciais mostraram que a polpa apresentou alta atividade de peroxidase (58.560U/g) e baixa atividade de polifenoloxidase (92U/g).

2.2 Alta Pressão Hidrostática

Os consumidores avaliam a qualidade dos alimentos baseados nas suas características intrínsecas, como as sensoriais e nutricionais (aparência, aroma, textura, sabor, conteúdo calórico, vitaminas, etc.) e extrínsecas (embalagem, preço, disponibilidade, propaganda, etc.), as quais, juntamente com a sua vida útil, determinam a preferência individual por produtos específicos. Conseqüentemente, a venda de produtos frescos, resfriados e saudáveis está em crescimento (HOGAN et al., 2005). Contudo, essa demanda representa um desafio à indústria de alimentos que precisa implementar técnicas para manter os alimentos frescos por mais tempo, com vida útil e conveniência adequadas e, obviamente, assegurar a segurança alimentar. Devido a essa mudança de tendência na preferência dos consumidores, a indústria tem se esforçado para desenvolver novas tecnologias que forneçam o tratamento necessário através de processos não térmicos (WELTI-CHANES et al., 2005). Entre as tecnologias não-térmicas estudadas a que vem apresentando maior potencial de uso industrial é a alta pressão hidrostática (APH).

O processamento por alta pressão é uma tecnologia que atende potencialmente a muitos, se não todos, os mais recentes desafios enfrentados pela indústria de alimentos, uma vez que possibilita o tratamento de produtos mantendo as qualidades dos alimentos frescos e a conveniência e lucratividade associada à extensão da sua vida útil (NORTON & SUN, 2008).

A alta pressão produz diversos efeitos sobre os contaminantes e componentes dos alimentos, a saber (a) inativação de microrganismos; (b) modificação de biopolímeros incluindo a ativação e inativação enzimática, desnaturação protéica e formação de gel; (c) retenção das características de qualidade (cor, sabor, valor nutricional) e (d) modificação das propriedades físico-químicas da água (INDRAWATI & HENDRICKX, 2002).

O primeiro registro do uso de alta pressão como um método de preservação de alimentos foi em 1899, na Universidade da Virginia do Oeste, nos Estados Unidos, onde experimentos foram conduzidos usando-se alta pressão hidrostática para a conservação de leite, sucos de fruta, carne e uma variedade de frutas. Bert Hite demonstrou que microrganismos poderiam ser destruídos no leite se o mesmo fosse submetido a pressões de 650 MPa. Alguns anos depois, Bridgman (1914) publicou um trabalho sobre a coagulação da albumina do ovo pela aplicação de pressão, observando que as propriedades eram diferentes dos géis obtidos pela coagulação com calor (HENDRIKX & KNORR, 2002).

Altas pressões vêm sendo utilizadas comercialmente há mais de 30 anos na produção de cerâmicas, plásticos, metais, nas indústrias aeronáutica e espacial, nos processos de crescimento de cristais de quartzo e em reatores químicos, porém somente a partir da década de 90 começou a ser utilizada no tratamento de alimentos (HENDRIKX & KNORR, 2002).

A alta pressão hidrostática é uma tecnologia já implementada na indústria em diversos países. Em 1985, 21 empresas financiadas pelo Ministério da Agricultura do Japão, fundaram a Japanese R&D Association for High Isostatic Pressure in The Food Industry, com o objetivo de acelerar a implementação da tecnologia de APH na indústria de alimentos. Em 1990, foi lançado pela empresa Meidi-ya o primeiro produto processado por APH, uma geléia pressurizada. Nos anos seguintes, vários outros produtos foram lançados tais como molhos, sucos de fruta, bolos de arroz e lula crua (ELIZONDO, 1995). Europa e Estados Unidos também lançaram produtos pressurizados nos anos seguintes tais como sucos de fruta, presunto, embutidos, pratos prontos, guacamole, entre outros. O sucesso da tecnologia de alta pressão é demonstrado pelo grande número de novas plantas de processamento implantados nos últimos anos (Figura 3), 91 desde 2000, atingindo em 2007 o número de 110 plantas espalhadas por quatro continentes e processando os mais diversos produtos (MATHYS, 2008; URRUTIA-BENET, 2005).

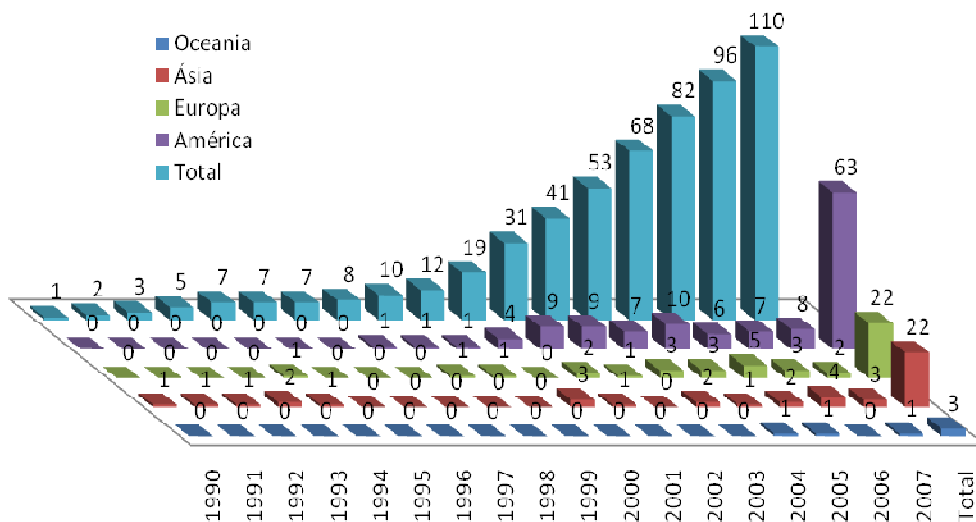


Figura 3. Número de plantas de processamento de alta pressão (MATHYS, 2008)

Os equipamentos possuem diferentes *designs* e capacidades (50 a 300 litros) e diferentes pressões de operação (100 a 650 MPa), mas em todos os casos o princípio é o mesmo: alta pressão hidrostática é capaz de inativar microrganismos em produtos alimentícios (já embalados ou não) sem a necessidade de altas temperaturas. O processamento por alta pressão já é aplicado a uma variedade produtos (Figura 4), tendo alcançado maior expressão na indústria cárnea.

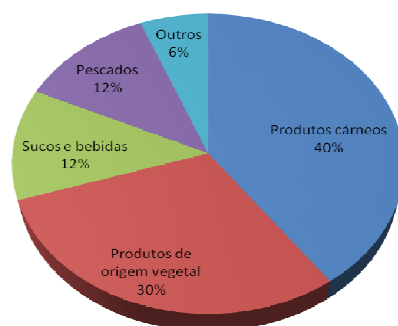


Figura 4. Percentual dos tipos de produtos pressurizados (MATHYS, 2008).

Na Tabela 1 estão apresentados alguns produtos pressurizados que já foram ou ainda são comercializados.

Tabela1. Relação de produtos comerciais processados por APH

Companhia/País	Ano	Produto	Tratamento
Wakayama Food Industries/Japão		Suco de tangerina	300–400MPa, 2–3 min, 20°C
Orchard House/Reino Unido		Sucos de fruta e smoothies	500MPa
Meiji-ya/Japão	1990	Concentrados de fruta, geléias e gelatinas	400 MPa, 10-20min, 150L/h
Pokka/Japão	1991	Sucos de fruta	200 MPa, 10-15min, 600L/h
Fuji Chiku/Japão	1994	Presunto cru salgado	250 MPa, 20°C, 3h
Pampryl/França	1994	Suco de laranja	400 MPa
Echigo Seika/Japão	1994	Arroz pré-cozido hipoalergênico	400 MPa, 10min, 45-70°C
Ultifruit/França	1995	Suco de laranja	
Avomex/EUA	1997	Guacamole	600 -700 MPa, 2 x 215L
España/Espanha	1998	Presunto fatiado e tapas	400 MPa, 15°C, 10-20min
Oysters Joey /EUA	1999	Ostras	
Jumex/México	2001	Sucos de fruta	500 MPa, 2 x 420L, 3000L/h
Portugal/Frubaca	2001	Suco de maçã	
Campo Frio/Espanha	2002	Presunto de frango cozido e fatiado, salame serrano	600 MPa, 20°C, 3min, 300 L
Hannah International/ EUA	2002	Hummus	
OYSA, Austrália	2002	Ostras	
Vismara/Itália	2004	Presunto “Prosciutto”, salame, mortadela e “pancetta”	600 MPa, 20°C, 300
Itohan/Japão	2004	Carne seca	600 MPa, 20°C, 150 L
Giezzi/Itália	2004	Bacalhau dessalgado	
Ocean choice/Canada	2004	Lagosta	275 MPa, 20°C, 1min, 300 L
Abraham/Alemanha	2005	Presunto defumado	600 MPa, 20°C, 150 L
Campofrio/Espanha	2005	Salmão pronto para servir	600 MPa, 20°C, 3min, 300 L

Fonte: (URRUTIA-BENET, 2005; INDRAWATI & HENDRIKX, 2002).

Um sistema comercial de alta pressão custa entre US\$500.000 e US\$2,5 milhões, dependendo da capacidade e da extensão da automação. Sendo uma nova tecnologia com mercado limitado, os produtos pressurizados podem custar de 6 a 12 centavos de dólar a mais

por quilo do que produtos processados termicamente. Com 2 ou mais vasos de pressão em funcionamento operando em condições normais, pode-se produzir aproximadamente 10 milhões de quilos por ano (BALASUBRAMANIAM & FARKAS, 2008).

Princípios de funcionamento

O processamento por alta pressão consiste na aplicação de pressão entre 50 e 1000 MPa a alimentos líquidos ou sólidos, embalados ou não. Equipamentos industriais de alta pressão podem funcionar tanto em batelada como de maneira contínua. A seleção do equipamento depende do tipo de alimento a ser processado. Alimentos sólidos ou com partículas só podem ser tratados em batelada enquanto que líquidos e produtos bombeáveis podem ser processados de modo semi-contínuo (TING & MARSHALL, 2002). A maioria dos equipamentos para a indústria de alimentos funciona em batelada, de modo que o produto é colocado na câmara de alta pressão, o vaso é fechado, enchido com o fluido transmissor de pressão e pressurizado bombeando-se o meio para dentro do vaso (método indireto) ou reduzindo o volume da câmara de pressão, através do uso de um pistão, por exemplo (método direto) (Figura 5). Fluidos geralmente utilizados como transmissores de pressão incluem água, glicerol, álcool 70%, óleos comestíveis, e água/emulsões de óleos comestíveis. Assim que a pressão desejada é alcançada, a bomba ou pistão para, as válvulas são fechadas e a pressão é mantida sem demanda de energia. Após o tempo de retenção o sistema é despressurizado, o vaso é aberto e o produto é descarregado, então o sistema pode ser recarregado com produtos, por operadores ou máquinas, dependendo do grau de automação da instalação (BALASUBRAMANIAM & FARKAS, 2008; HOGAN et al, 2005; WELTI-CHANES et al., 2005).

Um sistema semicontínuo com capacidade de 600L/hora de alimentos líquidos e uma pressão de operação máxima de 400 MPa é usado comercialmente para a produção de sucos de fruta, no Japão. Várias unidades podem ser arranjadas em seqüência de forma que enquanto uma unidade está sendo carregada, as outras se encontrem em estágios diferentes do processo (PALOU et al., 2002).

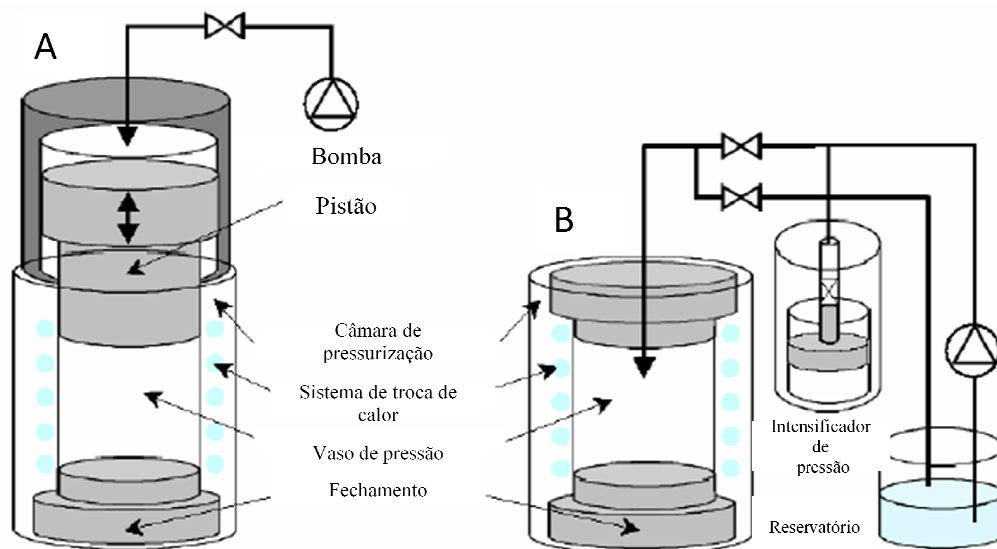


Figura 5. Sistema direto (A) e sistema indireto (B) (ARDIA, 2004).

Dois princípios físicos governam o processamento por alta pressão. O princípio isostático (ou princípio de Pascal): devido à alta velocidade de propagação da pressão (3000 m s^{-1} em água) ela age de maneira praticamente instantânea e uniforme nos alimentos,

independente do tamanho, geometria e composição; e o princípio de Le Chatelier, segundo qual todo fenômeno (transição de fase, mudanças na configuração molecular, reações químicas) relacionado à variação nos níveis de pressão está associado a uma mudança de volume, positiva ou negativa. O aumento de pressão favorece os fenômenos que provocam diminuição do volume, deslocando o equilíbrio na direção do sistema de menor volume (RASTOGI et al., 2006; ASANO & NOBLE, 1978).

A alta pressão hidrostática afeta as ligações não covalentes (pontes de hidrogênio, ligações iônicas e hidrofóbicas) uma vez que algumas dessas ligações são muito sensíveis à pressão. Compostos de baixo peso molecular, tais como os responsáveis pelas características sensoriais e nutricionais dos alimentos, não são afetados pela pressão, enquanto que compostos de alto peso molecular, cuja estrutura terciária é importante para a sua funcionalidade, são sensíveis (WELTI-CHANES et al., 2005).

O trabalho de compressão durante o tratamento leva a um aumento da temperatura do sistema devido ao calor adiabático (Figura 6), e sua extensão está relacionada à taxa de compressão utilizada, à composição do alimento e às propriedades termofísicas do fluido transmissor (ARDIA et al., 2004). Quanto maior a taxa de compressão utilizada maior será o incremento de temperatura, e quanto menor a taxa maior será o efeito de equilíbrio térmico e menor a temperatura final atingida. A temperatura no interior do vaso tende ao equilíbrio devido ao gradiente de temperatura entre o ponto mais quente (centro do produto) e o ponto mais frio (parede do vaso de pressão). Durante o tempo de retenção e na descompressão a temperatura diminui devido ao resfriamento adiabático. O calor não é transmitido de maneira uniforme e instantânea como a pressão, podendo provocar inativação enzimática e de microrganismos não uniforme através do produto. A fim de reduzir esse fenômeno e estabilizar a temperatura durante o tempo de retenção, pode-se usar um vaso insulado e que forme uma barreira ao fluxo de calor simulando um sistema adiabático (OTERO et al., 2007; TOEPFL et al., 2006; ARDIA, 2004).

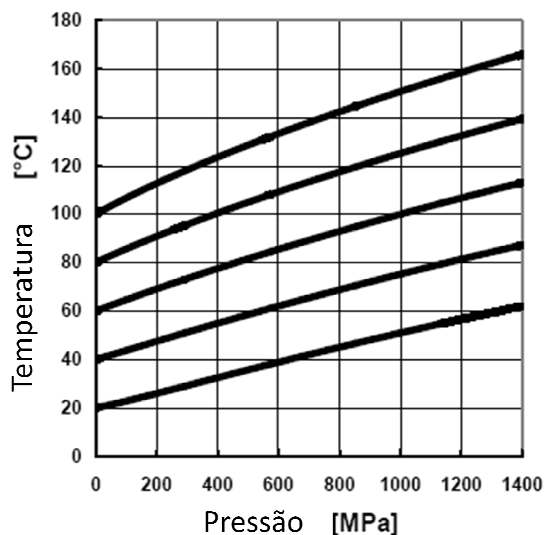


Figura 6. Diagrama pressão *versus* temperatura da água, decorrente do calor adiabático (ARDIA, 2004)

A aplicação de altas pressões provoca um aumento na temperatura do alimento processado de aproximadamente 3 °C a cada 100 MPa. Esse valor foi encontrado tanto para água quanto para suco de fruta e leite. Se o alimento contiver uma grande quantidade de gordura, o incremento da temperatura será maior (8– 9 °C/100 MPa) (ARDIA et al., 2004).

A escolha da embalagem do produto pressurizado deve considerar se o produto será processado na sua embalagem ou se será embalado após o processamento. Sistemas contínuos ou semi-contínuos são usados no caso de produtos bombeáveis que devem ser embalados assepticamente após o tratamento. Embalagens flexíveis ou parcialmente rígidas podem ser usadas no processo em batelada e as suas características físicas e mecânicas têm grande influência na efetividade do tratamento. A embalagem deve ser capaz de suportar as pressões de operação, ter boa capacidade de selagem e evitar a deterioração e contaminação do produto enquanto a pressão é aplicada. Pelo menos uma interface deve ser flexível o suficiente para transmitir adequadamente a pressão, compensar a compressão do ar no seu interior e a redução do volume do alimento (aproximadamente 12% a 400 MPa, ou até 15% em pressões acima de 500 MPa), conseqüentemente vidro, metais e plásticos rígidos não podem ser usados (RASTOGI et al., 2006; CANER et al., 2004; LAMBERT et al., 2000). Sendo o efeito reversível, após o processo ocorre a regeneração do volume na embalagem flexível, ao nível original.

Dobias et al. (2004) examinaram o efeito da pressão de várias embalagens, homogêneas e multi-camadas, em relação às mudanças nas propriedades mecânicas (resistência à tração e força da selagem), transparência, permeabilidade ao vapor, migração de componentes e transferência de água e óleo de oliva para os materiais. Foi utilizada uma pressão de 600 MPa por 60 minutos. A alta pressão diminuiu significativamente a capacidade de selagem dos filmes de monocamada e a migração de componentes da embalagem.

Lambert et al. (2000) estudaram as mudanças em algumas características de embalagens submetidas à alta pressão, tais como resistência à tração, força de selagem, estrutura do filme, delaminação, permeabilidade ao oxigênio e ao vapor e migração de substâncias. As embalagens fabricadas por coextrusão pelo sistema “cast” foram as mais suscetíveis à delaminação, enquanto que as fabricadas por extrusão tubular se mostraram mais robustas em termos de propriedade de barreira, migração e integridade.

2.2.1 Aplicação de alta pressão em produtos de fruta

O processamento por alta pressão hidrostática é usado em frutas com o objetivo de inativar microrganismos e enzimas, aumentar a vida útil e ao mesmo tempo preservar as características sensoriais e nutricionais. Alguns resultados importantes na área de frutas estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados importantes na área de aplicação de APH em produtos de frutas

Condições de processamento	Resultados importantes	Referências
Suco de laranja		
500 MPa, 1,5 minutos	Qualidade microbiológica semelhante aos sucos pasteurizados. Armazenamento por até 16 semanas sob refrigeração com maior retenção de aromas.	PARISH, 1998
500 e 800 MPa , 5 minutos	Armazenamento por 21 dias a 4°C não causou nenhum efeito na capacidade antioxidante, vitamina C, açúcares e carotenóides.	FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001a
600 MPa, 4 minutos, 40°C	A taxa de degradação de ácido ascórbico foi menor para o suco pressurizado, levando a uma maior retenção da capacidade antioxidante em comparação ao pasteurizado.	POLYDERA et al, 2004, 2005
600 MPa, 1 minuto, 20°C	A população de bactérias aeróbicas, fungos e leveduras foi reduzida a níveis não detectáveis. Redução de até 7-log na população de Salmonella e redução significativa na atividade de PME. Cor, viscosidade, brix e acidez titulável, ácido ascórbico e β -caroteno não foram afetados pelo armazenamento por 12 semanas a 4 ou 10 °C.	BULL et al., 2004
600 MPa, 5 minutos, 25 ou 80°C	Boa retenção de folatos a 25°C. Tratamento a 80°C não causou grande perda de folatos o que pode ser atribuído a presença de substâncias protetoras intrínsecas no suco de laranja.	BUTZ et al., 2004
Polpa de goiaba		
600 MPa, 25°C, 15 minutos	Armazenamento por até 40 dias a 4 °C sem mudanças na cor e turbidez e sem perda de ácido ascórbico.	YEN & LIN, 1996, 1999
Abacaxi		
(suco) 300 MPa, 5 minutos, 25-35°C	Armazenamento refrigerado por 14 dias. A 35°C, inativação de bolores e leveduras a níveis não detectáveis.	ROSENTHAL et al., 2004
Morango		
(suco) 230-400 MPa	Inativação de 60% da PPO a 250 MPa e 25% da POD a 230 MPa. Ativação foi observada em algumas condições. Inativação ótima da POD foi 230MPa a 43°C.	CANO & HERNANDEZ, 1997
(suco) 200-500 MPa	Não foram observadas mudanças significativas no perfil de aromas. Tratamento com 800 MPa induziu a formação de novos compostos.	LAMBERT et al., 1999
400-600 MPa	Retenção de fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico superior a amostra pasteurizada. A cor vermelha foi intensificada pelo tratamento.	PATRAS et al., 2009a
Manga		
300 MPa, 5 minutos, 25°C	Carga inicial de fungos filamentosos e leveduras, presente na polpa de manga, foi reduzida a níveis não detectáveis . Intensa similaridade entre o suco preparado a partir da polpa pressurizada e <i>in natura</i> .	ROSENTHAL et al., 2006a
400 MPa, 5 minutos, 35°C	Aumento de 34% na extração de carotenóides comparado a amostra sem tratamento.	PONTES et al., 2008
Açaí		
300-500MPa, 5 a 15 minutos	Redução de 5 logs na contagem de fungos filamentosos e leveduras e de 4 logs na contagem de mesófilos.	ROSENTHAL et al., 2006b
Maracujá		
300 MPa, 5 minutos, 25°C	Preservação dos compostos de aroma e sabor, grande similaridade sensorial (avaliada por ADQ) entre o suco <i>in natura</i> e o pressurizado	LABOISSIERE et al., 2007

2.2.2 Efeito da alta pressão sobre microrganismos

A membrana celular é a parte da célula que mais é atingida pela alta pressão. Ela provoca mudanças na organização molecular do complexo lipídeo-peptídeo rompendo a estrutura da membrana de dupla camada de ácidos fosfatídicos. Na reorganização da membrana, ocorrem alterações na função de proteínas que controla a permeabilidade de íons e, assim, a membrana perde sua funcionalidade. Ainda há a perda de RNA e proteínas para o meio extracelular devido ao colapso da membrana (PATTERSON, 2005; PRÉSTAMO & ARROYO, 1998).

Como a alta pressão afeta somente as ligações químicas não covalentes, os microrganismos são inativados sem afetar significativamente as moléculas dos componentes do alimento. As reações bioquímicas da célula são afetadas uma vez que muitas enzimas são inativadas sob altas pressões (FELLOWS, 2006; PATTERSON, 2005).

Os ácidos nucleicos são mais resistentes à pressão do que as proteínas, mantendo-se intactos até mesmo a pressões de 1000 MPa. Contudo, as reações enzimáticas envolvidas na replicação e transcrição do DNA são inativadas pela alta pressão (SUN, 2005; CHEFTEL, 1995).

A ação da pressão sobre organismos eucarióticos é mais efetiva que sobre os procarióticos e é também dependente do formato da bactéria, sendo os bastonetes mais sensíveis que os cocos. Na maioria dos casos, o efeito do processamento sobre bactérias Gram positivo é menos evidente que sobre bactérias Gram negativo, devido à espessura da camada de peptídeoglicano serem mais espessas nas primeiras (PATTERSON, 2005; SUN, 2005; ARROYO & PRESTAMO, 1997). Em geral, as formas bacterianas vegetativas são inativadas à temperatura ambiente, quando pressões da ordem de 400 a 600 MPa, ou até menores, são aplicadas (SUN, 2005).

Enquanto fungos, leveduras e células vegetativas são, em geral, sensíveis ao tratamento de AP acima de 100 MPa, certos esporos bacterianos que apresentam além da alta resistência ao calor, à radiação e à homogeneização, também apresentam resistência à pressão (ROSENTHAL & SILVA, 1997). Os esporos podem, em geral, ser destruídos por pressões acima de 1000 MPa (SMELT, 1998) ou entre 500 e 700 MPa se combinada com temperaturas de 90 a 110°C (SUN, 2005).

A inativação dos esporos também pode ser atingida aplicando-se ciclos de alta pressão que alteram a permeabilidade e acabam por danificar a parede celular. Os esporos são inativados mais rapidamente em pHs baixos, porém a germinação induzida pela pressão é mais rápida a pH neutro (SMELT, 1998).

O tratamento com alta pressão pode induzir a germinação dos esporos, sendo possível minimizar esse efeito combinando temperaturas e pHs baixos. Por outro lado, a germinação pode ser um pré-requisito e alternativa para a inativação de bactérias esporuladas, podendo ser induzida por níveis pouco elevados de pressão a facilitando a eliminação posterior das células vegetativas resultantes. Outra alternativa é alternar a aplicação de pressões médias, para induzir a germinação e em seguida aplicar altas pressões, para a inativação, uma ou mais vezes, em ciclos de pressão subsequentes (SUN, 2005).

Do mesmo modo que as células vegetativas bacterianas, fungos e leveduras também são sensíveis à aplicação de alta pressão, sendo inativados por pressões entre 200 e 300 MPa (CHAPMAN, 2007). Em geral, todas as formas vegetativas de fungos são inativadas em poucos minutos pela exposição a 300 MPa, em temperatura de 25 °C. A maioria dos esporos de fungos e leveduras é facilmente inativada a aproximadamente 400 MPa (SMELT, 1998), entretanto, os ascósporos (esporos fúngicos) necessitam de tratamento a pressões maiores, por se apresentarem bastante resistentes, não só ao calor,

mas também à pressão: por exemplo, o tratamento dos esporos de *Byssochlamys*, a 700 MPa, a 70 °C por 15 minutos, não é suficiente para reduzir essa população a 3 ciclos log (HOCKING, 2006).

A capacidade do processo da alta pressão de destruir e/ou inativar microrganismos varia de acordo com o tipo de microrganismo e sua fase de crescimento, a composição do meio, o nível de pressão, o tempo de exposição e a temperatura durante o tratamento (SUN, 2005; CAMPOS et al., 2003; ROSENTHAL, SILVA, 1997).

Bactérias em fase estacionária de crescimento ou em fase letal são mais resistentes que aquelas em fase logarítmica (CHEFTEL, 1995; SMELT, 1998).

O pH dos alimentos representa outro importante fator na determinação do efeito da pressão sobre microrganismos. A dissociação iônica da água (e de vários ácidos fracos) é aumentada quando sob pressão, ocasionando uma diminuição do pH. Essa redução pode promover desnaturação protéica e contribuir para a inativação de microrganismos (CHEFTEL, 1995). O pH ácido aumenta a inativação durante o tratamento e também inibe o crescimento de células danificadas, pois elas são mais sensíveis ao ácido do que as células nativas (SUN, 2005).

A atividade de água (a_w) das células também afeta a resistência dos microrganismos à pressão. Tem-se observado que quanto menor a a_w , maior é a resistência das células. Segundo SMELT (1998), quando as a_w s são baixas, geralmente as células são protegidas da pressão, mas microrganismos em condições subletais devido à alta pressão geralmente são mais sensíveis às baixas a_w s.

Rosenthal et al. (2002) comparando a inativação de leveduras em diferentes sucos de frutas, notaram que esta pode ser influenciada pela composição do produto pressurizado e pelas condições de processamento, confirmando que a redução de atividade de água exerceu um efeito baroprotetor, enquanto que suaves aumentos de temperatura em até 40 °C aumentaram essa inativação.

A presença de macronutrientes como açúcares, proteínas ou gorduras, também influencia a condição de processo a que o alimento deve ser submetido, para eliminar microrganismos patogênicos (SAN MARTÍN et al., 2002). Alguns constituintes do alimento, como o açúcar, podem ter um efeito protetor para os microrganismos (SUN, 2005).

A aplicação da alta pressão como um método para inativação microbiana tem despertado considerável interesse na indústria de alimentos, principalmente na conservação de alimentos ácidos ($\text{pH} < 4,6$). É considerada um método confiável e promissor para destruir microrganismos patogênicos, incluindo *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* e *Vibrio vulnificus*. Além desses, é capaz de eliminar grande proporção (> 90%) daqueles causadores de deterioração em alimentos, sem alterar as qualidades de aceitação do produto.

Rosenthal et al. (2002), ao estudarem a inativação de *Zygosaccharomyces bailii*, observaram que um tratamento a 300 MPa, por um curto período de tempo, foi suficiente para reduzir de 4 a 5 ciclos log em sucos de abacaxi, laranja, maçã e tomate.

Raso et al. (1999) promoveram uma inativação de 5 ciclos log de *Z. bailii* em diversos sucos de frutas (laranja, abacaxi, maçã, uva e “cranberry”), porém conseguiram uma redução de apenas 2 logs na população de ascospores no mesmo substrato.

Uma inativação de 4 a 6 ciclos log foi obtida quando esporos de *Bacillus stearothermophilus* foram submetidos a 4 ou 6 tratamentos de pressão a 600 MPa, a 70 °C, com duração de 5 minutos cada (HAYAKAWA et al., 1994).

Buzrul et al. (2005), estudaram o efeito da temperatura na inativação do *Alycyclobacillus acidoterrestris* com alta pressão. O aumento da pressão e da

temperatura de processamento aumentou a inativação. Conseguiu-se uma redução de 6 log com a aplicação de 350MPa, sendo que a 50 °C foram necessários 30 minutos e a 35 °C, 150 minutos para a mesma redução.

Park et al. (2001) investigaram o efeito do tratamento com alta pressão hidrostática na inativação de *Lactobacillus viridescens*. Foram aplicadas pressões de 400, 500 e 600 MPa por 5 minutos, reduzindo a contagem de células em 2, 7 e 8 logs, respectivamente. A combinação de alta pressão e temperatura apresentou efeito sinérgico na inativação microbiana.

Palou et al. (1998) avaliaram o efeito da aplicação de alta pressão oscilatória na inativação de ascósporos de *Byssochlamys nivea* em sucos de fruta. Os ascósporos sobreviveram ao tratamento com alta pressão à 21 °C e apenas uma unidade log foi reduzida quando a temperatura foi aumentada para 60°C. A aplicação de pressão oscilatória foi capaz de reduzir em 4 logs a população inicial. Conclui-se que a pressão de 689 MPa usada no experimento não foi suficiente para inativar os ascósporos de *B. nivea*, sendo necessário o uso de pressões acima de 800 MPa.

Foi estudado o efeito de um tratamento combinando pressão e temperatura na inativação dos fungos termorresistentes *Byssochlamys nivea*, *Byssochlamys fulva*, *Eurotium (Aspergillus fischeri)*, *Eupenicillium spp.* e *Paecilomyces spp.* Todas as formas vegetativas foram inativadas a 300MPa a 25°C. Com exceção do *B. nivea*, a contagem dos ascósporos foi reduzida com um tratamento com pressões entre 300 e 600MPa e temperatura entre 10 e 60°C. Os ascósporos de *B. nivea* necessitaram de pressões acima de 600MPa e temperatura acima de 60 °C, para que a inativação ocorresse. O pH apresentou pouca influência na inativação, enquanto que a diminuição da atividade de água mostrou efeito protetor (BUTZ et al., 1996).

Patazca et al. (2006) estudaram a inativação de *Geobacillus stearothermophilus* utilizando alta pressão (500 a 700 MPa) e altas temperaturas (92 a 111°C). A taxa de inativação dos esporos aumentou com a temperatura e pressão. O valor D a pressão constante variou de 29,4 a 108,8 segundos a 92°C, 17,4 a 76 s a 100 °C e 6,1 a 51,3 s a 11 °C, com a pressão variando entre 500 e 700 MPa. Realizou-se teste para verificar a resistência térmica do *G. stearothermophilus* no qual foi observado o valor D à 121°C de 5,5 minutos, confirmando a alta resistência ao calor desse microrganismo.

2.2.3 Efeito da Alta pressão sobre a atividade antioxidante

Segundo o USDA (1998), antioxidantes naturais são substâncias encontradas em alimentos que reduzem significativamente os efeitos adversos das espécies reativas de oxigênio, nitrogênio ou ambas, em condições fisiológicas normais.

Vários compostos presentes nos alimentos podem agir como antioxidantes, sendo metais como o selênio e o zinco, vitamina C, A e E, e compostos fenólicos alguns dos mais estudados.

O tratamento por alta pressão influencia a estabilidade de vitaminas e o rendimento da extração de compostos bioativos. Uma vez que vitaminas e fenólicos representam a maioria dos antioxidantes presentes nos vegetais, a atividade antioxidante também poderá sofrer alterações (OEY et al., 2008).

O efeito da pressão na capacidade antioxidante de vegetais e frutas não é sempre o mesmo. Não foi observada nenhuma mudança na atividade antioxidante de polpa de tomate submetida a pressões de 500 e 800 MPa por 5 minutos (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001b), e o mesmo foi observado para suco de laranja tratado nas mesmas condições (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001a).

Indrawati et al. (2004) estudaram o efeito da APH (100 a 800 MPa) combinada com aumento de temperatura (30 a 65°C) e diferentes tempos de retenção (até 90 minutos) na capacidade antioxidante (índice TEAC -Trolox Equivalent Antioxidant capacity) de suco de laranja e de cenoura. O índice TEAC do suco de laranja diminuiu após o tratamento com pressões de 300 e 600 MPa em 3% e 17%, respectivamente. Em todas as temperaturas estudadas, a capacidade antioxidante decresceu mais rapidamente com o aumento da pressão. Já a capacidade antioxidante do suco de cenoura apresentou um aumento com a pressão, porém esse aumento foi reduzido quando a pressão foi elevada em conjunto com temperaturas superiores a 40°C. A diminuição da atividade antioxidante no suco de laranja durante o processamento por alta pressão ocorre principalmente pela degradação do ácido ascórbico.

O tratamento utilizando temperaturas altas (600 MPa/60 °C/30min) reduziu em 25% a atividade antioxidante de suco de maçã e teve seu teor inalterado por 4 meses de armazenamento (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2000).

A atividade antioxidante de grãos e brotos de feijão-de-corda pressurizados a temperatura ambiente foi investigada por Doblado et al. (2007). Na faixa de pressão estudada, 300 a 500 MPa, houve uma leve redução na atividade dos brotos com o aumento da pressão, já os grãos não sofreram alteração na atividade antioxidante.

2.2.4 Compostos fenólicos e o efeito da alta pressão

O interesse pelo estudo dos compostos fenólicos vem aumentando nos últimos anos, fato que se deve ao reconhecimento de suas propriedades antioxidantes, à grande abundância de tais compostos na dieta e seu provável papel na prevenção de inúmeras doenças associadas com o stress oxidativo, como câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Além disso, os fenólicos fazem parte do mecanismo de modulação da atividade de diversas enzimas e receptores celulares, e possuem outras funções biológicas que ainda não estão bem compreendidas (MANACH et al., 2004; MIDDLETON et al., 2000).

