



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**MUDANÇAS NO PERFIL SENSORIAL E DE VOLÁTEIS DO SUCO DE ABACAXI
CONCENTRADO DURANTE O PROCESSAMENTO**

HELIOFÁBIA VIRGÍNIA DE VASCONCELOS FACUNDO

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia

Co-orientadora: Prof. Dra. Deborah dos Santos Garruti

FORTALEZA-CE

2009

HELIOFÁBIA VIRGÍNIA DE VASCONCELOS FACUNDO

**MUDANÇAS NO PERFIL SENSORIAL E DE VOLÁTEIS DO SUCO DE ABACAXI
CONCENTRADO DURANTE O PROCESSAMENTO**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia

Co-orientadora: Prof. Dra. Deborah dos Santos Garruti

FORTALEZA-CE

2009

F128h Facundo, Heliofábia Virgínia de Vasconcelos
Mudanças no perfil sensorial e de voláteis do suco de abacaxi
concentrado durante o processamento / Heliofábia Virgínia de
Vasconcelos Facundo, 2009.
82 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
Co-orientadora: Profa. Dra. Deborah dos Santos Garruti
Área de concentração: Tecnologia de Frutos Tropicais
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias. Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2009.

1. *Ananas comosus (L.) Merr.* 2. Compostos voláteis. 3. Olfatometria.
4. *Osme*. 5. Perfil sensorial. I. Maia, Geraldo Arraes (orient.). II. Garruti,
Deborah dos Santos (co-orient.). III. Universidade Federal do Ceará –
Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Título

CDD 664

**MUDANÇAS NO PERFIL SENSORIAL E DE VOLÁTEIS DO SUCO DE ABACAXI
CONCENTRADO DURANTE O PROCESSAMENTO**

Dissertação aprovada em: 18 / 02 / 2009

Heliofábia Virgínia de Vasconcelos Facundo

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
Orientador**

**Prof^a. Dr^a. Deborah dos Santos Garruti
Co-Orientadora**

**Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Passos Rodrigues
Membro**

**Prof. Dr. Carlos Couto de Castelo Branco
Membro**

**Prof^a. Dr^a. Natália Soares Jazantti
Membro**

Ao meu pai, Edézio Facundo, hoje, em seu aniversário, minha oferta de amor e gratidão por ser o meu amigo, conselheiro e minha referência de honestidade e profissionalismo.

À minha mãe Wilsa Carla, pelas inesquecíveis lições de amor, fé, compreensão e cumplicidade.

Ao Glauber Melo, por ser um verdadeiro presente de Deus na minha vida.

Dedico.

“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende”.

Guimarães Rosa.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado força e determinação para superar todos os obstáculos. Pelas suas misericórdias que se renovam a cada manhã, pela sua infinita graça que me ilumina e abençoa aonde quer que eu esteja! E Por ter sido tão generoso para comigo colocando pérolas e pedras preciosas em meu caminho. Citarei apenas algumas delas para não me estender muito, e mantê-las-ei para sempre guardadas em meu coração.

Aos meus pais Edézio e Wilsa, pelo amor incondicional, pelas orações e encorajamento em todas as fases de minha vida. Pelo exemplo de força e determinação que me ensinaram para que eu chegasse até aqui. Por toda a minha vida serei grata.

Ao meu “pequeno” e querido irmão Eliaquim, por passar todas as férias comigo e encher minha vida de alegria e de saudades.

Ao meu noivo Glauber Melo, por ter surgido em meu caminho e me fazer uma pessoa muito amada e respeitada! Por dia a dia demonstrar seu carinho e dedicação para comigo. Por me entender e me amar até nos momentos em que estou puro estresse.

Ao meu orientador Prof. Geraldo Arraes Maia pelo apoio e confiança em mim depositada. Pelos conhecimentos transmitidos, pelo seu exemplo de profissionalismo e grande incentivo à publicação e ao meu crescimento profissional.

À minha co-orientadora, amiga e conselheira Deborah Garruti, por todos esses anos de trabalho. Quão bom foram esses anos! Por me apresentar “o mundo dos Aromas”! Pelo privilégio e oportunidade de trabalhar ao seu lado. Por passar horas e horas comigo pra fazer o melhor trabalho possível. Por não medir esforços em me ajudar e apoiar. Por se preocupar comigo e demonstrar um amor materno. Por toda confiança e credibilidade dada a mim. Pelas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

A todos os que foram e são meus professores e mestres, em especial, à prof^a. Carminha por me apresentar o “mundo da Análise Sensorial” com toda sua fascinação. Por me instigar a buscar sempre o melhor. Por ser uma pessoa que entende meu coração! Pelos conselhos, paciência, valiosa amizade e sinceridade. Ao Prof. Carlos Couto por vibrar com meus trabalhos e vitórias! Pela consideração, apoio e incentivo que jamais esquecerei. Ao prof. Rogério Tavares, por me receber como monitora quando eu era ainda tão imatura e por me ensinar os primeiros passos desse mundo científico. À prof^a. Paula Cristina, pela inesquecível intelectualidade e maneira de dar aula que até hoje a admiro e tenho como referencial.

Aos meus avós Gerardo e Marica, por terem me acolhido por uns tempos em seu lar e em seus corações, e por todo apoio e incentivo dado a mim.

Aos tios (as) que de alguma forma ou de outra me ajudaram quando cheguei em Fortaleza e apóiam meus estudos. Agradeço aos tios Abelardo e Helena, Ana Amélia, Eduardo e Alda, Enedina e Altair, Everardo e Edineusa, Francilene e Batista, Hélio e Gracinha, Léo e Regina, Lindembergue e Ducarmo, Sérgio e Dalneir, Vinícius e Janete. E aos queridos e adoráveis primos que alegram minha vida e me dão motivo de sobra para sorrir, Édipo, Yanne, Edilane, Aldelane, Bruno, Brenda, Andressa, Amanda, Alana, Patresse, Patrick, Gerardo, Léo, João, Mariwania, Bergue, Samuel, Sarah, Daniel, Luana e Vinícius.

Ao colega e amigo Manuel Alves, pela presteza em ensinar e tirar minhas dúvidas, pelo exemplo de competência e humildade, pela paciência e incalculável ajuda durante todo o meu período de estágio na Embrapa.

Aos provadores das análises sensoriais descritivas e olfatométricas, sem os quais este trabalho não seria possível: Alex Miranda, Andréa, Anita, Arthur, Celli Muniz, Edy Brito, Henriette Monteiro, Leandro, Machado, Manuel Alves, Márcia, Pimentel e Renata Beltrão.

Aos funcionários e estagiários da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial, Lúcia, Kênya, Sarah, Melissa, Ana Caroline, Cíntia, Alice, Sandra Helena, Socorro Bastos, Ingrid, Janice, Fernando Abreu, Henriette, Francisca (Xica), Arthur, Valmir, Wilmar, Manoel, Newton, Raimundo Lima, Fátima, Laura e Freire pela amizade e auxílios prestados.

Aos grandes e adoráveis amigos Alex Sandra, Demidover e Edna Mori por serem tão especiais, pela amizade, pelos bons momentos compartilhados, e pelas boas gargalhadas.

Às inesquecíveis amigas desde os tempos da graduação, Caroline Ximenes e Kerley Torres.

À querida Eró pelo carinho, consideração, amizade, por sempre me receber tão bem e fazer os quitutes que eu adoro.

Ao secretário do curso de mestrado Paulo Mendes, por todas as informações e ajuda prestada durante todo o curso.

À Universidade Federal do Ceará, a qual me orgulho ter minha formação nessa instituição de ensino.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pela utilização das dependências e equipamentos durante todos esses anos, e por marcar meu crescimento profissional.

Ao CNPq e ao BIRD pelo financiamento do projeto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

RESUMO

MUDANÇAS NO PERFIL SENSORIAL E DE VOLÁTEIS DO SUCO DE ABACAXI CONCENTRADO DURANTE O PROCESSAMENTO

O abacaxi é uma fruta tropical com uma excepcional suculência e um vibrante sabor tropical que equilibra os gostos doce e ácido. A qualidade sensorial dos sucos de frutas sofre alterações durante o processamento, especialmente quando envolve um tratamento térmico. Neste estudo, amostras de suco de abacaxi foram coletadas, em uma indústria de sucos tropicais, em diferentes etapas do processamento: extração, *finisher*, centrifugação e concentração. Os voláteis foram isolados pela técnica de *headspace* dinâmico, identificados por CG-EM e pela técnica *Osme* de GC-Olfatometria para determinar sua importância odorífera e escolher os compostos a serem monitorados durante o processamento. As amostras de cada etapa do processamento também foram submetidas à Análise Sensorial Descritiva por uma equipe formada por oito julgadores. No total, 54 compostos foram detectados pelo FID, dos quais 45 foram identificados por espectrometria de massas e Índices de Retenção. A maioria foram ésteres, seguidos de álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, hidrocarbonetos e terpeno. O aromagrama revelou 64 picos odoríferos, dos quais 46 foram considerados de grande importância para o aroma característico do abacaxi. A maioria dos voláteis diminuiu durante o processamento, sendo alguns deles compostos contribuintes para o odor descrito como abacaxi, como por exemplo, propanoato etila, 2-metil-1-butanol e 2-metil butanoato de metila. Por outro lado, alguns compostos aumentaram com o processamento, como o 3-metil-1-butanol, descrito como desagradável, plástico; butanoato de etila, descrito como verde, abacaxi; acetato de 2-metil-1-butanol, descrito como desagradável, plástico. A equipe sensorial desenvolveu uma ficha de avaliação com 15 termos para descrever o aroma e sabor: aromas de abacaxi maduro, adocicado, sulfuroso, fermentado, ácido, abacaxi cozido, verde e artificial, sabores de abacaxi, fermentado, verde, fruta cozida e artificial, gostos doce e ácido. As amostras provenientes das etapas extração, *finisher* e centrifugação apresentaram perfis sensoriais semelhantes, indicando que não houve grandes mudanças na qualidade do suco durante essas etapas do processamento. O suco concentrado, no entanto, distinguiu das outras amostras, por apresentar perfil aromático muito pobre, com forte aroma e sabor de fruta cozida e um intenso aroma artificial.

Palavras-chave: *Ananas comosus (L.) Merr.*, compostos voláteis, olfatometria, *Osme*, perfil sensorial.

ABSTRACT

CHANGES IN SENSORY AND VOLATILE PROFILE OF CONCENTRATED PINEAPPLE JUICE DURING PROCESSING

Pineapple is a tropical fruit with an exceptional juiciness and a vibrant tropical flavour that balances the sweet and acid tastes. The sensory quality of fruit juices undergoes changes during processing especially if it involves thermal treatment. In this study, the volatiles of pineapple juice produced in a tropical juices industry in Brazil were identified by GC-MS and their odour importance, for the first time, assessed by *Osme* time-intensity GC-O method. Samples of pineapple juice were collected at different stages of processing: extraction, finishing, centrifugation and concentration. Volatiles were isolated by a dynamic headspace technique and analysed by GC-MS. Juice samples from the extraction step were submitted to *Osme* in order to determine the key-odour compounds that would be monitored during processing. Samples from each processing step were also submitted to descriptive sensory analysis by a panel of eight trained judges. In total, 54 compounds were detected by FID and 45 were identified by mass spectrometry and retention indices, most of them esters, followed by alcohols, aldehydes, ketones, acids, hydrocarbon and terpene. The aromagram revealed 64 odoriferous peaks, but only 46 were considered of major importance for the characteristic pineapple juice aroma. Most volatiles decreased during processing, some of them being key-odour compounds, described as pineapple, e.g. ethyl propanoate, 2-methyl-1-butanol, methyl 2-methylbutanoate. In the other hand, some compounds increased with processing, as 3-methyl-1-butanol, described as unpleasant, plastic; ethyl butanoate, described as green, pineapple; 2-methyl-1-butanol acetate, described as, unpleasant, plastic. Sensory assessors developed a vocabulary of 15 aroma and flavour descriptors: aroma of ripe pineapple fruit, natural pineapple flavour, sweet aroma, sulphurous aroma, fermented aroma and flavour, cooked pineapple aroma and flavour, green aroma and flavour, artificial aroma and flavour, acidic aroma and sweet and acid tastes. The samples from extraction, finisher and centrifugation steps presented similar flavour profiles, indicating that there were no major changes in the juice quality during these operations. The concentrated juice, however, distinguished from the other samples, showing very poor volatile profile, with strong cooked fruit aroma and flavour and an intense artificial aroma.

Keywords: *Ananas comosus* (L.) Merr., volatile compounds, olfactometry, *Osme*, sensory profile.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Abacaxi (Ananás comosus (L.) Merr).....	17
2.1.1	Aspectos gerais.....	17
2.1.2	Produção.....	19
2.1.3	Composição química.....	20
2.1.4	Processamento do suco de abacaxi.....	21
2.2	Pesquisa dos componentes do aroma.....	24
2.2.1	Métodos de isolamento dos compostos voláteis.....	24
2.2.2	Separação e identificação dos compostos voláteis.....	27
2.2.3	Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	29
2.2.4	Técnicas CG-Olfatométricas.....	30
2.2.5	Compostos voláteis do abacaxi.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Material.....	35
3.2	Perfil sensorial.....	36
3.3	Análise dos compostos voláteis.....	40
3.3.1	Isolamento dos compostos voláteis.....	40
3.3.2	Padronização das condições de isolamento dos voláteis do abacaxi.....	41
3.3.3	Análise cromatográfica das amostras de suco de abacaxi nas etapas do processamento.....	42
3.3.4	Identificação dos compostos voláteis.....	43
3.4	Análise olfatométrica.....	44
3.5	Análise estatística.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1	Efeito do processamento no perfil sensorial do suco de abacaxi.....	48
4.2	Efeito do processamento no perfil de voláteis do suco de abacaxi.....	57
4.2.1	Padronização das condições de isolamento dos voláteis de abacaxi.....	57
4.2.2	Caracterização do perfil de compostos voláteis do suco de abacaxi.....	59
4.3	Efeito do processamento na composição de voláteis do suco de abacaxi.....	69
5	CONCLUSÕES.....	75
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Esquema frontal (a) e em corte longitudinal (b) das partes componentes do abacaxi.....	17
FIGURA 2	Etapas de obtenção do suco de abacaxi concentrado.....	35
FIGURA 3	Ficha utilizada no Método de Rede para levantamento de atributos do suco de abacaxi para duas amostras.....	37
FIGURA 4	Ficha utilizada para avaliação de similaridades dos termos gerados pelos provadores.....	38
FIGURA 5	Esquema do sistema de captura dos voláteis do <i>headspace</i> dinâmico por sucção.....	40
FIGURA 6	Sistema de captura dos voláteis do <i>headspace</i> dinâmico por sucção montado na Embrapa Agroindústria Tropical.....	41
FIGURA 7	Ficha utilizada para avaliação do aroma dos isolados.....	42
FIGURA 8	Ilustração da Análise Olfatométrica CG-Osme.....	45
FIGURA 9	Vista superior da torre do FID (A), encaixe do tubo de vidro sobre a saída da coluna (B) e revestimento de fibra de vidro e papel alumínio para manter o aquecimento e evitar a condensação dos voláteis no tubo de vidro (C).....	45
FIGURA 10	Sistema de umidificação, aquecimento e filtragem do ar que vem da bomba de diafragma para arrastar os compostos voláteis até as narinas do julgador.....	46
FIGURA 11	Análise olfatométrica através da técnica Osme. Detalhes do julgador utilizando o mouse do computador para registrar a intensidade do odor percebido (A) e detalhe da analista anotando a descrição do odor (B).....	46
FIGURA 12	Ficha de avaliação desenvolvida pela equipe sensorial para caracterização do perfil sensorial do suco de abacaxi.....	50
FIGURA 13	Perfil sensorial das amostras de suco de abacaxi nas quatro etapas do processamento. (Ar = aroma; Sab = sabor).....	54
FIGURA 14	Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos sensoriais do aroma e sabor do suco de abacaxi nas etapas do processamento.....	56