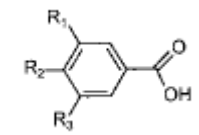
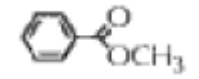
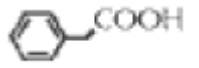
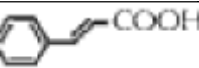
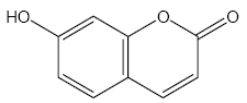
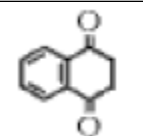
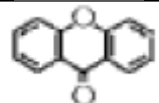
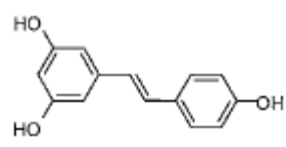
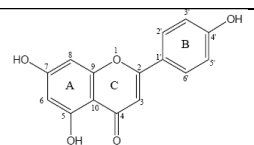
Compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas, envolvidos na defesa contra radiação ultravioleta e patógenos. Quimicamente, pertencem a uma classe de compostos que possuem um ou mais grupamentos hidroxila ligados a um anel aromático e, geralmente, encontram-se associados a ésteres e glicosídeos (Tabela 3). Eles são importantes para a aparência, sabor e aroma dos alimentos de origem vegetal e possuem uma estrutura química e propriedades biológicas diversas. Eles podem ser classificados em diferentes grupos em função do número de anéis fenólicos que possuem e dos elementos estruturais que se ligam aos anéis. Além dessa diversidade eles ainda podem estar associados a carboidratos e ácidos orgânicos ou ligados uns aos outros. (TOMAS-BARBERAN & ESPIN, 2001; VERMERRIS & NICHOLSON, 2006).

Evidências epidemiológicas relacionam uma dieta rica em frutas e vegetais a riscos reduzidos de incidência de doença coronariana, câncer e outras doenças crônicas. Frutas e vegetais contém vários compostos promotores de saúde incluindo fibras, vitaminas e minerais. Fenólicos não são essenciais para o organismo humano, porém, a longo prazo, podem proteger contra diversas doenças (MULLEN et al., 2007; BRAVO, 1998; STEINMETZ & POTTER, 1996).

Betoret et al. (2009) estudaram o efeito da homogenização a alta pressão em suco de frutas cítricas e observaram que não houve redução no teor dos flavonóides

estudados (nairutina, hesperidina, didimina), sendo que após 5 meses de armazenamento a -18 °C, apenas a hesperidina teve seu teor reduzido em níveis de pressão elevados.

Tabela 3. Classificação dos compostos fenólicos

Número de carbonos	Esqueleto	Classificação	Exemplo	Estrutura básica
7	C ₆ -C ₁	Ácidos Fenólicos	Acido gálico	
8	C ₆ -C ₂	Acetofenonas		
8	C ₆ -C ₂	Acido fenilacetico		
9	C ₆ -C ₃	Acidos hidroxicinamicos	Acido cumárico	
9	C ₆ -C ₃	Cumarinas	Esculetina	
10	C ₆ -C ₄	naaftoquinonas	Mangiferina	
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xantonas	Gentisina	
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbenos	Resveratrol	
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonóides	Naringenina	

Fonte: VERMERRIS & NICHOLSON, 2006.

As isoflavonas são compostos fenólicos do grupo dos flavonóides que possuem atividade estrogênica e seu consumo está associado à diminuição do colesterol, prevenção de câncer de mama e de próstata e alívio dos sintomas da menopausa. Avaliou-se o efeito da alta pressão nas isoflavonas de leite de soja e observou-se que a pressão (400 – 750 MPa) e a temperatura inicial (25 – 75 °C) não alteraram a concentração de isoflavonas. Já o perfil de isoflavonas foi afetado pela temperatura inicial do processo. A 75 °C os teores dos malonil-β-glicosídeos aumentaram enquanto que o teor dos β-glicosídeos diminuiu, sugerindo que a pressão combinada com temperaturas elevadas promove a interconversão da forma malonil à forma β-glicosídeo (JUNG et al., 2008).

Patras et al. (2009b) estudaram o efeito da alta pressão (400 a 600 MPa) no teor de fenólicos totais em polpa de tomate e de cenoura. O tratamento com alta pressão manteve os níveis de fenólicos das amostras *in natura* e, a 600 MPa, houve um significativo aumento no teor de fenólicos tanto para a cenoura quanto para o tomate.

O processamento por alta pressão pode ser usado para o tratamento de frutas sensíveis ao calor, como o morango. No processamento realizado na fruta cortada ao meio não foram observadas alterações no teor de fenólicos totais e de antocianinas. Contudo, uma perda no teor de fenólicos totais ($22\pm 13\%$) e de antocianinas ($27\pm 10\%$) foi observada após três meses sob refrigeração (TEREFE et al., 2009).

Outro estudo realizado com morangos relatou ser possível o armazenamento da fruta tratada a 800 MPa sob refrigeração por até 4 dias, sem alterações significativas no teor original de antocianinas (ZABETAKIS et al., 2000). Já com groselhas, o tratamento que proporcionou melhores resultados foi de 600MPa, apresentando as menores perdas nos teores de antocianinas em 5 dias de armazenamento sob refrigeração.

Em geral, os compostos fenólicos mostram-se relativamente resistentes aos efeitos da alta pressão. Os níveis de fenólicos em polpa de morango processada a 600 MPa aumentaram significativamente em comparação com a amostra não-tratada. Uma tendência similar foi observada para polpas de amoras-silvestres (“blackberries”). Já nos tratamentos a 400 e 500 MPa o teor de fenólicos não foi significativamente diferentes da polpa não tratada. O conteúdo de antocianinas nas amostras tratadas a 400, 500 e 600 MPa aumentou, porém o efeito não foi significativo (PATRAS et al., 2009a). Esse aumento no teor de fenólicos totais pode estar relacionado a um aumento na extratibilidade de alguns compostos após o processamento por alta pressão. Corrales et al. (2008) observaram um aumento de cerca de 75% no total de fenólicos extraído após tratamento por alta pressão (600 MPa/70°C/1hora).

Outros estudos foram realizados justamente com o objetivo de aumentar a extração de compostos fenólicos e antioxidantes de frutas ou de seus subprodutos. Prasad et al. (2009) estudou a extração de fenólicos de “Logan”, fruta de origem asiática, e observou um aumento da extração com o aumento da pressão, alcançando 50% a mais de fenólicos no extrato com tratamento a 500 MPa por 2,5 minutos. Corrales et al. (2009) avaliou a extração de antocianinas a partir de cascas de uvas e observou um aumento ao redor de 100% nas amostras tratadas a 200MPa por 30 minutos.

Roldan-Marín et al. (2009) observaram que tratamentos combinando baixa temperatura (5°C) com pressão de 400 MPa por 5 minutos aumentou significativamente a extração de fenólicos de cebola.

2.2.5 Efeito da alta pressão sobre enzimas

Proteínas são estruturas delicadas, mantidas por interações entre a cadeia protéica (determinada pela seqüência de aminoácidos) e pelas interações com o solvente ao redor. Mudanças nos fatores ambientais, como pressão e temperatura, podem perturbar o complexo balanço das interações intramoleculares e entre solvente-proteína, e podem, conseqüentemente, levar ao desdobraimento e/ou desnaturação da cadeia de peptídeos (HENDRICKX et al., 1998).

Os rearranjos estruturais presentes nas proteínas sob pressão são governados pelo princípio de Le Chatelier. A redução do volume acompanhando a desnaturação surge da formação ou ruptura de ligações não-covalentes (mudanças no volume conformacional)

e dos rearranjos das moléculas de solvente (mudanças no volume de solvatação) (HENDRICKX et al., 1998).

A respeito das mudanças no volume conformacional, ao menos a baixas temperaturas, ligações covalentes são pouco afetadas pela alta pressão e, conseqüentemente, a estrutura primária das proteínas permanece intacta durante o tratamento sob pressão (CHEFTEL, 1995). Por outro lado, mudanças na estrutura secundária ocorrem em pressões muito altas e estas levam a uma desnaturação irreversível (HENDRICKX et al., 1998). Isto pode ser explicado pelo fato das pontes de hidrogênio, que são as responsáveis pela manutenção da estrutura em hélice- α ou folha- β (secundária) dos peptídeos, serem favorecidas a baixas pressões e serem rompidas em pressões muito altas.

A ruptura de ligações iônicas também é fortemente afetada pelo aumento de pressão. O efeito da pressão sobre as interações hidrofóbicas é mais complexo. As opiniões sobre o efeito da pressão sobre estas interações são tão divergentes quanto as opiniões sobre a natureza das próprias interações hidrofóbicas. Mudanças significantes na estrutura terciária (mantidas principalmente por interações iônicas e hidrofóbicas) são mais observadas em pressões maiores que 200 MPa. Proteínas multiméricas (de estrutura quaternária), mantidas juntas por ligações não-covalentes, são dissociadas por uma pressão comparativamente baixa (menor que 150 MPa). Ao contrário dos tratamentos térmicos, onde tanto ligações covalentes como não-covalentes são afetadas, o processamento à alta pressão em temperatura ambiente apenas rompe ligações químicas relativamente fracas (pontes de hidrogênio, ligações hidrofóbicas e iônicas) (HENDRICKX et al., 1998).

Alterações na conformação de proteínas podem ocasionar mudanças nas propriedades funcionais de proteínas de alimentos e, por isso, o tratamento à alta pressão pode ser usado para criar novos produtos alimentícios com textura e sabor únicos. Em geral, pressões acima de 300 MPa à temperatura ambiente causam desnaturação protéica irreversível, enquanto pressões menores resultam em mudanças reversíveis na estrutura da proteína (CHEFTEL, 1995).

Enzimas são uma classe especial de proteínas que possuem atividade biológica devido à presença de um sítio ativo. Mesmo pequenas mudanças no sítio ativo podem causar a perda da atividade enzimática. Uma vez que a desnaturação de proteínas está associada com mudanças conformacionais, essa pode modificar a funcionalidade da enzima.

O efeito da alta pressão sobre enzimas pode ser dividido em duas classes. Na primeira a aplicação de baixas pressões pode causar a ativação ou aumento na atividade total de algumas enzimas, na segunda, por outro lado, o uso de altas pressões geralmente provoca a inativação das enzimas.

A atividade enzimática é um parâmetro importante na qualidade de frutas e vegetais, principalmente quando são cortados. Em vegetais e frutas inteiras, as enzimas estão geralmente compartimentadas. Contudo, quando os produtos são cortados essa compartimentação é destruída e as enzimas entram em contato com o substrato, causando mudanças indesejáveis nos alimentos (HOGAN et al, 2005).

As principais enzimas deteriorantes em frutas são polifenoloxidasas (PPO), responsáveis pelo escurecimento enzimático; pectina metil-esterases (PME), responsáveis pela desestabilização e mudanças na textura; e peroxidases, que provocam o aparecimento de odores desagradáveis (LUDIKHUYZE et al., 2003).

Em vegetais, a peroxidase (POD; EC 1.11.1.7) causa mudanças prejudiciais no sabor durante a estocagem. É uma das enzimas de origem vegetal mais resistentes ao processamento térmico e tem se mostrado bastante resistente à pressão.

Cano et al. (1997) estudaram o efeito de inativação enzimática da peroxidase, da polifenol-oxidase e pectina metil-esterase (PME), em morangos e produtos de laranja, variando a pressão e a temperatura. Em morangos, a atividade de POD foi reduzida em apenas 25% a 230 MPa a 43 °C por 15 minutos. Em suco de laranja, a atividade de POD foi reduzida em 50% sob 250 MPa, a 32 °C.

Rosenthal et al. (2002), ao estudarem a POD, também observaram interação entre pressão e temperatura, pois obtiveram atividades quase constantes com o aumento da pressão a temperatura ambiente; porém, com o incremento da temperatura, a atividade reduziu-se bruscamente, em mais de 60%, quando extratos enzimáticos de abacaxi foram tratados sob 600 MPa, a 60 °C, e por 45 minutos.

A atividade da POD no purê de tomate mostrou um aumento quando tratamentos combinados à temperatura foram desenvolvidos a pressões abaixo de 350 MPa, à temperatura ambiente (20 °C). Entretanto, uma significativa redução da atividade dessa enzima pode ser obtida adotando-se tratamentos com pressões acima de 350 MPa. Todavia, combinações de pressões (400 - 500 MPa) e temperaturas amenas (30 - 60 °C) levaram ao aumento da atividade da POD (HERNÁNDEZ & CANO, 1998).

O efeito da pressão a 400 MPa sobre a atividade da POD em morangos levou a incrementos de 13 e 1%, quando tratados por 5 e 10 minutos, respectivamente. Porém, quando tratado por 15 minutos, foi atingida uma redução de 5%. Pressões de 600 e 800 MPa foram mais eficazes na inativação da POD, enquanto, no geral, diminuições na ordem de 11 a 35% foram observadas, sendo a condição mais eficaz para inativação 600 MPa por 15 minutos (GARCIA-PALAZON et al., 2004).

Nas condições experimentais trabalhadas por Anese et al. (1995), a POD foi relativamente resistente a níveis de pressão abaixo de 900 MPa, com 1 minuto de tratamento. Uma perda total da sua atividade somente foi atingida a 900 MPa, ao mesmo tempo em que o aumento na atividade foi observado entre 300 e 500 MPa.

Diferentemente, Ogawa et al. (1990), em sucos de mandarina, mostraram uma notável redução na atividade dessa enzima sob pressões maiores, de 300 a 400 MPa, por 10 minutos, a 23 °C. Um tratamento a 900 MPa, durante 10 minutos, à temperatura ambiente, foi necessário para causar uma redução de 88% da atividade enzimática da POD em feijão verde. Os tratamentos combinados à temperatura reduziram a atividade em 600 MPa, mas nenhuma diferença significativa foi detectada a 700 MPa (HENDRICKX et al., 1998).

Em purê de morango, a POD foi sendo inativada de forma crescente até 300 MPa, em tratamentos a 20 °C, por 15 minutos. Acima de 300 MPa, nas mesmas condições de temperatura e tempo, a atividade da POD de purê de morango foi suavemente aumentada. Em temperaturas superiores a 45 °C, uma redução foi encontrada em todas as pressões (50 - 400 MPa). Nos sucos de laranja, à temperatura ambiente, a atividade da POD diminuiu continuamente até 400 MPa, em tratamentos com 15 minutos de duração. A maior taxa de inativação encontrada foi de 50% quando a temperatura de exposição foi a 32 °C. Tratamentos de APH, entre 33 e 60 °C, aumentaram a atividade de POD em suco de laranja (SEYDERHELM et al., 1996).

2.2.6 Carotenóides e o efeito da alta pressão

Os carotenóides são um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais devido a sua vasta distribuição, diversidade estrutural e numerosas funções. Embora as fontes mais conhecidas de carotenóides sejam as plantas, eles também são encontrados em animais, como pássaros e crustáceos, e microrganismos. Uma vez que esses compostos podem ser biossintetizados apenas por plantas e microrganismos, a sua

presença em animais é atribuída à ingestão e posterior acumulação em determinados tecidos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; OLSON & KRINSKY, 1995).

As estruturas dos carotenóides lhes conferem propriedades muito especiais e notáveis, que são a base das suas funções e ações variadas em todos os tipos de organismos vivos. Nas plantas eles localizam-se nos cloroplastos, geralmente associados a algumas proteínas, sendo essenciais para a fotossíntese, fotoproteção e estabilização de membranas (BRITTON, 1995). Além da atividade de pró-vitamina A de alguns carotenóides, esses pigmentos têm sido relacionados na prevenção ou na proteção contra doenças como câncer, problemas cardíacos, degeneração macular e catarata (JOHNSON et al., 2008; SCHWARZ et al., 2008; SLATTERY et al., 2000; OLSON, 1989). Eles também têm sido usados há muitos anos no tratamento de doenças fotossensíveis (ALALUF et al., 2002).

A maioria dos carotenóides deriva de uma estrutura basal de 40 carbonos, que inclui um sistema de duplas ligações conjugadas. A cadeia central pode apresentar grupos terminais cíclicos que podem ser substituídos por grupos funcionais contendo oxigênio. Baseado na sua composição, os carotenóides são divididos em suas classes: os carotenos, contendo apenas carbono e átomos de hidrogênio; e as xantofilas, que possuem pelo menos um átomo de oxigênio (STAHL & SIES, 2003; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Os carotenóides que podem ser convertidos em vitamina A são aqueles que possuem pelo menos um anel β -ionona não substituído, ligado a uma cadeia poliênica conjugada de no mínimo 11 carbonos. O β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina são pró-vitamínicos A, sendo que o primeiro apresenta aproximadamente o dobro de atividade do que os demais (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). A luteína e zeaxantina estão relacionadas com a proteção à degeneração macular e catarata (MOELLER et al., 2000). O licopeno, devido ao seu alto potencial como antioxidante natural (WOODALL et al., 1997), vem sendo relacionado com a proteção contra câncer e doenças cardiovasculares (GIOVANNUCCI, 1999).

O padrão de ligações dupla conjugadas do carotenóide determina as suas propriedades de absorção de luz e influencia a sua atividade antioxidante e, de acordo com o número de duplas ligações, várias configurações *cis/trans* são possíveis (STAHL & SIES, 2003). A *trans*, por ser termodinamicamente mais estável, é predominante na natureza, porém sabe-se que o isômero *cis* pode ser encontrado em plantas (HUMPHRIES & KHACHIK, 2003), particularmente em várias frutas (GODOY & RODRIGUEZ-AMAYA, 1994) e em vegetais folhosos (KIMURA & RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

A alta pressão, em geral, tem pouco efeito sobre a estabilidade dos carotenóides em alimentos. O tratamento a temperatura ambiente de um suco misto de laranja, limão e cenoura (500 e 800 MPa por 5 minutos) e de polpa de tomate não influenciou o teor de carotenóides (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001a; FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001b).

Plaza et al. (2006a) estudaram a estabilidade de carotenóides em uma sopa de vegetais (“gazpacho”) durante 40 dias de armazenamento sob refrigeração. O tratamento por APH foi realizado a 60 °C por 15 minutos em duas condições de pressão, 150 e 350 MPa. Logo após o processamento, não houve diferença significativa no teor de carotenóides da sopa, porém após os 40 dias a perda foi maior nas amostras pressurizadas do que no controle, sendo que a pressão de 150 MPa foi a que apresentou a menor redução.

Ancos et al. (2000) processaram polpa de caqui com pressões variando de 50 a 400 MPa, a temperatura ambiente por 15 minutos. Observou-se um aumento na

extração dos carotenóides a 50 MPa (19%) e 400 MPa (16%) em relação à polpa controle, fato atribuído a melhor extração dos carotenóides majoritários violaxantina, luteína, anteroxantina, β -criptoxantina e β -caroteno. Não houve alterações na concentração de zeaxantina antes e depois dos tratamentos. As pressões de 150 e 300 MPa produziram uma leve e não significativa perda, tanto nos carotenóides totais quanto individualmente.

Sanchez-Moreno et al. (2003a) observaram um aumento na extração de carotenóides em suco de laranja com o aumento da pressão de 100 MPa (10%) para 350 e 400 MPa (24 e 31%), sugerindo que a extratibilidade é dependente da pressão utilizada. Em outro estudo com suco de laranja, a alta pressão (400 MPa/40°C/1 minuto) provocou um aumento na extração dos carotenóides (53,88%) e no teor de vitamina A (38,74%) (SANCHEZ-MORENO et al., 2005). O aumento na extratibilidade deve-se possivelmente à desnaturação do complexo proteína-carotenóide, induzida por pressões acima de 300 MPa (HENDRIKX et al., 1998).

2.2.7 Efeito da alta pressão sobre a cor

O tratamento com alta pressão tem efeito variado sobre alguns dos pigmentos responsáveis pela cor de frutas e vegetais (clorofila, carotenóides, antocianinas, etc). Entretanto, durante o armazenamento podem ocorrer mudanças na cor devido à inativação incompleta de enzimas e microrganismos, que podem resultar em reações indesejáveis no alimento (OEY et al., 2008a). O efeito da APH sobre a cor também é fortemente relacionada à temperatura de processamento e ao produto, alguns não sofrem alterações enquanto outros têm a sua cor fortemente alterada (MATSER et al., 2004).

Além da instabilidade dos pigmentos, outra causa de descoloração de produtos tratados por APH é o escurecimento enzimático, ou então o provocado pela reação de Maillard (OEY et al., 2008a).

A clorofila é responsável pela cor verde em folhas e talos de plantas. Observou-se que as clorofilas α e β possuem diferentes estabilidades em relação à pressão e temperatura. À temperatura ambiente, elas são extremamente estáveis à pressão, porém quando a temperatura é maior que 50°C, a pressão diminuiu significativamente o teor de clorofila em suco de brócolis, sendo que a clorofila β mostrou-se mais sensível à pressão (BUTZ et al., 2002; VAN LOEY et al., 1998).

Os carotenóides, abordados no item anterior, estão presentes nos produtos de cor amarela, laranja e vermelha de frutas e vegetais, e são considerados relativamente resistentes à pressão. Antocianinas são pigmentos flavonóides responsáveis pelas tonalidades vermelha a azul e são compostos relativamente estáveis à pressão, porém tendem a se degradar durante o armazenamento. Vários estudos têm demonstrado a estabilidade da cor após o tratamento por alta pressão em frutas como manga (GUERRERO-BELTRÁN et al., 2006; AHMED et al., 2005; GUERRERO-BELTRÁN et al., 2005); laranja (BETORET et al., 2009; BAXTER et al., 2005; BULL et al., 2004; POLYDERA et al., 2003); abacaxi (MARCELLINI, 2006); morango (TEREFE et al., 2009); açaí (MENEZES, 2005); produtos de frutas como guacamole (PALOU et al., 2000); e vegetais, como tomate (PATRAS et al., 2009b; HSU, 2008; PLAZA et al., 2003); e cenoura (PATRAS et al., 2009b). Entretanto, outras frutas e produtos derivados apresentaram descoloração após a pressurização, como melão (WOLBANG et al., 2008), amora (PATRAS, 2009a), geléia de morango (GIMENEZ et al., 2000), purê de banana (PALOU et al., 1999).

2.2.8 Efeito da alta pressão sobre compostos voláteis

Geralmente, considera-se que a APH mantém o sabor “fresco” de frutas e vegetais, uma vez que a estrutura dos compostos de aroma não é diretamente afetada pela pressão. Esse fato foi observado por análises químicas e/ou sensoriais, em alguns estudos com morango (LAMBERT et al., 1999), suco de tangerina (TAKAHASHI et al., 1993), suco misto de laranja, cenoura e limão (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2001a), suco de uvas brancas (DAOUDI et al., 2002) e suco de goiaba (YEN & LIN, 1999).

Butz et al. (1994) estudaram o efeito da alta pressão (600 MPa) no aroma de cebolas cruas e observaram mudanças sensoriais e no perfil de aroma do produto. A cebola processada a 300 MPa apresentou aroma de “cozido” segundo os provadores, e houve uma diminuição no teor de dipropil-dissulfeto, responsável pela pungência e aroma característico de cebola fresca, e o aumento de compostos associados ao aroma de cebola cozida ou frita.

Baxter et al. (2005) avaliaram o perfil de aroma de suco de laranja pressurizado durante armazenamento por 12 semanas. Não foram detectadas diferenças logo após o processamento em relação aos voláteis, e o suco pressurizado manteve aroma aceitável ao consumidor até o fim do período de armazenamento.

2.3 Análise Sensorial

A análise sensorial de alimentos é uma disciplina científica que trabalha com as percepções sensoriais humanas e suas respostas afetivas a alimentos, bebidas e seus componentes. É multidisciplinar por natureza, utilizando métodos de pesquisa de comportamento para resolver questões da área de ciência de alimentos (TUORILA & MONTELEONE, 2009).

A análise sensorial é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características de alimentos ou produtos, e como eles são percebidos pelos cinco sentidos, visão, tato paladar, olfato e audição (IFT, 2009). É importante ressaltar que a análise sensorial compreende o uso de todos os sentidos, assim, se um indivíduo é solicitado a avaliar determinado atributo, a cor por exemplo, e nenhum cuidado é tomado para excluir o aroma do produto, muito provavelmente a sua resposta à cor será influenciada pelo aroma de uma maneira imprevisível (STONE & SIDEL, 2004).

A utilização da análise sensorial cresceu rapidamente na segunda metade do Século XX, juntamente com a expansão de alimentos processados e indústrias de bens de consumo. Ela compreende técnicas precisas para a medição de respostas humanas a alimentos e minimiza os efeitos da influencia da marca e de outras informações na percepção do consumidor (LAWLESS & HEYMANN, 1999).

A sua importância é baseada na relevância das percepções do consumidor na aceitação e no sucesso comercial de um alimento ou bebida e, assim, não é viável produzir, distribuir e anunciar produtos sem ao menos ter um idéia de sua aceitação pelos consumidores. Segundo Stone & Sidel (2004), a análise sensorial pode ser usada com várias finalidades na indústria de alimentos, dependendo das necessidades da empresa:

- Desenvolvimento de novos produtos;
- Reformulação de produtos e redução de custos;
- Monitoramento da concorrência;
- Controle de qualidade;
- Especificação sensorial de produtos;

- Especificação sensorial de matérias-primas;
- Estabilidade durante o armazenamento;
- Alterações de processos e/ou ingredientes;
- Marketing;
- Estudos de consumidor.

Métodos sensoriais específicos foram desenvolvidos para medir ou estimar precisa e objetivamente a resposta humana aos estímulos sensoriais (DRAKE, 2007). Existem basicamente três tipos de testes sensoriais: os afetivos ou de aceitação, também conhecidos como testes de consumidor: os de diferença, como o teste triangular, duotrio, teste de comparação múltipla, testes de sensibilidade, ordenação, grau de diferença; e os descritivos, como a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), o Perfil de Textura e o Perfil Livre. Testes descritivos são aqueles que descrevem qualitativa e quantitativamente as características sensoriais das amostras, enquanto os testes discriminativos têm por objetivo verificar se existe diferença perceptível ou não entre duas ou mais amostras. Os testes afetivos dizem respeito à opinião pessoal do julgador, isto é, de consumidores cuja percepção a respeito de um produto pode ser expressa em termos que variam do agradável ao desagradável (MEILGAARD et al., 1999; STONE & SIDEL, 2004).

A análise descritiva é um dos métodos mais abrangentes e flexíveis, capaz de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades sensoriais de um alimento, constituindo-se em uma das mais importantes ferramentas da análise sensorial. Quando utilizada em conjunto com testes de consumidor, fornece importantes informações para introdução e posicionamento estratégico de produtos no mercado (MURRAY et al., 2001) pois permite identificar os atributos do produto que dirigem a preferência do consumidor.

2.3.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi desenvolvida por Stone et al. (1974), sendo considerada uma das principais e mais sofisticadas metodologias para a Análise Sensorial. Os dados gerados pela ADQ fornecem a descrição sensorial completa de produtos, permitindo mapear as diferenças e similaridades entre eles e aponta quais atributos são importantes na aceitação do consumidor. Os resultados permitem relacionar ingredientes ou variáveis de processamento às mudanças específicas nos atributos sensoriais (MURRAY et al., 2001 ; STONE & SIDEL, 2004).

Por definição, a ADQ é uma metodologia sensorial que fornece descrições quantitativas dos produtos, baseadas nas percepções de um grupo de provadores treinados. É uma descrição sensorial completa, levando em consideração todas as sensações percebidas – visual, auditiva, olfativa, quinestésica, etc. – quando um produto é avaliado. A palavra produto pode significar uma idéia ou conceito, um ingrediente, ou um produto final disponível para o consumidor. A avaliação é definida em parte pelas características do produto, determinadas pelos provadores, e em parte pela natureza do problema (STONE & SIDEL, 2004).

A ADQ envolve uma série de etapas: recrutamento e pré-seleção de provadores, levantamento de atributos sensoriais e desenvolvimento de metodologia para descrever estes atributos, treinamento de provadores pré-selecionados, avaliação e seleção final da equipe de provadores, realização dos testes e análise estatística dos dados (STONE & SIDEL, 2004). A ADQ apresenta algumas vantagens sobre outros métodos de avaliação, a saber: (1) a confiança no julgamento de uma equipe composta por 10-12 provadores treinados, ao invés de alguns poucos especialistas; (2) o desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor; (3) o

desenvolvimento consensual da terminologia descritiva a ser utilizada, o que implica em maior concordância de julgamentos entre os provadores; (4) os produtos são analisados com repetições por todos os julgadores em testes à cega e os dados estatisticamente analisados (STONE & SIDEL, 2004).

Os dados gerados permitem o desenvolvimento de um modelo multidimensional do produto de forma quantitativa. Este modelo é apresentado na forma de um gráfico denominado gráfico aranha, permitindo a comparação visual dos produtos estudados.

Uma forma mais eficiente de se analisar os dados da ADQ é por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica de análise estatística multivariada que, permite identificar os atributos que melhor caracterizaram as amostras. Na representação gráfica dos componentes principais, a variabilidade que ocorre entre as amostras é dividida em eixos ortogonais. O primeiro eixo explica a maior parte da variabilidade entre as amostras, seguido pelo segundo eixo, e assim por diante. Podem-se analisar muitos eixos, entretanto, como a maior parte da variabilidade é explicada nos três primeiros eixos, usualmente apenas estes são utilizados. A proximidade entre amostras sugere semelhanças entre estas com relação aos atributos sensoriais avaliados. A separação espacial das amostras sugere que elas apresentam características sensoriais marcadamente diferentes entre si (BORGOGNONE et al., 2001; LAWLESS & HEYMANN, 1999).

Vários trabalhos podem ser encontrados na literatura relatando o uso da ADQ, porém poucos trabalhos foram desenvolvidos com produtos pressurizados. Serrano et al. (2004) observaram mudanças nos atributos de textura de queijo cheddar tratado por APH. Laboissière et al. (2007), em suco de maracujá pressurizado, observaram muitas similaridades entre o suco *in natura* e o processado por APH. Baxter et al. (2005) trabalharam com suco de laranja tratado por APH e não observaram diferenças entre o pressurizado e o *in natura* em diversos atributos, assim como Boynton et al. (2002) em manga e carambolas fatiadas submetidas à APH, e Porreta et al. (1995) em suco de tomate submetido à alta pressão. Suco de laranja processado por APH também manteve características similares ao do suco *in natura* (POLYDERA et al., 2005), e não houve alteração nos atributos sensoriais de vinho pressurizado (MOK et al., 2006). Marcellini (2006) avaliou suco de abacaxi processado por APH e observou similaridades com o suco *in natura*.

Os resultados da ADQ quando combinados com os do teste de aceitação, através de análise multivariada (Análise dos Componentes Principais, Análise de Segmentos, Mapa da Preferência), permite aos fabricantes de alimentos adequarem seus produtos de acordo com as características preferidas pelos consumidores de um dado segmento de mercado ou público-alvo. Desta forma, é possível saber quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou acrescentados a um produto para que este atenda as expectativas do consumidor (STONE & SIDEL, 2004).

2.3.2 Teste de aceitação

A aceitação e a preferência das propriedades sensoriais dos alimentos são critérios de fundamental importância na determinação da decisão de compra. Existem duas classes de testes de consumidor, o de aceitação, em que os produtos são apresentados individualmente e é gerada uma resposta hedônica sem a comparação direta com outros produtos; e o de preferência, em que o indivíduo é solicitado a escolher um preferido entre diversos produtos (LAWLESS & HEYMANN, 1999).

Os métodos de aceitação medem o grau que o indivíduo gostou ou desgostou de um determinado produto, e geram dados numéricos que permitem a aplicação de

estatística paramétrica e a posterior comparação dos resultados com outros estudos. Existe uma relação quase sempre óbvia e direta entre a medição da aceitação e a preferência de um produto, de maneira que é possível inferir sobre a preferência de um produto a partir dos dados de aceitação, determinando qual produto obteve uma nota significativamente maior (STONE & SEIDEL, 2004). Já o teste de preferência origina dados ordinais que permitem a identificação da amostra preferida, porém, sem saber o quanto o indivíduo “gostou/desgostou” da amostra, já que ele pode gostar de várias mas é forçado a escolher uma, como também pode desgostar de todas e, ainda assim, ter que escolher uma “preferida”.

Uma questão fundamental no planejamento de um teste de aceitação é o número de consumidores que são necessários para o teste. Hough et al. (2006) estimaram o número mínimo de consumidores que deve ser utilizado, considerando os erros médios de 108 experimentos, sugerindo o uso de 112 pessoas.

A escala mais usada nos métodos afetivos é a escala hedônica de nove pontos, desenvolvida por Peryam & Pilgrim em 1957, devido à confiabilidade de seus resultados e à facilidade de utilização pelos provadores. É uma escala de categorias em que a dimensão gosto/desgosto é dividida em nove categorias, indo de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”, com uma categoria neutra, “nem gosto nem desgosto”. As respostas são diretas e de magnitude hedônica, isto é, relacionadas ao “gostar”, uma vez que o indivíduo baseia sua escolha nas suas próprias sensações em relação ao produto (JAEGER & CARDELLO, 2009).

Outra escala usada em testes afetivos é a “escala relativa ao ideal”, geralmente usada no desenvolvimento e na otimização de produtos. O seu uso consiste em perguntar ao consumidor se o produto é ideal, “fraco” / “pouco” ou “forte” / “muito” em relação a um determinado atributo. Na avaliação de sucos, por exemplo, o consumidor pode ser solicitado a avaliar os protótipos em relação à doçura, acidez, diluição (entre outras características), e indicar em que ponto da escala se encontra cada uma das amostras. Baseado na resposta dos consumidores, a indústria de sucos pode ajustar a formulação na tentativa de aumentar a sua aceitabilidade (POPPER & KROLL, 2005).

De acordo Meilgaard et al. (1999), a utilização da “escala relativa ao ideal” geralmente visa atender quatro objetivos principais: verificação do posicionamento do produto no mercado; otimização da formulação do produto; desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial de mercado.

Considerando que o teste de aceitação utilizando escala hedônica pode medir, com certa segurança, o grau de gostar e a aceitação de um produto, é possível obter, por meio dos resultados desses testes, uma indicação do produto ou produtos que terão melhor desempenho, com a possibilidade de alcançarem sucesso no mercado.

2.3.3 Mapa de preferência

Considerar as preferências individuais dos consumidores tem sido fundamental para a indústria que, em função da atual competitividade dos mercados, procura identificar consumidores potenciais e dirigir a otimização e a venda de produtos para mercados específicos (VILLANUEVA, 2003).

Técnicas sensoriais têm sido desenvolvidas para examinar as preferências de cada consumidor e ainda correlacionar essa preferência a uma série de medidas analíticas (sensoriais ou instrumentais), entre elas encontram-se o Mapa de Preferência Interno (MPI ou MDPREF) e o Mapa de Preferência Externo (MPE ou PREFMAP) (GUINARD et al., 2001).

Mapa Interno de Preferência (MIP)

O MIP utiliza apenas os dados de preferência ou aceitação e gera um resumo das direções principais de preferência, podendo identificar segmentos de consumidores. Foi primeiramente descrito por Carrol em 1972, e compreende um tratamento multidimensional dos dados afetivos baseada na Análise de Componentes Principais e na Análise de Regressão Polinomial (GREENHOFF & MacFIE, 1994).

É gerado um mapa no qual os produtos são representados como pontos e cada indivíduo como um vetor, sendo que os pontos mais próximos de um conjunto de vetores correspondem aos produtos de maior preferência por aquele segmento de consumidores. As grandes vantagens do MPI sobre a ANOVA e os testes de médias convencionais são a identificação da preferência individual de cada consumidor em relação aos produtos avaliados, e a identificação de grupos de consumidores segmentados em função de suas preferências, possibilitando o estudo de cada segmento com relação a características sócio demográficas e hábitos e padrões de consumo (COSTELL et al., 2000; HELGESEN et al., 1997; GREENHOFF & MacFIE, 1994).

O MIP prioriza a avaliação da preferência do consumidor, uma vez que o espaço vetorial é formado a partir dos resultados de testes afetivos e os produtos são posicionados de acordo com a variação da preferência. É possível relacionar essas informações com dados instrumentais ou descritivos, que são inseridos no espaço já “fixado” pela preferência (VAN KLEEF et al., 2006).