FIGURA 15	Gráficos dos resultados das análises de padronização do tempo de captura dos voláteis do abacaxi: número de picos no cromatograma do isolado(A), área dos picos do cromatograma (B) e intensidade do aroma do isolado (C).....	58
FIGURA 16	Percentagem de compostos voláteis de cada classe química encontrados no suco de abacaxi.....	63
FIGURA 17	Cromatograma (A) e aromagrama (B) do suco de abacaxi na etapa extração.....	66
FIGURA 18	Efeito do processamento na área padronizada dos compostos voláteis monitorados do suco de abacaxi.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Termos descritivos utilizados na ADQ de suco de abacaxi com as respectivas definições e referências.....	49
TABELA 2	Resultado do Teste de Médias (Tukey) das intensidades, por lote, dos descritores sensoriais para o suco de abacaxi nas cinco etapas do processamento analisadas.....	51
TABELA 3	Resultado da ANOVA dos dados de 4 etapas do processamento (extração, <i>finisher</i> , centrifugação e concentração) do suco de abacaxi: valores de F e níveis de significância para o efeito das etapas do processamento (E), julgador (J), lotes (L) e interação (E*L) ^a	51
TABELA 4	Médias das intensidades dos descritores sensoriais para o suco de abacaxi nas quatro etapas do processamento analisadas (Médias dos dois lotes).....	53
TABELA 5	Matriz de correlação de Pearson (n) dos descritores sensoriais do suco de abacaxi.....	53
TABELA 6	Intensidade de aroma de abacaxi nos isolados de diferentes solventes.....	57
TABELA 7	Compostos voláteis do suco de abacaxi (etapa extração), com Índices de Retenção (IR), identificação do composto, descrição do aroma, área sob o pico no FID, intensidade do aroma, área sob o pico no aromagrama, importância odorífera e grupo de descritores.....	60
TABELA 8	Descritores dos compostos que saíram juntos no efluente cromatográfico segundo a base de dados <i>The Goods Scents Company</i> e os encontrados neste estudo.....	68
TABELA 9	Área padronizada média dos picos dos compostos voláteis do suco de abacaxi coletado em diferentes etapas do processamento.....	71

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira tem se mostrado como o mais dinâmico setor da economia, cresce ano a ano, supera barreiras fitossanitárias e cambiais, e consolida-se como grande vetor de desenvolvimento do país. Nos últimos anos, aumentou sua área a uma taxa nunca vista antes na história, ampliando suas fronteiras em direção à região Nordeste, em que condições de luminosidade, umidade relativa e temperatura são muito mais favoráveis do que nas regiões Sul e Sudeste onde até então eram desenvolvidas (AGRIANUAL, 2008).

Observa-se que o Nordeste tem papel relevante no desempenho da fruticultura do Brasil. Ao mesmo tempo, a fruticultura é uma atividade intensa que contribui muito para a economia da região. As frutas tropicais são principalmente produzidas nas áreas semi-áridas, abrindo uma possibilidade de desenvolvimento para estas economias historicamente fragilizadas. A relevância do estímulo a esse setor produtivo é a possibilidade de absorção de mão-de-obra e geração de emprego e renda nessas regiões (QUINTINO, 2007).

A região Nordeste especificamente o Rio Grande do Norte e o Ceará, tem grande potencial para aumentar a produção frutícola, em função da logística, que se transformou em vantagem competitiva nesses estados (AGRIANUAL, 2008).

A maioria das frutas tropicais é delicada, tem baixa durabilidade, deteriorando-se com a ação do calor ou durante o transporte, o que dificulta sua comercialização. O caráter sazonal de certas frutas, as quais têm sua safra apenas por alguns meses durante o ano também é outro fator complicador. O processamento industrial, com a fabricação de sucos e polpas, constitui uma forma de viabilizar a produção, o armazenamento e o transporte dessas frutas.

A fabricação comercial de sucos de frutas começou na Europa no início do século XX, quando foi desenvolvido o processo *Boemi* para armazenagem do suco de maçã (MOYER, citado por RIBEIRO JÚNIOR, 2005). Por volta de 1929, observou-se o início da venda de sucos industrializados nos Estados Unidos. Durante a Segunda Guerra Mundial, a produção comercial de sucos aumentou consideravelmente e, nos anos que se sucederam, o mercado continuou a se expandir com a aplicação de novas tecnologias (RIBEIRO JÚNIOR, 2005).

Atualmente, a mudança de hábito da população, com o apelo dos produtos considerados mais saudáveis, vem favorecendo o consumo de sucos. No Brasil, verificou-se entre os anos 2006 e 2007, um aumento de 9,82% na venda de suco pronto para consumo, o qual alcançou a marca de mais de 370 milhões de litros em 2007 (NIELSEN, 2008). Quanto ao mercado externo tem-se observado um particular interesse com relação aos sucos de frutas tropicais, despertando as indústrias nacionais de sucos para o imenso potencial a ser explorado junto aos consumidores da Europa, Ásia e Estados Unidos. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Fruticultura (IBRAF, 2008), o Brasil exportou mais de 2 milhões de litros de suco de abacaxi no ano de 2007, enquanto que em 2006 essa marca atingiu apenas 450 mil.

O abacaxi apresenta excelente qualidade sensorial, decorrente do sabor e aroma característicos que lhe são atribuídos por diversos constituintes químicos (GONÇALVES, 2000). Segundo Warris (2000), quando as pessoas falam sobre qualidade, tendem a expressar a qualidade funcional em relação a atributos desejáveis em um produto como rendimento, propriedades tecnológicas e palatabilidade. Assim, a introdução de inovações tecnológicas que promovam a manutenção das propriedades sensoriais dos alimentos e bebidas, especialmente no processamento de sucos de frutas tropicais representa um desafio permanente, de modo a atender às necessidades e anseios do mercado consumidor que se mostra cada vez mais exigente.

Os países desenvolvidos há muito têm privilegiado a segurança e qualidade alimentar, dispendo de ampla regulamentação, operadores econômicos mobilizados e serviços estruturados de controle. Nesses países, os selos de qualidade e certificação atestam que os produtos foram obtidos segundo métodos de produção pré-determinados e que apresentam certas características qualitativas particulares, ou seja, a segurança deve somar-se à qualidade nutricional e sensorial dos produtos (SENASA, 2003). Nesse sentido, processos que melhorem as características visuais, olfativas, gustativas e nutricionais de sucos de frutas durante seu processamento são fundamentais.

O aroma dos alimentos é dado pela presença de compostos voláteis que impressionam os receptores olfativos. Sua composição em um alimento é muito complexa, pois consiste em um grande número de substâncias orgânicas. Além disso, estão presentes em concentrações muito pequenas, da ordem de ppm e até ppb e variam grandemente quanto à

sua natureza química e ao valor de *threshold* (limiar mínimo de percepção, ou seja, a menor concentração de um estímulo necessária para um indivíduo detectá-lo).

Se o estudo dos compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor das frutas tropicais é útil na caracterização e classificação da origem das frutas, sua importância é ainda maior quando perdas ou modificações do aroma ocorrem devido ao processamento industrial, resultando em produtos que não mais apresentam o sabor original. Torna-se imperativo contornar essas mudanças com uma reformulação do processo, investigando quais são as etapas responsáveis pelas perdas mais significativas dos compostos voláteis importantes para a formação do aroma característico da fruta.

Dentre as frutas tropicais, o abacaxi é uma das mais consumidas, tanto *in natura* como industrializado, sendo o Brasil um dos grandes produtores mundiais dessa fruta. O aroma característico do abacaxi é de grande aceitação pelo consumidor, mas tende a ser perdido significativamente durante o processo industrial.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos a caracterização do perfil sensorial e de voláteis do suco de abacaxi, identificando os compostos mais importantes para a formação de seu aroma característico e a avaliação das transformações e perdas ocorridas nesses voláteis durante o processamento do suco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr)

2.1.1 Aspectos gerais

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merril) é uma planta originária do continente americano, sendo encontrado desde a América Central até o norte da Argentina. O centro de origem parece ter sido o Brasil central, de onde se disseminou para as demais regiões (SIMÃO, 1998).

O abacaxi ou ananás, nomes utilizados tanto para a fruta como para a planta, pertence à família *Bromeliaceae* e gênero *Ananas Mill.* Esse gênero é vastamente distribuído nas regiões tropicais por intermédio da espécie *Ananas comosus* (L.) Merr., a qual abrange todas as cultivares plantadas de abacaxi. O fruto é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central ou coração. A polpa apresenta cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, sendo o peso médio dos frutos de um quilo, dos quais 25% é representado pela coroa (GONÇALVES; CARVALHO, 2002). Entretanto, pode ocorrer significativa variação de peso, dependendo da cultivar. A Figura 1 apresenta as partes componentes do abacaxi.



Figura 1 - Esquema frontal (a) e em corte longitudinal (b) das partes componentes do abacaxi.

Fonte: FAEP (2008).

O abacaxi é um fruto de regiões tropicais e subtropicais, altamente consumido em todo o mundo. Devido à sua excelente qualidade sensorial, sua beleza e à existência da coroa, desde há muito o abacaxi faz jus ao cognome de rei dos frutos. É consumido, sobretudo sob a forma de compotas e sucos. Além disso, presta-se também para a fabricação de doces cristalizados, geléias, sorvetes, cremes, gelatinas e pudins. A qualidade dos frutos é atribuída às suas características físicas externas (coloração da casca, tamanho e forma do fruto), e internas conferidas por um conjunto de constituintes físico-químicos e químicos da polpa, responsáveis pelo sabor, aroma e valor nutritivo (GONÇALVES; CARVALHO, 2002).

As cultivares mais conhecidas no Brasil são: *Smooth Cayenne*, *Pérola*, *Perolera* e *Primavera*.

Smooth Cayenne: É a cultivar mais plantada no mundo, correspondendo a 70% da produção mundial, conhecida também por abacaxi havaiano. É uma planta robusta, de porte semi-ereto e folhas praticamente sem espinhos. O fruto tem formato cilíndrico, com peso entre 1,5 e 2 quilos, apresenta coroa relativamente pequena, casca de cor amarelo-alaranjada e polpa amarela, firme, rica em açúcares e de acidez elevada. É adequada para industrialização e consumo *in natura*. Mostra-se susceptível à murcha, associada à cochonilha e à fusariose. Produz pequena quantidade de mudas do tipo filhote e rebentões frequentes (DA CUNHA *et al.*, 1994).

Pérola: Também conhecida, como Pernambuco ou Branca de Pernambuco. Caracteriza-se por apresentar plantas eretas, folhas longas providas de espinhos, pedúnculos longos, numerosos filhotes e poucos rebentões. O fruto é cônico com casca amarelada, polpa branca, pouco ácida, succulenta, saborosa, peso médio entre 1 e 1,5 kg e apresenta coroa grande. Suscetível à fusariose e à cochonilha, porém menos que a *Smooth Cayenne* (DA CUNHA *et al.*, 1994).

Perolera: A planta caracteriza-se por apresentar altura em torno de 51 cm, folhas verdes claras, sem espinhos, com uma faixa prateada bem visível, pedúnculo longo, grande produção de filhotes e pouca produção de rebentões. O fruto é cilíndrico com peso médio de 1,8 kg, casca e polpa amarela. É resistente à fusariose (DA CUNHA *et al.*, 1994).

Primavera: A planta apresenta porte semi-ereto, folhas de cor verde-clara, sem espinhos nos bordos, produz em média oito filhotes e um rebentão. O fruto apresenta tamanho

médio, forma cilíndrica, casca amarela quando maduro, polpa branca e peso em torno de 1,5 kg, com sabor agradável. É resistente a fusariose (DA CUNHA *et al.*, 1994).

2.1.2 Produção

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o Brasil é o maior produtor mundial de abacaxi, respondendo por 13,4% do total anual no período de 2001 a 2006. No mercado nacional, o abacaxi responde por 5,2% do valor da produção de frutíferas (BRENDLER, 2007; IBGE, 2007).

No ano de 2003, o Brasil foi o terceiro maior produtor de abacaxi do mundo. Seu volume de 1,4 milhões de toneladas foi apenas 300 mil toneladas menor que o da Tailândia e 250 mil toneladas menor que das Filipinas, principais produtores mundiais (CUNHA *et al.*, 2007; REIS, 2005). A produção está localizada principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte. Os Estados do Pará, Paraíba, Minas Gerais, Bahia e São Paulo, lideram o ranking de cultivo. Já os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte são destaques na exportação (AGRIANUAL, 2008).

Privilegiado por condições de clima e de solo e pela posição geográfica, o Ceará implantou, nos últimos anos, uma sólida infra-estrutura de suporte à sustentabilidade do agronegócio da agricultura irrigada, criando condições competitivas para as cadeias produtivas da fruticultura. O grande destaque das exportações de frutas até 2003 foi o melão, mas outros produtos começam a se destacar e se projetar na pauta das exportações cearense como o abacaxi, a melancia, a manga, o mamão e a banana. Com foco no mercado, o Ceará está apostando em produtos de alto valor agregado como as frutas, e priorizou as frutas de maior potencial, dentre os quais se inclui o abacaxi (SEAGRI, 2004).

Segundo dados da Coordenadoria de Imprensa do Governo do Ceará (2008), a exportação de frutas frescas ganhou destaque em 2008. O setor saltou de US\$ 77,2 milhões em 2007 para US\$ 131,6 milhões em 2008. O bom desempenho da fruticultura levou a condição do Ceará ser o terceiro maior exportador de frutas frescas do Brasil, ficando atrás apenas dos estados da Bahia e Pernambuco.

2.1.3 Composição química

Entre os componentes químicos do abacaxi, ressalta-se a presença de açúcares e de ácidos. Dos açúcares sobressai a sacarose, com teores variando de 5,9% a 12%, o que representa, nos frutos maduros, 66% dos açúcares totais em média. Destacam-se, também, a glicose e a frutose, com valores nas faixas de 1 a 3,2% e 0,6% a 2,3%, respectivamente (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

Os teores de açúcares normalmente representados pela porcentagem de sólidos solúveis ou °Brix são variáveis entre cultivares e em uma mesma cultivar. Esta variação pode também ocorrer entre porções da polpa. No fruto maduro a porção apical (topo) apresenta porcentagem de açúcar em torno de duas vezes a da porção basal. Quando se considera um mesmo nível de altura, a porção mediana distingue-se, com teores de açúcares superiores aos apresentados pelo cilindro central e à porção subepidérmica (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

Os frutos da cultivar Pérola apresentam formato cônico com polpa de coloração branco-pérola, muito suculenta e de sabor muito agradável, com valores de textura em torno de 2,4 kgf. Os valores de sólidos solúveis podem variar entre 13,10 e 15,10 °Brix para frutos maduros (MANICA, 1999).

Os principais ácidos são o cítrico e o málico, os quais contribuem respectivamente com 80% e 20% da acidez total. Acidez titulável total geralmente varia de 0,6% a 1,6% e é expressa como porcentagem de ácido cítrico, enquanto o pH da polpa se enquadra na faixa de 3,7 a 3,9 (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

Como no caso dos açúcares, a acidez aumenta da base para o ápice. No decorrer da maturação e, em mesmo nível de altura do fruto, é mais acentuada na região próxima à casca do que na do cilindro central (BOTREL; PATTO DE ABREU, 1994; GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

Analisando a variedade Cayenne, Granada *et al.* (2001) perceberam grande disparidade em relação aos valores encontrados por outros pesquisadores. O conteúdo dos sólidos solúveis foi inferior (6,8 °Brix) quando comparado com o resultado de 12 °Brix encontrado por Campos (1993). Para o pH (3,6) foi observado valores similares aos de Pelegrine, Vidal e Gaspareto (2000), os quais encontraram valores entre 3,7 e 4,2. Campos

(1993) explica que a elevada influência de fatores como cultivar, grau de maturação, condições climáticas e porção da fruta podem justificar a discrepância encontrada por diferentes pesquisadores para determinados parâmetros físico-químicos do fruto.

Os teores de minerais dos frutos são muito dependentes de condições de solo e adubações. Entre os minerais sobressai o potássio, com valores médios de 141 mg/100 ml e 142 mg/100 ml. Os teores desse mineral são muito variáveis e estão na faixa de 11 mg/100 ml a 330 mg/100 ml (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

Quanto aos constituintes vitamínicos, aminoácidos e proteínas, apresentam-se em teores muito baixos, não podendo o abacaxi ser considerado como expressiva fonte vitamínica e/ou protéica (CUNHA *et al.*, 1999). O ácido ascórbico, com teores médios de 17 mg/100 ml, tem a função de conferir ao fruto certa resistência ao distúrbio fisiológico denominado escurecimento interno, o qual pode se tornar sério problema quando o armazenamento é feito em baixas temperaturas (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

2.1.4 Processamento do suco de abacaxi

A tendência atual de consumo de produtos *in natura* e da manutenção de uma dieta à base de frutas tem contribuído para o aumento do consumo de polpas e sucos de frutas tropicais e seus derivados (EMBRAPA, 2003).

Muitas cultivares de abacaxi são ideais para a produção de sucos, algumas com excepcional sabor, como a cultivar Pérola, a mais utilizada para a produção de suco no Brasil, principalmente no Nordeste, com os estados do Ceará e Paraíba apresentando a maior produção (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

O suco de abacaxi pode ser produzido diretamente do refino e processamento da sua polpa ou como um subproduto da fabricação do doce em calda de abacaxi (EMBRAPA, 2003).

No processo tradicional de extração de suco de abacaxi, após a retirada da coroa e lavagem, a fruta é selecionada por tamanho e enviada por meio de esteiras transportadoras à “ginaca”. Neste processo, parte da polpa proveniente da casca, da aparagem das fatias, “tidbits”, “chunks” e do cilindro central, não aproveitados para o enlatamento, é enviada à

linha de processamento do suco. Também são enviadas frutas pequenas e inadequadas para produção de fatias. É feita a extração da polpa, que segue para o despulpamento para a retirada da polpa mais grossa. Depois segue para prensas tipo “*finisher*”, onde se retira a polpa mais fina. Em seguida, o suco passa para o processo de centrifugação, onde se padroniza o teor de polpa final (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

Já no processo não tradicional, o suco é extraído a partir do abacaxi com casca. Neste processo, os frutos devem estar com a coloração da casca totalmente amarelada (típica do fruto maduro), pois os frutos verdes alteram a cor do produto final, devendo estes serem descartados. Apesar dos frutos sem coroa facilitarem o processamento, estes sofrem maiores danos mecânicos, acarretando em maiores perdas durante o processo de seleção. Depois da pesagem, efetuada na entrada do caminhão, os abacaxis são descarregados e selecionados, sofrendo a seguir uma lavagem drástica com água clorada, que sai da lavadora contendo de 0,1 a 0,5 ppm de cloro livre residual. Os frutos lavados são então encaminhados ao triturador. A trituração é feita por meio de moinhos de facas ou martelos, o produto moído é submetido ao processo de extração que é realizado em prensas tipo Vicent. O produto é introduzido por gravidade na moega de alimentação, sendo que uma parte do líquido escoar livremente pela tela perfurada antes de entrar na zona de pressão. O suco separado nessa fase passa por uma segunda extração, entrando na parte intermediária da segunda extratora (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

A extração do suco também pode ser feita em equipamento que corta a fruta em duas metades e separa a polpa, que é encaminhada à unidade de extração do suco. O suco obtido por esse processo é de melhor qualidade que o obtido com a fruta com casca, porém apresenta menor rendimento (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

A polpa separada sofre um processo de lavagem com água, em roscas misturadoras, cai no início da segunda extratora, obtendo-se no final o suco integral, sendo então encaminhado ao trocador de calor (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

No trocador de calor, o suco é aquecido até 50-60 °C, sendo em seguida enviado às centrífugas (ou “*decanter*”) para separação da polpa mais fina e de “pontos pretos”, bastante comuns na casca do abacaxi. O aquecimento prévio do suco facilita a separação dos pontos pretos e melhora a eficiência da centrifugação, reduzindo o ar incorporado no suco durante esta operação. Da centrífuga, o suco é encaminhado a tanques de equilíbrio e a seguir

aos evaporadores de filme descendente. Neste equipamento, o suco é inicialmente submetido a um aquecimento inicial à temperatura de 90 a 95 °C durante 30 a 40 segundos, visando a inativação enzimática e eliminação de microorganismos deteriorantes do suco (leveduras e bactérias lácticas, principalmente) (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

O tratamento térmico constitui um passo importante no processamento do suco de abacaxi. As vitaminas, corantes e compostos aromáticos podem ser preservados com a pasteurização por alta pressão, quando o produto é submetido a pressões entre 1.000 e 10.000 bar. O tratamento térmico reduz a carga microbiana, porque provoca a inativação de microrganismos pelo rompimento ou alteração das membranas celulares (SAINZ; PERAÇA, 2001).

Durante a concentração do suco, parte dos componentes aromáticos é carregada pela água evaporada, pois estes possuem baixa temperatura de ebulição. Assim, há necessidade de um recuperador de aroma, podendo os aromas recuperados serem adicionados ao suco, posteriormente (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

Durante a concentração, o suco de abacaxi passa de aproximadamente 13°Brix para 65 °Brix. Após a concentração, o suco é conduzido para tanques de homogeneização e resfriamento. Normalmente, sai do evaporador com uma temperatura ao redor de 22 °C, isto porque o suco que sai do último estágio do evaporador a 40 °C passa por um sistema denominado “flash cooler”, que reduz a temperatura para cerca de 22 °C. O sistema de resfriamento dos tanques é feito por meio de solução água-álcool resfriada. Durante esse processo, algumas indústrias fazem o “corte”, adicionando parte (10%) de suco recém-extraído e também o aroma recuperado no evaporador, para melhoria em aroma e cor. Do tanque de homogeneização e resfriamento a -5 °C, o suco é encaminhado à seção de enchimento, onde é acondicionado em tambores revestidos com “bag” e armazenados em câmaras com temperatura de aproximadamente -20 °C (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

O suco de abacaxi é comercializado na forma de suco concentrado congelado (adoçado ou não), suco integral preservado ou pasteurizado e néctares (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

A partir do suco concentrado congelado, por rediluição com água potável até 11 °Brix ou de suco proveniente da centrífuga, o suco integral poderá ser preservado ou pasteurizado (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

2.2 Pesquisa dos componentes do aroma

O aroma é uma das características que contribui largamente para aceitação dos alimentos e bebidas pelos consumidores, os quais têm se tornado cada vez mais exigentes em escolher qualquer marca ou produto, influenciados pela qualidade sensorial.

Devido à complexidade da composição dos constituintes do aroma de um alimento, a pesquisa do sabor torna-se também bastante complexa, exigindo instrumentação moderna e sofisticada (GARRUTI, 2001). A pesquisa do sabor compreende quatro etapas fundamentais: o isolamento dos compostos voláteis, a separação dos compostos voláteis por cromatografia gasosa de alta resolução, a identificação e a análise sensorial.

2.2.1 Métodos de isolamento dos compostos voláteis

A etapa de isolamento dos compostos voláteis do aroma é crítica, já que esses constituintes normalmente são termolábeis. Quando submetidos a uma determinada temperatura, podem sofrer uma série de reações químicas indesejáveis, como rearranjos e oxidações. Assim, em muitos casos, o isolado de compostos de aroma pode ter uma composição muito diferente daquela originalmente presente na amostra. Dessa forma, os métodos de isolamento devem ser eficientes e brandos (devido à quantidade, estabilidade e volatilidade dos referidos compostos), simples, rápido e de baixo custo, compreendendo, se possível, uma única etapa que separe os componentes voláteis da matriz do alimento ao mesmo tempo em que os concentre e com a menor manipulação possível (GARRUTI, 2001).

Franco e Janzantti (2004) reportaram a existência de duas abordagens para o isolamento dos compostos voláteis de um alimento, a Análise Total, que compreende a análise de todos os compostos voláteis presentes na matriz do alimento, e a Análise do *Headspace*, que envolve apenas a análise dos componentes voláteis presentes na fase gasosa em equilíbrio sobre a amostra (líquida ou sólida), representando mais fielmente o que é percebido pelo olfato.

Segundo Franco e Janzantti (2004), Nickerson e Likens desenvolveram em 1966 um sistema de destilação-extração simultânea (SDE) para Análise Total dos compostos voláteis. Este sistema é um dos mais empregados pelos pesquisadores, uma vez que a degradação dos compostos voláteis é minimizada pela redução do tempo de análise e uso de

pouca quantidade de solvente, no entanto, o emprego de calor utilizado na destilação, pode acarretar a formação de artefatos e compostos furânicos.

A Análise do *Headspace* pode ser de dois tipos: estático e dinâmico. No primeiro, a amostra é mantida em um recipiente fechado até que se atinja um equilíbrio termodinâmico dos compostos voláteis entre a fase líquida ou sólida e a fase gasosa, geralmente à temperatura ambiente, seguida da injeção de uma alíquota da fase gasosa em cromatógrafo gasoso. No *headspace* dinâmico há uma coleta contínua dos compostos voláteis, realizada por um sistema a vácuo ou pela passagem de um gás inerte. Uma armadilha, recheada com material adsorvente, coleta e concentra os compostos voláteis. Nesses sistemas, as condições ótimas de coleta dos compostos voláteis dependem dos tempos de captura, da dimensão e tipo de polímero da armadilha (THOMAZINI; FRANCO, 2000). Posteriormente, os compostos voláteis são eluídos da armadilha por um solvente orgânico adequado, ou são dessorvidos termicamente.

Particularmente para estudos de compostos com baixos pontos de ebulição, a análise do *headspace* se destaca como um dos melhores métodos disponíveis. Além de fornecer reprodutibilidade, a técnica confere a manutenção da integridade química das moléculas, eliminando a formação de substâncias indesejáveis. Deste modo, os voláteis retidos e coletados a partir do *headspace* podem representar e caracterizar fielmente o aroma de uma fruta (THOMAZINI, 1998).

A composição do *headspace* nos alimentos não depende apenas da concentração e da pressão de vapor dos compostos voláteis presentes, mas de todos os componentes da matriz da fruta (como proteínas, carboidratos e lipídeos), os quais, conforme foi relatado por Leland (1997), exercem influência na estabilidade e na liberação dos compostos.

Franco (1992) pesquisou sobre os sistemas de coleta para os voláteis extraídos das amostras, dando ênfase às propriedades dos diferentes adsorventes que poderiam fazer parte do referido sistema. Adsorventes como Tenax, Chromosorb e Porapak são muito utilizados, já que a sua composição consegue refletir a da amostra, em equilíbrio com um sistema fechado.

Estes materiais constituídos por polímeros porosos sintéticos, adsorvem os compostos voláteis de interesse, ao mesmo tempo em que não adsorvem oxigênio, nitrogênio e principalmente vapor de água. Este último pode saturar a câmara de injeção durante a

análise cromatográfica, modificar os tempos de retenção, diminuir a vida útil da coluna e interferir na obtenção de espectros de massas (THOMAZINI, 1998).

Uma técnica de amostragem para *headspace* dinâmico foi modificada por Franco e Rodriguez-Amaya (1983) para isolar os compostos voláteis dos sucos de graviola e mamão utilizando baixo vácuo para sucção dos voláteis em armadilha de Porapak Q. Com condições de operação especificamente determinadas para os produtos em estudo, alta reprodutibilidade foi obtida sem alterar significativamente a composição original da amostra. A técnica apresenta grande aplicabilidade desde que as condições ótimas de captura sejam cuidadosamente padronizadas para cada produto estudado.

A partir desse estudo, numerosos trabalhos envolvendo a metodologia de *headspace* dinâmico por sucção vêm sendo desenvolvidos para o estudo do aroma de frutas e seus sucos. Franco (1992) estudou os compostos voláteis de manga e mamão testando diferentes condições de análise. Janzantti (1996) empregou a técnica para o suco de maçã e Garrutti (2001) utilizou para o estudo de compostos voláteis do suco e do vinho de caju encontrando importantes compostos para a formação do aroma característico do suco.

Nos últimos anos essa técnica analítica tem apresentado um grande avanço, atraindo atenção de analistas e pesquisadores, uma vez que possibilita mínima manipulação da amostra, isolamento e enriquecimento em uma única operação. Sendo uma análise de baixo custo e fácil manutenção.

Outra técnica de isolamento é a Microextração em Fase Sólida (Solid Phase Microextraction – SPME), desenvolvida por Pawliszyn em 1990 (YANG; PEPPARD, 1994). Na indústria de processamento de fruta, bons métodos analíticos são cruciais para o sucesso de qualquer controle de processo e/ou desenvolvimento de novos produtos. O controle de qualidade pode ser difícil, se forem utilizados métodos inadequados. Nesses casos, uma técnica rápida, simples e barata para extrair e pré-concentrar o aroma dos frutos pode ser muito útil. A SPME é um método livre de solvente, barato, rápido e versátil para a extração dos compostos orgânicos. É constituído por uma fibra de sílica fundida, revestida com uma fase estacionária polimérica introduzidos em uma amostra líquida ou gasosa (IBÁÑEZ *et al.*, 1998).

O método envolve dois processos: a partição dos analitos entre o revestimento e a amostra e a dessorção térmica dos analitos no injetor do cromatógrafo, equipado com insersor apropriado (IBÁÑEZ *et al.*, 1998; YANG; PEPPARD, 1994).

2.2.2 Separação e identificação dos compostos voláteis

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

A cromatografia gasosa é um método físico de separação dos componentes de uma mistura através de uma fase gasosa móvel sobre um sorvente estacionário. A cromatografia gasosa em seu início foi dividida em duas categorias principais: cromatografia gás-líquido (CGL), neste caso, ocorre a partição de uma amostra entre uma fase gasosa móvel e uma camada delgada de líquido não volátil que recobre um suporte inerte, e a cromatografia gás sólido (CGS) que emprega um sólido com grande área superficial como fase estacionária. Como a grande maioria das aplicações atuais é de CGL, essa terminologia foi abandonada, empregando-se, apenas, cromatografia gasosa (CG) (AQUINO NETO; NUNES, 2003).

Segundo ainda Aquino Neto e Nunes (2003), a Cromatografia Gasosa (CG) chamada “convencional”, reinou absoluta até o início da década de 80, tendo sido substituída quase integralmente pela Cromatografia Gasosa de Alta Resolução (CGAR). Esta modalidade da cromatografia se diferencia da CG por apresentar picos muito mais finos, aumentando enormemente a resolução.

O desenvolvimento da cromatografia gasosa de alta resolução permitiu que os compostos voláteis de misturas complexas pudessem ser separados rapidamente. Essa técnica pode aliar o emprego de coluna capilar de sílica fundida, possuindo milhares de pratos teóricos e altíssima eficiência com injetores de geometria específica para injeção tipo “*splitless*” de Grob, própria para a análise de traços. Com esse tipo de injeção, a totalidade da amostra injetada é introduzida na coluna, e só então o injetor é limpo por um fluxo de gás puro. A alta flexibilidade desse tipo de coluna permite que ela seja inserida diretamente no detector do cromatógrafo, evitando o emprego de conexões que poderiam introduzir artefatos ou diminuir a resolução da separação cromatográfica (BASTOS, 1996).

A pesquisa do sabor recebeu um grande impulso com a introdução do sistema cromatografia gasosa-espectrometria de massas. Esse sistema tem se tornado a principal ferramenta na pesquisa do sabor, uma vez que aliou uma técnica poderosa de separação a uma técnica poderosa de identificação. Nesse sistema, a coluna capilar é introduzida diretamente na fonte de íons do espectrômetro de massas, o qual funciona como um detector, ou seja, detecta, quantifica e identifica cada uma das substâncias que estão eluindo da coluna cromatográfica (GARRUTI, 2001).