Marcellini (2006) empregou o MIP para investigar a preferência dos consumidores em relação a suco de abacaxi pronto para beber obtido da polpa *in natura*, da polpa submetida ao tratamento por APH (300MPa/5min/25 °C), e de quatro marcas comerciais. A técnica revelou que as amostras de suco obtidas da polpa *in natura* e da polpa submetida a tratamento por APH foram apreciadas por um maior número de segmentos de consumidor, em relação às demais.

Pontes (2008), em estudo com néctar de manga processado por APH e de marcas comerciais, relatou a existência de três segmentos de consumidores, de acordo com a preferência. A amostra pressurizada e a *in natura* não apresentaram diferenças em relação à preferência.

Mathias (2008) utilizou o MIP na avaliação de presunto de peru processado por APH e observou que os consumidores perceberam pouca diferença entre as amostras controle e pressurizada, indicando que o processo de alta pressão hidrostática pouco afetou as propriedades sensoriais do presunto de peru e sugerindo que estas mudanças não afetaram a avaliação da preferência.

Labossière (2007) trabalhou com sucos de maracujá e constatou que os sucos controle e pressurizado foram, em média, preferidos pelos 112 consumidores que participaram do estudo. Após a segmentação dos participantes, cinco segmentos de consumidores foram identificados, dos quais quatro preferiram os sucos controle e APH e apenas um segmento preferiu os sucos comerciais disponíveis no mercado.

Mapa Externo de Preferência (PREFMAP)

O PREFMAP utiliza os dados da aceitação de cada consumidor com os obtidos por meio de testes descritivos ou da análise instrumental, com o propósito de identificar as características intrínsecas dos produtos que direcionam a preferência dos consumidores. A correlação dos dados gera padrões de preferência entre os consumidores e, como consequência, é possível segmentar os consumidores em relação

às suas preferências e definir as características sensoriais de um produto ideal para um determinado segmento da população (GREENHOFF & MacFIE, 1994).

São necessários três métodos estatísticos para gerar o PREFMAP. Primeiramente é feita a Análise de Componentes Principais nos dados descritivos para gerar o espaço vetorial, em seguida utiliza-se a Análise dos Segmentos (Cluster Analysis) nos dados da preferência para identificar segmentos de consumidor com preferências similares e, por último, uma análise de regressão correlaciona os resultados das duas primeiras análises (MEEILGARD et al., 2007).

A percepção dos atributos é priorizada, uma vez que o espaço vetorial é formado pela ACP dos dados descritivos e a localização dos produtos depende da variação desses dados (VAN KLEEF et al., 2006).

Marcellini (2006) empregou o PREFMAP para auxiliar na interpretação dos resultados da preferência dos consumidores de suco de abacaxi pronto para beber obtido da polpa *in natura*, da polpa submetida a tratamento por APH e de quatro marcas comerciais. A técnica revelou os descritores que dirigiram a preferência dos segmentos identificados neste estudo, no caso: cor amarela característica, aroma característico, sabor característico, consistência, sabor natural e presença de fibras. Laboissière (2007) relatou que a maioria dos segmentos de consumidores preferiu as amostras controle e APH em detrimento às amostras comerciais. Os atributos que dirigiram a preferência foram aroma característico de maracujá, aroma ácido, presença de partículas em suspensão, cor característica, adstringência e gosto ácido.

Segundo Van Kleef et al. (2006), o MIP é uma ferramenta de maior aplicabilidade em estudos de marketing e de segmentação de mercado, capturando melhor o “conhecimento sobre o consumidor”, enquanto que ao PREFMAP foi atribuída maior aplicabilidade tecnológica no desenvolvimento de produtos, capturando melhor o “conhecimento sobre o produto”.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Polpa de cajá (*Spondias mombin*)

A polpa de cajá não pasteurizada e previamente congelada, conforme fluxograma da Figura 7 (informado pela empresa processadora), foi adquirida junto a uma empresa processadora de polpas localizada em Aracajú (SE). Após o despulpamento, a polpa foi acondicionada em sacos plásticos com capacidade de 1 quilo e imediatamente congelada. O transporte foi feito por via aérea e a polpa foi mantida em câmara de congelamento a -18°C na Embrapa Agroindústria de Alimentos (RJ), até o momento do processamento e/ou análises.



Figura 7. Fluxograma de processamento do cajá

3.2 Métodos

3.2.1 Determinação da Composição Centesimal e Teor de Minerais

A determinação da composição centesimal foi realizada com o objetivo de caracterizar a polpa e foi realizada apenas na amostra *in natura*.

Umidade

O teor de umidade (g de água/100 g de polpa) foi analisado em estufa a vácuo a 70°C com auxílio de areia, segundo AOAC (2005).

Cinzas (resíduo mineral fixo)

A determinação de cinzas (g de cinzas/100 g de polpa) foi realizada segundo AOAC (2005), método 923.03.

Lipídeos totais

Os teores de lipídeos totais (g de lipídeos totais/100 g de polpa) foram mensurados por hidrólise ácida em extrator de *Monjonier* destilados com éter de petróleo e éter etílico, segundo AOAC (2005), método nº 922.06.

Nitrogênio total e proteína bruta

A determinação de nitrogênio total (g de nitrogênio/100 g de polpa) foi baseada no método de Kjeldahl tradicional, segundo AOAC (2005), método 46-13 modificado. O teor protéico bruto da polpa foi calculado pelo produto da quantidade de nitrogênio total (g) pelo fator de conversão 6,25 .

Fibra Alimentar

O teor de fibra alimentar total foi determinado pelo método enzimático/gravimétrico (Método AOAC 985.29). Esse método baseia-se na gelatinização e hidrólise parcial do amido com uma alfa-amilase termorresistente, seguida de hidrólise da proteína com uma protease e hidrólise do amido residual com uma amiloglucosidase.

Carboidratos

A quantificação de carboidratos foi calculada por diferença em relação à composição centesimal, com base no teor dos demais componentes.

Análise de Minerais

Analisaram-se os seguintes micronutrientes: sódio, magnésio, potássio, fósforo, cálcio, manganês, cobre, ferro, zinco, alumínio, cromo, cobalto, selênio, cádmio, chumbo, estrôncio e bário. A digestão da amostra foi feita através de mineralização por via úmida com bloco digestor, conforme método da AOAC 997.15D (AOAC, 2005) e a quantificação foi realizada em espectrômetro por plasma induzido (Spectro), conforme método 990.08 da AOAC (HOROWITZ, 2005), e o resultado expresso em mg/100.

3.2.2 Planejamento Experimental

Com o objetivo de estudar os efeitos da pressão e do tempo de retenção nas características da polpa de cajá, utilizou-se uma metodologia de superfície de resposta. Adotou-se um delineamento composto central com duas variáveis independentes (tempo e pressão) (Tabela 4), composto por três partes: ensaio fatorial, contendo 4 pontos (2^2); pontos axiais, contendo 4 pontos e análise do ponto central, com 3 pontos (Tabela 5).

Tabela 4. Variáveis de Processo

Variável	Níveis					
		-1,414	-1	0	1	1,414
Tempo (minutos)	x_1	2,93	5	10	15	17,07
Pressão (MPa)	x_2	157	200	300	400	441

Os níveis dos pontos axiais foram calculados a partir de $\pm\alpha$, onde $\alpha = (2^k)^{1/4}$, assim, para dois fatores $\alpha = 1,4142$, e os valores reais das variáveis independentes foram calculados através da seguinte relação:

$$x_i^* = \frac{x_i - x_{pc}}{\Delta x_i}$$

Onde x_i^* representa o valor codificado da variável independente, x_i o valor real da variável independente, x_{pc} o valor real da variável independente no ponto central, e Δx_i a variação real entre o ponto central e os pontos fatoriais.

As variáveis de resposta estudadas foram: redução microbiana de fungos filamentosos e leveduras, enumeração de coliformes a 35 °C e a 45 °C, redução microbiana de *Salmonella*, percentual de atividade de peroxidase, atividade antioxidante, teor de fenólicos, teor de carotenóides, perfil de compostos voláteis, cor, pH, acidez e teor de sólidos solúveis.

Os onze tratamentos resultantes do planejamento foram conduzidos a temperatura ambiente.

Utilizou-se um modelo polinomial de segunda ordem para ajustar as respostas experimentais em função das variáveis independentes:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \varepsilon$$

onde y representa a variável de resposta, β_0 , uma constante, β_1 , β_2 e β_{12} , os coeficientes lineares, β_{11} , β_{22} , os coeficientes quadráticos da equação e x_1 e x_2 as variáveis independentes.

Tabela 5. Delineamento experimental

Ensaio	Tempo	Pressão	x_1	x_2
1	5	200	-1	-1
2	15	200	1	-1
3	5	400	-1	1
4	15	400	1	1
5	10	300	0	0
6	10	300	0	0
7	10	300	0	0
8	3	300	-1,414	0
9	10	441	0	1,414
10	17	300	1,414	0
11	10	157	0	-1,414

Foi feita Análise de Variância (ANOVA), com $p=0,05$, para cada variável de resposta, para determinar os coeficientes lineares, quadráticos e de interação. Verificou-se a falta de ajuste para verificar se os dados se adequaram ao modelo. Os coeficientes de regressão foram usados para gerar os mapas de contorno e as superfícies de resposta.

3.2.3 Processamento a alta pressão

Os tratamentos de Alta Pressão Hidrostática foram realizados em um equipamento Stansted Fluid Power (S-FL-850-09-W, Stansted, Reino Unido) (Figura 8), delineado para utilização em ambiente laboratorial, em processamento de alimentos ou pesquisa biológica. O aparelho de AP está localizado em local bem ventilado protegido de temperaturas extremas e de umidade, na Embrapa Agroindústria de Alimentos (EMBRAPA/CTAA, Rio de Janeiro, RJ).



Figura 8. Equipamento de Alta Pressão Hidrostática Stansted Fluid Power

O equipamento tem capacidade de 300 ml, alcança pressões de até 600 MPa e possui vaso de pressão encamisado conectado a um banho d'água termostático, permitindo a refrigeração ou o aquecimento durante o processamento. A temperatura do banho foi mantida de forma que a temperatura de processamento fosse 25°C.

O processamento a alta pressão foi efetuado em equipamento piloto isostático. A mistura de água e etanol (30/70 v/v) foi utilizada como meio de pressurização, como indicado pelo fabricante do equipamento.

A polpa de cajá foi descongelada sob refrigeração, colocada em sacos de polietileno estéreis (Whirl-Pak, Nasco, EUA) de aproximadamente 150 mL de capacidade e resistentes à pressão. As embalagens foram termoseladas, evitando-se a presença de ar no seu interior. O procedimento foi realizado de acordo com o fluxograma (Figura 9).

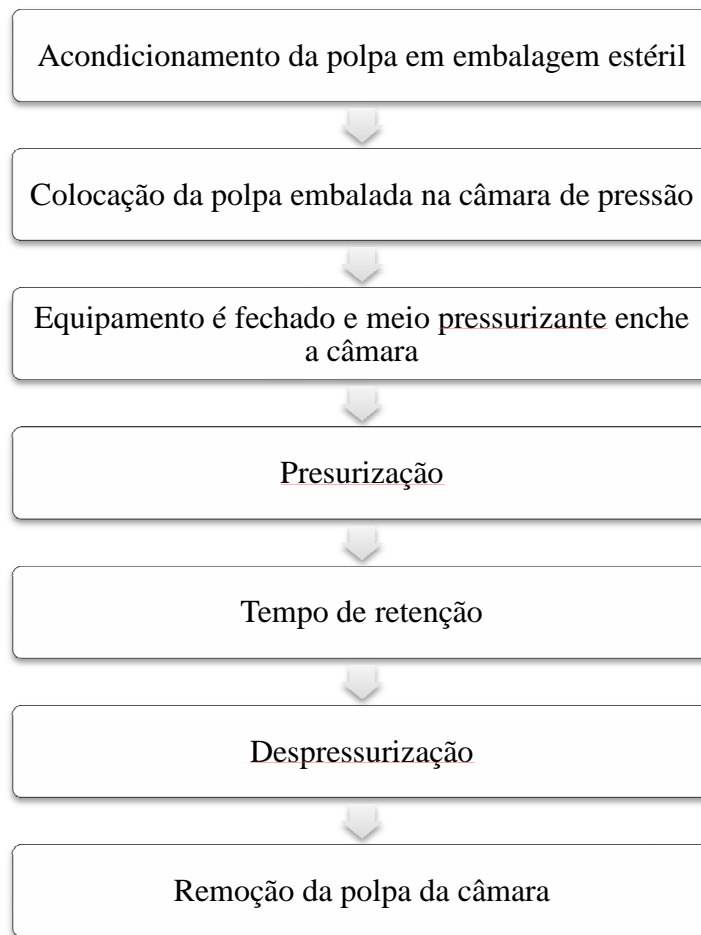


Figura 9. Fluxograma de processamento por APH da polpa de cajá

As análises citadas nos itens 3.2.5 a 3.2.12 foram realizadas na matéria-prima e nos produtos oriundos das diferentes condições operacionais, conforme descrito no Planejamento Experimental (item 3.2.2).

3.2.4 Processamento térmico

O processamento térmico foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pasteurização nas características sensoriais do néctar de cajá. Formulou-se o néctar de cajá com a doçura e diluição ideais determinadas através de testes sensoriais. Optou-se por pasteurizar o néctar já pronto e não a polpa de cajá pois os néctares comerciais são processados dessa forma. Foram utilizadas as condições de pasteurização determinadas por Matietto (2005), 90°C com tempo de retenção de 60 segundos, como ótimas para o tratamento de néctar misto de umbu e cajá, uma vez que as características físico-químicas e microbiológicas do néctar de cajá deste estudo estavam bastante próximas às do estudo de Matietto. A pasteurização foi feita em trocador de calor de superfície raspada, da marca ARMFIELD tipo FT 25 D para produtos viscosos. O sistema do pasteurizador é composto por seção de entrada, pré-aquecimento, aquecimento, retenção e resfriamento. O néctar de cajá pasteurizado foi envasado em sistema ultra-limpo, sendo utilizadas embalagens de vidro previamente esterilizadas em autoclave, e imediatamente congelado. Ressalta-se que a pasteurização foi feita unicamente para a avaliação sensorial e nenhuma outra análise foi realizada neste néctar.

3.2.5 Determinações Físico-Químicas

Acidez titulável

A acidez média foi determinada pela titulação de alíquotas de polpa com NaOH 0,1 N até o pH 8,1, sendo o resultado expresso em g de ácido cítrico anidro por 100 g de polpa, conforme AOAC (2000), método 942.15 item 37.1.37.

pH

O pH médio foi verificado segundo AOAC (2000), método 981.12 n° 42.1.04, empregando-se um eletrodo de um potenciômetro com ajuste automático de temperatura, devidamente aferido com soluções tampões pH 4,0 e pH 7,0.

Sólidos solúveis

A concentração de sólidos solúveis (graus Brix) foi realizada com apoio de um refratômetro de bancada, a 20 °C, segundo AOAC (2000), método 932.12 item 37.1.15.

Relação brix/acidez

A razão entre os graus Brix e a acidez (g ácido cítrico/100 g de polpa), denominada Ratio, foi calculada a partir das determinações de acidez e sólidos solúveis.

3.2.6 Análises microbiológicas

Enumeração de Coliformes a 35°C e a 45°C

A análise de coliformes a 35 °C e a 45 °C foi efetuada em meios de cultura líquidos, por colorimetria, através da técnica do número mais provável (NMP) em duplicata, método descrito no *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (KORNACKI & JOHNSON, 2001). Seguiram-se as três etapas de procedimento: teste presuntivo, que detecta a presença de microorganismos do grupo coliforme; teste confirmativo, que inibe o crescimento de bactérias acompanhantes, permitindo apenas aquelas do grupo coliforme; e teste de coliformes a 45 °C, que usa meio seletivo para a determinação de coliformes fecais. Retirados assepticamente os 10 g de polpa de cajá, prepararam-se diluições até 10⁻³, com 90 ml de água peptonada (peptona de carne bacteriológica, VETEC, Brasil). Alíquotas de 1 ml de cada diluição foram pipetadas para uma série de três tubos de caldo lauril sulfato triptose (LST, MERCK, Alemanha), pH 6,8. Após a homogeneização, os tubos foram incubados a 35 °C por 48 horas. Transcorrido o tempo de incubação, foram observados tubos com produção de gás, sendo os mesmos considerados positivos. Através desses registros, foram reportados à tabela do NMP para 3 diluições, com 3 tubos em cada diluição. Os resultados foram expressos em NMP de coliformes/10 g de polpa. Nos testes confirmativos, cada tubo de caldo LST positivo foi transferido, através de uma alçada, ao tubo de caldo verde brilhante lactose bile a 2% (Caldo Brila, MERCK, Alemanha), pH 7,1 e incubado a 35 °C ± 0,2, por 48 horas. Passado o tempo de incubação, os tubos que tiveram produção de gás, foram considerados positivos, servindo para calcular o NMP. Os resultados foram expressos em NMP de coliformes a 35 °C/g de polpa.

Na identificação de coliformes a 45 °C, uma alíquota de cada tubo de LST positivo foi transferida, assepticamente, com auxílio de alça de platina, ao tubo de caldo EC (MERCK, Alemanha), pH 6,9 e este incubado em banho maria a 44,5 °C ± 0,1, por 24 horas. Foram considerados positivos aqueles que tiveram produção de gás. Esses dados serviram para calcular o NMP. Os resultados foram expressos em NMP de coliformes a 45 °C/g de polpa. Não foi feito teste confirmativo de *E. coli*.

Enumeração de Fungos Filamentosos e Leveduras.

A análise de fungos filamentosos e leveduras foi feita com base no método descrito no *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (BEUCHAT & COUSIN, 2001). Foram retirados assepticamente 10 g de polpa de cajá que, junto a 90 ml de água peptonada (peptona de carne bacteriológica, VETEC, Brasil) foram utilizadas para preparações de diluições até 10^{-6} . Aliquotas de 1 ml de cada diluição foram pipetadas em placas de petri estéreis, em duplicata. Adotou-se a técnica de plaqueamento em profundidade. O meio de cultura usado foi o ágar batata dextrose (BDA, MERCK, Alemanha), acidificado com solução esterilizada de ácido tartárico a 10% para ajuste de pH, a $3,5 \pm 0,1$. Este foi vertido em placas de petri estéreis e homogeneizado em movimentos suaves, em forma de oito. Após a solidificação do ágar à temperatura ambiente, as placas foram incubadas em posição invertida, a 20 - 25 °C por 3 a 5 dias. Transcorrido o tempo de incubação, foram consideradas para a contagem somente placas de mesma diluição que apresentassem entre 25 - 250 colônias. Os resultados foram expressos em UFC/g de polpa. A contagem não foi expressa separadamente para fungos filamentosos e leveduras. As análises foram feitas em duplicata.

Detecção de Salmonella spp.

A detecção de salmonela foi feita, em duplicata, baseada na metodologia descrita no *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (WALLACE *et al.*, 2001). Foram transferidos, assepticamente, 25 g de polpa homogeneizada para 225 ml de caldo lactosado (MERCK, Alemanha), que foi incubado a 35 - 37 °C, por 24 horas. Após o período de pré-enriquecimento, 10 ml desse meio foram transferidos, assepticamente, para 90 ml de caldo selenito-cistina (Caldo SC, MERCK, Alemanha), pH 7,0 e para 90 ml de caldo tetracionato verde brilhante (Caldo TT, MERCK, Alemanha). Após completa homogeneização, foram incubados a 42,5 °C por 24 h em banho maria. Na terceira etapa de análise, partindo do enriquecimento seletivo com auxílio de alça de platina, foram feitas estrias nos meios: ágar verde brilhante (Ágar BG, MERCK, Alemanha); ágar xilose lisina-desoxicolato (Ágar XLD, MERCK, Alemanha); ágar para enterobactérias seg. Hektoen (MERCK, Alemanha), pH $7,5 \pm 0,1$; ágar *Salmonella-Shigella* (Ágar SS, MERCK, Alemanha), pH $7,0 \pm 0,1$ e ágar Rambach (MERCK, Alemanha), pH $7,3 \pm 0,2$ a 25 °C. Todas as placas foram incubadas a 35 - 37 °C por 24 h. Transcorrido o período de incubação do plaqueamento seletivo, caso houvesse crescimento de colônias suspeitas de *Salmonella*, dar-se-ia a continuação do procedimento à triagem das colônias e às provas bioquímicas, para confirmação da presença de salmonela.

3.2.7 Atividade de peroxidase

Utilizou-se o método de Cano *et al.* (1997), com modificações. A extração da peroxidase foi feita em homogenizador Turrax® (IKA, EUA), com velocidade de 7200 rpm, em tampão fosfato 0,3M pH 6,5 com 2% de PVPP (polivinilpolipirrodolina) na proporção 1:5. A amostra foi mantida em banho de gelo durante a extração. Em seguida, o extrato foi filtrado (filtro faixa preta de filtração rápida) e imediatamente congelado para posterior análise.

A atividade foi determinada usando p-fenilenodiamina 1% e peróxido de hidrogênio 1,5% como substrato. Colocou-se 2,7mL de tampão fosfato 0,05M, no pH de atividade ótima de peroxidase (experimento realizado conforme explicado no item *Determinação do pH ótimo de atividade*, a seguir), em uma cubeta e adicionou-se 0,2 mL de p-fenilenodiamina 1% e 0,1 mL de peróxido de hidrogênio 1,5% e por último,

0,03 mL do extrato enzimático. A reação foi acompanhada registrando-se o aumento da absorbância a 485 nm em espectrofotômetro UV – 1800 (Shimadzu, Japão) durante 5 minutos, os dados foram registrados pelo software UVProbe (Shimadzu, Japão). Uma unidade de atividade foi definida como a quantidade de enzima que causa um aumento de 0,001 unidades de absorbância por minuto.

Determinação do pH ótimo de atividade

O efeito do pH na atividade da peroxidase do cajá foi testado na faixa de pH de 3,0 a 9,0 utilizando-se os sistemas tampão citrato (pH 3,0 a 5,5), tampão fosfato (pH 6,0 a 8,0) e tampão fosfato com solução de NaOH (pH 9,0 a 10,0). A atividade foi medida conforme descrito anteriormente.

3.2.8 Atividade antioxidante

Para a determinação da atividade antioxidante foi utilizado o método de captura do radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) (ABTS) de acordo com RE et al. (1999). O radical ABTS foi preparado a partir da reação de 5 mL de solução de ABTS (7 mM) com 88 mL de solução de persulfato de potássio (140 mM) e mantido no escuro por 16 horas (tempo necessário para garantir a formação do radical). O radical foi então diluído com álcool etílico (95%) em quantidade necessária para obter-se uma absorbância de 0,70 ($\pm 0,02$) a 734 nm. A extração dos antioxidantes foi realizada em duas etapas, a primeira com metanol (50%) e a segunda com acetona (70%). A amostra de cajá foi pesada (1 grama), adicionada de 10 ml da solução de metanol e deixada em repouso por 1 hora. Em seguida a amostra foi centrifugada a 10.000 rpm durante 15 minutos e o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico. Adicionou-se 10 ml da solução de acetona ao resíduo da centrifugação e deixou-se em repouso por 1 hora. A centrifugação foi repetida e o sobrenadante misturado ao extrato metanólico. A leitura da atividade foi feita em espectrofotômetro UV-1800 a 734 nm (Shimadzu, Japão) e os dados foram registrados pelo software UVProbe (Shimadzu, Japão). 30 μ l do extrato foram misturados a 3 ml da solução de radical ABTS diluída, a leitura foi feita após 6 minutos de reação. O branco foi feito com radical ABTS e 30 μ l de álcool etílico (95%). O ensaio foi calibrado com álcool etílico (95%).

3.2.9 Quantificação de fenólicos totais

Para a quantificação de fenólicos totais foi utilizada a metodologia com Reagente de Folin Ciocalteu, conforme Georgé et al. (2005). A massa de amostra utilizada para a extração foi definida através de testes preliminares de maneira que a absorbância estivesse dentro dos limites da curva padrão (0,1 a 0,6). Utilizou-se 1 grama de amostra para 50 ml de solução de extração (acetona 70%). A extração foi feita sob agitação magnética por 30 minutos em frascos âmbar. O extrato foi filtrado (filtro faixa preta de filtração rápida) e 1 ml foi diluído em 10 ml de água. Em um tubo de ensaio, colocou-se 0,5 ml do extrato diluído, adicionou-se 2,5 ml de solução de Folin Ciocalteu 10% (Sigma Aldrich, Alemanha) e agitou-se em vortex. Após 2 minutos, adicionou-se 2,0 ml da solução de carbonato de sódio 7,5%, os tubos foram agitados em vortex e colocados em banho de aquecimento a 50°C por 15 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados em banho de gelo até temperatura ambiente. O branco foi feito utilizando acetona ao invés do extrato diluído. A leitura de absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 760 nm, zerado com água destilada. Todas as análises foram realizadas em triplicata. A curva padrão foi feita com ácido gálico e os resultados expressos em mg ácido gálico/litro.

3.2.10 Quantificação de carotenóides

Extração e quantificação dos carotenóides foram realizadas segundo o método de Pacheco (2009). A extração dos pigmentos foi realizada com acetona e celite. Em seguida, realizou-se uma filtração a vácuo, onde os pigmentos dissolvidos na acetona foram transferidos para um funil de separação contendo éter de petróleo, e diversas lavagens com água destilada foram realizadas até total remoção da acetona. Depois da lavagem, transferiu-se o volume para um balão e avolumou-se com éter de petróleo. Devido a presença de carotenóides esterificados foi necessário a realização da etapa de saponificação. Para isso o extrato foi colocado em erlenmeyer âmbar e adicionou-se a solução de saponificação em igual volume do extrato, o frasco foi purgado com nitrogênio para remoção da atmosfera oxidante e adicionou-se BHT, em quantidade suficiente para atingir a concentração aproximada de 0,1%. O frasco foi então fechado e deixado ao abrigo da luz por aproximadamente 16 horas. Após o tempo de reação, a mistura foi lavada três vezes para a remoção da base. O extrato obtido foi filtrado através de funil de vidro contendo sulfato de sódio anidro e recolhido em balão de fundo redondo âmbar de 250mL, para posterior concentração em evaporador rotativo, ou em balão volumétrico para determinação espectrofotométrica. A solução foi analisada em um espectrofotômetro, onde se fez uma varredura a 350-550nm. Na determinação cromatográfica dos carotenóides, uma alíquota de 0,5 a 2mL do extrato etéreo foi transferida para vial âmbar de 3mL. O valor da alíquota foi escolhido de acordo com o valor da concentração dos carotenóides totais, de tal modo que a resposta cromatográfica fique dentro da faixa de trabalho usada na curva de calibração. O solvente foi então removido sob fluxo de nitrogênio até à secura. Ao resíduo foram adicionados 100µL de acetona e o vial foi então agitado em vórtex durante 10 segundos. Com auxílio de pipetador automático, a solução obtida foi transferida para vial com redutor de volume e realizou-se a análise cromatográfica.

3.2.11 Perfil de compostos voláteis

A extração de compostos voláteis foi realizada através de microextração em fase sólida (MEFS), com identificação dos picos através de espectrometria de massas, de acordo com Ceva-Antunes (2003). As análises foram realizadas no Laboratório de Cromatografia Gasosa da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Foi utilizada a fibra de divinil-carboxen-polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS). Para cada extração, 1,0 grama de polpa de cajá e 0,2 gramas de NaCl foram colocadas em um frasco e mantido sob agitação por uma hora a temperatura ambiente, para alcançar o equilíbrio de partição entre a amostra e o *headspace*. Depois deste tempo, a fibra foi exposta ao *headspace* por 15 minutos e então introduzida no injetor aquecido do cromatógrafo (Agilent 7890A) equipado com uma coluna capilar de fenilmetilsiloxano 5%. Os picos foram identificados de acordo com os índices de retenção, pelo índice de Kovats e pela comparação dos espectros obtidos com a literatura.

3.2.12 Análise de cor

A análise instrumental de cor foi realizada nas polpas *in natura* e processadas. Os parâmetros de cor foram avaliados por reflectância no S & M Colour Computer modelo SM – 4 – CH da Suga, no sistema de Hunter. Os resultados foram expressos em relação a *L*= luminosidade (0 = preto e 100 = branco), *a*= variação da intensidade de vermelho (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho) e *b*= variação da intensidade do amarelo (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo). Foram

realizadas quatro repetições de cada amostra dispostas em placa de Petri com 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura.

3.2.13 Análise Sensorial

A avaliação sensorial foi feita no néctar de cajá formulado a partir da polpa processada por alta pressão e ocorreu em três etapas. A primeira foi a determinação da doçura e diluição ideal de acordo com o consumidor. Com os resultados obtidos na primeira etapa, foi feita a Análise Descritiva Quantitativa com uma equipe de provadores selecionados e treinados e por último foi feito um teste de aceitação, com consumidores de suco de frutas, com as mesmas amostras da ADQ.

Diluição e doçura ideal

Foram realizadas duas sessões com 100 consumidores de suco de frutas, uma para a determinação da diluição ideal e outra para a doçura ideal do néctar de cajá. No teste de diluição foram testadas cinco concentrações: 10, 20, 35, 50 e 60% de polpa de cajá em água mineral, mantendo-se a mesma concentração de sacarose (7 g/100ml de néctar). A partir da identificação do néctar com diluição ideal, foram preparados néctares com cinco concentrações de sacarose: 3, 6, 9, 12 e 15 g/100ml. As amostras foram servidas refrigeradas (12°C ±2) em copos brancos descartáveis de 50 ml codificados com algarismos de três dígitos e a ordem de apresentação foi balanceada. Utilizou-se escala não estruturada de nove pontos ancorada nos extremos com as expressões “muito diluído” e “muito concentrado”, para o teste de diluição, e “pouco doce” e “muito doce”, para o teste de doçura. O centro das escalas continha a expressão ideal. A coleta de dados foi realizada no software FIZZ e a opinião dos participantes foi transformada em dados numéricos (1 a 9) os quais foram analisados através de regressão linear simples.

Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A ADQ foi realizada através das seguintes etapas: recrutamento e pré-seleção de provadores, levantamento de atributos sensoriais e definição dos termos descritores, treinamento de provadores pré-selecionados, realização dos testes e análise estatística dos dados.

Os provadores foram recrutados entre os funcionários e estagiários da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Os candidatos passaram por uma triagem quanto à disponibilidade para execução dos testes, interesse e aceitação de produtos à base de frutas.

Para o levantamento de atributos foram utilizados quatro néctares de cajá preparados a partir de polpas comerciais, da polpa *in natura* e da polpa pressurizada. As amostras possuíam características sensoriais distintas visando apresentar aos provadores uma grande diversidade de produtos. Todos os néctares foram preparados conforme a diluição e doçura ideal estabelecidas previamente.

O levantamento da terminologia sensorial (descritores) foi realizado em várias sessões abertas nas quais cada provador descreveu as amostras oferecidas em termos das características sensoriais relacionadas à aparência, aroma, consistência e sabor do produto. Em seguida, por consenso entre os membros da equipe foram definidos os termos mais adequados para expressar os atributos a serem analisados, suas respectivas definições e referências, assim como a melhor forma de apresentação das amostras. Foram utilizadas escalas não estruturadas de 9 cm, variando de 0 a 9 e 1 a 9, onde 1

correspondeu a “pouco”, 9 a “muito” e a ausência do atributo a zero (STONE & SIDEL, 2004).

Durante a definição das referências dos descritores, a equipe de provadores juntamente com o líder decidiu que as amostras para aparência e aroma seriam apresentadas e avaliadas em erlenmeyer com tampa à temperatura ambiente. Para sabor e consistência foram utilizados copos descartáveis brancos de 50 mL, à temperatura ambiente. Para a avaliação dos atributos de aparência foi utilizada luz branca; os demais atributos foram avaliados sob luz vermelha.

O treinamento da equipe em relação aos atributos sensoriais foi em sessões individuais, sendo que cada provador foi treinado no mínimo quatro vezes para cada atributo. O treinamento deve duração aproximada de cinco semanas.

Após o levantamento de atributos, treinamento e seleção de provadores, as amostras foram analisadas empregando a ADQ. Foram avaliadas sete amostras, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Amostras avaliadas na ADQ

Amostra	Descrição
APH	Néctar preparado a partir de polpa de cajá PRESSURIZADA
PAS	Néctar preparado a partir de polpa de cajá PASTEURIZADA
C	Néctar preparado a partir de polpa de cajá <i>IN NATURA</i>
P1	Néctar preparado a partir de polpa comercial de cajá da marca P1
P2	Néctar preparado a partir de polpa comercial de cajá da marca P2
P3	Néctar preparado a partir de polpa comercial de cajá da marca P3
P4	Néctar preparado a partir de suco concentrado de cajá da marca P4

O néctar preparado a partir da polpa pressurizada utilizou polpa de cajá processada a 441 MPa por 10 minutos, por esta condição ter apresentado uma maior inativação enzimática e microbiológica em relação às outras condições de tratamento.

As avaliações foram feitas em cabines individuais, sendo as amostras codificadas com números de três algarismos, apresentadas de forma monádica à temperatura ambiente ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), com três repetições.

Água mineral e biscoito tipo água e sal para limpeza do palato foram servidos aos provadores durante as sessões. Os provadores treinados avaliaram a intensidade de cada atributo fazendo uma marca em uma escala não estruturada de 9cm ancorada nos extremos utilizando a ficha de avaliação anteriormente preparada. Os dados obtidos foram avaliados por meio de ANOVA, teste de média e Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando-se o programa XLSTAT (2005).

Teste de Aceitação

As sete amostras avaliadas na ADQ foram também utilizadas no Teste de Aceitação. As amostras foram apresentadas de forma monádica, em copos plásticos descartáveis brancos de 50mL, codificados com números de três algarismos e servidas à temperatura de $12 \pm 2^\circ\text{C}$ em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos. As amostras foram avaliadas por 112 consumidores de suco de frutas utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de LSD ($p < 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o STATISTICA software (Statsoft, 1996). Mapa da Preferência e Análise de Cluster também foram empregados na análise dos dados realizados no software XLSTAT-MX (2005).

3.2.14 Avaliação da estabilidade do néctar de cajá

A partir dos resultados de redução de contagem de fungos filamentosos e leveduras e de inativação da peroxidase, foram definidas as condições de pressão e tempo a serem aplicadas na avaliação da vida útil do néctar de cajá formulado a partir de polpa pressurizada. Foram escolhidas as duas condições de tempo/pressão que provocaram a maior inativação da peroxidase associado a uma baixa contagem de fungos filamentosos e leveduras. Os néctares foram preparados de acordo com a diluição e doçura ideais a partir dos dois tratamentos escolhidos e da polpa *in natura* (controle) e colocados em potes de vidro de 180 mL esterilizados em autoclave. Foram utilizados 20 potes de vidro para cada néctar. Os três néctares foram armazenados a 4°C durante quatro semanas e durante esse tempo foram realizadas análises de contagem de bactérias psicrofílas, contagem de fungos filamentosos e leveduras, pH, acidez (todas as semanas).

Contagem de psicrofílos

A contagem de psicrofílos foi efetuada de acordo com o método descrito no *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (COUSIN et al., 2001). Um ml de cada diluição do material a ser examinado, foi em placas de Petri estéreis e em seguida vertidos 15 ml de ágar glicose-extrato levedo-triptona fundido e resfriado a 45°C. Após a homogeneização e solidificação do ágar, as placas foram incubadas a 7°C por 10 dias. Após a incubação foram selecionadas as placas contendo entre 30 e 300 colônias, procedia-se à contagem do respectivo número de colônias, o qual era multiplicado pela recíproca da diluição correspondente, a fim de obter o número psicrofílos por grama de amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da polpa de cajá

A Tabela 7 apresenta os resultados referentes à composição centesimal e caracterização físico-química da polpa de cajá.

Tabela 7. Composição centesimal e caracterização físico-química da polpa de cajá.