Os espectrômetros de massas são aparelhos modernos e sofisticados que permitem obter a varredura dos compostos voláteis. As moléculas no estado gasoso são ionizadas em regiões de alto vácuo (10^{-8} atm) produzindo íons e fragmentos de íons que são encaminhados para um analisador de massa/carga e finalmente coletados pelo detector. A representação dos resultados constitui o espectro de massas, o qual mostra a distribuição das espécies iônicas e suas abundâncias relativas. Cada composto, dependendo de sua estrutura química, sofre fragmentações particulares, gerando um espectro de massas característico, que pode ser utilizado como uma “impressão digital” daquele composto. As características dos espectros de massas são usadas na identificação de uma grande variedade de compostos orgânicos. Esses sistemas possuem um banco de dados, armazenado na memória do computador que auxiliam na identificação do composto desconhecido através da comparação do mesmo com espectros padrões (GARRUTI, 2001).

Os espectrômetros de massas apresentam boa estabilidade e sensibilidade para análise de compostos voláteis. Com o desenvolvimento dos sistemas de análise de dados por computadores, os cromatogramas e os espectros de massas podem ser armazenados para pós processamento. A incorporação de programas específicos habilita o computador a rastrear e ajustar as condições instrumentais ótimas durante toda a análise cromatográfica, facilita os cálculos, processa os dados experimentais e os confronta com os dados da biblioteca inserida no sistema, informando rapidamente os possíveis resultados com certo grau de certeza (FRANCO; JANZANTTI, 2004).

2.2.3 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é uma metodologia muito aplicada na caracterização de atributos sensoriais para diferentes alimentos e bebidas, pois proporciona uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (STONE *et al.*, 1974; STONE; SIDEL, 1993). Trata-se de um método no qual uma equipe treinada desenvolve uma terminologia para descrever as sensações percebidas. O resultado de um perfil desenvolvido é como uma radiografia verbal de um produto que permite o monitoramento de alterações de sabor devidas ao processamento e variações nos procedimentos (LYON, 1987). Este método foi desenvolvido por Stone e colaboradores, da Tragon Corporation, em 1974 (DUTCOSKY, 1996).

A ADQ envolve uma pré-seleção de indivíduos com base em disponibilidade de tempo, interesse, acuidade sensorial e sua capacidade discriminatória, avaliada através de testes discriminativos como o teste Triangular (MEILGAARD *et al.*, 1987).

A etapa seguinte é a de desenvolvimento da terminologia descritiva, onde os julgadores avaliam sensorialmente o produto e verbalizam as sensações percebidas. Segundo Damásio e Costel (1991), o “Método de Rede” permite uma maior amplitude na escolha dos atributos uma vez que o julgador não fica restrito a termos pré-estabelecidos. A solicitação de descritores que qualifiquem as diferenças entre as amostras é uma técnica muito positiva, pois na comparação entre as amostras ficam destacados atributos que quando as amostras são avaliadas isoladamente podem passar despercebidos.

O “Método de Rede”, descrito por Moskowitz (1983), consiste na apresentação das amostras que se deseja avaliar, aos pares, em todas as possibilidades de combinação. Cada julgador elabora duas listas, na primeira lista descreve os termos que especificam em que as amostras são iguais e na segunda lista em que elas se diferem. Essa técnica permite gerar um elevado número de termos descritores de forma dinâmica, possuindo a vantagem de apresentar termos variados que descrevem as diferenças entre as amostras.

Os termos gerados pelos julgadores são listados e discutidos em grupo, com a ajuda do analista sensorial. A frequência dos termos gerados é calculada e realiza-se uma sessão aberta para escolha, em consenso, dos termos que irão compor a Ficha de Avaliação. Os julgadores devem ainda dar uma definição para cada termo descritivo e sugerir materiais

de referência que caracterizem aquele descritor e representem os pontos extremos da escala de intensidade (nenhum/fraca - forte) (GARRUTI, 2001).

O treinamento dos julgadores inicia-se durante a própria etapa de desenvolvimento da terminologia, quando as amostras e as referências são testadas diversas vezes. Após o treinamento aplica-se um teste com algumas amostras que representem o universo do produto que será analisado, com o objetivo de selecionar os julgadores com base na sua capacidade de melhor discriminar as amostras, produzir resultados consensuais com os demais membros da equipe e apresentar boa repetibilidade em seus julgamentos (DAMÁSIO; COSTELL, 1991). Os julgadores que apresentarem bom poder discriminativo, repetibilidade e consenso com a equipe serão selecionados para compor a equipe final, a qual avaliará as amostras (STONE; SIDEL, 1993).

Os resultados da ADQ são analisados estatisticamente e representados graficamente. O gráfico de coordenadas polares (também chamado gráfico “aranha”) é empregado para representar o perfil sensorial, onde são plotados os valores médios de intensidade dos descritores para cada amostra. Os resultados são submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey. A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada amplamente utilizada para interpretar dados da ADQ. Essa técnica reduz o número de variáveis dependentes (atributos) em apenas algumas variáveis adjacentes (fatores), baseada na correlação existente entre as variáveis originais (LAWLESS; HEYMANN, 1998; PORRETA, 1994).

A Análise Descritiva Quantitativa tem sido amplamente utilizada para avaliações de vários alimentos (STONE; SIDEL, 1993), inclusive sucos de frutas. Porém, em suco de abacaxi poucos trabalhos foram realizados, dentre eles, os principais descritores reportados na literatura para aroma e sabor são: abacaxi, abacaxi artificial, cozido, fermentado, adocicado, sulfuroso, verde, gostos doce e ácido (DELIZA *et al.*, 2005; MARCELLINI *et al.*, 2007).

2.2.4 Técnicas CG-Olfatométricas

A cromatografia gasosa acoplada a olfatometria (GC-O) tem sido empregada como uma ferramenta muito valiosa e extremamente sensível para determinar a atividade odorífera dos compostos voláteis que possuem baixo limiar de detecção (GARRUTI, 2001).

A GC-O permite determinar os compostos odoríferos importantes para o aroma do produto, através da inalação dos compostos eluídos do cromatógrafo gasoso pelos julgadores, os quais revelam as características dos estímulos odoríferos separadamente, de uma mistura complexa de voláteis (REINECCIUS, 2006).

Diferentes técnicas olfatométricas têm sido desenvolvidas para avaliar o potencial aromático de cada composto, estando divididas basicamente em três categorias: técnicas de diluição sucessivas do isolado, assim como CHARM analysis (Combined Hedonic Aroma Response Measurement) desenvolvida por Acree *et al.* (1984) e AEDA (Aroma Extraction Dilution Analysis), por Ullrich e Grosch (1987), as técnicas de tempo-intensidade, como OSME (cheiro, em grego, sendo também a abreviação de Oregon State Method) desenvolvida por McDaniel *et al.* (1990) e FSCM (Finger Span Cross-modality Matching) por Etiévant *et al.* (1999) e as técnicas de frequência de detecção do odor, como NIF/SNIF (Nasal Impact Frequency/Surface of Nasal Impact Frequency) proposta por Pollien *et al.* (1997) e OGA (Olfactometry Global Analysis) por Linssen *et al.* (1993). Em comum, as técnicas olfatométricas apresentam a forma de condução dos voláteis efluídos da coluna cromatográfica até o nariz do julgador. No entanto, algumas diferenças que podem ser observadas entre elas são, basicamente, a forma de aplicação do isolado (original ou diluído), a aquisição dos dados (descrição, tempo inicial, final e de intensidade máxima, no caso das técnicas de tempo-intensidade, softwares, entre outros), o número de julgadores, considerando se estes são treinados ou não, e principalmente, os fundamentos como a unidade de odor e Lei de Stevens (WAGNER, 2008).

Nas técnicas de CHARM (ACREE *et al.*, 1984) e AEDA (ULRICH; GROSCH, 1987) várias diluições do isolado original da amostra são analisadas por CG-O por dois ou três julgadores treinados, o que pode gerar uma análise tendenciosa pelo pequeno número de indivíduos, e um grande número de corridas cromatográficas, sendo uma das desvantagens dos métodos (REINECCIUS, 2006). A importância de cada composto do aroma é dada pelo maior grau de diluição, e são determinadas como medida de CHARM e FD-factor (Flavour Dilution), para as técnicas de CHARM e AEDA, respectivamente. O fator de diluição (FD) para cada composto odorífero corresponde a mais alta diluição na qual o aroma é ainda percebido. Quanto maior o FD, maior a importância odorífera do composto no isolado. Os dados de ambas as técnicas são registrados em um gráfico (aromagrama) obtido pela soma dos picos produzidos em um determinado tempo de retenção para todas as diluições.

Na técnica *Osme*, a olfatometria, baseada em tempo-intensidade, mede como a intensidade percebida de um estímulo sensorial varia com o tempo (CLIFF; HEYMANN, 1993). O extrato original é injetado em um único nível de diluição e os julgadores inalam os efluentes cromatográficos misturados com ar umidificado e registram em um software a intensidade e a duração do composto, enquanto descrevem oralmente a qualidade desse odor. O software integra os dados e gera um aromagrama, representado por um gráfico de tempo versus intensidade (GARRUTI, 2001). Como não é uma técnica de diluições sucessivas, esta apresenta como vantagem um menor tempo de análise, pois os julgadores necessitam apenas realizar as repetições de um mesmo isolado, além de fornecer um aromagrama correspondente ao cromatograma (DA SILVA *et al.*, 2004).

A técnica olfatométrica *Finger Span* é similar à técnica *Osme*, no entanto, ao invés de estimar a intensidade com o uso de escalas, este método aplica um dispositivo que permite variar a amplitude da abertura dos dedos polegar e indicador na mesma proporção em que o julgador percebe a intensidade odorífera dos compostos (ETIÉVANT *et al.*, 1999).

A técnica CG-SNIF (POLLIEN *et al.*, 1997) fornece a medida da intensidade baseada no número de julgadores que detectam um mesmo odor simultaneamente (frequência de detecção), ou seja, há uma soma dos aromagramas individuais gerando um aromagrama normalizado em formato de cromatograma, onde a altura normalizada ou superfície dos picos é chamada de NIF/SNIF. Essa técnica necessita um número mínimo de 8-10 julgadores diferentes não-treinados.

2.2.5 Compostos voláteis do abacaxi

O abacaxi é uma das frutas tropicais mais populares por seu sabor e aroma único, agridoce. Devido ao seu grande valor comercial, a composição de voláteis do abacaxi foi extensivamente estudada.

Os compostos da fração volátil do abacaxi têm sido coletados e identificados por vários pesquisadores (BERGER *et al.*, 1985; ELLS *et al.*, 2005; TAKEOKA *et al.*, 1991; TOKITOMO *et al.*, 2005; UMANO *et al.*, 1992; WU *et al.*, 1991).

Segundo Franco (2004), os primeiros componentes voláteis detectados em abacaxi envolvendo cromatografia gasosa foram compilados em 1970 por Flath e Forrey, que

listaram 54 componentes identificados na fruta até 1970. A maioria constituiu-se de ésteres, seguidos por lactonas e aldeídos. Flath e Forrey também identificaram 45 compostos voláteis na essência de abacaxi, cujo extrato foi obtido por extração com solvente, variedade *Smmoth Cayenne*, do Havaí. Os compostos predominantes foram os ésteres alifáticos e alguns álcoois terpênicos como linalol, 2-terpineol e terpinen-4-ol.

Através de extração líquido-líquido e fracionamento em coluna de sílica gel, após inibição enzimática do homogeneizado de abacaxi, procedente da África, Berger *et al.* (1985) identificaram pela primeira vez alguns hidrocarbonetos, os ésteres metílicos e etílicos dos ácidos (E)-2-hexenóico, n-dodecanóico, n-hexadecanóico e n-octadecanóico, os ésteres metílicos dos ácidos (Z)-9-octadecenóico, (Z,Z)-9,12-octadecadienóico e (Z,Z,Z)-octadecatrienóico, acetato de 2-(metiltio)-etila, malonato de dietila, 1-nonanal e 1-dodecanol. Eles também identificaram compostos não polares presentes em quantidades traços, destacando-se o undeca-1,3,5-trieno e o undeca-1,3,5,8-tetraeno, que podem contribuir na impressão global do aroma do abacaxi, pois possuem um dos mais baixos limiares de detecção de odor. Esses autores notaram ainda que a desintegração do tecido da fruta sem inibição da ação enzimática pode causar uma rápida diminuição na concentração dos referidos voláteis, a qual pode ser um dos fatores responsáveis pelas perdas no aroma durante o processamento do abacaxi.

Os compostos voláteis livres e ligados glicosidicamente em abacaxi procedente da Costa Rica foram isolados por Wu *et al.* (1991). Os componentes voláteis livres mais abundantes foram: 3-acetoxihexanoato de metila, 2,5-dimetil-4-hidroxi-2,3-dihidro-3-furanona e 5-acetoxihexanoato de metila. As formas ligadas consistiram principalmente de compostos hidroxilados e lactonas.

Em abacaxi procedente das Filipinas, Umano *et al.* (1992) identificaram 157 compostos voláteis, sendo que 144 compostos foram detectados na fruta verde e 127 no abacaxi maduro. Do total de constituintes identificados 80% foram constituídos por ésteres, tanto para os frutos verdes quanto os maduros.

Ells *et al.* (2005) identificaram mais de 130 compostos voláteis em abacaxi fresco, no suco, na water-phase e no suco concentrado. Comparado com os sucos feitos a partir de concentrados, os perfis de voláteis dos sucos integrais corresponderam melhor com os perfis dos frutos frescos. Como esperado, eles também apresentaram alguns componentes formados

pelo tratamento térmico (pasteurização), como, por exemplo, furfural, 3-hidroxi-[2H]-pirano-2-one, pantolactone, furaneol e 5-(hidroximetil)furfural.

De acordo com Dahlen *et al.* (2001), o 2,5 dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona (cuja sigla é DMHF), é um composto importante para o aroma de abacaxi e sua biossíntese tem como precursor a frutose, sendo formado quimicamente pela reação de carboidratos com grupos aminas, na conhecida reação de Maillard. Segundo Tokitomo *et al.* (2005) o DMHF apresentou Fator de Diluição (FD) de 1024, ou seja, um elevado poder odorífero, tendo como descritores abacaxi, doce e caramelo. O DMHF também foi identificado por Elss *et al.* (2005); Umano *et al.* (1992); Wu *et al.* (1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os sucos de abacaxi, da variedade Pérola, foram obtidos de uma indústria de sucos tropicais do estado da Paraíba, cujo processamento e coleta foram realizados conforme fluxograma apresentado na Figura 2. As amostras foram coletadas em dois lotes diferentes nas etapas que permitiram a retirada de material: frutos *in natura* (na esteira de seleção), suco integral da despoldadeira (extração), *finisher* (ou acabamento), centrifugação e concentração. O suco foi concentrado em um evaporador de filme descendente.

Após a coleta, as amostras foram congeladas (-18 °C) e transportadas via aérea para o laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza-CE, permanecendo sob congelamento (-18 °C) até a realização das análises.