Análises	Resultados
Umidade (g/100g)	83,66 ± 0,04
Extrato Etéreo (g/100g)	0,62 ± 0,05
Proteínas (F=5,75) (g/100g)	1,06 ± 0,04
Cinzas (g/100g)	0,76 ± 0,01
Carboidratos (g/100g)	12,03 ± 0,05
Fibras (g/100g)	1,87
Acidez Total	20,85 ± 0,09
Acidez em Ácido Cítrico (%)	1,46 ± 0,01
pH	2,83 ± 0,01
Sólidos Solúveis (°brix)	14,9 ± 0,1
Brix/acidez (<i>Ratio</i>)	10,2 ± 0,1

De acordo com o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Cajá, a polpa deve apresentar pH maior que 2,2, teor de sólidos solúveis superior a 9,0 e acidez mínima de 0,90 %, assim, a polpa usada neste trabalho atinge os requerimento da legislação (BRASIL, 2000).

As características físico-químicas das frutas de uma determinada espécie variam, além do fator genético, com o local, época de colheita, estágio de maturação, tratamentos culturais e outros.

Os teores de umidade, extrato etéreo, cinzas, proteínas, e o pH e a acidez estão dentro da faixa encontrada por outros autores, já o teor de fibras da polpa é levemente superior a outros relatados, que variaram de 1,00 a 1,18 g/100g (MATIETTO, 2005; DIAS et al., 2003; BRASIL, 2002; SACRAMENTO & SOUZA, 2000; DA SILVA et al., 1999; BORA et al., 1991).

O teor de sólidos solúveis encontrado na polpa foi relativamente alto, uma vez que vários autores encontraram teores próximos de 10 °Brix (DIAS et al., 2003; DA SILVA et al., 1999; BORA et al., 1991). Soares (2005) avaliou as características físico-químicas de frutos de 14 genótipos de cajazeira que apresentaram teores médios de sólidos solúveis de 14,06 °Brix, acidez em ácido cítrico de 1,56% e ratio de 10,41, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

A acidez das frutas pode variar consideravelmente de uma espécie para outra, sendo que, enquanto frutas pouco ácidas, como melão, banana e abacate possuem acidez entre 0,1 e 0,3%, as frutas mais ácidas apresentam variação entre 3 a 8% de acidez, como é o caso do limão, do umbu e do maracujá. O cajá se situa num grupo de média acidez, que varia de 1 a 3% assim como a acerola, morango, framboesa e laranja (MATIETTO, 2005; NIELSEN, 2003).

A relação Brix/acidez (ratio) é comumente usada como um indicador da maturação e palatabilidade de frutas, quanto menor, mais ácida e/ou menos doce será a polpa ou suco.

Minerais são elementos inorgânicos que permanecem nas cinzas quando um alimento é incinerado. Eles são usualmente divididos em dois grupos – macrominerais e microminerais (ou elementos traço), e ainda em essenciais e não-essenciais, dependendo se são ou não necessários para a nutrição humana e se possuem função metabólica. Os macrominerais estão envolvidos na formação dos componentes estruturais do corpo, como o cálcio, magnésio e o fósforo na formação de ossos e dentes; e na manutenção do pH dos fluidos corporais, condução de impulsos nervosos, controle da contração muscular. Já os microminerais geralmente estão envolvidos em funções fisiológicas específicas, como o iodo nos hormônios da tireóide e o zinco como sítio ativo de enzimas (REILLY, 2002).

A Tabela 8 apresenta a composição em minerais da polpa de cajá *in natura*.

Tabela 8. Composição em minerais da polpa de cajá *in natura*

Minerais	Teor (mg/100g)	% IDR em 100 g
Macrominerais		
Sódio	5,551 ± 2,352	0,3*
Magnésio	15,095 ± 0,863	5*
Fósforo	32,849 ± 2,401	4*
Potássio	288,276 ± 23,895	-
Cálcio	11,038 ± 0,767	1,5*
Microminerais		
Manganês	0,025 ± 0,001	0,5*
Ferro	0,327 ± 0,001	2,3*
Cobre	0,118 ± 0,037	4*
Alumínio	0,394 ± 0,086	-
Bário	0,069 ± 0,006	-

*: IDR estabelecida pela ANVISA (BRASIL,2005)

As frutas em geral apresentam em sua composição uma grande variedade de vitaminas e minerais essenciais, o que as tornam uma rica contribuição para a dieta humana.

Em relação aos macrominerais, o cajá apresentou níveis baixos de sódio e cálcio, minerais normalmente encontrados em baixa concentração em frutas. Observou-se um conteúdo elevado, em comparação com outras frutas, de magnésio, potássio e fósforo. Albino et al. (1999) confirmam o cajá como um dos frutos com alto teor de potássio, juntamente com a jaca, graviola, jenipapo e mangaba. O teor de fósforo é um dos mais altos entre as frutas, com níveis próximos aos da ceriguela, pequi e maracujá (NEPA, 2006). O teor de magnésio ficou abaixo do encontrado por Mattiello (2005), 24,33mg/100g, porém acima do encontrado por Leterme (2006), 12 mg/100g, essa diferença pode ser atribuída à origem dos frutos, Pará e Colômbia, respectivamente, e no nosso caso, Sergipe. Todavia, a composição dos minerais é dependente das condições de fertilidade de cada localidade, uma vez que os minerais são absorvidos do solo (LETERME et al., 2006), e também dos fatores genéticos e do uso de fertilizantes (SANCHEZ-CASTILLO et al., 1998).

Foram quantificados cinco microminerais, dentre eles três essenciais, manganês, ferro e cobre, e dois não essenciais ao nosso organismo, bário e alumínio. Mattiello (2005) e Leterme (2006) citam a presença de zinco na polpa de cajá, porém neste trabalho esse mineral não foi encontrado. A sua presença pode estar relacionada também às diferentes condições de cultivo das plantas. A polpa de cajá apresentou uma quantidade significativa de ferro e cobre e baixo teor de manganês, porém todos

apresentaram valores bem inferiores aos encontrados por Matietto (2005), 1,16, 0,18 e 0,35 mg/100g, respectivamente.

Os microminerais zinco, cromo, cobalto, selênio, cádmio, chumbo e estrôncio não foram detectados na polpa cajá. Foram encontrados alumínio e bário, dois metais que são considerados tóxicos para plantas e para o organismo humano. A quantidade de bário na polpa pode ser considerada pouco relevante, uma vez que valor encontrado é muito menor que o valor médio encontrado em frutas, 0,5 a 3,1 mg/kg (KABATA-PENDIAS, 2000). Quantidades de alumínio semelhantes à da polpa de cajá foram encontradas por Ekholm et al. (2007), em outras frutas comercializadas na Finlândia, porém os pesquisadores afirmam que essa quantidade não é considerável, uma vez que a maior parte do alumínio da dieta provém de aditivos e de migrações das embalagens. Um estudo realizado na Espanha também encontrou quantidades altas de alumínio (até 1144 µg/l) em sucos de frutas (LOPEZ et al., 2002). O alumínio é um forte indicativo de solos ácidos e com baixa fertilidade natural (GERHARDSSON et al., 1994), característicos da região dos Tabuleiros Costeiros, de onde as polpas utilizadas neste trabalho tiveram origem (CORRÊA & FILHO, 2001). Isto sugere uma adaptação natural da cajazeira a estas condições de solos pobres ou esgotados, e seu potencial de cultivo em áreas marginais, onde outras culturas não são capazes de serem conduzidas, mantendo-se bons níveis de produtividade. Esta afirmação pode ser reforçada quando se observam os baixos teores de magnésio e cálcio. Estes dois elementos são tradicionalmente usados como corretivos do solo, pois são capazes de aumentar o pH, neutralizar a presença de elementos tóxicos e melhorar a capacidade de retenção de nutrientes na fração inorgânica, principalmente nas argilas do solo. A correção do solo com calcário dolomítico (altas quantidades de cálcio e magnésio) é uma prática agrícola elementar em áreas nobres de atividade agropecuária (UPHOFF et al., 2006).

4.2 Efeito da Alta Pressão Hidrostática (APH) sobre qualidade e segurança da polpa de cajá

4.2.1 Efeito da APH sobre as características físico-químicas da polpa de cajá

As médias das análises físico-químicas realizadas na polpa de cajá submetida a diferentes tratamentos de APH, na polpa de cajá controle (não tratada) são mostrados na Tabela 9.

O teor de sólidos solúveis e a acidez são fatores de qualidade importantes na aceitação de produtos de frutas. Observa-se claramente que a alta pressão não provocou alterações nos parâmetros físico-químicos avaliados na polpa de cajá. Esses resultados estão de acordo com Bull et al. (2004), que avaliaram esses parâmetros em suco de laranja tratado por APH e não observaram diferenças em relação ao suco *in natura*, e com Wolbang et al. (2008), que também não observaram alterações em melão submetido a APH. Em estudo com sobremesas a base de morango, o pH, a acidez e o teor de sólidos solúveis do produto mantiveram-se inalterados após o processamento por APH, e durante três meses de armazenamento refrigerado (FONBERG-BROCZEK, 1999).

Tabela 9. Características físico-químicas das amostras de polpa de cajá submetidas à APH em comparação ao controle (*in natura*)

	Tratamentos	Acidez	pH	Brix	Ratio
C	Controle	20,85a	2,83a	14,9a	10,2a
1	200 MPa/5 min	20,66a	2,81a	15,0a	10,4a
2	200 MPa/ 15 min	21,05a	2,79a	15,1a	10,2a
3	400 MPa/ 5 min	20,94a	2,84a	15,1a	10,3a
4	400 Mpa/ 15 min	21,04a	2,86a	15,2a	10,3a
5	300 Mpa/ 10 min	20,93a	2,80a	14,9a	10,2a
6	300 Mpa/ 10 min	21,01a	2,83a	15,0a	10,2a
7	300 Mpa/ 10 min	20,87a	2,85a	14,9a	10,2a
8	300 Mpa/3 min	20,98a	2,80a	15,2a	10,3a
9	441 Mpa/ 10 min	20,95a	2,81a	14,9a	10,2a
10	300 Mpa/ 17 min	20,78a	2,87a	14,8a	10,2a
11	157 Mpa/ 10 min	20,88a	2,84a	14,8a	10,1a

*Letras iguais numa mesma coluna não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4.2.2 Caracterização microbiológica da polpa de cajá processada por APH

Embora a APH já tenha se mostrado efetiva na preservação de atributos sensoriais e nutricionais, o grande objetivo dessa tecnologia está associar a otimização da qualidade à segurança alimentar. A APH pode inativar formas vegetativas de microorganismos, porém esporos podem resistir a pressões tão altas quanto 1000 MPa (PATTERSON, 2005).

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas realizadas na polpa de cajá. Analisando a Tabela 9 observa-se que a amostra controle (não pressurizada) já apresentava baixa contagem de fungos filamentosos e leveduras (3×10^2 UFC/g) e ausência de coliformes e *Salmonella spp.* O processo de obtenção da polpa, a adequada característica sanitária dos frutos, assim como a adequada condição higiênica de manuseio na indústria, podem ter contribuído para tais resultados.

Todas as amostras estudadas estavam de acordo com as determinações da Resolução RDC número 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) e Instrução Normativa nº1 de 07 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) as quais estipulam em até 1×10^2 o número de Coliformes a 45°C (coliformes de origem fecal) e ausência de *Salmonella spp.* em amostra indicativa do lote; em até 5×10^3 a soma de bolores e leveduras para a polpa in-natura e em até 2×10^3 a soma de bolores e leveduras para a polpa que sofreu tratamento térmico.

Observa-se na Tabela 10 que a ausência de coliformes a 35 e 45°C e de *Salmonella spp.* foi mantida, resultado já esperado uma vez que não se havia detectado presença dos referidos microorganismo na amostra não tratada, e indicando que não houve contaminação durante o preparo da amostra para o processamento.

Os fungos filamentosos e leveduras são importantes como microorganismos deteriorantes de alimentos, embora não possuam expressão como microbiota patogênica. Entretanto, a análise da microbiota deteriorante é de fundamental importância para a indústria de sucos, uma vez que tais microorganismos afetam o tempo de vida útil dos produtos (FARKAS & HOOVER, 2000).

Tabela 10. Contagem de coliformes a 35°C e 45°C, fungos filamentosos e leveduras e *Salmonella spp.* em polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática.

Tratamentos	Coliformes a 35°C (NMP/g)	Coliformes a 45°C (NMP/g)	<i>Salmonella spp.</i>	Fungos Filamentosos e Leveduras (UFC/g)*
Controle	<3	<3	Ausência	3 x 10 ² *
1 200 MPa/5 min	<3	<3	Ausência	7 x 10 ¹ *
2 200 MPa/ 15 min	<3	<3	Ausência	6 x 10 ¹ *
3 400 MPa/ 5 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
4 400 MPa/ 15 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
5 300 MPa/ 10 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
6 300 MPa/ 10 min	<3	<3	Ausência	5 x 10 ¹ *
7 300 MPa/ 10 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
8 300 MPa/ 3 min	<3	<3	Ausência	4 x 10 ¹ *
9 441 MPa/ 10 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
10 300 MPa/ 17 min	<3	<3	Ausência	< 1 x 10 ¹ *
11 157 MPa/ 10 min	<3	<3	Ausência	1,5 x 10 ² *

* Valor estimado

Fungos e leveduras são, em geral, mais suscetíveis à pressão que esporos bacterianos, e podem ser inativados com o uso de pressões moderadas. A redução da contagem de fungos filamentosos e leveduras foi avaliada através de metodologia de superfície de resposta. Entre os parâmetros avaliados apenas a pressão mostrou-se significativa ($p < 0,05$) (Figura 10), seu aumento provocou uma diminuição na contagem de fungos e leveduras. A interação entre o tempo e a pressão não foi significativa. Resultado semelhante foi encontrado por Zook et al. (1999), que observaram o aumento da inativação de leveduras em sucos de maçã e de laranja com o aumento da pressão de tratamento (300 a 500 MPa).

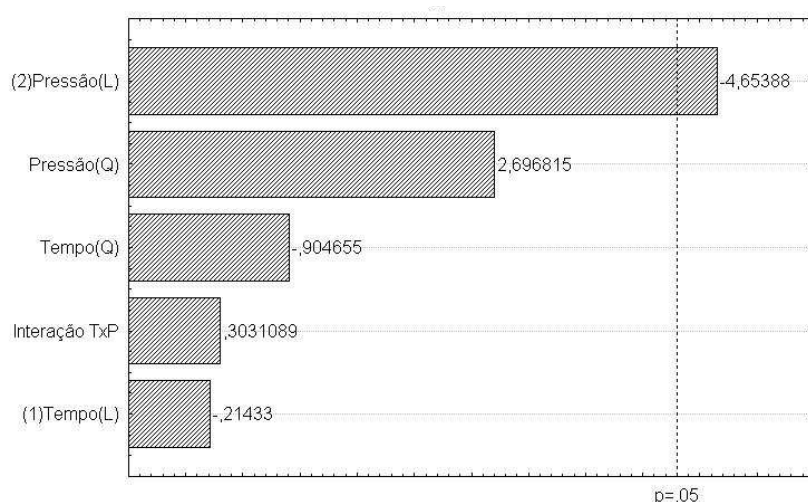


Figura 10. Diagrama de Pareto para os efeitos da pressão e tempo na contagem de fungos filamentosos e leveduras em polpa de cajá processada por alta pressão

O modelo gerado explicou 76% da variância do experimento (R^2 ajustado = 0,76) e a falta de ajuste não foi significativa ($p < 0,05$). A superfície de resposta gerada e a superfície de contorno estão apresentadas na Figura 11.

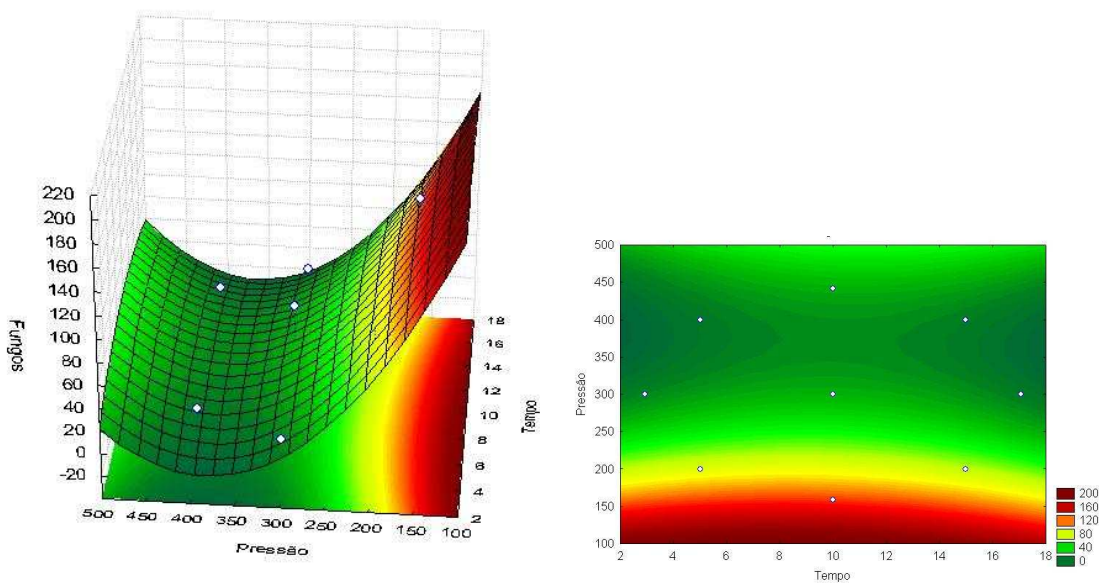


Figura 11. Superfície de resposta e gráfico de contorno referentes ao efeito de pressão e tempo de pressurização na contagem de fungos e leveduras em polpa de cajá

Todos os tratamentos acima de 200 MPa reduziram a contagem de fungos e leveduras a níveis mínimos. O tempo de retenção não influenciou a inativação, como pode ser observado na Figura 11. Segundo Farkas & Hoover (2000), o aumento da magnitude da pressão e da duração do tratamento geralmente leva a maiores letalidades, mas não linearmente. Porém, há uma pressão crítica mínima, que depende do tipo de microrganismo, abaixo da qual não haverá inativação microbiana, independente do tempo de processamento. Além disso, o mecanismo de inativação varia de acordo com o nível de pressão aplicado. Pressões inferiores a 400 MPa por alguns minutos são eficientes para inativar a maioria das leveduras, de acordo com Chen & Tseng (1997), embora algumas linhagens possam ser mais resistentes. Os autores também sugerem que a resistência à pressão de leveduras é fortemente relacionada com a sua resistência térmica.

Chauvin et al. (2005) inativaram 5 logs da população de *S. cerevisiae* inoculada em pedaços de maçã e mirtilo, com a aplicação de 300 MPa durante 1,5 minutos. Segundo Smelt (1998), a partir de 100 MPa, a membrana nuclear das leveduras é afetada e a pressões acima de 400 MPa ocorrem alterações nas mitocôndrias e no citoplasma, provocando a morte celular.

A levedura *Zygosaccharomyces bailii*, que tolera baixos pHs e frequentemente está associada a contaminações de produtos de alta acidez, como pickles e sucos de fruta, teve sua contagem reduzida em até 6 vezes pelo tratamento a 345 MPa por 5 minutos (PALOU et al., 1997). Palou et al. (1999) submeteram polpa de banana a pressões de 517 MPa a 689 MPa por 10 minutos, e obtiveram a redução dos fungos e leveduras naturalmente presentes na banana a valores inferiores a 10 UFC/g. Palou et al. (2000) e Lopez-Malo et al. (1998) avaliaram a contagem de fungos e leveduras em guacamole e purê de abacate tratados por alta pressão e obtiveram produtos com contagem abaixo de 10 UFC/g.

Embora a maioria dos esporos de fungos e leveduras seja facilmente inativada pela pressão, os seus ascósporos necessitam de tratamento a pressões maiores, por se apresentarem bastante resistentes. Fungos dos gêneros *Byssochlamys*, *Neosartorya* e *Talaromyces* podem formar ascósporos resistentes a pressão sendo necessário o uso de calor combinado a pressão para uma inativação satisfatória (PALOU et al., 2002).

4.2.3 Efeito da APH sobre atividade de peroxidase (POD) de polpa de cajá

Determinação do pH ótimo de atividade

Com o objetivo de caracterizar a enzima peroxidase proveniente da polpa de cajá, e otimizar o método de análise para esta fruta, foi feito um experimento para determinar qual o pH ótimo de atividade da enzima. Este pH foi usado nas análises para a avaliação da inativação enzimática provocada pela APH. A determinação da atividade de peroxidase em diferentes pHs indicaram que o pH ótimo é 6,0, e pequenas variações, para 5,5 e 6,5 já provocam uma diminuição na sua atividade (Figura 12). Em valores de pH mais ácidos (menores que 5,5) e alcalinos (maiores que 6,5), a atividade diminui rapidamente.

Pereira (2003) caracterizou a peroxidase do cajá proveniente de Manaus (AM) e encontrou resultados muito diferentes dos apresentados neste trabalho. A peroxidase apresentou alta atividade na faixa de pH entre 4,0 e 5,5, alcançando um valor máximo em 4,5. A enzima exibiu considerável atividade em pH mais ácido, cerca de 40% do total em pH 2,6. O mesmo não foi observado neste trabalho, em que em pH 3,0 a enzima já não apresentava nenhuma atividade. Porém, observa-se que o substrato utilizado naquele trabalho foi o guaicol, enquanto que nesse trabalho utilizou-se a parafenildiamina, e as isoenzimas possuem especificidades diferentes conforme o substrato.

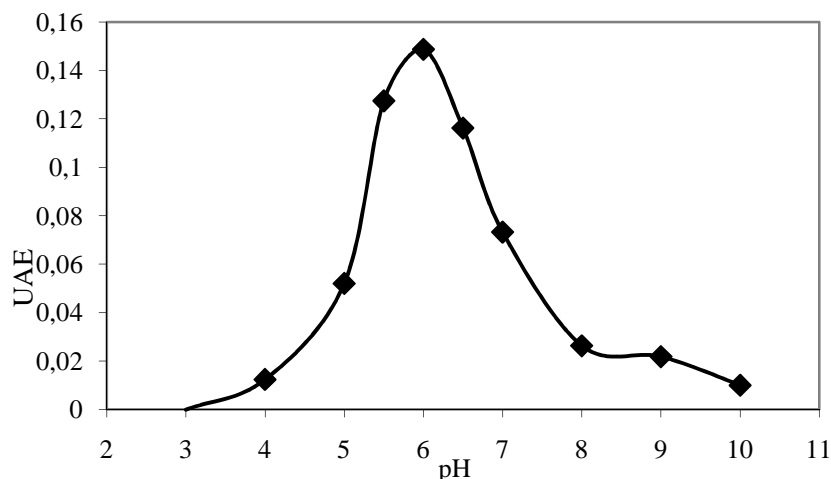


Figura 12. Variação da atividade de POD em polpa de cajá *in natura* com pH

A perda de atividade em meio ácido pode ser atribuída à mudança de conformação da enzima, do seu estado nativo para uma desnaturação reversível ou irreversível, causada pelo desligamento do grupo heme da proteína (VAMOS-VIGYAZO, 1981).

O pH ótimo da peroxidase varia de acordo com a sua fonte, a composição de isoenzimas, o substrato e o tampão utilizado e, segundo Vamos-Vygyazo (1981), oscila entre 4,0 e 7,0.

Não foi detectada uma faixa de pH ótimo, o que ocorre quando existe a presença de isoenzimas com pHs de atividade ótima próximos e, assim supõe-se que as

isoenzimas presentes possuem valores de pH ótimo coincidentes. O pH da polpa de cajá varia entre 2,5 e 3,0 e, dessa forma, espera-se que a atividade na polpa *in natura* seja baixa, e que as reações de escurecimento e oxidação de aromas ocorra lentamente.

Fang et al. (2008) verificaram a presença de isoenzimas de peroxidase em kiwi, e a faixa de pH com atividade ótima foi de 6,5 a 8,0, assim como Phunchaisri & Apichartsrangkoon (2008) que observaram a presença de isoenzimas de peroxidase em lichia, com atividades ótimas entre pH 5 e 8,0.

As peroxidases parcialmente purificadas de morango (CIVELLO et al, 1995) e de palmito (ONSA et al, 2004) apresentam pH ótimo similares e igual a 6,0. Já a peroxidase de melão apresenta pH ótimo em 5,5 (RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al, 2000). Para a enzima proveniente de abacaxi, o valor ótimo relatado é de 4,5 (BRITO, 2007), e para a peroxidase de groselha, o valor ótimo foi 6,5 (GONZALES et al., 2000).

Atividade residual da peroxidase de polpa de cajá pressurizada

A peroxidase (POD) é uma enzima ubíqua em células vegetais e está relacionada à qualidade no processamento de alimentos, uma vez que pode provocar mudanças adversas no sabor e na cor de frutas frescas e processadas (VAMOS-VIGYAZO, 1981).

A peroxidase é do grupo das oxidoredutases, sendo capaz de catalisar um grande número de reações oxidativas em plantas usando peróxido como substrato, ou, em alguns casos, oxigênio como um aceptor de hidrogênio. Em vegetais, a peroxidase induz a mudanças negativas de sabor durante a estocagem. É considerada a enzima vegetal mais estável ao calor e sua inativação tem sido convencionalmente usada como indicador de adequação de branqueamento em processamentos vegetais.

A Tabela 11 mostra a atividade residual da peroxidase da polpa de cajá obtida após os tratamentos. A inativação máxima alcançada nessas condições de tratamento foi de aproximadamente 20% na amostra tratada a 157 MPa/10 minutos seguida pela amostra tratada a 441 MPa/10 minutos.

A atividade residual de POD variou entre 80,19% a 129% e os parâmetros tempo e pressão, tanto de primeira quanto de segunda ordem, apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) na atividade enzimática. O tempo foi a variável que provocou o maior efeito na atividade de POD, com um maior grau de inativação para maiores tempos de retenção.

Tabela 11. Atividade residual de peroxidase em polpa de cajá resultante do processamento a alta pressão hidrostática

	Tratamentos	% Atividade residual
1	200 MPa/5 min	88,20
2	200 MPa/ 15 min	102,22
3	400 MPa/ 5 min	117,93
4	400 MPa/ 15 min	102,69
5	300 MPa/ 10 min	90,74
6	300 MPa/ 10 min	90,10
7	300 MPa/ 10 min	94,69
8	300 MPa/ 3 min	129,87
9	441 MPa/ 10 min	82,88
10	300 MPa/ 17 min	86,61
11	157 MPa/ 10 min	80,19

A interação entre os fatores não foi significativa, conforme pode também ser verificado pelo Diagrama de Pareto correspondente (Figura 13).

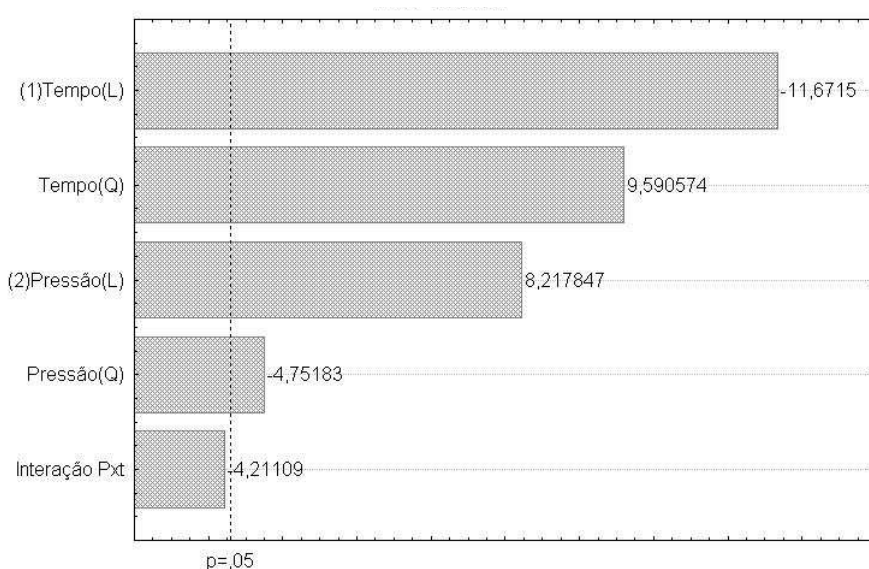


Figura 13. Diagrama de Pareto correspondente à análise de superfície de resposta de atividade de peroxidase de polpa de cajá processada por alta pressão

A combinação de tempos mais curtos com altas pressões causou a ativação da POD (Tratamentos 3 e 8 da Tabela 11) em aproximadamente 30%, já com o aumento do tempo de processo, a atividade tendeu a diminuir. O aumento em tempos curtos pode ser atribuído a um aumento na liberação de enzimas intracelulares, contrapondo-se aos efeitos de inativação da pressão, em tempos maiores, quando a inativação predomina, uma vez que não há mais liberação de enzimas (TEREFE et al., 2009). Esse mesmo comportamento foi observado por Menezes (2005) em polpa de açaí, em que a atividade da peroxidase aumentou cerca de 10 e 30 % quando tratada por 5 minutos a 300 e 500 MPa, respectivamente. Porém, quando o tempo de tratamento aumentou para 15 minutos, houve uma redução de até 10% com pressão de 300 MPa.

A superfície de resposta gerada descreveu apenas parcialmente os dados de inativação de POD, consistente com o coeficiente de correlação não ter sido tão elevado ($R^2 = 0,761$), e resultando na falta de ajuste significativa do modelo ($p < 0,05$). Várias tentativas foram feitas para melhor ajustar os dados. Primeiramente, retirou-se o termo de interação não significativo, porém os resultados foram semelhantes aos encontrados com o planejamento inicial. Em seguida, os pontos axiais foram retirados e os dados analisados como um planejamento fatorial 2^2 com 3 pontos centrais, porém a falta de ajuste continuou significativa. Por último, o termo de interação foi retirado obtendo-se um modelo em que a falta de ajuste não era mais significativa ($p = 0,052$) com coeficiente de correlação ajustado $R^2 = 0,55$. Não foi possível explicar os dados adequadamente com nenhum dos modelos, sugerindo a necessidade do uso de modelos mais complexos ou do estudo de outras variáveis independentes, como a temperatura. A superfície de resposta gerada e o gráfico de contorno estão apresentados na Figura 14.

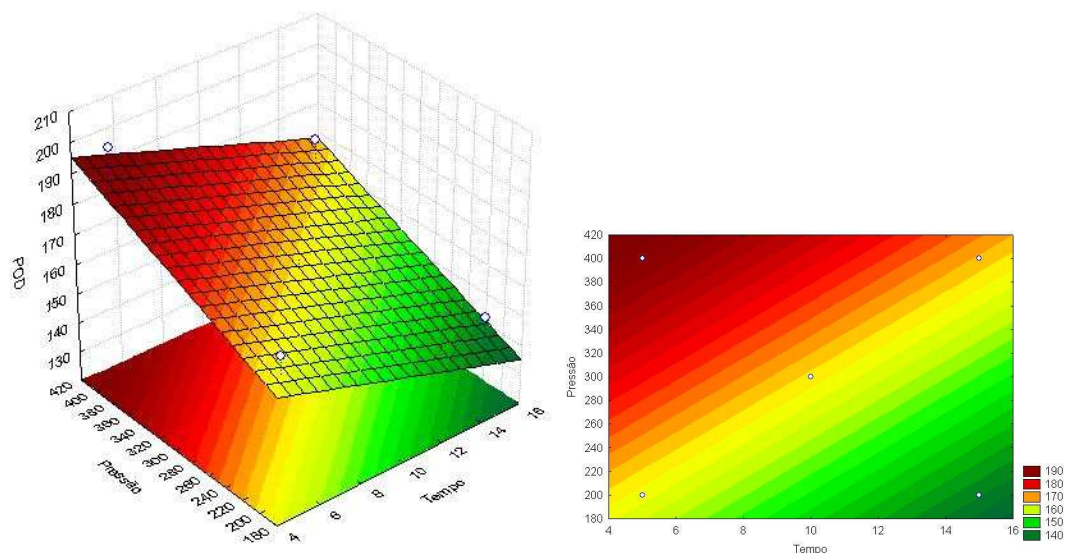


Figura 14. Influência da pressão e do tempo na atividade da peroxidase (POD) de polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática

Os resultados sugerem que o uso de pressões moderadas por longos períodos resultariam numa maior inativação da peroxidase do cajá, assim como foi constatado por Menezes (2005), em açaí, e por Buggenhout et al. (2006) e Akyol et al. (2006), em estudos com POD de cenoura. São necessários testes com as variáveis independentes nos níveis das zonas de maior inativação, conforme apontadas pela superfície de resposta, para comprovar a validade deste estudo.

A barorresistência da peroxidase já foi comprovada por diversos autores. Quaglia et al (1996) estudaram o efeito da APH na peroxidase de ervilhas e constataram que a mesma só era inativada significativamente com pressões acima de 700 MPa, sugerindo que a alta atividade residual decorre da presença de numerosas isoenzimas que reagem de formas diferentes à pressão. Fang et al. (2008) observaram que a peroxidase do kiwi manteve sua atividade quanto pressurizada a baixas temperaturas, e apenas combinando calor e pressão de 600 MPa observou-se a redução da atividade. Os autores também comprovaram a hipótese de Quaglia et al (1996), mostrando a presença de isoenzimas com diferentes resistências à pressão.

Cano et al. (1997), em estudo com POD de morango e laranja, observaram que a melhor condição para a inativação em morango, dentre as estudadas, foi 230 MPa/43°C/15 min, porém resultando em apenas 25% de inativação da POD. Já a peroxidase do suco de laranja teve 50% da atividade reduzida nas condições de 400 MPa/32°C/15 minutos, mas a temperaturas superiores houve um pronunciado aumento da atividade.

O uso de calor combinado com a pressão é capaz de aumentar a inativação enzimática. Desse modo, em estudo com banana, a peroxidase foi praticamente inativada (5% residual) com tratamento de até 110MPa com temperatura acima de 70°C (MACDONALD & SCHASCHKE, 2000).

4.2.4 Efeito da APH sobre o teor de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais encontrados na polpa de cajá e o efeito da pressurização na elevação dos mesmos estão apresentados na Tabela 12. O teor de fenólicos totais nas amostras pressurizadas variou entre 285,84 e 335,24 mg ácido gálico equivalente/100g de polpa. O menor teor foi encontrado na amostra processada a 441 MPa

por 10 minutos. Os parâmetros do processo, tempo e pressão, não tiveram efeito significativo no teor de fenólicos, de acordo com a análise utilizando a metodologia de superfície de resposta. Não foi verificado qualquer termo significativo no modelo linear ou quadrático ajustado aos dados.

Tabela 12. Comparação entre as médias dos teores de fenólicos.

Tratamentos		Teor de Fenólicos (mg/100g)			% aumento extração
C	Controle	260,21	± 11,89	a	-
1	200 MPa/5 min	297,03	± 5,48	bcd	14,15
2	200 MPa/ 15 min	305,32	± 13,79	bcd	17,33
3	400 MPa/ 5 min	299,70	± 6,68	bcd	15,18
4	400 Mpa/ 15 min	309,69	± 8,14	bcde	19,02
5	300 Mpa/ 10 min	313,69	± 2,97	bcde	20,55
6	300 Mpa/ 10 min	324,93	± 3,33	de	24,87
7	300 Mpa/ 10 min	335,24	± 8,52	de	28,83
8	300 Mpa/3 min	317,68	± 2,38	de	22,08
9	441 Mpa/ 10 min	285,84	± 3,82	ab	9,85
10	300 Mpa/ 17 min	307,64	± 6,26	bcde	18,22
11	157 Mpa/ 10 min	288,50	± 3,03	abc	10,87

Isto pode ser explicado comparando-se a média e desvio padrão ($302,94 \pm 5,68$) dos experimentos 1-4, e os valores ($324,62 \pm 10,77$) obtidos para as três repetições do ponto central (5-7). O desvio padrão para os pontos centrais é maior do que o verificado nos experimentos fatoriais, nos quais os níveis dos fatores variam consideravelmente. Desta forma, o desvio padrão para o delineamento fatorial e estrela pode ser explicado unicamente pelo erro experimental.

Observa-se que a polpa de cajá estudada possui um alto teor de compostos fenólicos quando comparado com outras frutas. Segundo Vasco et al. (2008), o morango possui um teor de fenólicos totais de 238 mg GAE/100g e o maracujá e manga possuem cerca de 60 mg GAE/100g.

Outros autores analisaram o teor de fenólicos do cajá, Vasco et al. (2008) encontraram um valor muito próximo ao do presente estudo, cerca de 249 mg GAE/100g, enquanto que Filgueiras et al. (2001) encontrou um valor inferior, 150 mg GAE/100g.

Porém, realizando-se um teste de Tukey com $p < 0,05$, verifica-se que existe diferença entre as amostras. Houve um aumento considerável na extração de fenólicos nas amostras pressurizadas em comparação com o controle. O maior aumento foi verificado no tratamento 300MPa/10 minutos, que variou de 22 a 28% e o menor no ponto 441 MPa/10 minutos seguido pelo 157 MPa/10 minutos, de 9,85 e 10,87%, respectivamente. Na Figura 15, observa-se a variação dos teores de fenólicos em relação à pressão e o tempo de retenção.

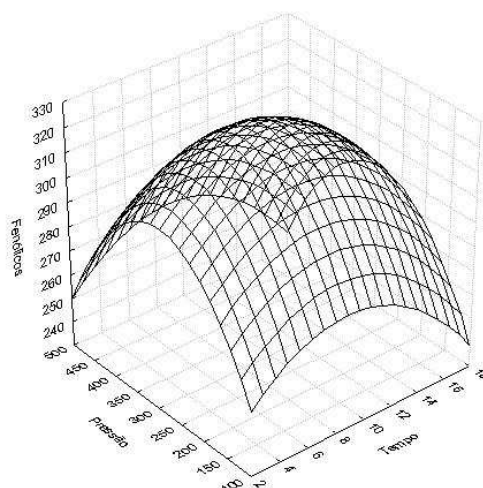


Figura 15. Variação do teor de fenólicos em polpa de cajá processada por APH, em relação ao tempo e a pressão de processo

Observa-se que os tratamentos com duração de 10 minutos apresentaram um máximo no ponto central, com 300 MPa e uma menor extração em pressões inferiores e superiores. E com um tempo de retenção de 10 minutos, observa-se a mesma tendência, a pressão de 300 MPa obteve o maior valor, e com tratamento mais longo ou curto, houve uma menor extração de fenólicos da polpa de cajá.

Deve-se salientar que a elevação da temperatura com a pressão no início do processo, devido ao calor adiabático, ocasionando incremento de cerca de 3 °C para cada 100 MPa, pode também ter contribuído para os resultados, em que a elevação da pressão resulta inicialmente em acréscimo e posteriormente em decréscimo do teor de fenólicos. Desse modo, pode ter ocorrido o efeito antagônico de incremento da extração com a elevação de pressão, mas contrariamente a degradação dos compostos pela elevação de temperatura associada com tal aumento de pressão.

Outros autores verificaram diferentes comportamentos no teor de fenólicos quando submetidos a diferentes condições de processamento. Roldan-Marín et al (2009) estudaram o teor de fenólicos totais em cebolas tratadas por APH utilizando a metodologia de superfície de resposta. O tempo de retenção foi mantido em 5 minutos e variou-se a pressão (100-400 MPa) e a temperatura de processamento (5 a 50 °C). Ambos os parâmetros foram não significativos para a variável de resposta em questão, porém observou-se um aumento de 12% no teor de fenólicos com o uso de 100 MPa e 50 °C e de 400MPa e 5 °C.

Terefe et al. (2009) também utilizaram a metodologia de superfície de resposta para avaliar o efeito da pressão (300-600 MPa), da temperatura (20 a 60 °C) e do tempo de processamento (2 a 10 minutos) no teor de fenólicos totais de morangos. Nenhum dos parâmetros mostrou-se significativo estatisticamente e o menor e maior teores foram encontrado nas amostras tratadas a 450MPa/40°C/6 min e 300/60°C/2 min, respectivamente.

Patras et al. (2009b) observaram um aumento de 9,8% no teor de fenólicos de morangos processados a 600 MPa, já nos tratamentos a 400 e 500 MPa não diferiram da amostra controle. O aumento na extração de compostos funcionais através do uso da APH tem motivado diversos estudos com o objetivo de otimizar a extração de fenólicos de frutas e de seus subprodutos.

Corrales et al. (2009) obtiveram um aumento de 50% na extração de antocianinas de cascas de uva com tratamento de 200 MPa durante 30 minutos e observaram que pressões maiores (300 e 400 MPa) não foram tão eficientes. Os autores

sugerem que a extração de compostos funcionais com o auxílio da alta pressão deve considerar as características da matriz, o solvente utilizado, a razão amostra/solvente, a temperatura, pressão e tempo e que uma avaliação econômica é necessária para a sua implementação na indústria. Todavia, a extração dos compostos fenólicos da fruta longana aumentou com a pressão, atingindo um máximo a 500MPa (PRASAD et al., 2009). O efeito da matriz, no caso o tipo de fruta e as classes de compostos fenólicos presentes, pode ser observado pela análise dos resultados dos trabalhos acima citados.

4.2.5 Efeito da APH sobre a atividade antioxidante

A atividade antioxidante da polpa de cajá e o efeito da pressurização na variação da mesma estão apresentados na Tabela 13.

A atividade antioxidante das amostras variou entre 14,37 e 22,89 mmol TEAC/g, o que representou uma variação de -17,75% e +31,03% em relação ao controle, respectivamente. Observando o resultado do teste de diferença entre as médias (Tabela 13), percebe-se que apenas o tratamento 10 (300 MPa/17 min) diferiu significativamente do controle e dos outros tratamentos. Consequentemente, é possível inferir que a alta pressão não afeta negativamente o a atividade antioxidante da polpa de cajá, e que em determinadas condições pode inclusive promover o seu aumento.

Sanchez-Moreno et al. (2005, 2006) estudaram o efeito da APH na atividade antioxidante de suco de laranja e de tomate, relatando que uma pressão de 400 MPa não apresentou efeito significativo, mas provocou o aumento da variável em questão. Indrawati et al. (2004) também observaram que o processamento por APH foi capaz de preservar a atividade antioxidante de suco de cenoura e de laranja.

Tabela 13. Atividade antioxidante da polpa de cajá controle e das amostras processadas por APH

	Tratamentos	mmol TEAC/g	% variação em relação ao controle
c	Controle	17,47 ± 3,27 a	-
1	200 MPa/5 min	17,46 ± 2,74 a	-0,04
2	200 MPa/ 15 min	16,38 ± 1,22 a	-6,24
3	400 MPa/ 5 min	17,10 ± 1,53 a	-2,13
4	400 Mpa/ 15 min	14,37 ± 2,64 a	-17,75
5	300 Mpa/ 10 min	15,35 ± 0,59 a	-12,16
6	300 Mpa/ 10 min	15,31 ± 2,25 a	-12,39
7	300 Mpa/ 10 min	15,91 ± 0,97 a	-8,94
8	300 Mpa/3 min	17,80 ± 0,93 a	1,88
9	441 Mpa/ 10 min	15,84 ± 0,47 a	-9,35
10	300 Mpa/ 17 min	22,89 ± 2,60 b	31,03
11	157 Mpa/ 10 min	16,13 ± 3,71 a	-7,69

* Letras iguais numa mesma coluna não diferem entre si significativamente (p<0,05) pelo teste de Fisher (LSD)

Apenas o tempo apresentou efeito significativo na atividade antioxidante (p<0,05), o qual resultou negativo, acarretando diminuição na atividade antioxidante da polpa de cajá com o aumento do tempo de retenção durante o processamento. A interação entre os fatores não foi significativa, conforme pode também ser verificado pelo Diagrama de Pareto correspondente (Figura 16).

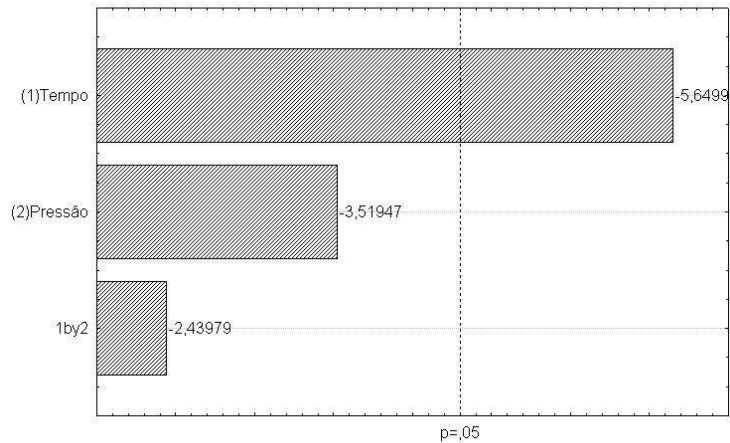


Figura 16. Diagrama de Pareto correspondente ao ajuste da variável de resposta atividade antioxidante em polpa de cajá em função do tempo e nível de pressão hidrostática

Os dados foram melhor descritos sem o uso dos pontos axiais, uma vez que a curvatura não foi significativa na descrição dos mesmos. Realizou-se então o mesmo procedimento de análise de dados feito com a peroxidase, ou seja, os dados foram analisados como um planejamento fatorial 2^2 com 3 pontos centrais. O modelo gerado explicou apenas 62% da variância dos dados (R^2 ajustado = 0,62), porém a falta de ajuste não foi significativa. Como os dados não foram explicados satisfatoriamente, sugere-se o uso de modelos mais complexos ou do estudo de outras variáveis independentes. A superfície de resposta gerada e o gráfico de contorno estão apresentados na Figura 4.X.

Observa-se na Figura 17 que as maiores atividades antioxidantes são encontradas nos tratamentos com os menores tempos de retenção, com exceção do processo de 300 MPa por 17 minutos, que apresentou a maior atividade antioxidante entre as condições estudadas.

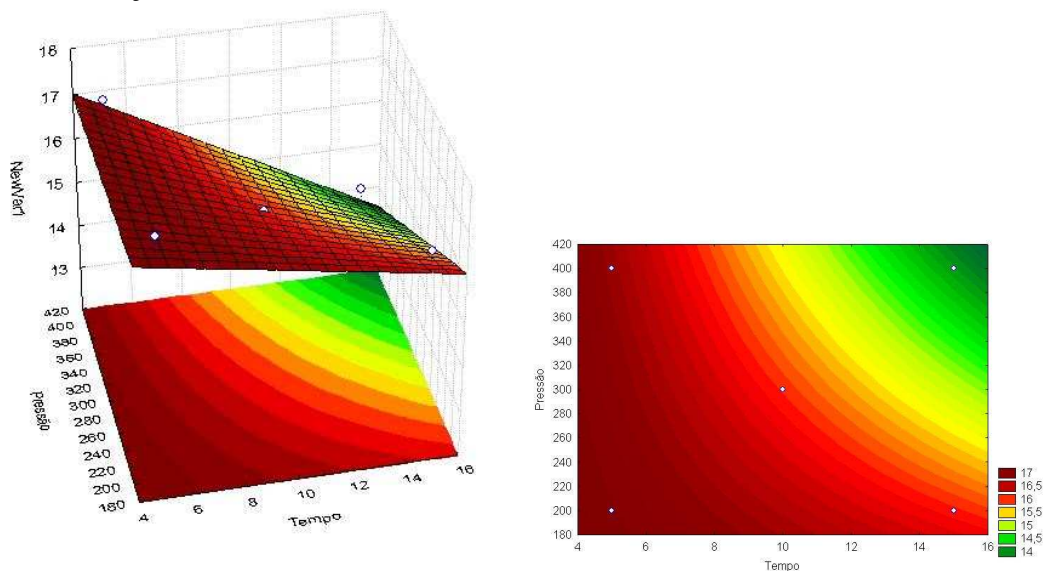


Figura 17. Superfície de Resposta e gráfico de contorno a variável atividade antioxidante em polpa de cajá, em função da pressão e tempo de pressurização

Os compostos com atividade antioxidante mais representativa presentes no cajá são os carotenóides e os compostos fenólicos. O ácido ascórbico está presente num teor

muito baixo, e sua atividade não foi considerada neste estudo. Porém, não foi encontrada uma correlação (Teste de Correlação de Pearson) entre o teor de fenólicos e a atividade antioxidante ($R = 0,08$). A baixa correlação entre as duas análises foi também observada por Patras et al. (2009b), em estudo com morangos e groselhas, encontrando coeficiente de correlação de 0,18 e 0,38, respectivamente. A pressão também provocou diferentes resultados nas frutas, sendo que enquanto no morango houve uma redução na atividade antioxidante, na groselha a atividade aumentou com a aplicação da pressão.

4.2.6 Efeito da APH no teor de carotenóides

Cinco diferentes carotenóides foram identificados no cajá, sendo a β -criptoxantina o majoritário, com 48% do total, seguido por luteína, zeinoxantina e α - e β -carotenos. Os carotenóides do cajá foram primeiramente identificados e quantificados por Rodriguez-Amaya & Kimura (1989). Neste trabalho conseguiu-se a diferenciação entre zeinoxantina e α -criptoxantina através de testes químicos pois, segundo os autores, muitas vezes são identificados erroneamente. A correta identificação destes carotenóides é essencial, uma vez que a α -criptoxantina possui atividade pró-vitáminica, enquanto que a zeinoxantina não a possui.

Na Figura 18 está apresentado o cromatograma dos carotenóides presentes na polpa de cajá.

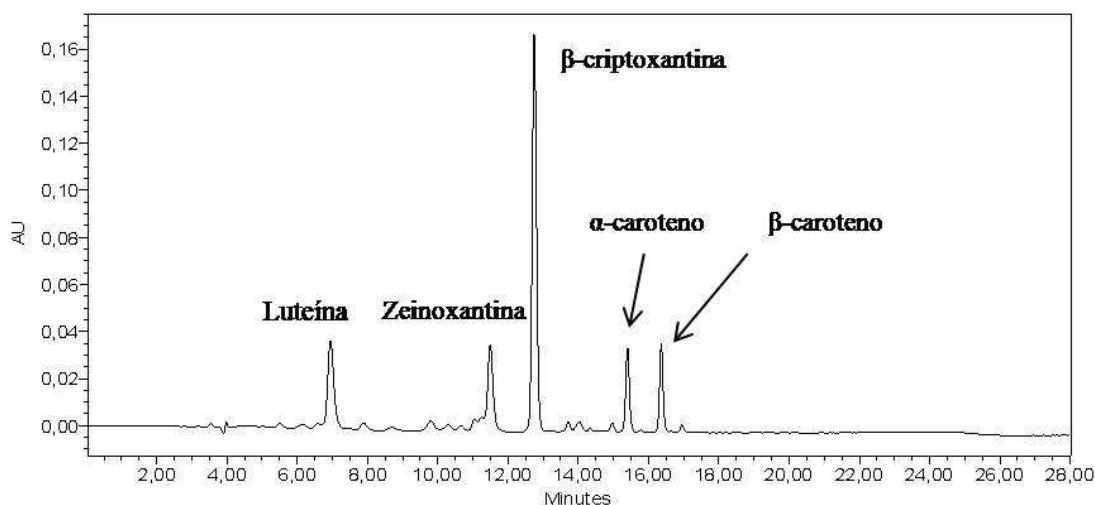


Figura 18. Cromatograma dos Carotenóides da Polpa de Cajá

Dentre esses carotenóides, o α -caroteno, o β -caroteno e a β -criptoxantina possuem atividade pró-vitáminica. O cálculo do valor de pró-vitamina A foi feito a partir da atividade de cada carotenóide precursor, utilizando-se a relação de 1 RE (retinol-equivalente) correspondente a $6\mu\text{g}$ de β -caroteno ou $12\mu\text{g}$ de α -caroteno e β -criptoxantina. Os teores de cada carotenóide e o valor de pró-vitamina A da polpa de cajá estão apresentados na Tabela 14, juntamente com os teores das amostras resultantes para os onze tratamentos a alta pressão estudados.

Tabela 14. Teor de carotenóides na polpa de cajá processada por alta pressão hidrostática

	Tratamentos (MPa/min)	Carotenóides Totais (µg/100g)	Luteína (µg/100g)	Zeinoxantina (µg/100g)	β-criptoxantina (µg/100g)	α-caroteno (µg/100g)	β-caroteno (µg/100g)	Pró Vitamina A (RE/100g)
c	Controle	4869,5±157,7 a	634±0,7 ac	547,5±6,4 a	1708,5±21,9 a	340±5,7 ab	314±9,9 a	223±3 a
1	200/5	4987±128,7 ab	656,5±0,7 ac	553±8,5 a	1865±41 ab	363±17 ab	347±11,3 ab	243,5±6,7 ab
2	200/15	4719±130,1 a	617,5±24,7 ac	543,5±17,7 a	1904,5±81,3 ab	355±15,6 ab	374±17,7 ab	250,7±11 ab
3	400/5	4757±21,2 a	585,5±24,7 c	512±4,2 a	1795,5±9,2 ab	337,5±7,8 ab	350,5±14,8 ab	236,2±3,9 ab
4	400/15	5842±164 b	786,5±46 b	648±42,4 a	2269,5±137,9 b	426,5±10,6 a	434,5±26,2 b	297,1±16,7 b
5	300 /10	4755,5±82,7 a	596,5±4,9 ac	556,5±6,4 a	1910,5±62,9 ab	359,5±10,6 ab	368,5±17,7 ab	250,6±9,1 ab
6	300 /10	5036,5±471,6 ab	645±55,2 ac	556,5±48,8 a	1946,5±178,9 ab	357±35,4 ab	352,5±30,4 ab	250,7±22,9 ab
7	300 /10	5439,5±140,7 ab	717,5±27,6 ab	595±39,6 a	2091±121,6 ab	388,5±20,5 ab	389±29,7 ab	271,5±16,8 ab
8	300 /3	5445,5±355,7 ab	672,5±9,2 ab	671±144,2 a	2200±316,8 ab	412±52,3 ab	420,5±65,8 ab	287,8±41,7 ab
9	441 /10	4866±179,6 a	645,5±43,1 ac	527±25,5 a	1845,5±91,2 ab	349,5±20,5 ab	357±28,3 ab	242,4±14 ab
10	300 /17	4794±227,7 a	594,5±43,1 ac	514±18,4 a	1781,5±74,2 ab	330,5±21,9 b	333,5±13,4 ab	231,6±10,3 ab
11	157 /10	4860±313,2 a	623,5±38,9 ac	550±15,6 a	1918±67,9 ab	354±15,6 ab	363±11,3 ab	249,8±8,8 ab

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Os teores de carotenóides obtidos nas amostras de cajá são superiores aos reportados por Rodriguez-Amaya & Kimura (1989), que obtiveram 210 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de α -caroteno, 260 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -caroteno, 170 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de zeinoxantina, 830 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -criptoxantina e 200 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de luteína. Hamano e Mercadante (2001) encontraram valores próximos ao deste trabalho para o teor de luteína, 510 a 616 $\mu\text{g}/100\text{g}$, porém os teores dos outros carotenóides variaram entre 364-379 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de zeinoxantina, 597-819 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -criptoxantina, 79-148 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de α -caroteno e 164-212 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -caroteno.

Godoy & Rodriguez-Amaya (1994) observaram a presença de isômeros *trans* naturalmente presentes na polpa de cajá, entre eles *trans*- α -caroteno (30 $\mu\text{g}/100\text{g}$), *trans*- β -caroteno (140 $\mu\text{g}/100\text{g}$) e *trans*- β -criptoxantina (169 $\mu\text{g}/100\text{g}$).

Em relação ao efeito do tratamento de alta pressão, percebe-se que em relação ao teor de carotenóides totais a amostra controle de polpa de cajá difere apenas do tratamento 4 (400MPa por 15 min), que é o tratamento mais severo entre os testados. Porém, o tratamento 4 não difere significativamente dos tratamentos 1, 6-7 e 8. Esse mesmo comportamento foi observado para os teores de β -caroteno e β -criptoxantina.

O teor de luteína apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao controle também no tratamento 400 MPa/15 min, resultando em aumento de cerca de 25% com o tratamento, como pode ser observado na Figura 19. Já o teor de zeinoxantina não foi significativamente alterado pelos processamentos, embora seja possível observar um aumento de até 20% na sua extração. O α -caroteno apresentou uma redução significativa com o tratamento de 300 MPa durante 17 minutos, porém ela foi menor que 5%.

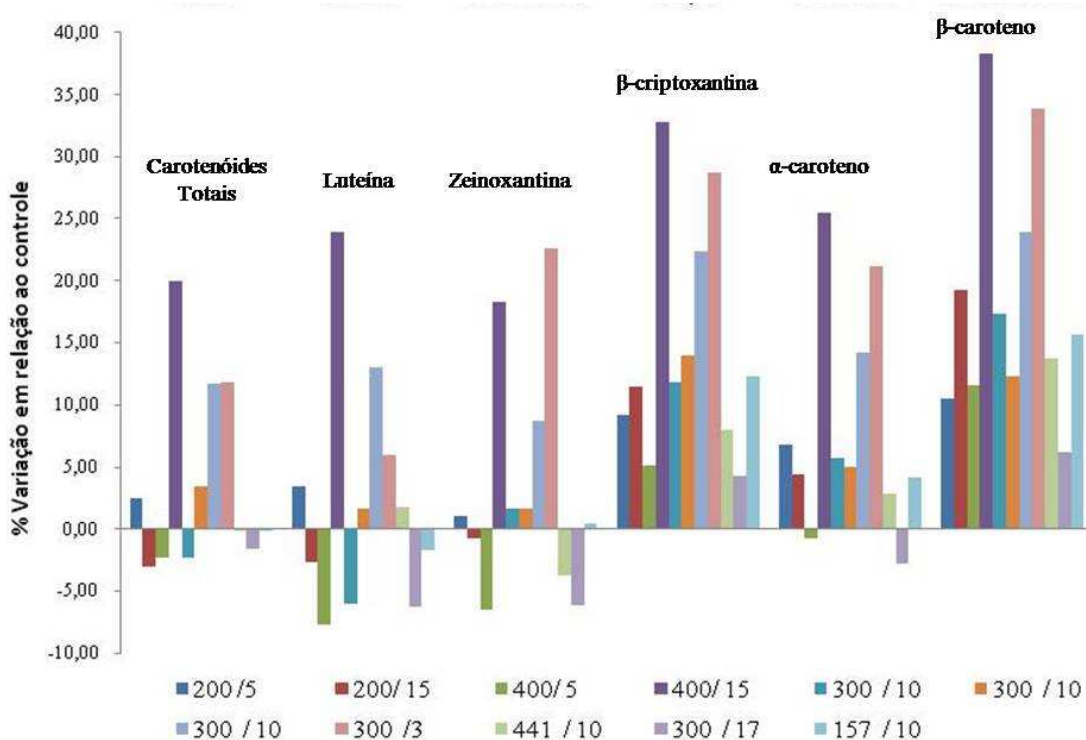


Figura 19. Variação (%) do teor de carotenóides em polpa de cajá decorrente dos tratamentos de alta pressão em relação a amostra controle não processada

Observa-se que o terceiro tratamento do ponto central, o de número 7, apresentou valores superiores aos 5 e 6, o que pode ser atribuído a erros de amostragem

ou erros decorridos durante a análise. Esse fato pode ter contribuído para que nem o tempo nem a pressão tenham se mostrado significativos na ANOVA realizada nos dados do planejamento. Foram realizadas ANOVAs para todas as variáveis dependentes, ou seja, para cada carotenóide identificado e para o valor de pró-vitamina A, e em nenhum caso as variáveis do processo se mostraram significativas.

Porém, pela observação das superfícies de contorno geradas para cada classe de carotenóides e para os totais, percebe-se uma tendência equivalente (Figura 20). Observa-se que o efeito do tempo e da pressão no teor de cada carotenóide foi semelhante, com os máximos localizados em condições médias de tempo e pressão, a altas pressões e tempo de retenção e baixas pressões e curtos tempos de retenção.

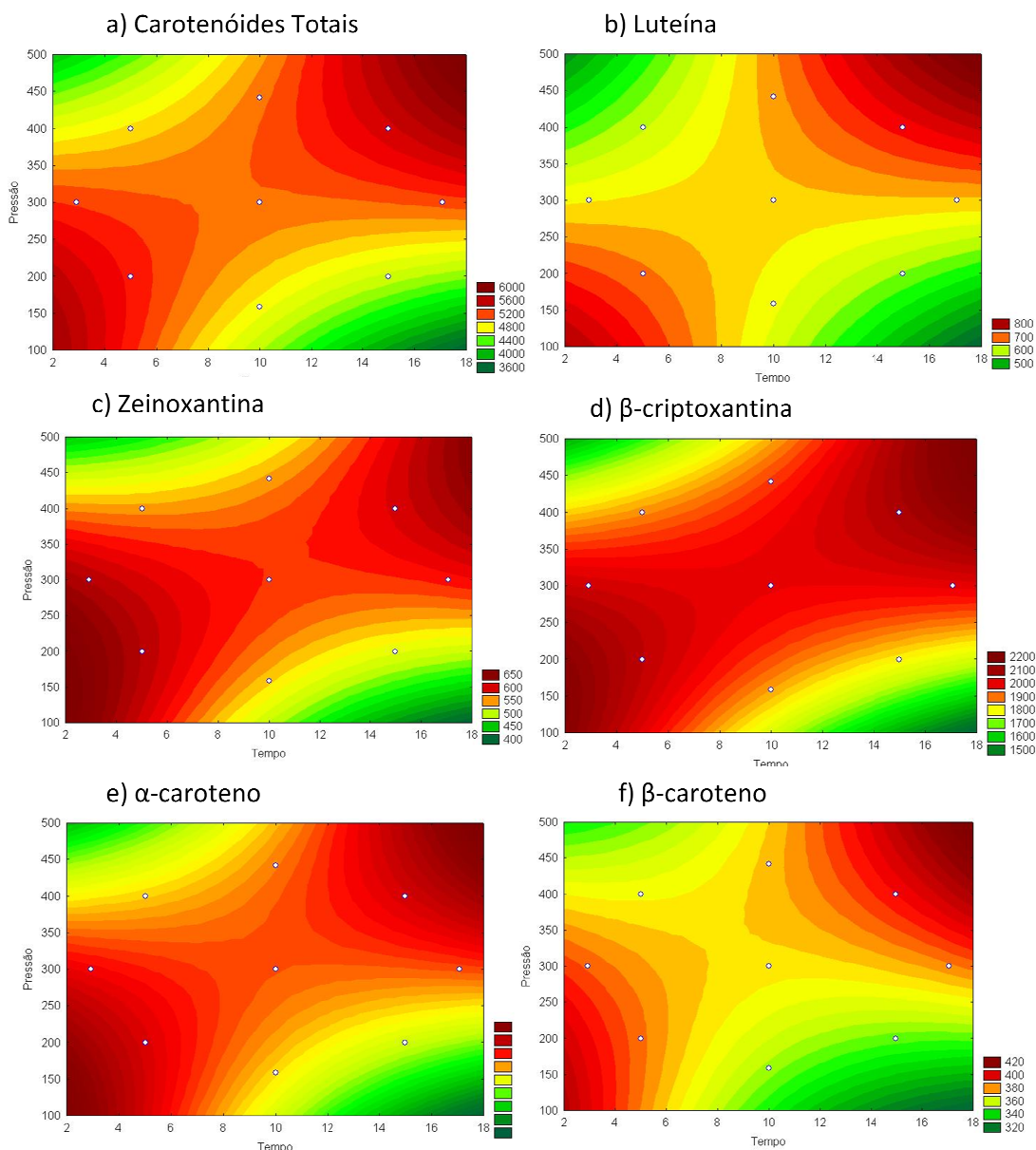


Figura 20. Superfícies de contorno representando o efeito da pressão e do tempo de pressurização em polpa de cajá sobre a) carotenóides totais, b) luteína, c) zeinoxantina, d) β -criptoxantina, e) α -caroteno e f) β -caroteno.

Os tratamentos que provocaram a maior extração de carotenóides foram o de 400 MPa por 15 minutos e de 300 MPa por 5 minutos, e o β -caroteno foi o carotenóide que mais teve a sua extração aumentada, seguido pela β -criptoxantina. Enquanto que a

luteína e a zeinoxantina não apresentaram aumentos na extração tão pronunciados e em alguns casos, houve inclusive a diminuição dos seus teores.

4.2.7 Efeito da APH nos compostos voláteis

Na Tabela 15 é apresentado a composição em voláteis da polpa de cajá não tratada e das amostras resultantes do processamento a alta pressão. A partir dos espectros de massas e dos índices de retenção foram identificados 51 compostos voláteis na polpa de cajá não tratada: 15 ésteres, 1 aldeído, 10 alcoóis e 25 hidrocarbonetos, sendo, portanto, os hidrocarbonetos, seguidos pelos ésteres, as principais classes de compostos voláteis.

Tabela 15. Compostos voláteis identificados na polpa de cajá controle e processada por alta pressão e suas respectivas áreas relativas.

Composto	Tratamentos a Alta Pressão											C
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Pressão (MPa)	200	200	400	400	300	300	300	300	441	300	157	-
Tempo (min)	5	15	5	15	10	10	10	3	10	17	10	-
Ésteres												
acetato de 3-hexenila	0,5		1,0									
acetato de benzila	0,1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,1				0,0	
acetato de butila	2,6	5,0	5,4	4,3	2,5	4,4	3,9	5,4	6,6	4,7	4,7	6,0
acetato de etila	2,6	4,5	4,8	15,0	3,2	3,8	4,5	9,5	6,7	4,0	5,0	10,1
acetato de hexila	6,6	6,7	6,2	0,4	5,6	6,8	5,5	4,9	5,5	6,4	5,8	5,1
acetato de octila	0,2	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
benzoato de benzila	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7
benzoato de etila	1,3	1,2	1,0	0,7	1,0	1,3	1,3	1,3	0,9		1,2	1,4
butanoato de etila	3,8	7,6	8,0	7,2	3,7	6,3	5,7	7,8	9,5	6,7	6,9	8,6
butirato de etila	0,7	0,4			0,5	0,6	0,4		0,4	0,5	0,4	
crotonato de isobutila	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
decanoato de etila	0,1	0,1	0,1		0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
hexanoato de butila	4,9	4,5	3,7	1,6	4,8	4,8	4,3	3,2	3,1	4,0	4,0	2,7
octanoato de butila	0,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,3	0,5	0,4		0,3	0,4	0,3
octanoato de etila	0,7	0,6	0,5	0,2	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4
Alcoóis												
1-butanol	1,0	1,7	1,7	13,1	1,2	1,3	2,8	7,2	3,8	1,5	2,7	8,3
1-octanol	1,4	1,3	1,3	1,1	1,9	1,3	1,6		1,5	1,2	1,7	1,8
α -terpineol	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
cis-3-hexenol	0,9	1,3	1,2	1,8	0,8	0,9	1,6	2,6	1,6	0,9	1,4	2,7
decanol	0,1	0,1	0,1		0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
etanol	5,7	9,1	9,5	33,0	6,9	7,1	9,5	19,3	10,8	7,3	9,4	20,1
fenchol	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
hexanol	1,2	2,5	2,5	5,1	1,9	1,9	2,9	3,1	4,0	2,1	2,9	6,9
linalol	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6
ρ -metil-anisol	0,2	0,2	0,2		0,1	0,2	0,1		0,2	0,2	0,1	
Hidrocarbonetos terpenóides												
α -copaeno	5,5	4,3	3,3	0,7	5,5	3,7	5,3	1,6		3,8	3,9	0,8

(continuação da Tabela 15).

Tratamentos a Alta Pressão												
Composto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	C
Pressão (MPa)	200	200	400	400	300	300	300	300	441	300	157	-
Tempo (min)	5	15	5	15	10	10	10	3	10	17	10	-
Hidrocarbonetos terpenóides												
α -cubebeno	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1	0,1		2,8	0,1	0,1	
α -gurjuneno	0,4	0,4	0,4		0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	
α -pineno	11,6	9,1	10,2	3,5	13,9	11,4	10,1	4,0	7,9	10,6	9,4	3,5
α -trans-bergamoteno	0,2	0,2	0,2		0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	
α -ylangeno	0,1						0,1					0,2
allo-aromadendreno	0,2	0,0	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	
allo-ocimeno	2,0	1,4	0,9	0,6	1,6	1,3	1,3	1,3	0,7	1,4	1,3	0,9
β -cariofileno	2,7	1,6	1,2	0,2	2,1	1,7	2,6	0,7	1,3	2,1	2,2	0,4
β -farneseno	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	
β -pineno	2,4	2,4	2,8	0,8	3,2	2,8	2,2	1,3	2,1	2,5	2,1	1,1
β -ylangeno	0,6	0,4	0,4		0,6	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1
canfeno	1,8	1,2	1,2	0,2	1,5	1,4	1,2	0,5	0,9	1,3	1,1	0,3
ciclosativeno	0,0								0,3			
cis-cariofileno	0,4	0,1	0,4		0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	
cis-ocimeno	3,4	1,8	1,6	0,1	3,1	2,6	2,3	0,6	1,3	2,3	1,9	0,4
delta-2-careno	1,6	1,5	1,5		1,5	1,6	1,3	0,8	1,1	1,4	1,3	0,8
limoneno	1,6	1,0	0,9	0,2	1,2	1,0	0,9	0,6	0,7	0,9	0,9	0,6
mirceneno	1,2	0,9	1,5	0,2	1,0	1,1	0,8	0,7	0,7	0,9	0,7	0,3
neo-allo-ocimeno	0,6	0,2	0,2		0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	
p-cimeno		0,2	0,0		0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	
terpinoleno	0,4	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
tetradecano	0,1		0,1				0,0					
tolueno	0,3	1,0	0,9		3,6	1,6	2,0	1,6	2,7	4,4	3,9	1,6
trans-ocimeno	3,4	1,6	1,5	0,2	2,7	2,4	2,1	0,5	1,1	2,1	1,7	0,4
Aldeído												
benzaldeído	2,2	2,0	2,4	0,6	2,4	2,3	1,7	1,0	1,6	2,0	1,6	0,8

Alves & Jennings (1979) foram os primeiros a analisar os compostos voláteis do cajá, utilizando amostra proveniente da Amazônia, reportando a presença de benzoato de metila, benzoato de etila, octanoato de etila, cinamato de etila, 2-hepteno e ocimeno. Os autores afirmaram que o aroma típico de cada fruta não é dado por um ou outro componente e sim fruto de uma resposta integrada de vários componentes.

Allegrone & Barbeni (data) identificaram cerca de 105 compostos voláteis na polpa de cajá, extraídas por duas técnicas: destilação a vapor seguida pela extração com diclorometano e a extração direta com éter etílico. Entre os compostos identificados, houve a distribuição de 44 ésteres, 18 alcoóis, 9 ácidos, 8 aldeídos, 8 hidrocarbonetos e 8 cetonas. Os compostos mais abundantes foram, em ordem crescente, 3-hidroxi-butanoato de butila, butanoato de butila, 3-hidroxi-butanoato de etila, butanol, 3-hidroxi-hexanoato de etila e ácido butanóico. Dentre esses, apenas o butanoato de etila foi identificado no presente estudo. A diferença no perfil de aroma pode ser atribuída às diferenças de origem e cultivo do cajá e da metodologia utilizada.

O estudo de Adedeji et al. (1991), com cajá proveniente da Nigéria, reportou a presença de 46 compostos voláteis, incluindo uma série de 3-hidroxi-butanoatos. Foi feita a correlação entre os dados cromatográficos e os de olfatométrica e concluiu-se que

o composto 3-hidroxi-butanoato de isobutila possuía o aroma característico de cajá. Porém, no presente trabalho não foi identificado este composto. Ceva-Antunes et al. (2003), em outro estudo com cajá proveniente do Ceará e do Pará, encontraram apenas traços de 3-hidroxi-butanoato de butila, porém com o uso de metodologia de destilação e extração simultânea. Augusto et al. (2000) analisaram polpa de cajá congelada proveniente do Nordeste por SPME e também não encontraram 3-hidroxi-butanoatos na composição de voláteis. Dessa maneira, conclui-se que o perfil de aromas do cajá brasileiro é diferente do cajá da Nigéria e também que a metodologia usada influencia na extração dos componentes voláteis. Além disso, fica claro que outros compostos são responsáveis pelo aroma característico de cajá nos frutos brasileiros.