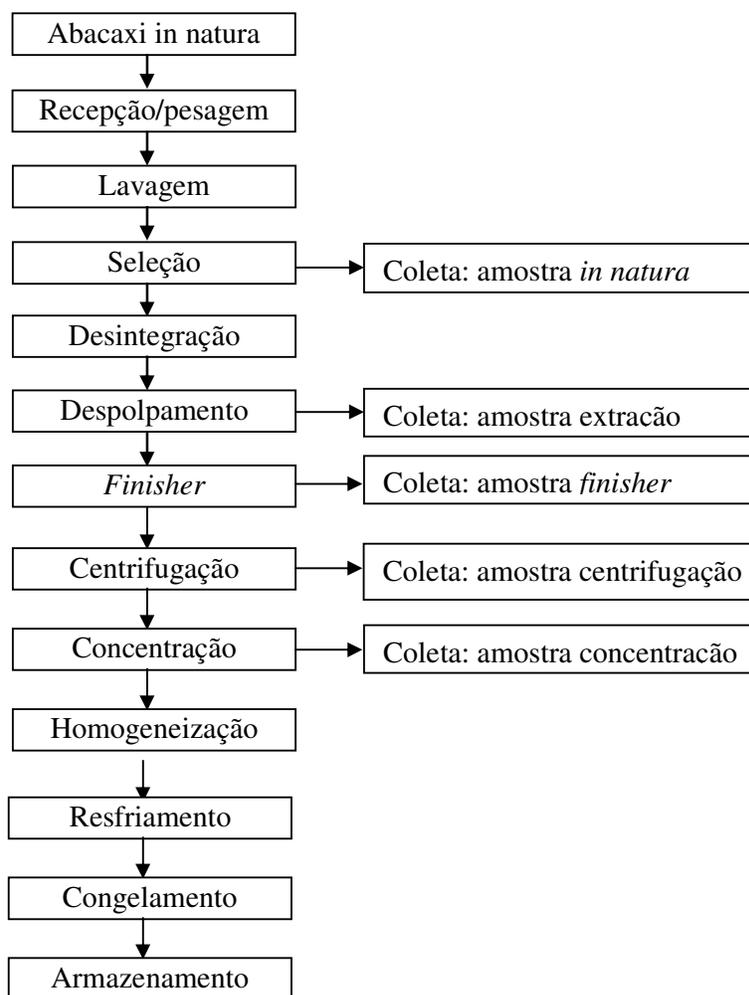


Figura 2 - Etapas de obtenção do suco de abacaxi concentrado.

3.2 Perfil Sensorial

O perfil sensorial das amostras de suco de abacaxi foi determinado através do método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) segundo Stone *et al.* (1974).

❖ **Recrutamento da Equipe Sensorial**

Inicialmente foram recrutadas 12 pessoas que já haviam participado de testes descritivos de sucos de frutas. Os julgadores foram pré selecionados levando-se em consideração a afinidade com o produto, disponibilidade de tempo e interesse em participar dos testes.

❖ **Desenvolvimento da terminologia descritiva e treinamento da equipe sensorial**

O levantamento dos descritores foi realizado através do Método de Rede proposto por Moskowitz (1983) em três sessões. Na primeira sessão foram utilizadas duas amostras de suco de abacaxi: suco de abacaxi verde e maduro, e nas seguintes, suco de abacaxi comercial de marcas diferentes. Todas as amostras foram codificadas com números de três dígitos e oferecidas aos julgadores para que indicassem termos que melhor descreviam as similaridades e diferenças entre as amostras com relação aos atributos de aroma e sabor utilizando a ficha ilustrada na Figura 3.

Em seguida, os julgadores reunidos em grupo, sob a supervisão de um moderador, reportaram os termos gerados individualmente, contando-se o número de vezes que cada termo foi citado pela equipe sensorial. Também foi utilizada uma matriz de similaridade de termos (Figura 4) para os descritores do aroma e do sabor, separadamente, para auxiliar a escolha dos descritores que melhor caracterizavam as amostras.

Posteriormente foi elaborada uma ficha de avaliação contendo os termos escolhidos em consenso pela equipe sensorial e uma escala linear não-estruturada de 9 cm, ancorada nas extremidades com termos que expressam intensidade para cada descritor. Nessa etapa foi também elaborada uma lista de definições dos termos descritivos com as respectivas amostras de referência, para melhor uniformizar o julgamento dos indivíduos.

LEVANTAMENTO DE DESCRITORES DE SUCO DE ABACAXI	
NOME: _____ DATA: _____ AMOSTRAS _____ e _____	
Você está recebendo duas amostras de suco de abacaxi. Por favor, avalie as amostras e descreva suas similaridades e suas diferenças quanto ao aroma e ao sabor que as caracterizam. Ao provar, coloque uma porção da amostra suficiente para cobrir a língua. Em seguida deixe a amostra escorrer por todos os lados da língua.	
Similaridades	Diferenças
<hr/>	
Aroma	
<hr/>	
Sabor	
<hr/>	

Figura 3 - Ficha utilizada no Método de Rede para levantamento de atributos do suco de abacaxi para duas amostras.

ESCALA DE AVALIAÇÃO DE SIMILARIDADE DE TERMOS

Nome: _____ Data: ____/____/____

0= nenhuma similaridade; 1= pequena similaridade; 2= regular similaridade; 3= grande similaridade

AROMA:

Termos	Adocicado	Fruta madura	Verde	Fruta passada	Frutal	Abac. fresco	Sulfuroso	Artificial (abacaxi)	Pano sujo	Floral	Ácido	Solvente	Fermentado	Abac. cozido
Adocicado	■													
Fruta madura	■	■												
Verde	■	■	■											
Fruta passada	■	■	■	■										
Frutal	■	■	■	■	■									
Abacaxi fresco	■	■	■	■	■	■								
Sulfuroso	■	■	■	■	■	■	■							
Artificial de abacaxi	■	■	■	■	■	■	■	■						
Pano sujo	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Floral	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Ácido	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Solvente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Fermentado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Abacaxi cozido	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

SABOR:

Termos	Abac. Verde	Doce	Maduro	Passado	Cítrico	Ácido	Fermentado	Fruta cozida	Bala de abacaxi	Remédio
Abacaxi verde	■									
Doce	■	■								
Maduro	■	■	■							
Passado	■	■	■	■						
Cítrico	■	■	■	■	■					
Ácido	■	■	■	■	■	■				
Fermentado	■	■	■	■	■	■	■			
Fruta cozida	■	■	■	■	■	■	■	■		
Bala de abacaxi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Remédio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 4 - Ficha utilizada para avaliação de similaridades dos termos gerados pelos provadores.

❖ Seleção final da equipe de ADQ

A seleção final dos julgadores constou da avaliação de três amostras de suco de abacaxi, a saber: suco da fruta *in natura*, suco elaborado com polpa congelada e suco integral comercial. O teste seguiu um delineamento experimental de blocos completos balanceados, com três repetições.

Os julgadores utilizaram a Ficha de Avaliação desenvolvida na etapa anterior, sendo-lhes permitido consultar, a qualquer momento da sua análise, a lista de definições e padrões de referência.

A Análise de Variância foi aplicada aos resultados de cada julgador, para cada descritor avaliado, tendo como fontes de variação: amostras e repetições. Para compor a equipe descritiva final foram selecionados aqueles julgadores que apresentaram bom poder discriminativo ($p_{\text{amostra}} < 0,40$); boa reprodutibilidade nos julgamentos ($p_{\text{repetição}} > 0,05$), e consenso com os demais membros do grupo, segundo metodologia proposta por Damásio e Costell (1991).

❖ Avaliação das amostras de suco de abacaxi nas etapas do processamento

A equipe de julgadores para a avaliação do perfil sensorial do suco de abacaxi nas etapas do processamento foi composta de oito indivíduos, sendo quatro do sexo feminino e quatro do sexo masculino, com idades variando ente 25 e 45 anos.

As análises foram realizadas em triplicata, segundo delineamento em blocos completos balanceados (MACFIE *et al.*, 1989), onde o provador é o bloco. Os sucos, com sólidos solúveis totais de 6,5 °Brix, foram servidos em copos formato tulipa com tampa, codificados com números aleatórios de três dígitos, a 25 °C, em porções de 30 mL. As análises foram realizadas em cabines individuais climatizadas (24 °C). Para eliminar o sabor residual entre uma amostra e outra foi oferecida água mineral à temperatura ambiente. A análise das amostras foi realizada através da ficha de avaliação consensual desenvolvida anteriormente, por meio de uma escala linear não estruturada de 9 cm para cada descritor.

3.3 Análise dos Compostos Voláteis

3.3.1 Isolamento dos compostos voláteis

O isolamento dos compostos voláteis foi realizado pelo método de enriquecimento dos vapores do *headspace* em polímero poroso por sucção (FRANCO; RODRIGUES-AMAYA, 1983), sob vácuo de aproximadamente 660 ± 10 mmHg, utilizando-se um sistema de coleta conforme ilustrado na Figura 5 e montado na Embrapa Agroindústria Tropical (Figura 6). O polímero usado nas armadilhas foi o Porapak Q, 80-100 mesh (Waters – Associates), cujo condicionamento foi feito a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ por no mínimo de 24h, sob o fluxo de nitrogênio ultra puro de 30 mL/min. Após cada análise, a limpeza do polímero foi realizada com solvente e recondicionada nas mesmas condições, por aproximadamente 8 horas.

Para o isolamento dos voláteis do suco de abacaxi, 150 g de amostra (Jales *et al.*, 2006) foram colocados no balão do sistema de coleta de voláteis, adicionados de *p*-xileno (padrão interno) e de NaCl p.a. 30% p/p para promover a inibição enzimática e aumentar a pressão de vapor facilitando a remoção dos compostos. Após um tempo de captura pré-determinado (item 3.3.2) os compostos adsorvidos no polímero foram eluídos com 300 μL de solvente apropriado (item 3.3.2), dando origem a um isolado.

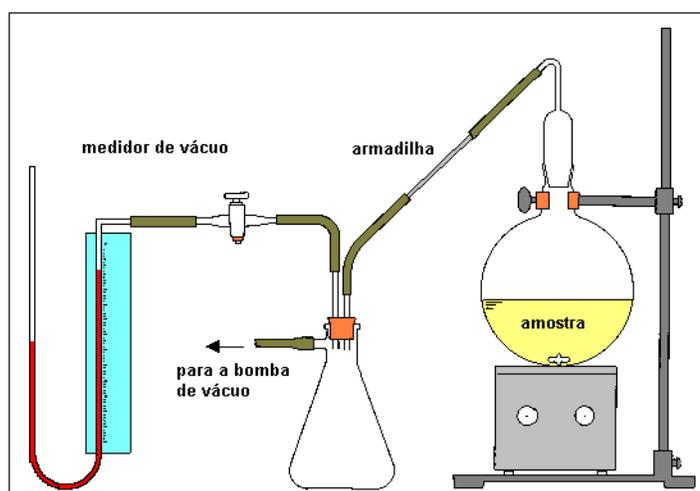


Figura 5 – Esquema do sistema de captura dos voláteis do *headspace* dinâmico por sucção.

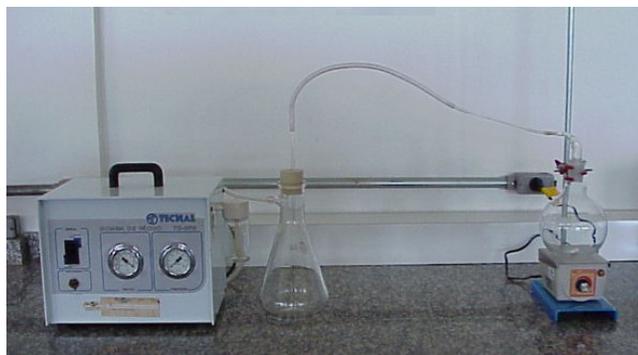


Figura 6 – Sistema de captura dos voláteis do *headspace* dinâmico por sucção montado na Embrapa Agroindústria Tropical.

3.3.2 Padronização das condições de isolamento dos voláteis de abacaxi

Para a escolha do solvente, os voláteis do abacaxi foram isolados conforme descrito por Garruti *et al.* (2003), utilizando 300g de polpa de abacaxi comercial e tempo de captura de 2 h. Posteriormente os compostos voláteis foram eluídos com 300 μ L de solventes de diferentes polaridades: acetona, hexano e diclorometano (marca MERK Ensience). Para o solvente que apresentou maior intensidade de aroma foram testados os seguintes intervalos de tempo: 30 min, 1, 2 e 3 horas. O melhor tempo foi aquele que produziu um isolado com maior intensidade de aroma característico de abacaxi, maior número de picos e maior área total dos picos.

❖ Análise Cromatográfica

Os isolados foram analisados por cromatografia gasosa de alta resolução e análise sensorial. A análise cromatográfica foi realizada em cromatógrafo gasoso Varian, modelo CP-3800, acoplado a um microcomputador equipado com o programa STAR WORKSTATION versão 6.00. A coluna utilizada foi a CP-WAX 52CB, com 50m de comprimento, 0,25mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada 0,25 μ m. Foi injetado 1 μ L do isolado no injetor injetor a 250°C, em modo *splitless*, utilizando nitrogênio como gás de arraste a uma velocidade linear de 1,5 ml/min. A programação da temperatura da coluna teve início a 50°C por 8 minutos, sendo então elevada até 110°C a 4°C/min, atingindo temperatura final de 200°C a 16°C/min.

❖ Análise sensorial dos Isolados

A intensidade do aroma dos isolados foi avaliada através de uma escala linear não estruturada de 9 cm, sempre comparada com uma amostra padrão (polpa integral de abacaxi), conforme o modelo de ficha mostrada na Figura 7.

Os isolados foram apresentados a cada julgador em fita de papel própria para análise de aromas. Com o auxílio de uma microseringa, 5 µL do isolado foram transferidos para a fita de papel, a qual era cheirada pelo julgador após a evaporação do solvente. Cada julgador realizou essa análise em três repetições. Os resultados foram analisados pela ANOVA e Teste de Tukey para comparação das médias.

NOME _____		DATA ____/____/____	
<p>Por favor, cheire primeiramente o padrão e depois avalie a intensidade do aroma característico de abacaxi do isolado, de acordo com a escala abaixo. Faça um traço vertical no ponto da escala que melhor expressa a sua opinião.</p>			
_____	_____		_____
Amostra	nenhuma		igual ao padrão
Comentários: _____			

Figura 7 - Ficha utilizada para avaliação do aroma dos isolados.

3.3.3 Análise cromatográfica das amostras de suco de abacaxi nas etapas do processamento

Os compostos voláteis dos sucos de abacaxi foram analisados em um cromatógrafo gasoso (VARIAN, modelo CP-3800), acoplado a um microcomputador equipado com o programa STAR WORKSTATION, versão 6.00.

Foi utilizada uma coluna de sílica fundida (CPSil 8CB, de polaridade equivalente à DB-5) com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada de 0,25 µm. Com o auxílio de uma microseringa, 1,0 µL do isolado foi injetado em modo *splitless* (temperatura do injetor 250 °C). A programação da coluna teve início com temperatura de 27°C, sendo elevada até 150 °C a 5 °C min⁻¹ e em seguida até 200 °C a 20 °C

min⁻¹, totalizando 27,10 minutos o tempo de separação dos compostos. A temperatura do detector de ionização de chama (FID) foi de 250°C e o gás de arraste H₂ foi mantido em fluxo constante de 1,5 mL.min⁻¹.

Os resultados de porcentagem de área foram normalizados, dividindo-se a área de cada pico pela área do pico do padrão interno (*p*-xileno) para a realização comparativa entre os perfis cromatográficos das diferentes amostras de suco de abacaxi.

3.3.4 Identificação dos compostos voláteis

Os compostos voláteis foram identificados no sistema acoplado da marca SHIMADZU – cromatógrafo gasoso (GC2010) e espectrômetro de massas (QP2010). O volume de 2,0 µL foi injetado nas condições cromatográficas idênticas às do item 3.3. Os espectros de massas foram adquiridos no modo de impacto de elétrons (EI). As condições de uso do espectrômetro foram: temperatura da fonte de íons a 250 °C, energia de ionização de 70 eV, faixa de varredura de 30 a 300 u.m.a. e velocidade da varredura de 666 u.m.a. s⁻¹. Foi utilizado hélio como gás de arraste a 1mL.min⁻¹.

A identificação dos compostos foi baseada na forma de fragmentação através da comparação do espectro de massas do composto desconhecido com os espectros de massas da biblioteca NIST (2005). Para auxiliar na identificação do composto foram calculados os Índices de Retenção e comparados àqueles descritos na literatura (JENNINGS; SHIBAMOTO, 1980) ou obtidos via “internet” (ACREE; HEINRICH, 2000), para auxiliar a identificação do composto.

O método para calcular o Índice de Retenção consistiu na introdução de uma série de n-alcenos (de C8 a C21) conjuntamente com a amostra analisada, através da adição de 1,0 µL da mistura de alcenos a 1,0 µL da amostra em uma microseringa e posterior injeção em cromatógrafo gasoso. Os cálculos foram feitos segundo a equação de *Van den Dool e Kratz* (MJØS et al., 2006).

3.4 Análise Olfatométrica

Os efluentes cromatográficos dos isolados obtidos a partir do suco de abacaxi (etapa extração) foram submetidos à análise sensorial através da técnica *Osme* (DA SILVA *et al.*, 1992; MCDANIEL *et al.*, 1990) para determinação da importância odorífera dos compostos voláteis.

Para a análise olfatométrica, o isolamento dos compostos voláteis do *headspace* do suco de abacaxi foi realizado conforme descrito no item 3.3.1, em triplicata. Os três isolados foram misturados em um mesmo frasco e concentrados por evaporação do solvente com gás nitrogênio, até 1/3 do seu volume inicial, tendo-se o cuidado de verificar se as proporções entre os picos da amostra eram mantidas após a concentração. A separação cromatográfica foi realizada nas mesmas condições de análise reportadas no item 3.3.3.

O sistema de cromatografia gasosa - olfatométrica utilizado está esquematizado na Figura 8. Para a avaliação sensorial dos efluentes, a coluna foi transferida do FID para uma outra base aquecedora (base de detector, sem detector) mantida à mesma temperatura (250 °C) utilizada no FID (Figura 9A). Um tubo de vidro foi instalado no topo dessa base (Figura 9B) e revestido externamente com manta de fibra de vidro e papel alumínio para manter o aquecimento e evitar a condensação dos voláteis no tubo (Figura 9C). Os efluentes cromatográficos foram misturados ao ar proveniente de uma bomba de duplo diafragma (marca Big Air modelo A420), previamente umidificado, aquecido a 40 °C e purificado com carvão ativado (Figura 10). A razão de fluxo do ar foi padronizada em 4 L/min e monitorada por um rotâmetro instalado após a saída do filtro de carvão ativo.

Um volume de 2,0 µL do isolado concentrado foi injetado no cromatógrafo adaptado com sistema para olfatométrica. Os compostos eluídos da coluna eram carreados pelo fluxo de ar até as narinas do julgador, os quais responderam ao estímulo utilizando uma escala tempo-intensidade (CARDELLO; DAMASIO, 1996) de 9 pontos com o uso do *mouse* (Figura 11A), ao mesmo tempo em que descreveram a qualidade do odor percebido. Os julgadores foram instruídos a respirar normalmente enquanto estivessem inalando os efluentes cromatográficos e uma analista registrava a qualidade dos odores descritos verbalmente pelo julgador (Figura 11B).

Cinco julgadores previamente treinados avaliaram o efluente do CG em três repetições. Foi utilizado o programa SCDTI (Sistema de Coleta de Dados Tempo-Intensidade)

desenvolvido pelas Faculdades de Engenharia de Alimentos e Engenharia Elétrica e Computação, da UNICAMP, que registra diretamente no computador o tempo de duração, a intensidade de cada odor e integra os dados, originando uma representação gráfica chamada Aromagrama. Os dados fornecidos pelo programa SCDTI compreendem: pico do odor, tempo de duração do odor percebido (tempo inicial e final), intensidade máxima desse odor, tempo correspondente a intensidade máxima e área sob o pico.

A análise olfatométrica teve duração de 27,10 minutos para cada julgador, sendo realizada em triplicata.

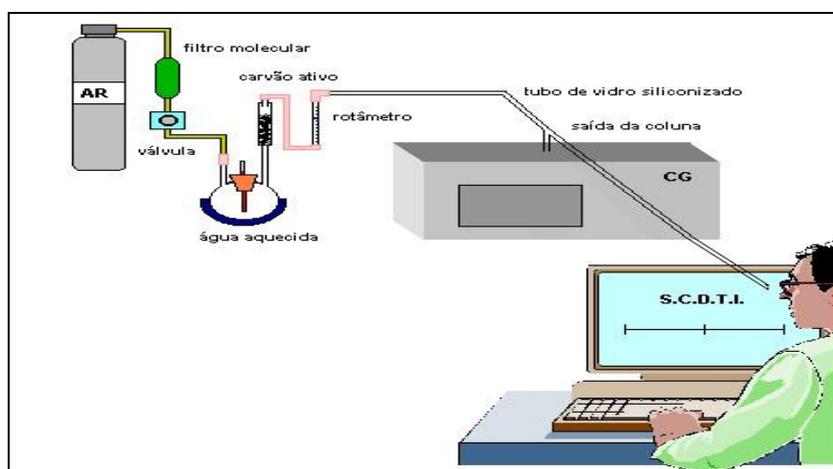


Figura 8 - Ilustração da Análise Olfatométrica CG-Osme.



Figura 9 - Vista superior da torre do FID (A), encaixe do tubo de vidro sobre a saída da coluna (B) e revestimento de fibra de vidro e papel alumínio para manter o aquecimento e evitar a condensação dos voláteis no tubo de vidro (C).

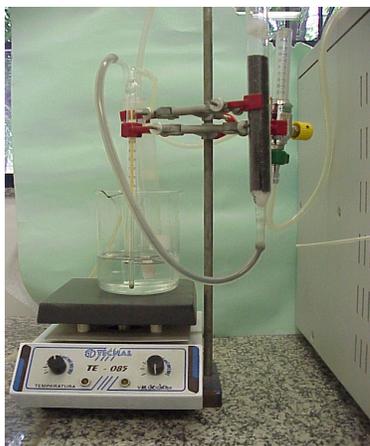


Figura 10 – Sistema de umidificação, aquecimento e filtragem do ar que vem da bomba de diafragma para arrastar os compostos voláteis até as narinas do julgador.



Figura 11 - Análise olfatométrica através da técnica *Osme*. Detalhes do julgador utilizando o *mouse* do computador para registrar a intensidade do odor percebido (A) e detalhe da analista anotando a descrição do odor (B).

3.5 Análise Estatística

Os resultados da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) das amostras de suco de abacaxi foram submetidos à Análise de Variância Univariada (ANOVA) para cada descritor, usando etapas do processamento (E), julgadores (J) e lotes (L) como efeitos principais e as interações (E*J) e (E*L) como efeitos aleatórios, e teste de Tukey a 5% de significância para comparação entre as médias usando o programa “Statistical Analytical Systems” (SAS[®], 2008) para ambiente Windows. Foi também realizada uma Análise Multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) usando o programa XLSTAT-MX Excel software (2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do processamento no perfil sensorial do suco de abacaxi

Os descritores escolhidos em consenso pelos membros da equipe sensorial e que constaram da ficha de avaliação (Figura 12) para caracterização do perfil sensorial do suco de abacaxi foram: aromas de abacaxi maduro, adocicado, sulfuroso, fermentado, ácido, abacaxi cozido, verde e artificial, sabores de abacaxi, fermentado, verde, fruta cozida e artificial, gostos doce e ácido. A definição de cada descritor e as amostras-referência são apresentadas na Tabela 1.

Na Tabela 2 é apresentada uma análise prévia dos dados, mostrando o resultado de um teste de médias para cada descritor, separadamente por lote. Observou-se que o suco da fruta *in natura* apresentou menor intensidade de aroma de abacaxi maduro e maior intensidade de aroma e sabor verde que a amostra de suco coletada na etapa extração, indicando que os frutos coletados na amostragem realizada na esteira de seleção estavam em estágio de maturação mais verde que a maioria dos frutos utilizados no processamento, não sendo representativos do universo amostral, ou seja, não estava representando o lote de suco que estava sendo processado. Por este motivo, o suco da etapa extração foi considerado como o ponto inicial do processamento.

Assim, os dados sem os resultados da fruta *in natura* foram submetidos à Análise de Variância, seguindo-se o modelo proposto na metodologia [etapas (E), julgadores (J), lotes (L), (E*J) e (E*L)]. Como esta análise revelou interação (E*J) significativa para um grande número de descritores, optou-se por submeter os dados a uma nova Análise de Variância, usando o quadrado médio (QM) da interação, ao invés do QM do resíduo para calcular o valor de F.

Mesmo assim foi possível detectar uma influência significativa ($p \leq 0,05$) do processamento na percepção da maioria dos descritores, com exceção do aroma de abacaxi maduro, sabor de abacaxi, aroma verde, sabor verde e gosto ácido (Tabela 3). O efeito do lote não foi significativo para a grande maioria dos descritores, indicando que ambos os lotes apresentaram o mesmo comportamento em relação às alterações sensoriais causadas pelo processamento. Apenas o sabor de fruta cozida apresentou efeito significativo, devido ao fato de que no lote 1 (Tabela 2) a intensidade desse atributo foi maior que no lote 2 para quase todas as etapas. Observou-se uma interação E*L significativa para os descritores aroma

fermentado, sabor fermentado e aroma ácido, porém, analisando-se as médias individuais para cada lote (Tabela 2) nota-se que essa interação foi devido a uma maior média desses descritores na amostra *finisher* do Lote 1, enquanto que no Lote 2 a amostra centrifugação foi a que apresentou maior intensidade desses atributos, porém sem uma importância relevante.

Tabela 1 - Termos descritivos utilizados na ADQ de suco de abacaxi com as respectivas definições e referências.

DESCRITORES	DEFINIÇÕES	REFERÊNCIAS
Aroma de abacaxi maduro (Aabac)	Aroma característico de abacaxi maduro fresco	Fraco: suco de abacaxi in natura em água 1+4 Forte: suco de abacaxi in natura 14,1 °Brix
Aroma adocicado (Aadoc)	Aroma característico de fruta madura fresca, sem no entanto identificar o tipo de fruta	Fraco: 1 gota de essência de guaraná Duas Rodas em 500 ml de água Forte: 2 gotas de essência de guaraná Duas Rodas em 100 ml de água
Aroma sulfuroso (Asulf)	Aroma de gases de enxofre que lembra alimento protéico de origem animal deteriorado	Nenhum: água destilada Forte: 9 g de preparado sólido para refresco Tang sabor abacaxi em 100 ml de água
Aroma fermentado (Aferm)	Aroma característico de fruta em início de fermentação	Nenhum: água destilada Forte: 350 g de polpa de abacaxi fermentado em 1 litro de água/48 h
Aroma ácido (Aacid)	Aroma ácido característico de suco de limão	Nenhum: água destilada Forte: 1 gota de essência de limão IFF em 100 ml de água
Aroma verde (Averd)	Aroma que lembra fruta verde, sem no entanto identificar o tipo de fruta	Nenhum: água destilada Forte: 5 folhas da goiabeira
Aroma de abacaxi cozido (Aabcoz)	Aroma característico de suco de abacaxi que sofreu tratamento térmico	Nenhum: água destilada Forte: 300 g de abacaxi sob 10 min de cocção
Aroma artificial de abacaxi (Aartif)	Aroma característico de suco artificial de abacaxi	Nenhum: água destilada Forte: 9g de pó para refresco Golly sabor abacaxi em 100ml de água
Sabor de abacaxi (Sabac)	Sabor característico de abacaxi maduro fresco	Fraco: suco de abacaxi em água 1+ 3 Forte: suco de abacaxi in natura 15,2°Brix
Gosto ácido (Gacid)	Gosto ácido característico de uma solução aquosa de ácido cítrico	Fraco: ácido cítrico a 5 meq/L Forte: ácido cítrico a 30 meq/L
Gosto doce (Gdoce)	Gosto doce característico de uma solução aquosa de sacarose	Fraco: solução de sacarose a 12g/L Forte: solução de sacarose a 40g/L
Sabor fermentado (Sferm)	Sabor característico de fruta em início de fermentação	Nenhum: água destilada Forte: 350 g de polpa de abacaxi fermentado e diluído em água 2+1
Sabor verde (Sverd)	Sabor que lembra fruta verde, sem no entanto identificar o tipo de fruta	Nenhum: água destilada Forte: tomate verde 4 °Brix
Sabor de fruta cozida (Sfrcoz)	Sabor característico de fruta cozida, sem no entanto, identificar o tipo de fruta	Nenhum: água destilada Forte: 300 g de abacaxi sob 10 min de cocção
Sabor artificial de abacaxi (Sart)	Sabor característico de suco artificial de abacaxi	Nenhum: água destilada Forte: 9 g de pó para refresco Golly sabor abacaxi em 100ml de água

NOME _____	DATA ____/____/____	AMOSTRA _____
<p>Você está recebendo uma amostra de suco de abacaxi. Por favor, prove a amostra e avalie a intensidade percebida para cada atributo colocando um traço vertical na escala correspondente.</p>		
Aroma		
Abacaxi maduro	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Adocicado	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Sulfuroso	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Fermentado	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Ácido	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Verde	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Abacaxi cozido	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Artificial de abacaxi	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Comentários: _____		

Sabor		
Abacaxi	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Ácido	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Doce	_____	
	<i>fraco</i>	<i>forte</i>
Fermentado	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Verde	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Fruta cozida	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Artificial de abacaxi	_____	
	<i>nenhum</i>	<i>forte</i>
Comentários: _____		

Figura 12 – Ficha de avaliação desenvolvida pela equipe sensorial para caracterização do perfil sensorial do suco de abacaxi.

Tabela 2 – Resultado do Teste de Médias (Tukey) das intensidades, por lote, dos descritores sensoriais para o suco de abacaxi nas cinco etapas do processamento analisadas.

Descritores	Lote 1					Lote 2				
	In nat	Extr	Finish	Centr	Conc	In nat	Extr	Finish	Centr	Conc
Aroma										
Abacaxi maduro	3,45 ^b	4,96 ^a	5,39 ^a	5,35 ^a	4,74 ^a	3,79 ^c	5,03 ^{ab}	5,50 ^a	5,46 ^a	4,08 ^{bc}
Adocicado	2,63 ^c	3,72 ^{bc}	3,63 ^{bc}	4,32 ^{ab}	5,14 ^a	3,19 ^b	3,31 ^b	3,86 ^{ab}	3,40 ^a	4,86 ^a
Sulfuroso	1,82 ^b	4,80 ^a	4,53 ^a	4,24 ^a	1,89 ^b	0,84 ^c	3,92 ^{ab}	3,17 ^b	4,32 ^a	1,57 ^c
Fermentado	1,03 ^c	5,75 ^{ab}	6,64 ^a	4,89 ^b	1,50 ^c	0,68 ^b	5,74 ^a	5,76 ^a	6,91 ^a	1,49 ^b
Ácido	3,55 ^a	2,32 ^{bc}	3,35 ^{ab}	2,34 ^{bc}	1,60 ^c	3,32 ^a	3,27 ^a	2,28 ^{ab}	3,45 ^a	1,73 ^b
Verde	3,86 ^a	1,16 ^b	1,51 ^b	1,30 ^b	1,33 ^b	3,03 ^a	1,26 ^b	0,87 ^b	1,30 ^b	1,27 ^b
Abacaxi cozido	1,04 ^c	2,42 ^b	2,81 ^b	3,16 ^b	6,33 ^a	0,53 ^c	1,96 ^b	2,23 ^b	2,43 ^b	4,87 ^a
Artificial	0,61 ^c	1,39 ^{abc}	1,15 ^{bc}	1,72 ^{a,b}	2,26 ^a	0,40 ^c	0,96 ^{bc}	0,92 ^{bc}	1,30 ^{ab}	1,93 ^a
Sabor										
Abacaxi	5,31 ^a	4,86 ^a	5,53 ^a	4,80 ^a	5,17 ^a	5,82 ^a	5,17 ^{ab}	5,01 ^{abc}	4,93 ^{bc}	4,22 ^c
Verde	2,83 ^a	1,37 ^b	1,83 ^b	1,30 ^b	1,91 ^b	2,64 ^a	1,41 ^b	1,52 ^b	1,31 ^b	1,26 ^b
Fruta cozida	1,52 ^c	2,34 ^{bc}	3,41 ^b	3,35 ^b	6,62 ^a	0,56 ^c	2,44 ^b	2,49 ^b	2,29 ^b	4,66 ^a
Artificial	0,94 ^b	1,21 ^b	1,61 ^b	1,74 ^b	2,92 ^a	0,74 ^c	1,45 ^b	1,22 ^{bc}	1,65 ^b	2,38 ^a
Fermentado	1,26 ^c	4,89 ^b	7,48 ^a	6,36 ^a	1,95 ^c	0,69 ^c	5,20 ^b	5,32 ^b	6,91 ^a	1,70 ^c
Gosto doce	3,20 ^{ab}	2,48 ^b	3,09 ^{ab}	3,41 ^{ab}	4,32 ^a	2,73 ^{ab}	3,13 ^{ab}	2,50 ^b	3,19 ^a	3,27 ^a
Gosto ácido	2,57 ^b	3,99 ^a	4,99 ^a	3,61 ^a	2,48 ^b	3,58 ^b	3,74 ^{ab}	3,87 ^{ab}	4,72 ^a	3,81 ^{ab}

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ($p > 0,05$)

(In nat = suco da fruta *in natura*; Extr = etapa extração; Finish = *finisher*; Centr = centrifugação; Conc = concentração)

Tabela 3 – Resultado da ANOVA dos dados de 4 etapas do processamento (extração, *finisher*, centrifugação e concentração) do suco de abacaxi: valores de F e níveis de significância para o efeito das etapas do processamento (E), julgador (J), lotes (L) e interação (E*L)^a.