Narain et al. (2004) identificaram 33 compostos voláteis em polpa de cajá proveniente da Paraíba, entre eles onze eram ésteres, quatro álcoois, quatro aldeídos, quatro ácidos, duas cetonas e oito compostos diversos incluindo aromáticos e terpenos. Os principais componentes do cajá em relação as suas áreas no cromatograma foram benzoato de butila (14,8%), acetato de citronela (10,8%), 2-metil-1-propanol (10,3%) e pentanal (8,27%). Já em estudo com polpa de cajá proveniente do México, foram identificados 48 compostos voláteis, sendo os principais: acetato de etila, butirato de etila, hexanoato de etila, butirato de hexila e linalol. Os autores responsabilizaram os ésteres e o linalol pelo aroma característico de cajá (SAGRERO-NIEVES & POOTER, 1992).

A presença de compostos tais como acetato de etila, acetato metilbutil, benzoato de butila, hexanoato de hexila, hexanol, linalol, benzaldeído e α -terpineno identificados em diversos estudos com cajá foram reportados para a fruta manga, sendo um fato interessante já que ambos os frutos (cajá e manga) pertencem à mesma família, *Anacardiaceae* (MACLEOD & SNYDER, 1985). Adedeji et al. (1991) também observaram a semelhança do perfil de aroma de cajá com o perfil do caju, também da família *Anacardiaceae*.

O trabalho que encontrou perfil de aroma com mais similaridades ao deste estudo é o de Ceva-Antunes et al (2003), com 23 compostos voláteis em comum, e o de Augusto et al. (2000), com 20 compostos em comum. Através da análise dos trabalhos já publicados sobre perfil de aroma do cajá percebe-se que alguns compostos foram observados em vários trabalhos, estando entre eles acetato de butila, acetato de hexila, hexanoato de butila, cis-3-hexenol, hexanol, benzaldeído, mirceno, limoneno, linalol, α -terpineol, α -copaeno, canfeno e α -pineno. Sugere-se que esses compostos estejam relacionados fortemente com o aroma característico de cajá.

Ressalta-se também a presença de canfeno, p-cimeno, fenchol e limoneno nas amostras analisadas, uma vez que esses compostos estão relacionados aos aromas descritos como canforado, mentolado e refrescante, que são característicos da polpa de cajá. Os principais compostos voláteis encontrados no cajá estão mostrados na Figura 21.

Em termos do efeito do processo de alta pressão, conforme retratado pela Tabela 15, alguns compostos voláteis que não estavam presentes na polpa controle foram observados nas polpas tratadas por APH, entre eles butirato de etila, decanoato de etila, decanol, ρ -metil-anisol, α -cubebeno, α -gurjuneno, α -trans-bergamoteno, allo-aromadendreno, β -farneseno, ciclosativeno, cis-cariofileno, neo-allo-ocimeno, p-cimeno e tetradecano.

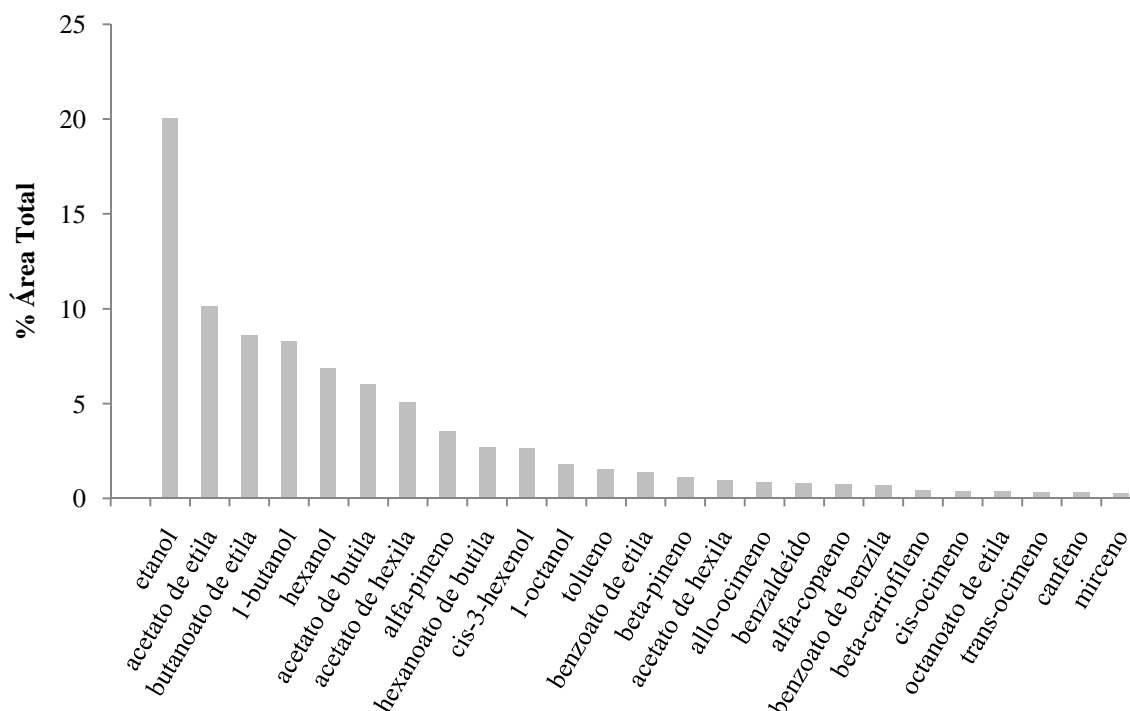


Figura 21. Principais componentes voláteis da polpa de cajá obtidos por microextração em fase sólida

Sugere-se a realização de um estudo de *sniffing* utilizando uma variedade de polpas de cajá provenientes de diversas regiões do país, para que se possa entender a importância desses compostos na composição do aroma característico de cajá.

Analogamente ao verificado em termos da composição em carotenóides, o processo de alta pressão pode ter contribuído para incrementar a extração de compostos presentes na polpa mas não originalmente extraídos da amostra não tratada, ou alternativamente pode ter acarretado a formação de compostos voláteis não originalmente presentes na polpa.

4.2.8 Análise de cor

Vários trabalhos podem ser encontrados na literatura sobre a influência do tratamento térmico na degradação da cor de frutas e sucos. A aplicação de temperaturas usualmente usadas na indústria para o processamento de sucos (80-110°C) provoca o escurecimento de sucos de fruta como o de abacaxi (CHUTINTRASRI & NOOMHORM, 2007; RATTANATHANALERK et al., 2005), de maçã, pêra e ameixa (LOZANO & IBARZ, 1997), e de laranja (VIKRAM et al., 2005).

Por outro lado, a alta pressão geralmente não afeta, ou afeta levemente, a cor dos produtos de fruta. Observa-se que não houve alteração na cor da polpa de cajá com a aplicação da alta pressão. Os parâmetros avaliados mantiveram-se estáveis em todos os níveis de pressão e tempo estudados, de maneira que a polpa processada possui a mesma cor da polpa *in natura*, ou seja, a polpa conservou o aspecto de fruta fresca que é de extrema importância para a qualidade desse produto. A análise através da metodologia de superfície de resposta demonstrou que nem a pressão ou o tempo foram significativos nos modelos gerados.

O efeito da alta pressão nos parâmetros de cor da polpa de cajá são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16. Parâmetros de cor avaliados nas amostras pressurizadas

Tratamento	L	a	b
Controle	46,47a	12,29a	28,34a
200 MPa/5 min	46,38a	10,33a	27,93a
200 MPa/ 15 min	47,17a	11,14a	29,14a
400 MPa/ 5 min	46,19a	11,28a	27,88a
400 MPa/ 15 min	46,07a	10,65a	27,70a
300 MPa/ 10 min	47,24a	11,14a	29,12a
300 MPa/ 10 min	46,05a	10,29a	27,85a
300 MPa/ 10 min	45,97a	10,26a	27,87a
300 MPa/ 3 min	47,74a	11,46a	29,27a
441 MPa/ 10 min	46,08a	10,95a	29,13a
300 MPa/ 17 min	45,93a	11,23a	27,92a
157 MPa/ 10 min	46,34a	10,66a	27,97a

*Letras iguais numa mesma coluna não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Terefe et al. (2009) estudaram o efeito combinado de temperatura e pressão no parâmetro de cor L de morangos, através de metodologia de superfície de resposta. Foi observado que apenas a temperatura teve um efeito significativo (negativo) na cor da fruta, sendo que as amostras tratadas a temperatura ambiente mantiveram a cor próxima da amostra *in natura*. Patras et al. (2009), também trabalhando com morangos observou que as amostras pasteurizadas apresentaram maior diferença de cor em relação ao controle do que as amostras tratadas por alta pressão.

4.2.9 Efeito da APH na estabilidade do néctar de cajá armazenado refrigerado

Foram escolhidas duas condições de tempo e pressão dentre as estudadas no planejamento experimental, para a realização do teste de vida útil do néctar de cajá preparado a partir da polpa *in natura* ou tratada por APH. O critério de escolha baseou-se nas condições que poderiam proporcionar uma maior vida útil ao produto, ou seja, baixa contagem microbiana e inativação parcial da peroxidase. A princípio, os três tratamentos com menor atividade residual de POD foram selecionados e então se observou entre eles, quais apresentavam as menores contagens de fungos filamentosos e leveduras. Os resultados estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Critérios usados para a seleção das condições do estudo de vida útil

Nº	Tratamentos	Atividade residual de POD (%)	Contagem de Fungos filamentosos e leveduras
9	441 MPa/ 10 min	82,88	$< 1 \times 10^1$ *
10	300 MPa/ 17 min	86,61	$< 1 \times 10^1$ *
11	157 MPa/ 10 min	80,19	$1,5 \times 10^2$ *

Observa-se na Tabela 17, que o tratamento 11 apresenta uma contagem microbiana superior ao 9 e 10, ou seja, nessa condições os fungos e leveduras naturalmente presentes na polpa de cajá não foram totalmente inativados. Dessa forma, foram escolhidos os tratamentos a 441 MPa por 10 minutos e a 300 MPa por 17 minutos.

Nas Figuras 22 e 23 são apresentados os resultados das contagens de psicrófilos e fungos filamentosos e leveduras, respectivamente, durante 28 dias de armazenamento, do néctar de cajá preparado a partir da polpa *in natura* e a partir da polpa pressurizada a 300 MPa/17min e 441MPa/10 min. As análises microbiológicas revelaram baixa contagem destes microorganismos logo após processamento a APH (dia zero do armazenamento) o que já era esperado uma vez que a polpa de cajá, matéria-prima usada no preparo do suco, já apresentava baixa contagem microbiana, conforme mostrado no item (Microbiologia). Não foram realizadas as análises de *Salmonella spp.* e de coliformes a 35 e 45°C, pois a polpa *in natura* e pressurizada foram analisadas (vide ítem Microbiologia) e constatou-se a ausência desses microorganismos nas mesmas.

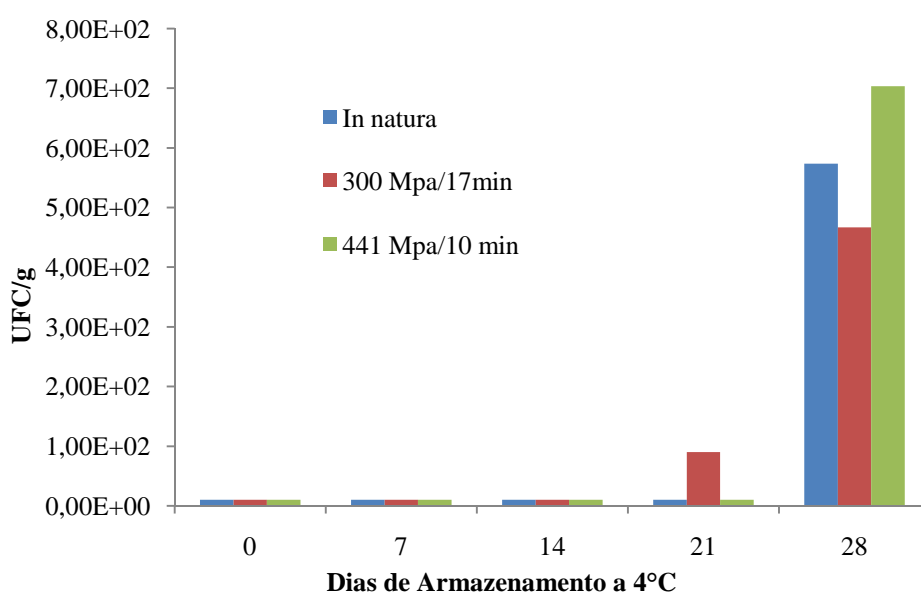


Figura 22. Contagem de Psicrófilos em néctar de cajá preparado a partir de polpa sem tratamento e tratada por APH, armazenado a 4°C.

Em relação à contagem de psicrófilos, observou-se que as amostras controle e pressurizadas apresentaram mesma contagem inicial ($<1 \times 10^1$ UFC/g) que foi mantida por 14 dias de armazenamento. No 21º dia, a amostra controle e a tratada a 441 MPa/10min mantiveram esta contagem, enquanto a tratada a 300MPa/17 min. teve a contagem aumentada em 0,9 ciclos logarítmicos, atingindo 9×10^1 UFC/g. Aos 28 dias de armazenamento a contagem de todas amostras aumentou entre 1,4 e 1,7 ciclos logarítmicos, porém a contagem final ainda foi relativamente baixa. A amostra tratada a 300 MPa por 17 minutos apresentou a menor contagem de psicrófilos ($4,6 \times 10^2$ UFC/g) ao fim do tempo de armazenamento e curiosamente, a amostra tratada a 441 MPa por 10 minutos apresentou a maior contagem final, 7×10^2 UFC/g.

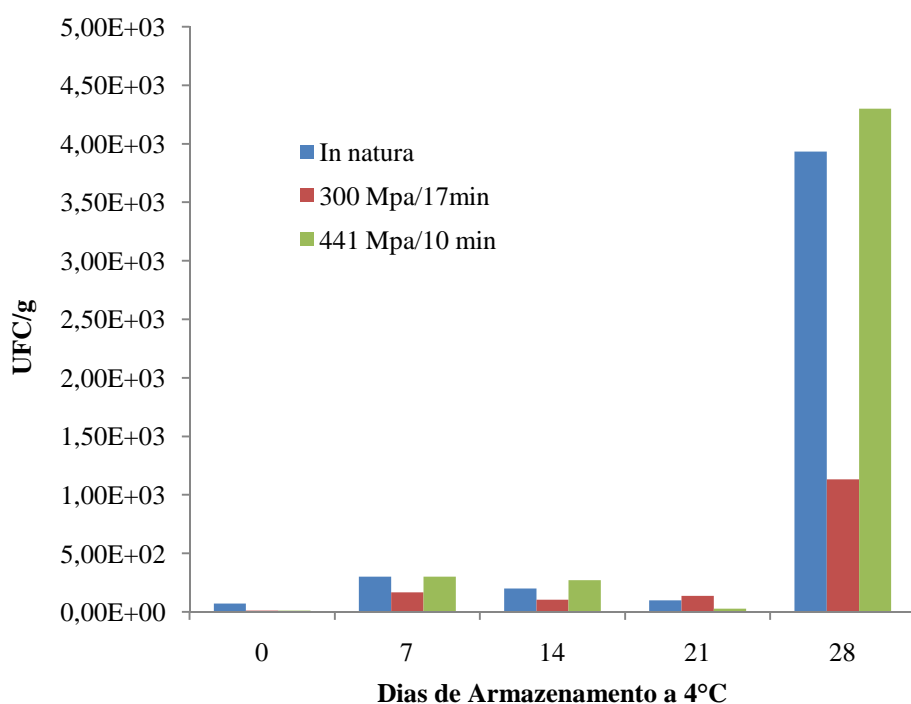


Figura 23. Contagem fungos filamentosos e leveduras em néctar de cajá preparado a partir de polpa sem tratamento e tratada por APH, armazenado a 4°C.

Já para fungos filamentosos e leveduras, analisando-se a Figura 23 observa-se que as amostras pressurizadas apresentaram contagem inicial inferior a 10^1 UFC/g e a amostra controle 7×10^1 UFC/g. Durante os primeiros 21 dias de armazenamento todas as amostras mantiveram uma contagem inferior a 5×10^2 UFC/g, estando dentro dos limites estabelecidos pela legislação, que admite um máximo de 5×10^3 e 3×10^3 , para polpas de fruta *in natura* e processadas, respectivamente (BRASIL, 2000). Após 28 dias, apenas o néctar formulado com a polpa tratada a 300 MPa por 17 minutos se encontrava abaixo desse limite, e como encontrado na contagem de psicrófilos, a polpa tratada a 441 MPa apresentou contagem superior a amostra controle.

Marcellini (2005) avaliou a polpa de abacaxi durante vinte e oito dias após o processamento a 300MPa/25°C/5min. A contagem de fungos filamentosos e leveduras foi reduzida a níveis não detectáveis. Esta contagem foi mantida até os quatorze dias de armazenamento. Aos vinte e um dias as amostras pressurizadas de polpa de abacaxi apresentaram crescimento de fungos filamentosos e leveduras maior que 1×10^3 UFC/g, sendo consideradas inaptas para consumo de acordo com a legislação (BRASIL, 2000).

Pontes (2008) avaliou a vida útil de suco de manga pressurizado em relação à contagem de fungos filamentosos e leveduras e observou que as amostras controle e pressurizadas apresentaram mesma contagem inicial (1×10^1 UFC/g). Aos doze dias de armazenamento a amostra controle e a pressurizada (200MPa/25°C/5min) passaram a exibir contagens semelhantes, com aumento de 4 ciclos logarítmicos, alcançando contagens de $1,7 \times 10^5$ e $1,4 \times 10^5$ UFC/g, respectivamente. Este comportamento foi mantido até o final do período de armazenamento (trinta e um dias), quando as contagens verificadas foram de $4,5 \times 10^5$ e $2,1 \times 10^5$ UFC/g respectivamente. Já a amostra processada a 300MPa/25°C/5min manteve a contagem inicial de 1×10^1 UFC/g até os vinte e quatro dias de armazenamento.

Foi feito o acompanhamento dos teores de sólidos solúveis, acidez total titulável e pH do néctar durante os 28 dias de armazenamento. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em nenhum dos parâmetros, ou seja, as características físico-químicas do

néctar foram mantidas, tanto na amostra controle quanto nas pressurizadas. Resultados semelhantes foram observados por Bull et al. (2004), em estudo com suco de laranja pressurizado armazenado a 4°C durante 4 semanas.

A análise dos resultados sugere que o tratamento a 300 MPa por 17 minutos foi o mais efetivo na manutenção de baixas contagens de psicrófilos e fungos filamentosos e leveduras durante o armazenamento refrigerado do néctar de cajá, proporcionando uma vida útil de no mínimo 28 dias ao produto.

4.3 Análise Sensorial

4.3.1 Determinação da Diluição Ideal e Doçura Ideal

Os resultados para a diluição ideal de néctar de cajá são mostrados na Figura 24. A diluição ideal foi calculada substituindo-se o valor 5 (ideal) na variável y da equação da reta obtida (Figura 24: $y=10,771x + 1,4663$), obtendo-se a concentração de 32,8 % de polpa de cajá.

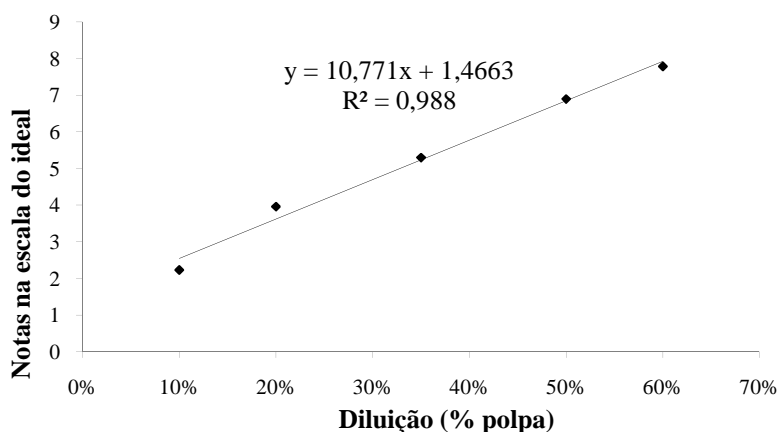


Figura 24. Determinação da diluição ideal de polpa para a formulação de néctar de cajá.

A Figura 25 mostra os resultados da determinação da doçura ideal. Substituindo a variável y por 5 (ideal) na equação obtida: $y=0,4205x + 0,613$, a concentração de 10,41g sacarose/100 ml de néctar foi encontrada

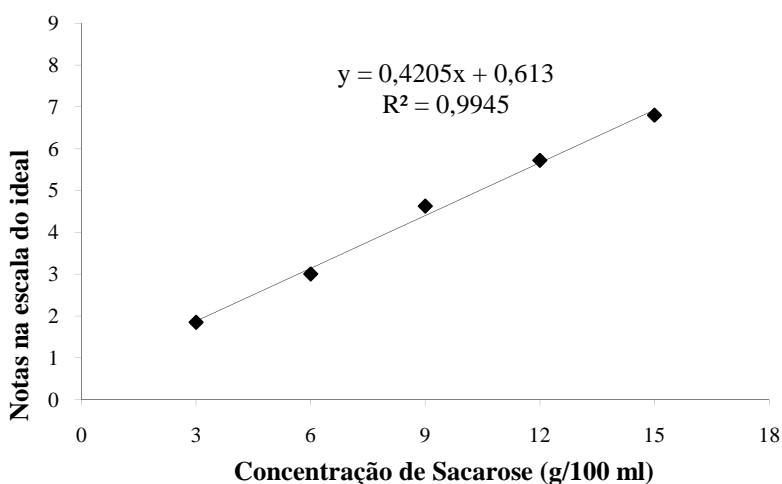


Figura 25. Determinação da doçura ideal para a formulação no néctar de cajá

A formulação de néctar de cajá utilizando 33% de polpa em 100mL de água mineral e adoçado com 10,4g de sacarose/100mL do produto foi adotada para a realização dos testes de ADQ e de aceitação. O teor de sólidos solúveis do néctar com doçura e diluição “ideais” foi de 15° Brix.

A doçura e diluição ideal para sucos e néctares de fruta variam de acordo com as características da fruta, ou seja, sua acidez, pH e sólidos solúveis e também conforme a população escolhida para o teste. Cardoso & Bolini (2007) determinaram a doçura ideal de néctar de pêsego, que foi de 10 g de sacarose/100 ml de néctar. Martins (2008) encontrou o valor de 8% de sacarose para a doçura ideal de suco tropical de cupuaçu e Brito et al. (2007) 9,6% para o néctar de goiaba.

Marcellini (2005) determinou a doçura e diluição “ideal” para suco de abacaxi, obtendo os valores de 56,5% de polpa para a diluição e 7% de sacarose para a doçura ideal. Pontes (2008), em trabalho com suco de manga, identificou 40,65% de polpa e 5,3% de sacarose como a doçura e diluição “ideais”, respectivamente. Mattioto (2005) relatou que o teor de sólidos solúveis ideal para o néctar de cajá, utilizando tanto a escala do ideal quanto a escala hedônica, foi 16° Brix, muito próximo ao determinado neste estudo. Observa-se que os consumidores de Mattioto (2005) e do presente trabalho apresentaram preferências semelhantes em relação à doçura do néctar de cajá.

4.3.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A equipe de provadores foi composta de dozes pessoas entre funcionários e estagiários da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Nove termos descritores foram desenvolvidos pelos provadores para descrever as amostras do néctar de cajá, a saber: cor amarela característica, aroma característico de cajá, aroma doce, aroma ácido, sabor de cajá, gosto doce, gosto ácido, adstringência e consistência. A definição de cada atributo, bem como as referências de intensidade é mostrada na Tabela 18.

Mattioto (2005) realizou levantamento de atributos em néctar misto de umbu e cajá (20:30) e a equipe sensorial levantou doze termos para descrever as amostras do néctar misto: cor amarela mostarda, consistência visual, aroma de cajá, aroma de umbu, aroma doce, aroma ácido, sabor de cajá, sabor de umbu, gosto doce, gosto ácido, viscosidade e adstringência. Observa-se que os atributos considerados relevantes foram os mesmos utilizados neste trabalho com exceção obviamente, do aroma e sabor de umbu e da consistência que neste estudo foi avaliada a percebida na boca e não visualmente.

Tabela 18. Atributos sensoriais do néctar de cajá: definições e respectivas referências.

Atributos	Definição	Referências
Aparência		
Cor amarela característica	Presença de cor amarela característica de néctar de cajá	Fraca: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa in natura
Aroma		
Característico	Aroma característico de cajá	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa in natura
Doce	Aroma adocicado proveniente da fruta ou da adição de açúcar	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa in natura Forte: Néctar preparado a partir da polpa comercial P5
Ácido	Aroma relacionado à presença de ácidos na fruta	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa comercial P2
Sabor		
Característico	Sabor característico de cajá	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa in natura
Ácido	Gosto estimulado pela presença de ácidos da fruta	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa in natura
Doce	Gosto estimulado pela presença de sacarose e outros açúcares da fruta	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P4 Forte: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3
Adstringente	Sensação de aspereza sentida na língua e na boca	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P3 Forte: Néctar preparado a partir da polpa comercial P4
Consistência		
Consistência	Percepção na boca da fluidez e diluição do néctar	Pouco: Néctar preparado a partir da polpa comercial P1 Forte: Néctar preparado a partir da polpa in natura

Os resultados da ADQ para o néctar de cajá obtido através da polpa controle (C), da polpa processada por APH (441 MPa/10 min) (APH), da polpa pasteurizada (90°C/60s) (PAS) bem como das três amostras de polpa congelada comerciais (P2, P3, P4) e uma amostra de suco concentrado (P1) são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Média dos atributos sensoriais para as amostras de néctar de cajá

Atributos sensoriais	C	APH	PAS	P1	P2	P3	P4
Aparência							
Cor amarela	8,5 a	8,5 a	6,7 b	5,5 c	4,1d	3,1e	3,4e
Aroma							
Característico de cajá	7,7 a	7,6a	6,4 b	1,6 c	4,4 d	4,6 d	4,7 d
Ácido	5,9 a	6,4a	4,7 b	2,3 c	3,8 b	4,4 b	4,4 b
Doce	5,1ab	4,7ab	6,3 c	6,3 c	5,5 bc	3,9 a	4,6 ab
Consistência							
Consistência	7,9a	8,0a	7,8 a	3,2 b	4,8 c	2,3 d	4,6 c
Sabor							
Característico de cajá	7,9 a	7,8a	6,6 b	1,8 d	4,5 c	3,2 e	5,4 c
Gosto Doce	7,1 a	7,3a	6,4 ac	4,6 b	4,9 b	2,8 d	5,6 bc
Gosto ácido	4,4 a	4,2a	5,9 b	5,1 ab	5,8 b	5,4ab	5,0 ab
Adstringente	6,9 a	6,7a	6,6 a	4,9 bc	4,9 bc	3,9 c	5,9 ab

* Letras iguais numa mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher.

** avaliados em escala não estruturada variando de 0: ausente, 1: pouco a 9: muito.

Observa-se na Tabela 19 que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a amostra controle e a pressurizada em nenhum atributo. Esta semelhança é importante, sobretudo nos atributos “sabor característico“, “aroma característico” e “cor”, considerados positivos pela equipe por refletirem diferença em relação às amostras comerciais, as quais apresentaram menor intensidade dos atributos citados. Os resultados sugerem que os compostos aromáticos, de cor e sabor naturalmente presentes na polpa, foram mantidos mesmo após serem submetidas à APH.

Já a amostra pasteurizada apresentou menor intensidade de cor amarela, aroma de cajá, aroma ácido, sabor de cajá e sabor doce e um aumento no aroma doce e no gosto ácido. Porém Mattiello (2005), em estudo com néctar misto de cajá e umbu não encontrou diferença significativa entre os atributos sensoriais da amostra *in natura* e da pasteurizada a 90°C por 60 segundos.

Para o atributo aroma doce, a amostra pasteurizada e a P1 e P2 destacaram-se das demais, apresentado uma média maior. Como o néctar foi formulado antes da pasteurização podem ter ocorrido reações de caramelização durante o aquecimento do suco que provocaram o aumento na percepção do aroma doce. Porém, não foi percebida maior doçura do néctar pasteurizado em relação ao C e ao APH.

Em geral, todas as polpas comerciais apresentaram menor intensidade nos atributos avaliados, principalmente a P1 e a P3, que obtiveram as menores médias para aroma e sabor característico de cajá. As médias muito baixas para esses atributos na amostra P1 foram bastante comentadas pelos provadores que chegaram a questionar se a amostra P1 era realmente cajá, uma vez que suas características sensoriais diferiram muito da bebida considerada padrão, preparada a partir da polpa *in natura*.

É interessante ressaltar a correlação entre os atributos sensoriais (Tabela 20), percebe-se, por exemplo, que os atributos relacionados às características da fruta fresca apresentaram correlação significativa. O sabor característico apresentou uma forte correlação positiva (maior que 0,89) com o aroma característico, o aroma ácido, a consistência, adstringência e o gosto ácido, todos atributos cujas médias na amostra controle e pressurizada foram superiores às outras amostras. Dessa maneira, se confirma que um néctar com uma média alta para sabor característico do cajá caracteriza-se por

ser também ácido, adstringente e por possuir aroma ácido e característico. Não foi observada nenhuma correlação significativa nos atributos gosto doce e o aroma doce.

Pontes (2008) encontrou correlações positivas significativas ($\alpha=0,05$) superiores a 85% entre “sabor natural” e os atributos “sabor característico”, “aroma característico”, “presença de fibras” e “cor amarela característica”; e negativa entre o referido atributo e “aroma artificial”. Correlação negativa superior a 75% foi observada entre o atributo “sabor natural” e “gosto ácido”. A respeito dos atributos “aroma cozido” e “sabor passado”, nenhuma correlação significativa foi observada.

Tabela 20. Matriz de correlação** para os atributos do néctar de cajá.

Atributos	Cor	Ar.Característico	Aroma ácido	Aroma doce	Consistência	Adstringência	Sabor característico	Gosto ácido	Gosto doce
Cor	1	0,687	0,651	0,261	0,852	0,806	0,740	0,849	-0,636
Aroma Carac	0,687	1	0,988	-0,302	0,871	0,791	0,959	0,744	-0,485
Aroma ácido	0,651	0,988	1	-0,410	0,814	0,751	0,932	0,696	-0,551
Aroma doce	0,261	-0,302	-0,410	1	0,191	0,173	-0,118	0,274	0,333
Consistência	0,852	0,871	0,814	0,191	1	0,938	0,943	0,944	-0,394
Adstringência	0,806	0,791	0,751	0,173	0,938	1	0,912	0,971	-0,520
Sabor característico	0,740	0,959	0,932	-0,118	0,943	0,912	1	0,890	-0,507
Gosto ácido	0,849	0,744	0,696	0,274	0,944	0,971	0,890	1	-0,525
Gosto doce	-0,636	-0,485	-0,551	0,333	-0,394	-0,520	-0,507	-0,525	1

*os números em negrito representam as correlações significativas ($\alpha=0,05$)

** Teste de Correlação de Pearson

Poucos estudos foram relatados na literatura a respeito da avaliação sensorial descritiva de sucos de frutas, especialmente de cajá. Resultados obtidos por Marcellini (2006) e Laboissière (2007), os quais avaliaram as amostras utilizando a ADQ, reportaram pequena alteração nas características sensoriais do suco formulado com a polpa pressurizada, quando comparado com o suco da polpa *in natura*.

A análise dos componentes principais (ACP) é uma ferramenta estatística bastante usada para analisar dados sensoriais (BORGOGNE et al., 2001).

Através desta análise foi possível identificar dois componentes principais (dimensões) importantes os quais juntos explicaram 89,04% da variação nas amostras de néctar de cajá. O Componente Principal 1 (CP1) explicou a maior parte da variação das amostras, compreendendo 71,32%, enquanto 17,02% da variação estava relacionada ao Componente Principal 2 (CP2).

A posição das amostras de néctar de cajá e dos atributos sensoriais no espaço definido pelas primeira e segunda dimensões são mostrados nas Figuras 26 e 27. Observa-se que o atributo “aroma doce” foi associado ao CP2 enquanto os demais atributos ficaram associados ao CP1.

A partir dos resultados da ACP observa-se uma grande semelhança entre a amostra *in natura* (C) e a pressurizada (APH), ao mesmo tempo em que as distinguiu das amostras comerciais localizadas nos demais quadrantes. Também foi possível diferenciar as amostras comerciais, a amostra P2 apresenta semelhanças tanto com a P4 quanto com a P1, porém as últimas são bastante diferentes entre si. A amostra P3 diferenciou-se de todas as outras amostras assim como o néctar pasteurizado, que ficou distante tanto das amostras comerciais quanto da pressurizada e da *in natura*.

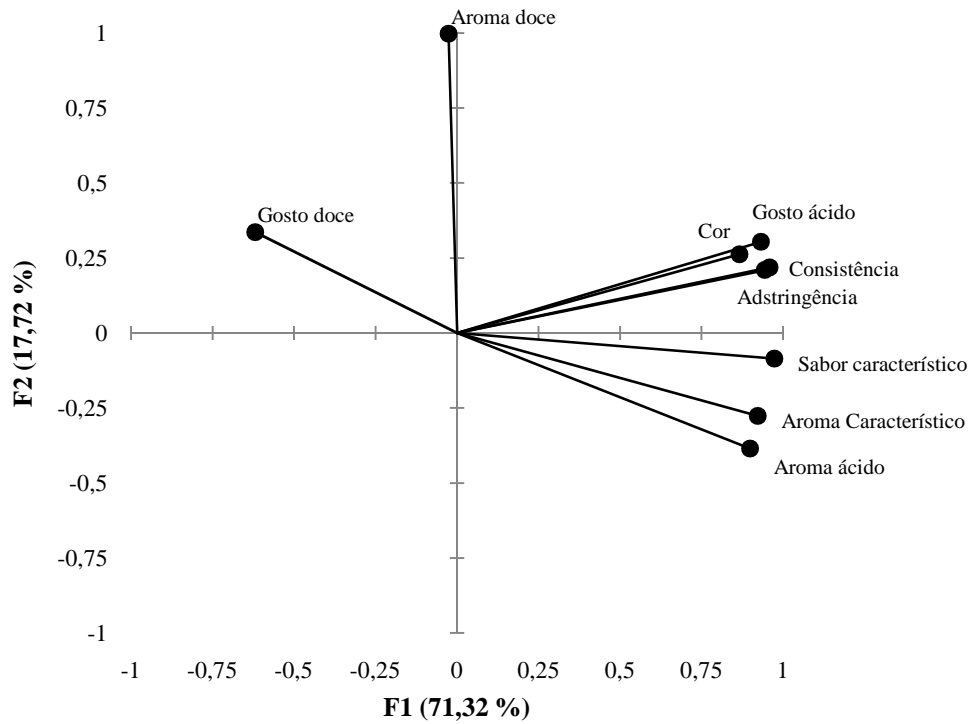


Figura 26: ACP das amostras de néctar de cajá, posição dos atributos sensoriais.

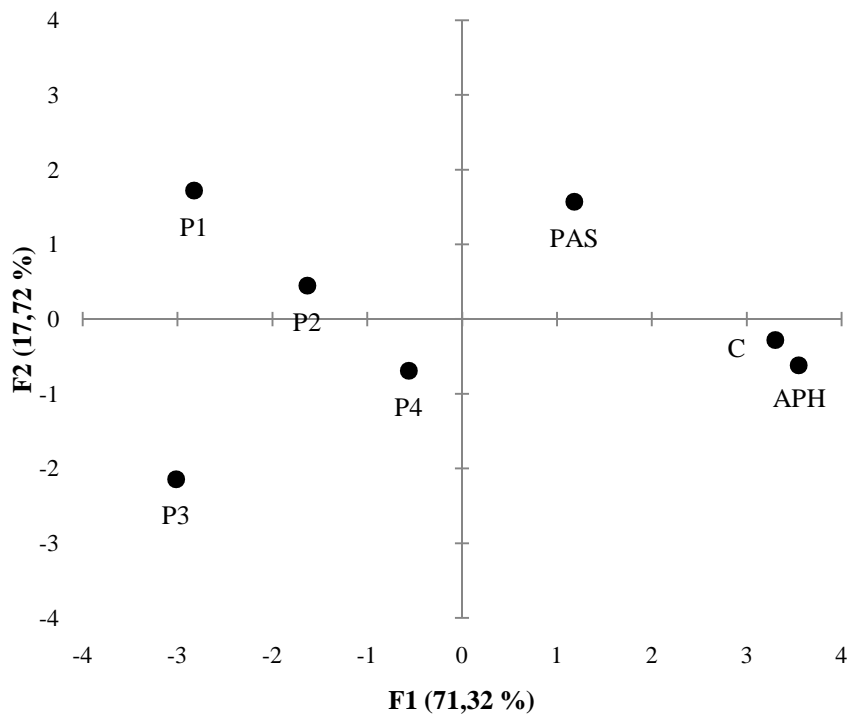


Figura 27. ACP das amostras de néctar de cajá, posição das amostras

Considerando a proximidade das amostras com os vetores associados aos atributos sensoriais, isto é, analisando as Figuras 26 e 27, foi possível identificar as características sensoriais de cada grupo. Os atributos sabor característico, gosto ácido adstringência, cor amarela, consistência, aroma característico e aroma ácido caracterizaram as amostras APH e C. Já a amostra PAS também foi percebida como tendo adstringência, consistência, cor, gosto ácido e ainda aroma doce. As amostras P1 e P2 ficaram localizadas no quadrante oposto aos atributos sabor e aroma característico e aroma ácido e próximas aos vetores de aroma e gosto doce, sugerindo que elas possuem poucas características em comum com as amostras C e APH.

A amostra P3 está localizada no quadrante esquerdo inferior, longe de todas as outras amostras, confirmando ter sido o extremo inferior de diversos atributos como adstringência, cor, consistência, gosto ácido, sabor característico, aroma característico e aroma ácido.

Através da ADQ e da ACP foi possível identificar grupos de amostras semelhantes e as características sensoriais relacionadas, tornando evidente a similaridade entre o néctar *in natura* (C) e o pressurizado (APH). Além disso, foi possível verificar que o néctar de cajá formulado com polpa pressurizada foi caracterizado por atributos sensoriais relevantes tais como “sabor característico de cajá” e “aroma característico de cajá”. Por outro lado, observa-se que alguns produtos comerciais utilizados na formulação dos néctares apresentam características sensoriais indesejáveis.

4.3.3 Teste de Aceitação

Na Tabela 21 são apresentadas as médias alcançadas para as sete amostras de néctar de cajá deste estudo.

Tabela 21. Médias* da aceitação atribuídas às mostras de néctar de cajá pelos consumidores.

Amostras	C	APH	PAS	P1	P2	P3	P4
Médias da Aceitação	6,1 ab	6,3 a	5,6 b	2,7 c	6,0 ab	4,3 d	4,6 d
% notas na zona de aceitação (≥ 5)	75,68	81,98	68,47	20,73	74,78	43,25	48,65
% notas na zona de rejeição (< 5)	24,32	18,02	31,53	79,27	25,22	56,75	51,35

* Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

** avaliada em escala hedônica estruturada onde 1: desgostei extremamente e 9: gostei extremamente.

Os dados dos consumidores analisados por ANOVA revelaram que a amostra *in natura* (C) e a pressurizada (APH) e a amostra comercial P2 foram as preferidas, não havendo diferença significativa entre elas. A amostra pasteurizada (PAS) diferiu da amostra pressurizada, porém não da C e da P2. A amostra P1 foi a menos preferida seguida pela P3 e pela P4. Observando a porcentagem de notas na área da aceitação percebe-se que a amostra APH foi a que obteve o maior percentual, de aprovação (81,98%), seguida pela C, com 75,68% e pela amostra comercial P2 com 74,78%. Considerando então a frequência de distribuição das notas, percebe-se que a amostra pressurizada (APH) foi a preferida entre os consumidores desde teste. Já a amostra P1 obteve um percentual de rejeição de 79,27%, ou seja, além do seu perfil sensorial diferir

bastante das outras amostras, ela também foi rejeitada pelos consumidores de suco. A amostra pasteurizada (PAS) não obteve um resultado de preferência tão bom quanto o da amostra pressurizada, mesmo tendo sido tratada em condições já otimizadas por Matietto (2005), mostrando que a alta pressão foi capaz de preservar e até intensificar algumas características percebidas pelos consumidores como desejáveis.

Filho et al. (2002) avaliaram sensorialmente néctares de frutas nativas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Entre os néctares avaliados, o de cajá, preparado com polpa de fruta *in natura*, foi o que obteve a maior média de aceitação entre os consumidores, de 8,1, sendo que a soma das notas mais altas (7,8 e 9) totalizou 90%.

Bastos et al. (2008) realizou um teste de aceitação de néctar de cajá pasteurizado a 85°C por 3 minutos e observou uma aceitação de 80,1%. Os autores também afirmaram que através de testes triangulares concluíram que os consumidores não perceberam diferença entre o néctar *in natura* e o pasteurizado.

Laboissière et al. (2007) conduziram um estudo com 112 consumidores com o objetivo de avaliar a preferência de sete amostras de suco de maracujá pronto para beber, sendo uma amostra de suco preparado a partir da polpa *in natura* (controle), uma amostra de suco preparado a partir da polpa tratada por APH (300 MPa/5 min/25 °C) e outras cinco amostras provenientes de diferentes marcas comerciais. Os resultados mostraram que as amostras controle e pressurizada foram as preferidas, alcançando 75,90 e 70,54% de aceitação, respectivamente.

Marcellini (2005) avaliou a preferência de amostras comerciais de suco de abacaxi pronto para beber, suco preparado com a polpa de abacaxi *in natura* (controle) e suco pressurizado (APH). Observou que a amostra pressurizada (300MPa/25°C/5min) e a controle foram as preferidas pelos consumidores, juntamente com duas amostras comerciais.

Pontes (2008), em estudo com suco de manga, investigou a aceitação de um suco preparado com polpa *in natura*, um com polpa pressurizada e cinco marcas comerciais de suco de manga pronto pra beber. Os dados dos consumidores revelaram que os sucos controle, pressurizado (APH) e duas amostras comerciais foram os preferidos, não havendo diferença significativa entre eles.

Baxter et al. (2005), avaliaram a preferência de suco de laranja da variedade Navel processado por APH (600MPa/60s), pasteurizado (85°C/25s) e controle (não processada) sendo as amostras armazenadas em diferentes temperaturas. Entre as amostras armazenadas a 4°C, os sucos tratados por APH, pasteurizado e controle foram preferidos pelos consumidores, assim como a amostra de suco pasteurizado armazenada a 10°C e a amostra controle armazenada a - 20°C. Nenhuma destas amostras apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre si. Entretanto, a amostra pressurizada e a amostra controle armazenadas a 10°C apresentaram médias significativamente inferiores às demais, sendo pouco apreciadas pelos consumidores, que atribuíram intenso gosto ácido e amargo às referidas amostras.

Mapa Interno da Preferência e Análise de Segmentos

Para identificar e melhor interpretar a preferência individual dos consumidores de néctar de cajá foi utilizado o Mapa Interno da Preferência (MPI) seguido da Análise de Segmentos (*Cluster Analysis*) a qual identificou grupos de consumidores em função da similaridade de suas respostas quanto à preferência das amostras. Foi feita uma análise hierárquica através do método de aglomeração de Ward, utilizando distância euclidiana quadrática no algoritmo.

As duas primeiras dimensões do MIP explicaram 62,37% da variabilidade das respostas dos consumidores com relação à aceitabilidade das amostras. A Análise de Segmentos revelou três grupos de consumidores (*clusters* ou segmentos), os quais são visualizados no dendrograma da Figura 28, onde: segmento 1, formado por 30 consumidores; segmento 2, contendo 55 consumidores e o segmento 3 com 26 indivíduos.

A Figura 29 mostra a posição das sete amostras de néctar de cajá avaliadas apresenta a posição dos consumidores, bem como os três segmentos formados no espaço definido pela primeira e segunda dimensão do MIP.

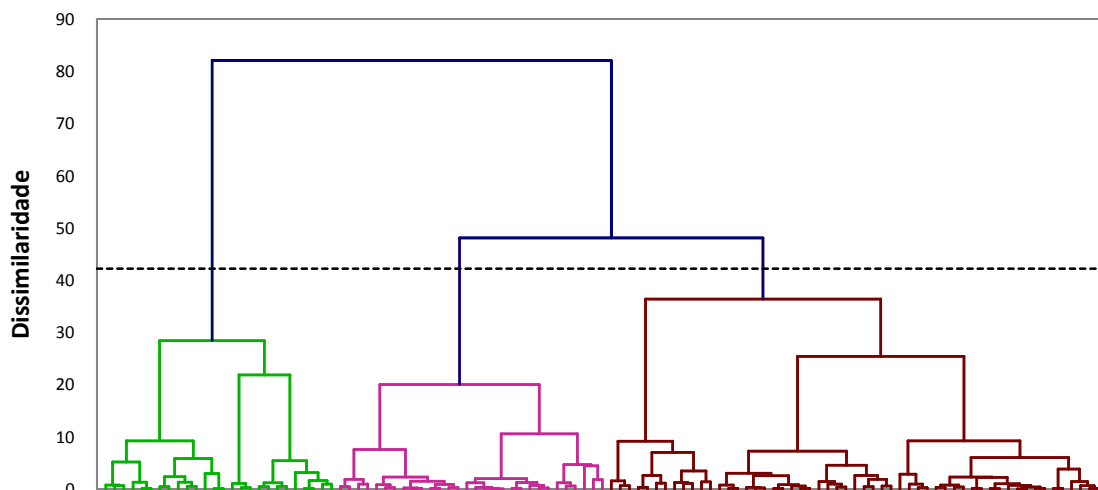


Figura 28. Dendrograma dos consumidores (n=112).

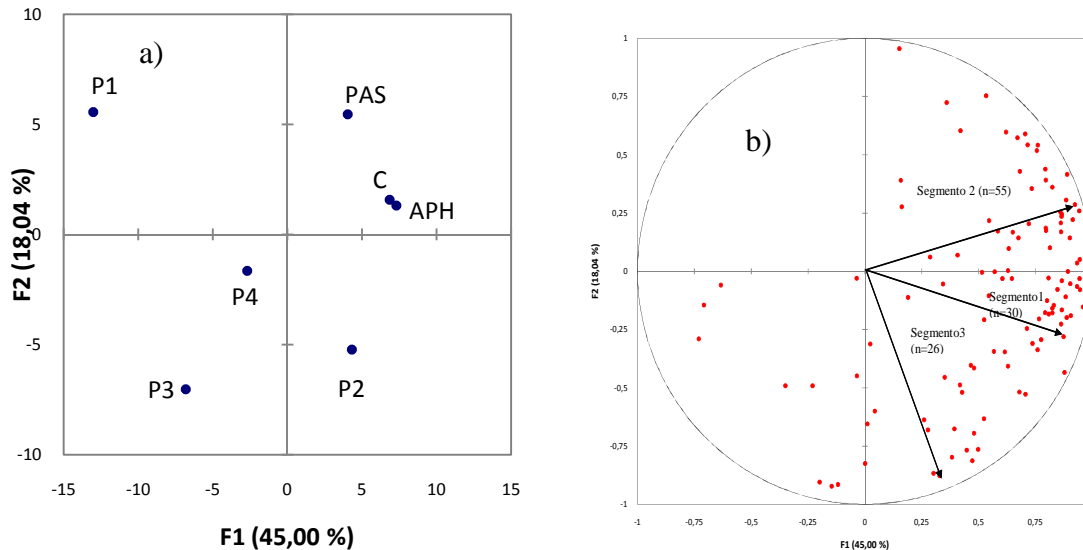


Figura 29. Mapa Interno da Preferência mostrando: (a) posição das amostras e (b) posição dos consumidores e dos três segmentos formados no espaço gráfico definido pelas duas primeiras dimensões.

A primeira dimensão separou as amostras P2, PAS, C e APH das demais. A Figura 29a mostra a posição de cada um dos 112 consumidores que participaram do teste, no espaço definido pela primeira e segunda dimensões.

O círculo mostrado na Figura 29a representa o ajuste dos dados ao modelo, onde os consumidores cujas respostas foram significativamente ($p < 0,05$) ajustadas

apareceram próximos ao círculo. Os consumidores cujas variâncias foram pouco explicadas pelo modelo, estão representados na parte mais interna do círculo.

Observando as Figuras 29a e 29b é possível constatar que os segmentos 1 e 2 preferiram as amostras C, APH e PAS, enquanto que o segmento 3 preferiu a amostra comercial P2, P3 e P4. A amostra P1 foi rejeitada por todos os segmentos e as amostras P3 e P4 foram as menos preferidas pelo segmento 2.

A Tabela 22 apresenta as médias para cada um dos segmentos de consumidores.

Tabela 22. Médias** da aceitação atribuídas às mostras de néctar de cajá pelos diferentes segmentos de consumidores.

Amostras	Todos (n=112)	Seg1(n=30)	Seg2(n=55)	Seg3(n=26)
% total	100%	26,8%	49,1%	23,2%
C	6,1	6,4	6,4	5,2
APH	6,3	6,8	6,6	5,0
PAS	5,6	5,3	6,6	4,0
P1	2,7	2,2	3,0	2,6
P2	6,0	7,1	5,6	5,6
P3	4,3	3,9	3,4	7,0
P4	4,6	6,4	3,7	4,4

** avaliada em escala hedônica estruturada onde 1: desgostei extremamente e 9: gostei extremamente.

Nota-se que a preferência dos segmentos 1 e 2 foi semelhante, fato já observado pela proximidade dos vetores na análise gráfica, diferindo apenas em relação à amostra P2 e P4, que obtiveram médias superiores no segmento 1. Já o segmento 3, o que possui o menor número de consumidores, preferiu a amostra P3, que foi rejeitada pelos outros dois segmentos, e desgostou da amostra pasteurizada (PAS), o que não foi observado nos outros segmentos. O segmento 2, que representa 49,1% dos consumidores, preferiu o néctar C, o APH e o PAS, cujas médias alcançadas não diferiram entre si ($p < 0,05$), mas diferiram das demais.

Após a segmentação dos consumidores em três grupos foi feita a sua caracterização sócio-demográfica, que está apresentada na Tabela 23. Observa-se que o segmento 1 diferencia-se dos demais por possuir a maior porcentagem de homens.

Os resultados obtidos a partir do Mapa Interno de Preferência e da Análise de Segmentos nos permitem concluir que as amostras C e APH não apresentaram diferença significativa quando avaliadas por todos os consumidores.

Os resultados de Marcellini (2006) permitiram concluir que os sucos de abacaxi obtidos a partir da polpa “in natura” (controle), bem como a partir da polpa pressurizada (APH) foram os preferidos pelos consumidores. Ao se aplicar análise de segmentos, quatro grupos específicos de consumidores foram identificados, dois deles preferindo as amostras controle e pressurizada e os outros dois preferindo os sucos comerciais disponíveis no mercado. Resultados semelhantes foram relatados por Laboissière (2007) com suco de maracujá, isto é, os sucos de maracujá controle e APH foram, em média, preferidos pelos 112 consumidores que participaram do estudo. Após a segmentação dos participantes, cinco segmentos de consumidores foram identificados, dos quais quatro preferiram os sucos controle e APH e apenas um segmento preferiu os sucos comerciais disponíveis no mercado.

Tabela 23. Características sócio-demográficas dos consumidores.

Variáveis	Total (n=112)	Segmento 1 (n = 30)	Segmento 2 (n = 55)	Segmento 3 (n = 26)
Sexo				
Feminino	62,5%	53,3%	69,1%	65,4%
Masculino	37,5%	46,7%	30,9%	34,6%
Faixa Etária				
18-24 anos	23,2%	20%	23,6%	26,9%
25-35 anos	35,7%	30%	36,4%	34,6%
36-45 anos	26,8%	30%	27,3%	26,9%
46-60 anos	9,8%	10%	10,9%	7,7%
> 60 anos	4,5%	10%	1,8%	3,8%
Renda Familiar*				
1-5 salários mínimos	20,5%	10%	21,8%	26,9%
5-10 salários mínimos	40,2%	46,7%	43,6%	30,8%
10-20 salários mínimos	22,3%	16,7%	21,8%	30,8%
20-30 salários mínimos	16,1%	23,3%	12,7%	11,5%
>30 salários mínimos	0,9%	3,3%	-	-

*s.m. - salário mínimo = R\$450,00 em 2008

4.3.4 Mapa Externo da Preferência

Para a indústria de alimentos é essencial compreender quais atributos sensoriais influenciam a preferência do consumidor, para isso utiliza-se o Mapa Externo de Preferência que correlaciona os dados da análise descritiva com os de aceitação. A interpretação do PREFMAP indica quais as características do produto que dirigem a preferência do consumidor.

O PREFMAP com a posição das amostras avaliadas e dos segmentos de consumidores é apresentado na Figura 30. Na Figura 31 são apresentados os atributos sensoriais do néctar de cajá no espaço definido pela primeira e segunda dimensão.

Observando a Figura 30 e a 31 podemos perceber que os consumidores do segmento 2 preferem néctares mais consistentes, mais amarelos, mais adstringentes e mais ácidos, enquanto que a preferência do segmento 1 é dirigida pelos atributos sabor característico, aroma característico e aroma ácido. Já o segmento 3 preferiu as amostras com pouco aroma e gosto doce. Em resumo, tanto o segmento 1 quanto o 2 tem a sua preferência dirigida por atributos associados às características de fruta fresca. Ao contrário, o segmento 3 provavelmente não aprecia néctares tão ácidos, adstringentes e aromáticos, preferindo aqueles mais doces e com pouca consistência, mais similares a refrescos de fruta.

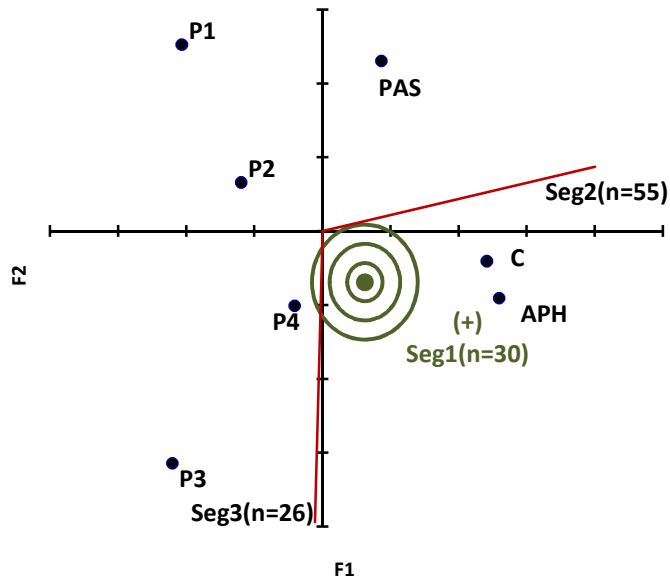


Figura 30. Mapa Externo da Preferência: amostras e segmento de consumidores.

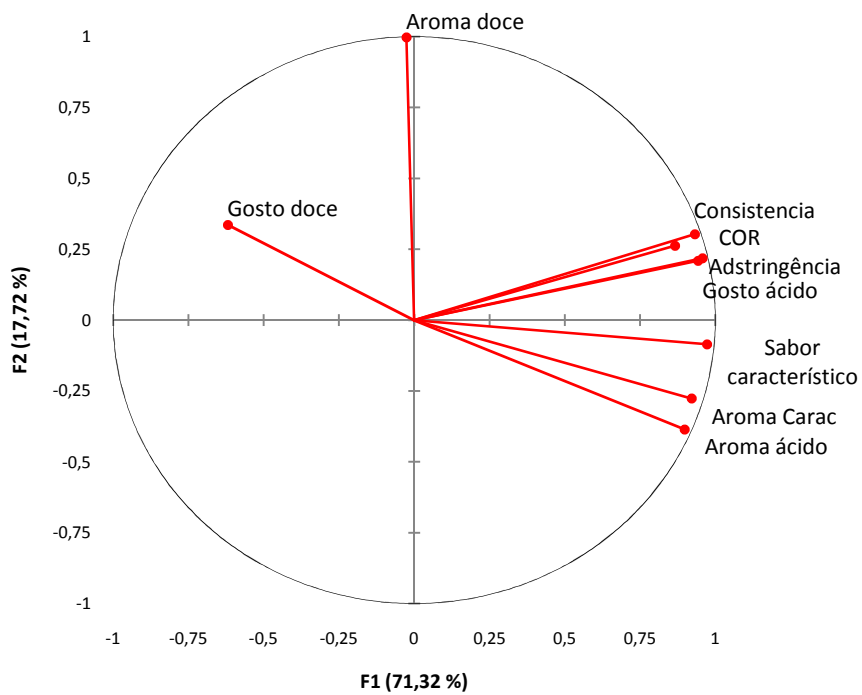


Figura 31. Mapa Externo da Preferência: atributos sensoriais definidos na ADQ.

Através da avaliação do coeficiente de correlação entre os atributos sensoriais avaliados e a preferência média dos consumidores (n=112), percebe-se que os atributos aroma característico e aroma ácido foram os que apresentaram maior correlação, ou seja, o aumento dos seus níveis provocou o aumento da preferência (Tabela 24). O gosto ácido, o gosto doce e a adstringência foram os atributos que apresentaram menor correlação, sugerindo que a sua influência na preferência não é tão relevante. Porém ressalta-se que esse teste avalia somente as correlações lineares entre as variáveis, o que pode não ser suficiente para explicar adequadamente a dimensionalidade, assim as

interações entre os atributos e os efeitos quadráticos também devem ser considerados na validação de um modelo de preferência (COSTELL et al. 2000).

A preferência dos segmentos 2 e 3 foi representada por um modelo vetorial, ou seja, os dados provenientes dos consumidores destes grupos tiveram a sua variância melhor explicada por vetores que indicam a direção da preferência através do espaço gerado. Nesse modelo há uma relação direta entre o aumento de um atributo ou mais atributos e o aumento da preferência. Já o segmento 1 foi melhor representado por um modelo do tipo “ponto ideal circular” formado por um ponto central e contornos circulares concêntricos. De acordo com esse modelo, qualquer ponto equidistante do centro do círculo possui o mesmo nível de preferência.

Tabela 24. Correlação* entre os atributos sensoriais e a média de aceitação das amostras

Atributos Sensoriais	Coefficiente de Correlação
Cor amarela	0,40
Aroma Característico	0,89
Aroma Ácido	0,89
Aroma Doce	-0,56
Consistência	0,54
Adstringência	0,37
Sabor Característico	0,72
Gosto Ácido	0,32
Gosto Doce	-0,29

*teste de Pearson ($\alpha=0,05$)

A superfície de contorno gerada pelo ajuste de modelos aos dados de aceitação sobreposta à Figura 32 contendo as amostras e segmentos de consumidor podem ser vista na Figura 33. Observa-se que as amostras C e APH estão numa região de alta probabilidade de aceitação (80-100%), a PAS está em outra região também com boa probabilidade de aceitação (60-80%) assim como a amostra P4. A amostra P1 está localizada numa região de rejeição, uma vez que foi a menos preferida em todos os segmentos de consumidores avaliados.

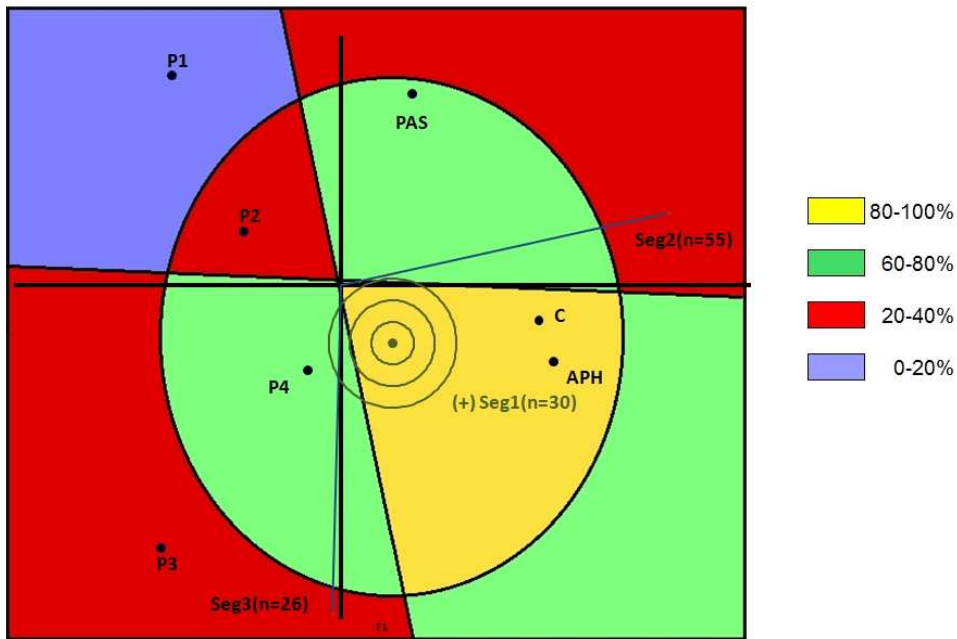


Figura 32: Mapa Externo de Preferência sobreposto a superfície de contorno gerada por modelos ajustados aos dados de aceitação

O uso de mapa de preferência e análise de segmentos em estudos de consumidor mostrou-se muito satisfatória, uma vez que permitiu observar as preferências individuais, a segmentação dos consumidores e foi capaz de revelar quais atributos dirigiram a preferência do produto pelo consumidor.

5 CONCLUSÃO

O processo de alta pressão hidrostática foi capaz de manter a baixa contagem microbiana verificada inicialmente na polpa cajá, permitindo sua utilização na produção de néctar de cajá, em conformidade com requerimentos da Legislação vigente. O néctar formulado a partir da polpa de cajá tratada a 300 MPa durante 17 minutos manteve-se microbiologicamente estável por até 28 dias sob refrigeração.

As características físico-químicas e os parâmetros de cor da polpa de cajá não foram significativamente alterados pela APH em nenhum dos níveis de pressão e tempo estudados.

O pH ótimo de atividade da peroxidase caracterizado para a polpa de cajá foi 6,0 e a APH provocou efeitos distintos na sua atividade. A combinação de tempos curtos com altas pressões causou a ativação da POD, já tempos de tratamento mais longos, provocaram a sua inativação.

O tratamento com APH não provocou efeitos negativos nos compostos nutricionais da polpa de cajá, a saber: compostos fenólicos, atividade antioxidante e carotenóides. O tratamento por APH não afetou qualitativamente o perfil de aromas da polpa de cajá, embora tenha se observado o surgimento de novos compostos, em quantidades mínimas, nas polpas pressurizadas.

Grande similaridade foi verificada através da ADQ, entre o produto obtido a partir da polpa controle e da polpa pressurizada, indicando que a processo de APH teve pouco efeito nas características sensoriais da polpa para a formulação do néctar. No teste de aceitação as amostras de néctar obtidas a partir da polpa *in natura* e da polpa tratada por APH apresentaram médias de aceitação superior ($p < 0,05$) a três amostras comerciais das quatro avaliadas, e sem diferença ($p > 0,05$) entre si. Sabor característico de cajá, gosto ácido, aroma ácido, aroma característico de cajá, consistência, cor amarela e adstringência foram os atributos que dirigiram a preferência de alguns segmentos de consumidores.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDEJI, J.; HARTMAN, T. G.; ROSEN, R. T.; HO, C.-T. Free and glycosidically bound aroma compounds in hog plum (*Spondias mombins l.*). **J. Agric. Food Chem.**, v.39, p.1494-1497, 1991.

AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; HIREMATH, N. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p.885-895, 2005.

AKYOL, C.; ALPAS, H.; BAYINDIRLI, A. Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in carrots, green beans, and green peas by combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. **European Food Research and Technology**, v.224, n.2, p.171-176, 2006.

ALALUF, S.; HEINRICH, U.; STAHL, W.; TRONNIER, H.; WISEMAN, S. Dietary Carotenoids Contribute to Normal Human Skin Color and UV Photosensitivity. **Journal of Nutrition**, v.132, n.3, p.399-403, 2002.

ALBINO, E.; BARRETO, R.L.S.B.; COELHO, A.C.D.; COELHO, R.D.; MENDES, A.C.R. Análise da concentração de potássio em alguns frutos cultivados no nordeste. **Higiene Alimentar**. v.13, n.62, p.34-36, 1999.

ALLEGRONE, G.; BARBENI, M. Identification of volatile components of caja fruit (*Spondias lutea l.*) and chiral analysis of 3-hydroxy aliphatic esters. **Flavour and Fragrance Journal**, v.7, n.6, p.337-342, 1992.

ALVES, S.; JENNINGS, W. G. Volatile composition of certain amazonian fruits. **Food Chemistry**, v.4, n.2, p.149-159, 1979.

ANCOS, B. D.; GONZALEZ, E.; CANO, M. P. Effect of High-Pressure Treatment on the Carotenoid Composition and the Radical Scavenging Activity of Persimmon Fruit Purees. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3542-3548, 2000.

ANESE, M.; NICOLI, M. C.; DALL'AGLIO, G.; LERICI, C. R. Effect of high pressure treatments on peroxidase and polyphenoloxidase activities. **Journal of Food Biochemistry**, v.18, n.4, p.285-293, 1994.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. CD-ROOM. 17th edition, AOAC International, 2000.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. CD-ROOM. 18th edition, AOAC International, 2005.

ARDIA, A. **Process Considerations on the Application of High Pressure Treatment at Elevated Temperature Levels for Food Preservation**. (Doutorado) Department of Food Process Engineering and Food Biotechnology, Berlin University of Technology, Berlin, 2004. 102 p.

ARDIA, A.; KNORR, D.; HEINZ, V. Adiabatic Heat Modelling for Pressure Build-up During High-pressure Treatment in Liquid-food Processing. **Food and Bioproducts Processing**, v.82, n.1, p.89-95, 2004.

- ARROYO, G.; PRÉSTAMO, P. D. S. G. Effect of high pressure on the reduction of microbial populations in vegetables. **Journal of Applied Microbiology**, v.82, n.6, p.735-742, 1997.
- ASANO, T.; NOBLE, W. J. L. Activation and Reaction Volumes in Solution. **Chemical Reviews**, v.78, n.4, p.407-789, 1978.
- AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. D. S.; RIVELLINO, S. R. Screening of brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography**, n.873, p.117-127, 2000.
- BALASUBRAMANIAM, V. M.; FARKAS, D. High-pressure Food Processing. **Food Science and Technology International**, v.14, n.5, p.413-418, 2008.
- BASTOS, C. T. D. R. M.; LADEIRA, T. M. S.; ROGEZ, H.; PENA, R. D. S. Estudo da eficiência da pasteurização da polpa de taperebá (*Spondias mombin*). **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.2, p.123-131, 2008.
- BAXTER, I. A.; EASTON, K.; SCHNEEBELI, K.; WHITFIELD, F. B. High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.6, n.4, p.372-387, 2005.
- BETORET, E.; BETORET, N.; CARBONELL, J. V.; FITO, P. Effects of pressure homogenization on particle size and the functional properties of citrus juices. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 1, p. 18-23, 2009.
- BEUCHAT, L.R., COUSIN, M.A. Yeasts and molds. In: **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington, DC: APHA, 2001. p. 209-215.
- BORA, P.S.; NARAIN, N.;HOLSCHUH,H.J.;VASCONCELOS, M.A.S. Changes in Physical and Chemical Composition during Maturation of Yellow Mombin (*Spondias mombin*) Fruits. **Food Chemistry**. v.41, p.341-348, 1991.
- BORA, P.S.; NARAIN, N.;HOLSCHUH,H.J.;VASCONCELOS, M.A.S. Changes in Physical and Chemical Composition during Maturation of Yellow Mombin (*Spondias mombin*) Fruits. **Food Chemistry**. v.41, p.341-348, 1991.
- BORGOGNONE, M. G.; BUSSI, J.; HOUGH, G. Principal component analysis in sensory analysis: Covariance or correlation matrix? **Food Quality and Preference**, v.12, n.5-7, p.323-326, 2001.
- BOSCO, J.; SOARES, K.T.; AGUIAR FILHO, S.P.; BARROS,R.V. A cultura da cajazeira. João Pessoa: EMEPA-PB,29p, 2000.
- BOYTON, B.B.; SIMS, C.A.; SARGENT, S.; BALABAN, M.O.; MARSHALL, M.R. Quality and stability of precut mangos and carambolas subjected to high-pressure processing. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 1, p. 409-415, 2002.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **ANVISA**, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 10 de setembro de 1999. **Diário Oficial da União**, 13 de setembro de 1999.

BRASIL. **Alimentos regionais brasileiros**. Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. 1 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 140p.

BRASIL. Resolução RDC N °12, de 02.01.01: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da União**, 10 de jan. de 2000. Seção 1, p. 54.
BRAVO, L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BRITO, C. A. K. D.; CÂMARA, V. H. A.; BOLINI, H. M. A. Equivalência de dulçor e poder edulcorante de néctares de goiaba adoçados com diferentes edulcorantes. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.1, n.2, p.126-136, 2007.

BRITO, C. A. K. D.; SATO, H. H.; SPIRONELLO, A.; SIQUEIRA, W. J. Abacaxi iac gomo-de-mel (ananas comosus (L.) merrill): Características da polpa e da peroxidase do suco. **B.CEPPA**, v.25, n.2, p.257-266, 2007.

BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **FASEB Journal**, v.9, n.15, p.1551-1558, 1995.

BUGGENHOUT, S. V.; MESSAGIE, I.; PLANCKEN, I. V. D.; HENDRICKX, M. Influence of high-pressure–low-temperature treatments on fruit and vegetable quality related enzymes. **European Food Research Technology**, v.223, 2006.

BULL, M. K.; ZERDIN, K.; HOWE, E.; GOICOECHEA, D.; PARAMANANDHAN, P.; STOCKMAN, R.; SELLAHEWA, J.; SZABO, E. A.; JOHNSON, R. L.; STEWART, C. M. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of valencia and navel orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, p.135-149, 2004.

BULL, M. K.; ZERDIN, K.; HOWE, E.; GOICOECHEA, D.; PARAMANANDHAN, P.; STOCKMAN, R.; SELLAHEWA, J.; SZABO, E. A.; JOHNSON, R. L.; STEWART, C. M. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, p.135-149, 2004.

BUTZ, P.; EDENHARDER, R.; GARCIA, A. F.; FISTER, H.; MERKEL, C.; TAUSCHER, B. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. **Food Research International**, v.35, n.2-3, p.295-300, 2002.

BUTZ, P.; FUNTENBERGER, S.; HABERDITZL, T.; TAUSCHER, B. High pressure inactivation of *Byssoschlamys nivea* ascospores and other heat resistant moulds. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.29, n.5-6, p.404-410, 1996.

BUTZ, P.; KOLLER, W. D.; TAUSCHER, B.; WOLF, S. Ultra-High Pressure Processing of Onions: Chemical and Sensory Changes. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.27, n.5, p.463-467, 1994.

BUTZ, P.; SERFERT, Y.; GARCIA, A. F.; DIETERICH, S.; LINDAUER, R.; BOGNAR, A.; TAUSCHER, B. Influence of High-Pressure Treatment at 25°C and 80°C on Folates in Orange Juice and Model Media. **Journal of Food Science**, v.69, n.3, p.SNQ117-SNQ121, 2004.