Descritores	Efeitos			
	Etapa (E)	Julgador (J)	Lote (L)	(E*L)
Aroma				
Abacaxi maduro	1,71	10,33 ^{***}	0,07	0,26
Adocicado	4,22 [*]	16,70 ^{***}	1,15	0,54
Sulfuroso	7,34 ^{**}	5,57 ^{**}	1,84	0,48
Fermentado	43,73 ^{***}	13,37 ^{***}	0,68	3,32 [*]
Ácido	5,30 ^{**}	12,19 ^{***}	1,22	3,82 [*]
Verde	0,08	3,09 [*]	0,53	0,70
Abacaxi cozido	10,85 ^{***}	4,80 ^{**}	2,92	0,22
Artificial	5,12 ^{**}	19,94 ^{***}	2,77	0,05
Sabor				
Abacaxi	0,72	16,97 ^{***}	0,80	1,01
Verde	0,78	8,50 ^{**}	1,42	0,73
Fruta cozida	14,23 ^{***}	9,79 ^{***}	5,99 [*]	1,15
Artificial	4,80 [*]	21,29 ^{***}	0,50	0,39
Fermentado	46,36 ^{***}	12,17 ^{***}	1,42	3,57 [*]
Gosto doce	3,93 [*]	29,51 ^{***}	1,61	2,23
Gosto ácido	2,41	13,83 ^{***}	0,56	2,64

*, ** Significância a $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, respectivamente. ^a Testes de hipótese usando o QM_{E*p} como termo do resíduo

Observou-se ainda uma diferença significativa entre os julgadores para todos os descritores, sugerindo que mesmo com o treinamento, os julgadores usaram diferentes porções da escala para expressar a sensação provocada por uma mesma amostra. Esse fato justifica o uso do delineamento escolhido (blocos completos, onde o provador é o bloco), pois cada indivíduo faz seu julgamento sendo influenciado por sua bagagem psicológica e aspectos circunstanciais de seu cotidiano.

As intensidades médias dos dois lotes para os descritores avaliados, para cada amostra, estão apresentadas na Tabela 4. Apesar da ANOVA não ter detectado diferença significativa para o descritor aroma de abacaxi maduro, o teste de Tukey discriminou as amostras a $p \leq 0,05$, indicando que o suco concentrado apresentou menor intensidade desse descritor.

Os atributos aroma sulfuroso, aroma ácido e aroma fermentado também não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os sucos das etapas extração, *finisher* e centrifugação, porém, o suco concentrado apresentou-se estatisticamente diferente, indicando que o tratamento térmico reduziu a intensidade desses descritores.

É possível observar, na Tabela 4, que o suco da etapa extração (início do processamento) apresentou um alto valor de intensidade de aroma e sabor fermentado, provavelmente devido à admissão de frutos em estágio de maturação avançado, e também por ser o abacaxi uma fruta muito susceptível à fermentação. O sabor de fermentado apresentou um aumento significativo nas etapas *finisher* e centrifugação, devido ao processo de fermentação, já iniciado, continuar ocorrendo durante o tempo de estocagem no tanque pulmão. No entanto a concentração do suco foi eficiente na redução da percepção desse descritor indesejável.

Foi também observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) no aroma de abacaxi cozido, sabor de fruta cozida, aroma e sabor artificial, sendo que o tratamento térmico provocou um aumento da intensidade desses descritores não característicos da fruta fresca, causando alterações no perfil sensorial do suco. O suco concentrado também apresentou maior intensidade de aroma adocicado. Isso pode ter ocorrido devido à caramelização de açúcares durante o tratamento térmico. Segundo Rodriguez-Amaya (2004), quando açúcares, redutores ou não, são aquecidos a temperaturas mais elevadas, compostos com aroma de caramelo são formados.

Resultados similares foram encontrados por Pinto (2007) que avaliou o perfil sensorial de suco de acerola em cada etapa do processamento. As amostras do início do processamento do suco de acerola (despolpadeira, refinamento e centrifugação) apresentaram perfis sensoriais semelhantes entre si, e as amostras do final do processamento (tratamento térmico e produto final com adição de conservante) foram marcadas pelo aroma e sabor artificial e sabor de acerola cozida, bastante intensificada após o tratamento térmico o qual provocou alteração no perfil sensorial das amostras das etapas finais.

Os gostos primários doce e ácido apresentaram comportamentos distintos: o gosto doce aumentou, enquanto que o gosto ácido decresceu na etapa concentração. Isso era de se esperar, pois na etapa de concentração, os sólidos solúveis também são concentrados, aumentando assim a percepção do gosto doce, e reduzindo a percepção do gosto ácido.

Tabela 4 - Médias das intensidades dos descritores sensoriais para o suco de abacaxi nas quatro etapas do processamento analisadas (Médias dos dois lotes).

Descritores	Etapas do processamento			
	Extração	Finisher	Centrifugação	Concentração
Aroma				
Abacaxi maduro	4,99 ^{ab}	5,45 ^a	5,41 ^a	4,41 ^b
Adocicado	3,52 ^b	3,74 ^b	3,86 ^b	5,0 ^a
Sulfuroso	4,36 ^a	3,85 ^a	4,28 ^a	1,73 ^b
Fermentado	5,75 ^a	6,20 ^a	5,90 ^a	1,49 ^b
Ácido	2,79 ^a	2,81 ^a	2,89 ^a	1,66 ^b
Verde	1,21 ^a	1,19 ^a	1,30 ^a	1,30 ^a
Abacaxi cozido	2,19 ^b	2,52 ^b	2,79 ^b	5,60 ^a
Artificial	1,19 ^b	1,03 ^b	1,51 ^{ab}	2,10 ^a
Sabor				
Abacaxi	5,02 ^a	5,27 ^a	4,87 ^a	4,69 ^a
Verde	1,39 ^a	1,67 ^b	1,31 ^b	1,59 ^b
Fruta cozida	2,39 ^b	2,95 ^b	2,82 ^b	5,64 ^a
Artificial	1,33 ^b	1,41 ^b	1,69 ^b	2,65 ^a
Fermentado	5,05 ^b	6,40 ^a	6,63 ^a	1,83 ^c
Gosto doce	2,80 ^b	2,79 ^b	3,30 ^{ab}	3,79 ^a
Gosto ácido	3,87 ^{ab}	4,43 ^a	4,16 ^a	3,15 ^b

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ($p > 0,05$)

(Extr = etapa extração; Finish = *finisher*; Centr = centrifugação; Conc = concentração)

❖ Perfil Sensorial

O resultado de um perfil desenvolvido é como uma radiografia verbal de um produto, o qual permite o monitoramento de alterações de sabor devidas ao processamento e variações nos procedimentos (LYON, 1987). Para melhor visualização das diferenças entre as amostras foi construído um gráfico de dispersão com os descritores, conforme ilustrado na Figura 13. As amostras coletadas nas etapas extração, *finisher* e centrifugação apresentaram perfis semelhantes entre si, com elevada intensidade de aroma e sabor fermentado. O suco concentrado, por sua vez, apresentou perfil sensorial bem distinto: o aroma e o sabor fermentado, aroma sulfuroso e aroma ácido diminuíram drasticamente, enquanto que predominaram o aroma adocicado, aroma e sabor de fruta cozida e aroma e sabor artificiais.

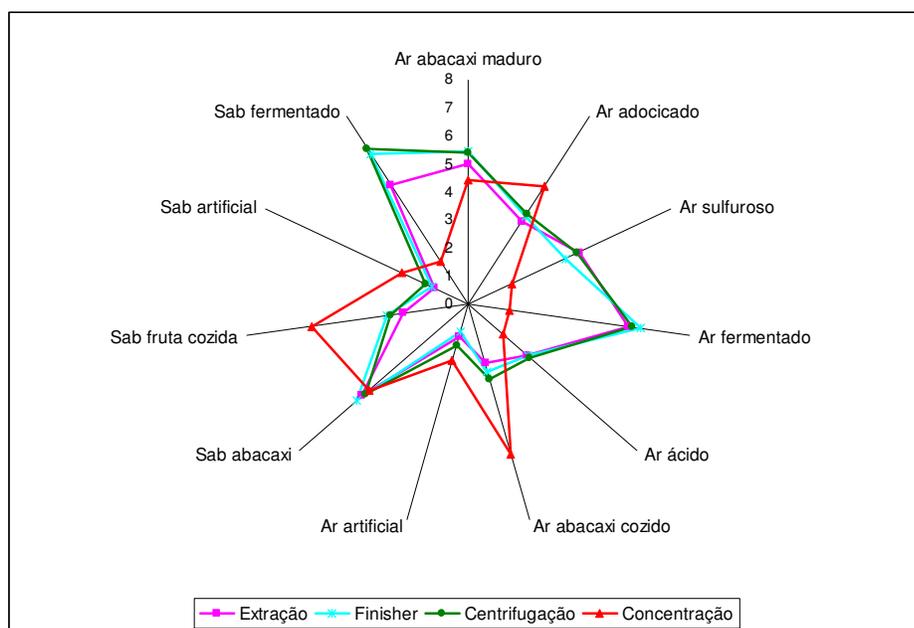


Figura 13 - Perfil sensorial das amostras de suco de abacaxi nas quatro etapas do processamento. (Ar = aroma; Sab = sabor).

❖ Análise de Componentes Principais (ACP)

A Análise de Componentes Principais foi realizada com os descritores que apresentaram variação significativa pela ANOVA, usando os lotes como repetições (Figura 14). Apesar do perfil sensorial das amostras dos dois lotes não ter apresentado diferença

significativa para a maioria dos descritores, nesse tipo de análise gráfica, as pequenas diferenças são maximizadas. As duas primeiras componentes juntas (CP I e CP II) conseguiram explicar 82,32% da variabilidade entre as amostras. A primeira componente separou as amostras da etapa concentração (que ficaram à esquerda do gráfico) das etapas iniciais do processamento, as quais foram caracterizadas pelo aroma e sabor de abacaxi, aroma ácido, aroma e sabor fermentado, aroma sulfuroso e gosto ácido. As amostras de suco concentrado caracterizaram-se pelos atributos de aroma e sabor de cozido, aroma e sabor artificial e aroma adocicado.

Nesse gráfico, vetores distantes entre si a um ângulo próximo de zero grau apresentam alta correlação positiva entre si, enquanto os vetores com ângulos próximos a 180 graus apresentam alta correlação negativa entre si. Assim os descritores aroma e sabor artificial, aroma de abacaxi cozido e sabor de fruta cozida apresentaram alta correlação positiva entre si (Tabela 5). O aroma adocicado também foi associado, pelos provadores, ao aroma e sabor de fruta cozida e ao aroma e sabor artificial, os quais, em sua maioria, correlacionaram negativamente com o aroma ácido, aroma e sabor de fermentado. Estas correlações foram similares às encontradas por Marceline *et al.* (2007) no estudo do perfil sensorial de abacaxi obtida a partir da polpa submetida à Alta Pressão Hidrostática (APH).

Tabela 5 – Matriz de correlação de Pearson (n) dos descritores sensoriais do suco de abacaxi.

Variáveis	Aabac	Aadoc	Asulf	Aferm	Aacid	Averd	Aabcoz	Aartif	Sabac	Sverd	Sfrcoz	Sart	Sferm	Gdoce	Gacid
Aabac	1	-0,65	0,73	0,84	0,63	-0,14	-0,66	-0,64	0,64	0,12	-0,59	-0,63	0,88	-0,33	0,44
Aadoc	-0,65	1	-0,82	-0,94	-0,89	0,08	0,94	0,91	-0,43	0,24	0,90	0,86	-0,80	0,66	-0,72
Asulf	0,73	-0,82	1	0,90	0,74	0,12	-0,80	-0,63	0,45	-0,17	-0,77	-0,79	0,88	-0,53	0,63
Aferm	0,84	-0,94	0,90	1	0,86	-0,07	-0,91	-0,85	0,51	-0,15	-0,87	-0,87	0,94	-0,64	0,76
Aacid	0,63	-0,89	0,74	0,86	1	0,30	-0,74	-0,74	0,53	-0,08	-0,68	-0,59	0,84	-0,33	0,77
Averd	-0,14	0,08	0,12	-0,07	0,30	1	0,29	0,34	0,28	0,31	0,34	0,41	0,14	0,55	0,20
Aabcoz	-0,66	0,94	-0,80	-0,91	-0,74	0,29	1	0,92	-0,25	0,42	0,98	0,97	-0,79	0,81	-0,68
Aartif	-0,64	0,91	-0,63	-0,85	-0,74	0,34	0,92	1	-0,41	0,16	0,87	0,89	-0,70	0,77	-0,65
Sabac	0,64	-0,43	0,45	0,51	0,53	0,28	-0,25	-0,41	1	0,73	-0,09	-0,21	0,53	0,07	0,18
Sverd	0,12	0,24	-0,17	-0,15	-0,08	0,31	0,42	0,16	0,73	1	0,55	0,38	-0,07	0,45	-0,22
Sfrcoz	-0,59	0,90	-0,77	-0,87	-0,68	0,34	0,98	0,87	-0,09	0,55	1	0,96	-0,73	0,85	-0,68
Sart	-0,63	0,86	-0,79	-0,87	-0,59	0,41	0,97	0,89	-0,21	0,38	0,96	1	-0,72	0,90	-0,62
Sferm	0,88	-0,80	0,88	0,94	0,84	0,14	-0,79	-0,70	0,53	-0,07	-0,73	-0,72	1	-0,44	0,75
Gdoce	-0,33	0,66	-0,53	-0,64	-0,33	0,55	0,81	0,77	0,07	0,45	0,85	0,90	-0,44	1	-0,60
Gacid	0,44	-0,72	0,63	0,76	0,77	0,20	-0,68	-0,65	0,18	-0,22	-0,68	-0,62	0,75	-0,60	1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância alfa=0,05