BUZRUL, S.; ALPAS, H.; BOZOGLU, F. Use of weibull frequency distribution model to describe the inactivation of *alicyclobacillus acidoterrestris* by high pressure at different temperatures. **Food Research International**, v.38, n.2, p.151-157, 2005.

CAMPOS, F. P.; DOSUALDO, G. L.; CRISTIANINI, M. Utilização da tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 351-357, 2003.

CANER, C.; HERNANDEZ, R. J.; HARTE, B. R. High-pressure processing effects on the mechanical, barrier and mass transfer properties of food packaging flexible structures: A critical review. **Packaging Technology and Science**, v.17, n.1, p.23-29, 2004.

CANO M. P.; A. HERNANDEZ, B. D. A. High Pressure and Temperature Effects on Enzyme Inactivation in Strawberry and Orange Products. **Journal of Food Science**, v.62, n.1, 1997.

CARDOSO, J. M. P.; BOLINI, H. M. A. Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness. **Food Research International**, v.40, n.10, p.1249-1253, 2007.

CEVA-ANTUNES, P. M. N.; BIZZO, H. R.; ALVES, S. M.; ANTUNES, O. A. C. Analysis of volatile compounds of taperebá (*Spondias mombin l.*) and cajá (*Spondias mombin l.*) by simultaneous distillation and extraction (SDE) and solid phase microextraction (SPME). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.51, p.1387-1392, 2003.

CHAUVIN, M. A., S.Y. LEE, S. CHANG, P.M. GRAY, D.H. KANG AND B.G. SWANSON. Ultra high pressure inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Listeria innocua* on apples and blueberries. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.29, p.424-435, 2005.

CHEFTEL, J. C. Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation. **Food Science and Technology International**, v. 1, p. 75-90, 1995.

CHEN, C.; TSENG, C.-W. Effect of high hydrostatic pressure on the temperature dependence of *Saccharomyces cerevisiae* and *Zygosaccharomyces rouxii*. **Process Biochemistry**, v.32, n.4, p.337-343, 1997.

CHUTINTRASRI, B.; NOOMHORM, A. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. **LWT - Food Science and Technology**, v.40, n.2, p.300-306, 2007.

CIVELLO, P.M.; MARTÍNEZ, G. A.; CHAVES, A. R.; AFIÓN, M. C. Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.): partial purification and determination

of some properties, **Journal of Agriculture and Food Chemistry** v. 43, p. 2596-2601, 1995

CORRALES, M.; GARCÍA, A. F.; BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Extraction of anthocyanins from grape skins assisted by high hydrostatic pressure. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n., p. 415-421, 2009.

CORRALES, M.; TOEPFL, S.; BUTZ, P.; KNORR, D.; TAUSCHER, B. Extraction of anthocyanins from grape by-product assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 85-91, 2008.

CORRÊA, P. R. S.; FILHO, O. M. Síntese das necessidades de calcário para os solos dos estados da Bahia e Sergipe. Ministério de Minas e Energia, Salvador : CPRM, 2001.

COSTELL, E.; PASTOR, M. V.; IZQUIERDO, L.; DURÁN, L. Relationships between acceptability and sensory attributes of peach nectars using internal preference mapping. **European Food Research and Technology**, v.211, n.3, p.199-204, 2000.

COUSIN, M.A., JAY, J.M., VASAVADA, P.C. Psychrotrophic Microorganisms. In: **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001, Washington, DC: APHA, 2001. p. 159-166.

DA SILVA, A.P.V.da; 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.

DAOUDI, L.; QUEVEDO, J. M.; TRUJILLO, A. J.; CAPDEVILA, F.; BARTRA, E.; MINGUEZ, S.; GUAMIS, B. Effects of high-pressure treatment on the sensory quality of white grape juice. **High Pressure Research**, p.705-709, 2002.

DIAS, D.R.; SCHWAN, R.F.; LIMA, L.C.O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p. 342-350, 2003.

DOBIAS, J.; VOLDRICH, M.; MAREK, M.; CHUDACKOVA, K. Changes of properties of polymer packaging films during high pressure treatment. **Journal of Food Engineering**, v.61, n.4, p.545-549, 2004.

DOBLADO, R.; FRÍAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C. Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis* var. *carilla*) seeds induced by high pressure treatment. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.918-923, 2007.

DRAKE, M. A. Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p.4925-4937, 2007.

EKHOLM, P.; REINIVUO, H.; MATTILA, P.; PAKKALA, H.; KOPONEN, J.; HAPPONEN, A.; HELLSTRÖM, J.; OVASKAINEN, M.-L. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.6, p.487-495, 2007.

ELIZONDO, R. A. Recent developments in the commercial applications of high-pressure technology in food processing. In: SINGH, R. K. (Org.). **Food process design and evaluation**. Lancaster: Technomic, 1995. p. 175-190.

FANG, L.; JIANG, B.; ZHANG, T. Effect of combined high pressure and thermal treatment on kiwifruit peroxidase. **Food Chemistry**, v.109, n.4, p.802-807, 2008.

FARKAS, D.F.; HOOVER, D.G. High pressure processing. **Journal of Food Science**, Chicago, suplement, p.47-64, 2000.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2006.

FERNANDEZ GARCIA, A.; BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Does the antioxidant potential of high pressure treated apple juice change during storage? **High Pressure Research**, v.19, n.1, p.153 - 160, 2000.

FERNANDEZ-GARCIA, A.; BUTZ, P.; BOGNAR, A.; TAUSCHER, B. Antioxidative capacity, nutrient content and sensory quality of orange juice and an orange-lemon-carrot juice product after high pressure treatment and storage in different packaging. **European Food Research and Technology**, v.213, n.4-5, p.290-296, 2001b.

FERNANDEZ-GARCIA, A.; BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Effects of High-pressure Processing on Carotenoid Extractability, Antioxidant Activity, Glucose Diffusion, and Water Binding of Tomato Puree (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.1033-1038, 2001a.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. D.; FARLEY, C.; MOURA, H.; ARAÚJO, N. C. C. Calidad de frutas nativas de latinoamerica para industria: Jobo (*Spondias mombin* l.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, p.72-76, 2001.

FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E. Cajá (*Spondias mombin* L.). In: **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, 2000.

FILHO, M. D. S. M. D. S.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BORGES, M. D. F. Nota prévia: Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região norte e nordeste do Brasil: Estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.5, p.139-143, 2002.

FONBERG-BROCZEK, M.; ARABAS, J.; KOSTRZEWA, E.; REPS, A.; SZCZAWIŃSKI, J.; SZCZEPEK, J.; WINDYGA, B.; POROWSKI, S. High-pressure treatment of fruit, meat, and cheese products — equipment, methods and results. In: OLIVEIRA, F. A. R.; OLIVEIRA, J. C. (Org.). **Processing foods - quality optimization and process assessment**. Boca RAton: CRC Press, 1999. Cap 16.

GARCIA-PALAZON, A.; SUTHANTHANGJAI, W.; KAJDA, P.; ZABETAKIS, I. The effects of high hydrostatic pressure on [beta]-glucosidase, peroxidase and polyphenoloxidase in red raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria x ananassa*). **Food Chemistry**, v.88, n.1, 2004/11, p.7-10, 2004.

- GEORGE, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant-Derived Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005.
- GERHARDSSON, L., OSKARSSON, A., SKERFVING, S. Acid precipitation-effects on trace elements and human health. **Science of the Total Environment**, v.153, n. 3, p. 237-245, 1994.
- GIMENEZ, J.; KAJDA, P.; MARGOMENOU, L.; PIGGOTT, J. R.; ZABETAKIS, I. A study on the colour and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.1228-1234, 2000.
- GIOVANNUCCI, E. Tomatoes, Tomato-Based Products, Lycopene, and Cancer: Review of the Epidemiologic Literature. **Journal of the National Cancer Institute**, v.91, n.4, p.317-331, 1999.
- GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-Isomers of Provitamin A in Brazilian Fruits. **J. Agric. Food Chem.**, v.42, p.1306-1313, 1994.
- GONZALEZ, E. M.; DE ANCOS, B.; CANO, M. P. Partial characterization of peroxidase and polyphenol oxidase activities in blackberry fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.11, p.5459-5464, 2000.
- GREENHOFF, K.; MACFIE, H. J. H. Preference mapping in practice. In: MACFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. (Org.). **Measurement of Food Preferences**. Glasgow: Blackie Academic and Professional 1994. p.137-166.
- GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; GUSTAVO V. BARBOSA-CÁNOVAS, G. M.-B., MARÍA J. MORAGA-BALLESTEROS, BARRY G. SWANSON. Effect of pH and ascorbic acid on high hydrostatic pressure-processed mango puree. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.30, p.582-596, 2006.
- GUERRERO-BELTRAN, J. A.; SWANSON, B. G.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. High hydrostatic pressure processing of mango puree containing antibrowning agents. **Food Science and Technology International**, v.11, n.4, Aug, p.261-267, 2005.
- GUINARD, J.-X.; UOTANI, B.; SCHLICH, P. Internal and external mapping of preferences for commercial lager beers: comparison of hedonic ratings by consumers blind versus with knowledge of brand and price. **Food Quality and Preference**, v.12, n.4, p.243-255, 2001.
- HAMANO, P. S.; MERCADANTE, A. Z. Composition of Carotenoids from Commercial Products of Caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, p.335-343, 2001.
- HAYAKAWA, I.; KANNO, T.; YOSHIYAMA, K.; FUJIO, Y. Oscillatory Compared with Continuous High Pressure Sterilization on *Bacillus stearothermophilus* Spores. **Journal of Food Science**, v.59, n.1, p.164-167, 1994.
- HELGESEN, H.; SOLHEIM, R.; NÆS, T. Consumer preference mapping of dry fermented lamb sausages. **Food Quality and Preference**, v.8, n.2, p.97-109, 1997.

- HENDRICKX, M.; KNORR, D. **Ultra high pressure treatment of foods**: Springer. 2002 (Food engineering series)
- HENDRICKX, M.; L. LUDIKHUYZE; BROECK, I. V. D.; WEEMAES, C. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, p.197-203, 1998.
- HERNANDEZ, A.; CANO, M. P. High-pressure and temperature effects on enzyme inactivation in tomato puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.1, Jan, p.266-270, 1998.
- HOCKING, A. D., PITT, I. , SAMSON, R.A., THRANE, U. ; . **Advances in food mycology**. New York: Springer. 2006
- HOGAN, E.; KELLY, A. L.; SUN, D.-W. High pressure processing of foods: An overview. In: SUN, D.-W. (Org.). **Emerging technologies for food processing**. Londres: Elsevier, 2005. p. 3-32.
- HOUGH, G.; WAKELING, I.; MUCCI, A.; CHAMBERS IV, E.; GALLARDO, I. M.; ALVES, L. R. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. **Food Quality and Preference**, v.17, n.6, p.522-526, 2006.
- HSU, K.-C. Evaluation of processing qualities of tomato juice induced by thermal and pressure processing. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, p.450-459, 2008.
- HUMPHRIES, J. M.; KHACHIK, F. Distribution of Lutein, Zeaxanthin, and Related Geometrical Isomers in Fruit, Vegetables, Wheat, and Pasta Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.5, p.1322-1327, 2003.
- IFT (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS). **What is Sensory Evaluation?** Disponível em <<http://www.ift.org/divisions/sensory/>> Acessado em 10 de janeiro de 2009.
- INDRAWATI, A. V. L.; HENDRICKX, M. High pressure processing. In: HENRY, C. J. K.; CHAPMAN, C. (Org.). **The nutrition handbook for food processors**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 433-461.
- INDRAWATI; LOEY, A. V.; HENDRICKX, M. Pressure and temperature stability of water-soluble antioxidants in orange and carrot juice: a kinetic study **European Food Research and Technology**, v.219, n.2, p.161-166, 2004.
- JAEGER, S. R.; CARDELLO, A. V. Direct and indirect hedonic scaling methods: A comparison of the labeled affective magnitude (LAM) scale and best-worst scaling. **Food Quality and Preference**, v.20, n.3, p.249-258, 2009.
- JOHNSON, E. J.; CHUNG, H.-Y.; CALDARELLA, S. M.; SNODDERLY, D. M. The influence of supplemental lutein and docosahexaenoic acid on serum, lipoproteins, and macular pigmentation. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.87, n.5, p.1521-1529, 2008.

JUNG, S.; MURPHY, P. A.; SALA, I. Isoflavone profiles of soymilk as affected by high-pressure treatments of soymilk and soybeans **Food Chemistry** v. 111, n., p. 592-598, 2008.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Raton: CRC Press, 2000. 413p.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid Composition of Hydroponic Leafy Vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.9, p.2603-2607, 2003.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001, Washington, DC: APHA, 2001. p. 69-80.

LABOISSIERE, L. H. E. S., R. DELIZA, A.M. BARROS-MARCELLINI, A. ROSENTHAL, L.M.A.Q. CAMARGO, R.G. JUNQUEIRA. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of yellow passion fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2007.

LAMBERT, Y.; DEMAZEAU, G.; LARGETEAU, A.; BOUVIER, J. M. Changes in aromatic volatile composition of strawberry after high pressure treatment. **Food Chemistry**, v.67, n.1, p.7-16, 1999.

LAMBERT, Y.; DEMAZEAU, G.; LARGETEAU, A.; BOUVIER, J. M.; LABORDE-CROUBIT, S.; CABANNES, M. Packaging for High-pressure Treatments in the Food Industry. **Packaging Technology and Science**, v.13, p.63-71, 2000.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and practices**. Gaithersburg: Aspen, 1999.

LEDERMAN, I. E.; JUNIOR, J. S. D. L.; JUNIOR, J. F. D. S. **Spondias no Brasil: Umbu, cajá e espécies afins**. Recife: IPA/UFRPE. 2008

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, v.95, n.4, p.644-652, 2006.

LOPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. **Food Research International**, v.31, n.8, p.549-556, 1998.

LÓPEZ, F. F.; CABRERA, C.; LORENZO, M. L.; LÓPEZ, M. C. Aluminium content of drinking waters, fruit juices and soft drinks: Contribution to dietary intake. **The Science of The Total Environment**, v.292, n.3, p.205-213, 2002.

LORENZI, H. *Spondias mombin* L. In : **Árvores Brasileiras : Manual de identificação e cultivo de plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Org: _____ vol. 1, p. 9, 2ª edição. Nova Odessa-SP. 1998.

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.31, n.3, p.365-373, 1997.

LUDI KHUYZE, L.; LOEY, A. V.; INDRAWATI; SMOUT, C.; HENDRICKX, M. Effects of Combined Pressure and Temperature on Enzymes Related to Quality of Fruits and Vegetables: From Kinetic Information to Process Engineering Aspects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.43, n.5, p.527-586, 2003.

MACDONALD, L.; SCHASCHKE, C. J. Combined effect of high pressure, temperature and holding time on polyphenoloxidase and peroxidase activity in banana (*musa acuminata*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.719-724, 2000.

MACLEOD, A. J.; SNYDER, C. H. Volatile components of two cultivars of mango from Florida. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.33, n.3, p.380-384, 1985.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.5, p.727-747, 2004.

MAÑAS, P.; PAGÁN, R. Microbial inactivation by new technologies of food preservation. **Journal of Applied Microbiology**, v.98, n.6, p.1387-1399, 2005

MARCELLINI, A. M. B. **Desenvolvimento de suco de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) através da tecnologia de alta pressão hidrostática aplicada à polpa do fruto.** 2006. 113 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2006.

MARTINS, V. B. **Perfil sensorial de suco tropical de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) com valor calórico reduzido.** (Doutorado). Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, Unicamp, Campinas, 2008. 142 p.

MATHIAS, S. P. **Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial do presunto de peru submetido à tecnologia de alta pressão hidrostática.** 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2008.

MATHYS, A. **Inactivation mechanisms of *Geobacillus* and *Bacillus* spores during high pressure thermal sterilization** Technischen Universität Berlin, Berlin, 2008. 177 p.

MATSER, A. M.; KREBBERS, B.; VAN DEN BERG, R. W.; BARTELS, P. V. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, n.2, p.79-85, 2004.

MATTIETTO, R. D. A. **Estudo tecnológico de um néctar misto de cajá (*Spondias lutea* L.) E umbu (*Spondias tuberosa*, arruda câmara).** Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 239 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** Boca Raton: CRC Press. 2007

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3ed. London: Boca Raton, CRC Press. 1999. 387p.

MENEZES, E. M. D. S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada** (*Euterpe oleracea*, Mart.). Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005. 101 p.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C.; THEOHARIDES, T. C. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. **Pharmacological Reviews**, v. 52, n. 4, p. 673-751, 2000.

MOELLER, S. M.; JACQUES, P. F.; BLUMBERG, J. B. The Potential Role of Dietary Xanthophylls in Cataract and Age-Related Macular Degeneration. **Journal of the American College of Nutrition**, v.19, n.90005, , p.522S-527, 2000.

MOK, C.; SONG, K.-T.; PARK, Y.-S.; LIM, S.; RUAN, R.; CHEN, P. High Hydrostatic Pressure Pasteurization of Red Wine. **Journal of Food Science**, v.71, n.8, 2006.

MULLEN, W.; MARKS, S. C.; CROZIER, A. Evaluation of Phenolic Compounds in Commercial Fruit Juices and Fruit Drinks. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 55, n., p. 3148-3157, 2007.

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, v.34, n.6, p.461-471, 2001.

NARAIN, N.; ALMEIDA, J. D. N.; GALVÃO, M. D. S. Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma Flavicarpa) e de cajá (*Spondias mombin* l.) obtidos pela técnica de headspace dinâmico. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.2, p.212-216, 2004.

NEPA-UNICAMP - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006.

NIELSEN, S. **Food Analysis**. Nova Iorque: Springer, 2003. 536p.

NORTON, T.; SUN, D.-W. Recent Advances in the Use of High Pressure as an Effective Processing Technique in the Food Industry. **Food Bioprocess Technol**, v.1, p.2-34, 2008.

OEY, I.; LILLE, M.; LOEY, A. V.; HENDRICKX, M. Effect of high pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.19, p.320-328, 2008.

OEY, I.; PLANCKEN, I. V. D.; LOEY, A. V.; HENDRICKX, M. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? **Trends in Food Science & Technology**, v.19, n.6, p.300-308, 2008.

OGAWA, H.; FUKUHISA, K.; KUBO, Y.; FUKUMOTO, H. Pressure Inactivation of Yeasts, Molds, and Pectinesterase in Satsuma Mandarin Juice: Effects of Juice Concentration, pH, and Organic Acids, and Comparison with Heat Sanitation. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.54, n.5, p.1219-1225, 1990.

- OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal of Chromatography A**, v.881, p.543-555, 2000.
- OLSON, J. A. Biological Actions of Carotenoids : Introduction. **Journal of Nutrition**, v.119, n.1, 1989, p.94-95, 1989.
- OLSON, J. A.; KRINSKY, N. I. Introduction: the colorful, fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. **FASEB Journal**, v.9, n.15, 1995, p.1547-1550, 1995.
- ONSA, G. H.; SAARI, N.; SELAMAT, J.; BAKAR, J. Purification and characterization of membrane-bound peroxidases from *Metroxylon sagu*, **Food Chemistry** v. 85, p. 365-376, 2004
- OTERO, L.; OUSEGUI, A.; BENET, G. U.; ELVIRA, C. D.; HAVET, M.; BAIL, A. L.; SANZ, P. D. Modelling industrial scale high-pressure-low-temperature processes. **Journal of Food Engineering**, v.83, p.136-141, 2007
- PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Kinetic Analysis of *Zygosaccharomyces bailii* Inactivation by High Hydrostatic Pressure. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.30, n.7, p.703-708, 1997.
- PALOU, E., A. LÓPEZ-MALO, G. V. BARBOSA-CÁNOVAS, J. WELTI-CHANES, AND B. G. SWANSON. Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. **Journal of Food Science**, v.64, n.1, p.42-45, 1999.
- PALOU, E., LÓPEZ-MALO, A., WELTI-CHANES, J. Innovative Fruit Preservation Methods Using High Pressure In: WELTI-CHANES, J.; BARBOSA-CANOVAS, G.; AGUILERA, J. (Org.). **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- PALOU, E.; HERNANDEZ-SALGADO, C.; LOPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; SWANSON, B. G.; WELTI-CHANES, J. High pressure-processed guacamole. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.1, n.1, p.69-75, 2000.
- PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; DAVIDSON, P. M.; SWANSON, B. G. Effect of oscillatory high hydrostatic pressure treatments on *byssochlamys nivea* ascospores suspended in fruit juice concentrates. **Letters in Applied Microbiology**, v.27, n.6, p.375-378, 1998.
- PARISH, M. E. Orange Juice Quality After Treatment by Thermal Pasteurization or Isostatic High Pressure. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.31, n.5, p.439-442, 1998.
- PARK, S. W., KYUNG HYUN SOHN, JOONG HAN SHIN & HYONG JOO LEE. High hydrostatic pressure inactivation of *Lactobacillus viridescens* and its effects on ultrastructure of cells. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.775-781, 2001.

PATAZCA, E.; HOSAHALLI, T. K.; RAMASWAMY, S. Inactivation Kinetics of *Geobacillus stearothermophilus* Spores in Water Using High-pressure Processing at Elevated Temperatures. **Journal of Food Science**, v.71, n.3, p.M110-M116, 2006.

PATRAS, A.; BRUNTON, N.; PIEVE, S. D.; BUTLER, F.; DOWNEY, G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées **Innovative Food Science and Emerging Technologies** v. 10, n., p. 16-22, 2009a.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; PIEVE, S. D.; BUTLER, F. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purée. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. No prelo, 2009b.

PATTERSON, M. F. Microbiology of pressure-treated foods A REVIEW. **Journal of Applied Microbiology**, v.98, p.1400-1409, 2005.

PEREIRA, A. M. **Purificação e caracterização da peroxidase do taperebá**. (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. 93 p.

PHUNCHAISRI, C.; APICHARTSRANGKOON, A. Effects of ultra-high pressure on biochemical and physical modification of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). **Food Chemistry**, v.93, n.1, Nov, p.57-64, 2005.

PLAZA, L.; MUNOZ, M.; DE ANCOS, B.; CANO, M. P. Effect of combined treatments of high-pressure, citric acid and sodium chloride on quality parameters of tomato puree. **European Food Research and Technology**, v.216, n.6, p.514-519, 2003.

PLAZA, L.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; DE ANCOS, B.; CANO, M. Carotenoid content and antioxidant capacity of Mediterranean vegetable soup (gazpacho) treated by high-pressure/temperature during refrigerated storage. **European Food Research and Technology**, v.223, n.2, p.210-215, 2006.

PLAZA, L.; SANCHEZ-MORENO, C.; ELEZ-MARTINEZ, P.; DE ANCOS, B.; MARTIN-BELLOSO, O.; CANO, M. P. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. **European Food Research and Technology**, v.223, n.4, Aug, p.487-493, 2006.

POLYDERA, A. C.; STOFOROS, G.; TAOUKIS, P. S. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.6, p.1-9, 2005.

POLYDERA, A. C.; STOFOROS, G.; TAOUKIS, P. S. The effect of storage on the antioxidant activity of reconstituted orange juice which had been pasteurized by high pressure or heat. **International Journal of Food Science and Technology**, v.2004, p.783-791, 2004.

POLYDERA, A. C.; STOFOROS, N. G.; TAOUKIS, P. S. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice. **Journal of Food Engineering**, v.60, n.1, Nov, p.21-29, 2003.

PONTES, M. M. M.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. **Beta-carotene content in high pressure treated mango purée**. Innovative Applications of Nonthermal Technologies in Foods. Madrid, Espanha, 2008. p.

PONTES, M.M.M. **Processamento de Polpa de Manga por Alta Pressão Hidrostática**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PACHECO, S. **Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenóides por cromatografia líquida**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

POPPER, R.; KROLL, D. R. Just-About-Right Scales in Consumer Research. **ChemoSense**, v.7, n.3, p.1-3, 2005.

PORRETTA, S., BIRZI, A., GHIZZONI, C. & VICINI, E. Effects of ultra-high hydrostatic pressure treatments on the quality of tomato juice. **Food Chemistry**, v. 52, n.1, p. 35-41, 1995.

PRASAD, K. N.; YANG, E.; YI, C.; ZHAO, M.; JIANG, Y. Effects of high pressure extraction on the extraction yield, total phenolic content and antioxidant activity of longan fruit pericarp. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, No prelo, 2009.

PRÉSTAMO, G., ARROYO, G. High hydrostatic pressure effects on vegetables structure. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 5, p. 878-881, 1998.

QUAGLIA, G. B.; GRAVINA, R.; PAPERI, R.; PAOLETTI, F. Effect of high pressure treatments on peroxidase activity, ascorbic acid content and texture in green peas. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.29, n.5-6, p.552-555, 1996.

RASO, J.; CALDERÓN, M. L.; GÓNGORA, M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; SWANSON, B. G. Inactivation of *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices by heat, high hydrostatic pressure and pulsed electric fields. **Journal of Food Science**, v.63, n.1, 1998.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; BALASUBRAMANIAM, V. M.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, 2006.

RATTANATHANALERK, M., CHIEWCHAN, N., SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 2, p. 259-265, 2005.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, n.9/10, p.1231-1237, 1999.

REILLY, C. Minerals. In: HENRY, C. J. K.;CHAPMAN, C. (Org.). **The nutrition handbook for food processors**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p.97-116.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, D. C.: ILSI. 2001. 71 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M. Carotenóides e Valor de Vitamina A em Cajá (*Spondias lutea*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.9, n.2, p.148-162, 1989.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, J. N.; ESPÍN, J. C.; AMOR, F.; TUDELA, J.; MARTÍNEZ, V.; CERDÁ, A.; GARCÍA-CÁNOVAS, F. Purification and kinetic characterization of an anionic peroxidase from melon (*Cucumis melo* L.) cultivated under different salinity conditions, **Journal of Agriculture and Food Chemistry** v. 48, p. 1537-1541, 2000

ROLDÁN-MARÍN, E.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; LLORÍA, R.; ANCOS, B. D.; CANO, M. P. Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n., p. 835-841, 2009.

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; PONTES, M. M. M.; SANTOS, J. G. D. Polpa de Manga processada por alta pressão hidrostática. **Comunicado Técnico - Embrapa CTAA**, p.1-4, 2006b.

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; SIQUEIRA, R. S. D.; BARROS, A. M. D.; CAMARGO, L. M. A. Q.; LABOISSIERE, L. H. E. S. Processamento de Polpa de Abacaxi por Alta Pressão Hidrostática. **Comunicado Técnico - Embrapa CTAA**, p.1-3, 2004.

ROSENTHAL, A.; LEDWARD, D.; DEFAYE, A.; GILMOUR, S.; TRINCA, L. Effect of pressure, temperature, time and storage on peroxidase and polyphenol oxidase from pineapple. In: HAYASHI, R. (Org.). **Trends in High Pressure Bioscience and Biotechnology**: Elsevier, 2002.

ROSENTHAL, A.; SILVA, J.L. Alimentos sob pressão. **Engenharia de Alimentos**, v.14, p.37-39, 1997.

ROSENTHAL, A.; SIQUEIRA, R. S. D.; MENEZES, E. D. S.; SRUR, A. S.; CAMARGO, L.; DELIZA, R. Processamento de polpa de açaí por alta pressão hidrostática. **Comunicado Técnico - Embrapa CTAA**, p.1-4, 2006a.

SACRAMENTO,C.K.; SOUZA, F.X.de. **Cajá (*Spondias mubin* L.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 42p. (Série Frutas Nativas, 4).

SAGRERO-NIEVES, L., POOTER, H.L. Volatiles of jobo fruit. **Journal of Essential Oil Research**, v. 4, p. 535-537, 1992.

SANCHEZ-CASTILLO, C. P.; DEWEY, P. J. S.; AGUIRRE, A.; LARA, J. J.; VACA, R.; LEON DE LA BARRA, P.; ORTIZ, M.; ESCAMILLA, I.; JAMES, W. P. T. The

mineral content of mexican fruits and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.11, n.4, p.340-356, 1998.

SANCHEZ-MORENO, C. N.; PLAZA, L.; ANCOS, B. D.; CANO, M. P. Impact of high-pressure and traditional thermal processing of tomato puree on carotenoids, vitamin c and antioxidant activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.171-179, 2006.

SANCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; DE ANCOS, B.; CANO, M. P. Vitamin C, Provitamin A Carotenoids, and Other Carotenoids in High-Pressurized Orange Juice during Refrigerated Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.3, p.647-653, 2003.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; DE ANCOS, B.; CANO, P. Effect of high-pressure processing on health-promoting attributes of freshly squeezed orange juice (*Citrus sinensis* L.) during chilled storage. **European Food Research and Technology**, v.216, n.1, p.18-22, 2003.

SANCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; ELEZ-MARTINEZ, P.; DE ANCOS, B.; MARTIN-BELLOSO, O.; CANO, M. P. Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.11, p.4403-4409, 2005.

SANCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; ELEZ-MARTINEZ, P.; DE ANCOS, B.; MARTIN-BELLOSO, O.; CANO, M. P. Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.11, Jun, p.4403-4409, 2005.

SAN-MARTÍN, M. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; SWANSON, B. G. Food processing by high hydrostatic pressure **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.42, n.6, 2002.

SCHWARZ, S.; OBERMULLER-JEVIC, U. C.; HELLMIS, E.; KOCH, W.; JACOBI, G.; BIESALSKI, H. K. Lycopene inhibits disease progression in patients with benign prostate hyperplasia. **Journal of Nutrition**, v.138, n.1, Jan, p.49-53, 2008.

SERRANO, J.; VELAZQUEZ, G.; LOPETCHARAT, K.; RAMIREZ, J. A.; TORRES, J. A. Effect of Moderate Pressure Treatments on Microstructure, Texture, and Sensory Properties of Stirred-Curd Cheddar Shreds. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.10, p.3172-3182, 2004.

SEYDERHELM, I.; BOGUSLAWSKI, S.; MICHAELIS, G.; KNORR, D. Pressure Induced Inactivation of Selected Food Enzymes. **Journal of Food Science**, v.61, n.2, p.308-310, 1996.

SILVA JUNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; ALVES, M.A.; NETO, M.L.M. Collecting, *ex situ* conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v.51, p.343-349, 2004.

- SLATTERY, M. L.; BENSON, J.; CURTIN, K.; MA, K.-N.; SCHAEFFER, D.; POTTER, J. D. Carotenoids and colon cancer¹. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.2, p.575-582, 2000.
- SMELT, J. P. P. M. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, p.152-158, 1998.
- SOARES, E. B. **Avaliação de genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.): Caracterização físico-química dos frutos e repetibilidade de caracteres morfoagronômicos**. (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2005. 58 p.
- SOUZA F. X. de. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: EMBRAPA-SEBRAE (CE), 1998. 28p. (Documento, 27).
- STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant activity of carotenoids. **Molecular Aspects of Medicine**, v.24, p.345-351, 2003.
- STEINMETZ, K. A.; POTTER, J. D. Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 96, n. 10, p. 1027-1039, 1996.
- STONE, S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Londres: Academic Press. 2004. 311 p.
- STRI (SMITHSONIAN TROPICAL RESEARCH INSTITUTE), **Plant Image Database**. Disponível em <http://striweb.si.edu/esp/tesp/plant_images_s.htm>. Acessado em 10 de janeiro de 2009.
- SUN, D.-W. **Emerging technologies for food processing**: Elsevier. 2005. 771 p.
- TAKAHASHI, Y.; OHTA, H.; YONEI, H.; IFUKU, Y. Microbicidal effect of hydrostatic-pressure on satsuma mandarine juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.28, n.1, p.95-102, 1993.
- TEREFE, N. S.; MATTHIES, K.; SIMONS, L.; VERSTEEG, C. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, No prelo, 2009.
- TING, E. Y.; MARSHALL, R. G. Production Issues Related to UHP Food. In: WELTI-CHANES, J.; BARBOSA-CANOVAS, G.; AGUILERA, J. (Org.). **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- TOEPFL, S.; MATHYS, A.; HEINZ, V.; KNORR, D. Review: Potential of High Hydrostatic Pressure and Pulsed Electric Fields for Energy Efficient and Environmentally Friendly Food Processing **Food Reviews International**, v.22, n.4, p.405-423, 2006.
- TOMAS-BARBERAN, F. A.; ESPIN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 853-876, 2001.

TUORILA, H.; MONTELEONE, E. Sensory food science in the changing society: opportunities, needs, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v.In Press, Corrected Proof.

UPHOFF, N., BALL, A. S., FERNANDES, E., HERREN, H., HUSSON, O., LAING, M., PALM, C., PRETTY, J., SANCHEZ, P. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. Boca Raton: CRC Press, 2006.

URRUTIA-BENET, G. **High-pressure-low-temperature processing of foods: Impact of metastable phases of process and quality parameters**. Universidade Técnica de Berlin, Berlin, 2005. 287 p.

USDA - INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD. **Dietary Reference Intakes: Proposed Definition and Plan for Review of Dietary Antioxidants and Related Compounds**, Washington D.C.: National Academy Press, 1998. Disponível em <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI//DRI_Dietary_Antioxidants_Review> . Acessado em 16 de novembro de 2008.

VAMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.15, p.49-127, 1981.

VAN KLEEF, E.; VAN TRIJP, H. C. M.; LUNING, P. Internal versus external preference analysis: An exploratory study on end-user evaluation. **Food Quality and Preference**, v.17, n.5, p.387-399, 2006.

VAN LOEY, A.; OOMS, V.; WEEMAES, C.; VAN DEN BROECK, I.; LUDIKHUYZE, L.; INDRAWATI; DENYS, S.; HENDRICKX, M. Thermal and Pressure-Temperature Degradation of Chlorophyll in Broccoli (*Brassica oleracea* L. italica) Juice: A Kinetic Study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.12, p.5289-5294, 1998.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from ecuador. **Food Chemistry**, v.111, n.4, p. 816-823, 2008.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. **Phenolic Compound Biochemistry**. Dordrecht: Springer. 2006

VIKRAM, V. B.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. **Journal of Food Engineering**, v.69, n.1, p.31-40, 2005.

VILLANUEVA, N. D. M. Tese (Doutorado). 2003. 140p. **Avaliação do desempenho de quatro métodos de escalonamento em testes sensoriais de aceitação utilizando modelos normais aditivos de análise da variância e mapas internos de preferência**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. 2003.

WALLACE, H.; RUSSEL, A.; FLOWERS, S.; SILLIKER, J.; BALY, J. *Salmonella*. In: DOWNES, F. P. & ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington, D. C.: American Public Health Association, chapter 37, p. 357-380, 2001.

WELTI-CHANES, J.; LOPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; BERMUDEZ, D.; GUERRERO-BELTRAN, J. A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Fundamentals and applications of high pressure processing to foods. In: BARBOSA-CANOVAS, G. V.; TAPIA, M. S.; CANO, P. M. (Org.). **Novel food processing technologies**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2005. p. 157-181.

WOLBANG, C. M.; FITOS, J. L.; TREEBY, M. T. The effect of high pressure processing on nutritional value and quality attributes of Cucumis melo L. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.9, p.196-200, 2008.

WOODALL, A. A.; LEE, S. W.-M.; WEESIE, R. J.; JACKSON, M. J.; BRITTON, G. Oxidation of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v.1336, n.1, p.33-42, 1997.

YEN, G.-C.; LIN, H.-T. Changes in Volatile Flavor Components of Guava Juice with High-Pressure Treatment and Heat Processing and during Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.5, p.2082-2087, 1999.

ZABETAKIS, I.; LECLERC, D.; KAJDA, P. The Effect of High Hydrostatic Pressure on the Strawberry Anthocyanins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, n., p. 2749-2754, 2000.

ZOOK, C. D.; M. E. PARISH, R. J. B., AND M. O. BALABAN. High Pressure Inactivation Kinetics of *Saccharomyces cerevisiae* Ascospores in Orange and Apple Juices. **Journal of Food Science**, v.64, n.3, 1999.