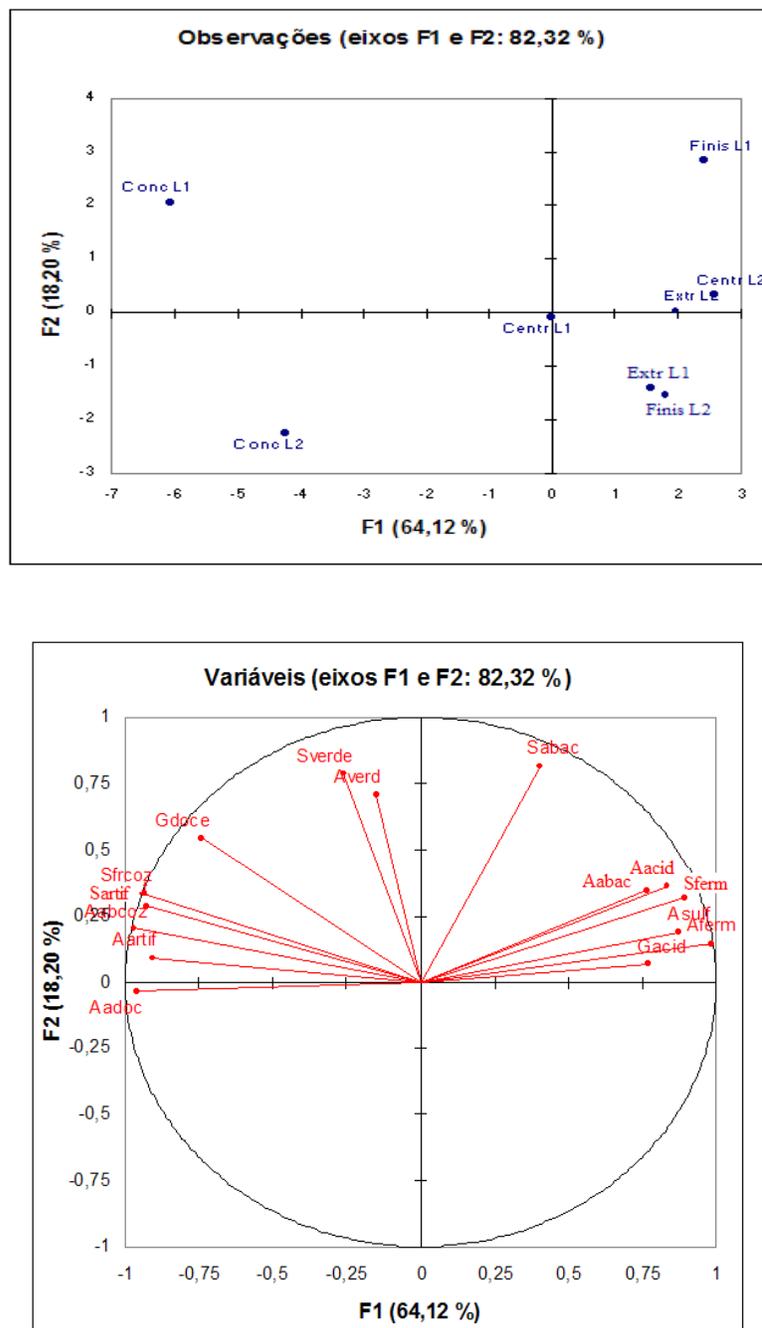


Figura 14 – Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos sensoriais do aroma e sabor do suco de abacaxi nas etapas do processamento.

4.2 Efeito do processamento no perfil de voláteis do suco de abacaxi

Como o efeito do lote não foi significativo, optou-se por utilizar o Lote 1 como objeto de estudo para a caracterização do perfil de voláteis e para as mudanças que ocorrem nos voláteis durante o processamento.

4.2.1 Padronização das condições de isolamento dos voláteis de abacaxi

❖ Escolha do solvente para eluição dos compostos voláteis

O resultado da comparação das médias da intensidade do aroma para cada solvente está mostrado na Tabela 6. De acordo com a equipe sensorial, os isolados de acetona e hexano apresentaram baixa intensidade de aroma característico de abacaxi, demonstrando que estes dois solventes não eluíram satisfatoriamente os compostos voláteis importantes ao aroma do abacaxi. No entanto, o diclorometano diferiu estatisticamente a um nível de 5% de significância dos demais apresentando maior intensidade de aroma, indicando que este solvente apresentou maior eficiência na eluição dos compostos voláteis adsorvidos no Porapak Q.

Tabela 6 - Intensidade de aroma de abacaxi nos isolados de diferentes solventes.

Solvente	Intensidade de aroma
Acetona	2,70 b
Hexano	2,49 b
Diclorometano	5,77 a

❖ Escolha do tempo de captura

A Figura 15 apresenta os resultados da avaliação sensorial e da cromatografia dos isolados dos voláteis do abacaxi obtidos com diclorometano nos testes de tempo de captura. Pode-se observar que o aumento do número de picos ocorrido a partir de 120 minutos (Figura 15A), foi acompanhado por uma drástica redução na área total dos picos (Figura 15B). Assim, considerou-se que o tempo de captura de 120 minutos foi suficiente para obter um isolado com o aroma característico do produto (Figura 15C), principalmente porque o aumento do tempo de captura em 1 h (de 120 pra 180 min) não resultou em um aumento expressivo na intensidade do aroma característico de abacaxi.

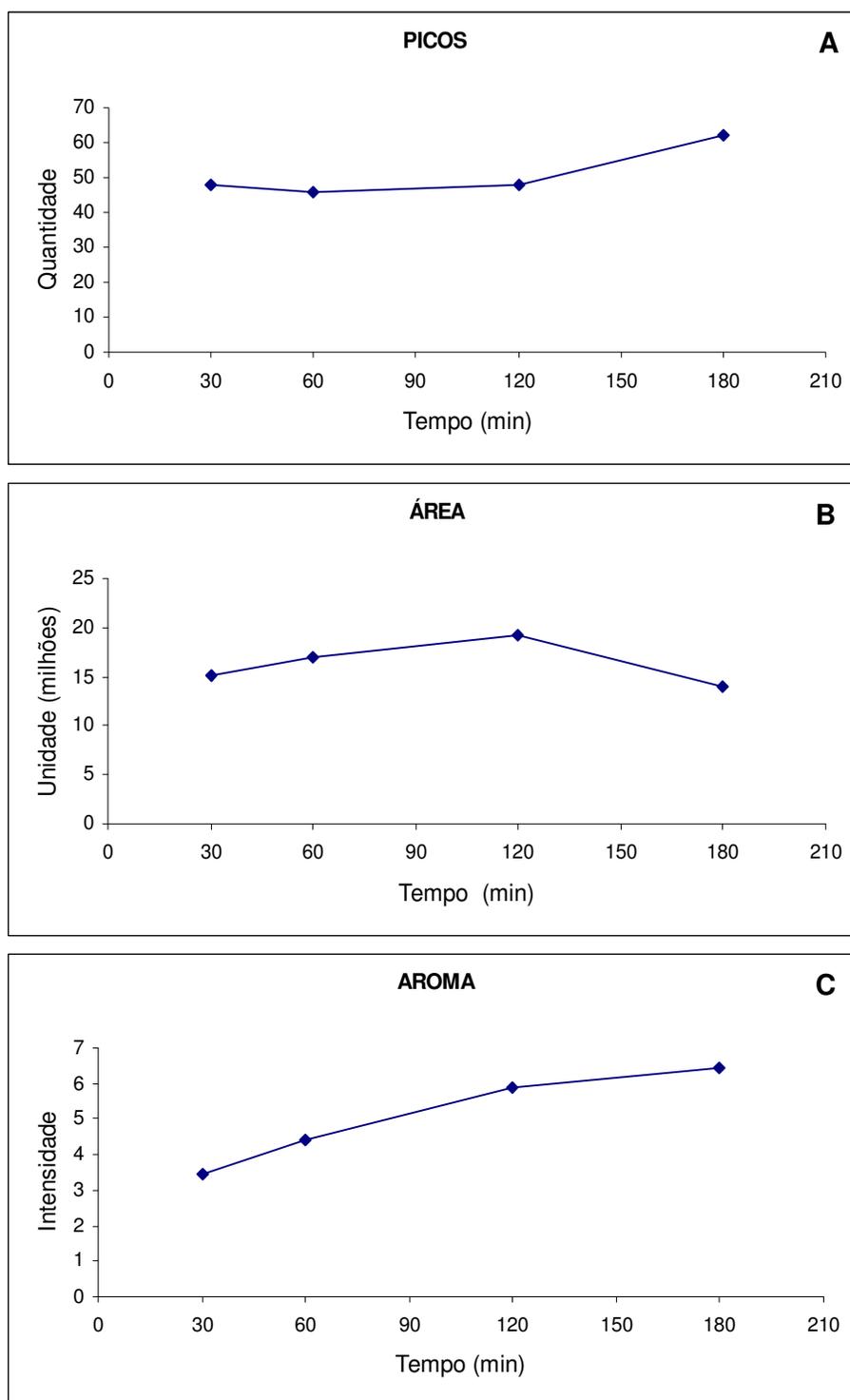


Figura 15 – Gráficos dos resultados das análises de padronização do tempo de captura dos voláteis do abacaxi: número de picos no cromatograma do isolado(A), área dos picos do cromatograma (B) e intensidade do aroma do isolado (C).

4.2.2 Caracterização do perfil de compostos voláteis do suco de abacaxi

Considerando a etapa extração (Lote 1) como o início do processamento, foi realizada a caracterização quantitativa e qualitativa dos compostos dessa amostra. Para o estudo do perfil odorífero do suco de abacaxi nas etapas do processamento foi necessário determinar os compostos voláteis responsáveis pela qualidade do aroma dessa fruta, e para esse propósito utilizou-se a análise olfatométrica, através da técnica *Osme*.

Na Tabela 7 estão relacionados todos os compostos voláteis detectados no isolado do suco de abacaxi (etapa extração), bem como todos os compostos odoríferos detectados pela olfatometria. Essa Tabela apresenta o nome do composto, o Índice de Retenção obtido na análise cromatográfica, a área sob o pico do cromatograma, a descrição do aroma, a intensidade em que o aroma foi percebido e a área sob o pico do aromagrama consensual. Compostos identificados por letras minúsculas foram detectados apenas na análise olfatométrica, não sendo detectados pelo detector do cromatógrafo (FID) nem pelo detector de massas, indicando que esses compostos estão em concentrações muito baixas, abaixo do limite de detecção dos equipamentos, mas por possuírem elevado poder odorífero, com valores de *threshold* muito baixos, foram percebidos sensorialmente pelo olfato humano.

Foi possível detectar 55 compostos voláteis, dos quais 48 foram identificados (87,3%), representantes de 8 classes químicas diferentes: ésteres (29 compostos), álcoois (5), aldeídos (4), cetonas (4), ácidos (3), hidrocarboneto (1), terpeno (1) e lactona (1). Não foi possível identificar e quantificar os compostos do início do cromatograma (picos 1 a 5) por saírem na cauda do solvente.

Como pode ser visualizado na Figura 16, os ésteres foram a classe química majoritária representando 60% do cromatograma. Os álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos representaram juntos cerca de 34% e os 6% restantes foram relativos ao hidrocarboneto, terpeno e lactona.

Os compostos considerados majoritários foram: 3-metil-1-butanol (17,81%), 2-metil-butanoato de metila (5,19%), 2-metil-butanoato de etila (2,63%), 2-metil-1-butanol (2,20%), 3-hidroxi-2-butanona (2,07%), hexanoato de etila (1,36%).

Tabela 7 – Compostos voláteis do suco de abacaxi (etapa extração), com Índices de Retenção (IR), identificação do composto, descrição do aroma, área sob o pico no FID, intensidade do aroma, área sob o pico no aromagrama, importância odorífera e grupo de descritores.

Pico	IR	Composto	Descritores	Área		Imp	Gr
				FID	Imax Arom		
1	< 800	NI	abacaxi, doce de leite, biscoito	nq	4,99 19,39	E	
2+3	< 800	NI	frutal, abacaxi, tutti-frutti	nq nq	2,88 6,87	M	
4	< 800	NI	não percebido	nq	- -	-	-
5	< 800	NI	queimado, café	tr	2,68 12,12	M	
6	< 800	2-metil-propanoato de metila	ANI	0,11	0,29 0,50	B	-
7	< 800	pentanal	queimado, coisa nova, borracha	0,11	2,13 6,90	M	
8+9	< 800	3-hidroxi-2-butanona + propanoato de etila	plástico, polímero, cola, frutal, abacaxi	2,07 0,28	5,29 22,24	E	
10	< 800	acetato de propila	não percebido	tr	- -	-	-
11	< 800	butanoato de metila	tutti-frutti, vinagre, frutal	0,16	1,62 5,00	B	
12+13	< 800	3-metil-1-butanol + 2-metil-1-butanol	desagradável, plástico, frutal, abacaxi	17,81 2,20	1,68 4,80	B	
14	< 800	ácido 2-metil-propanóico	manteiga, café, chocolate	tr	1,47 4,80	B	
15	< 800	2-metil-propanoato de etila	fruta estragada, café	0,85	1,57 7,63	B	
16	< 800	1-pentanol	não percebido	0,17	- -	-	-
17	< 800	2-metil-acetato de propila	não percebido	0,24	- -	-	-
18	< 800	2-metil-butanoato de metila + 3-metil-butanoato de metila	doce, tutti-frutti, frutal abacaxi	5,19	6,09 20,71	E	
19	< 800	ácido butanóico	artificial de fruta, manteiga, fruta estragada, besouro	0,61	5,46 19,92	E	
a	-	nd	banana madura, abacaxi	nd	1,23 5,09	B	
20	811	carbonato de dietila	trigo, ANI	0,08	1,28 3,92	B	
21	813	butanoato de etila	abacaxi, tutti-frutti, planta	0,80	3,89 10,94	M	
b	-	nd	frutal, folha, doce, cítrico	nd	2,93 10,37	M	
22	825	2-hidroxi-propanoato de etila	não percebido	0,28	- -	-	-
23	834	pentanoato de metila	não percebido	0,06	- -	-	-
24	853	E-2-butenato de etila	abacaxi	0,09	0,14 0,75	B	
25+26	861 863	2-metil-butanoato de etila + 3-metil-butanoato de etila	fermentado, vitamina C, frutal, tutti- frutti, abacaxi	2,63 0,28	5,03 23,73	E	
27	866	NI	não percebido	0,15	- -	-	-
PI	878	<i>p</i> -xileno	chocolate, remédio, abacaxi	14,53	1,40 3,85	B	
28	883	acetato de isoamila	não percebido	0,34	- -	-	-

Continua...

Tabela 7 – Compostos voláteis do suco de abacaxi (etapa extração), com Índices de Retenção (IR), identificação do composto, descrição do aroma, área sob o pico no FID, intensidade do aroma, área sob o pico no aromagrama, importância odorífera e grupo de descritores. (Continuação)

Pico	IR	Composto	Descritores	Área		Imp	Gr
				FID	Imax Arom		
29	885	acetato de 2-metil-1-butila	ruim, remédio, boldo	0,08	1,62 5,33	B	
30	889	2-heptanona	flor, artificial de morango, frutal, cítrico, tutti-frutti	tr	4,34 13,08	E	
31	893	Estireno	Plástico, besouro, remédio, tabaco	0,31	6,63 29,29	E	
32	904	pentanoato de etila (valerato de etila)	fruta em calda, manteiga, xarope	tr	5,12 17,59	E	
33	923	2-hidroxi-2-metil-butanoato de metila	não percebido	tr	- -	-	-
34	929	hexanoato de metila	não percebido	0,32	- -	-	-
35	936	3-hexenoato de metila	doce	tr	0,45 0,99	B	
36	939	3-hidroxi-butanoato de etila	não percebido	tr	- -	-	-
37	941	E-2-metil-2-butenato de etila	não percebido	tr	- -	-	-
c	-	nd	mato, tabaco	nd	1,14 3,32	B	
38	989	6-metil-5-hepten-2-ona	borracha, plástico queimado, manga	0,08	4,26 33,63	E	
39	1002	hexanoato de etila	frutal, floral, abacaxi, vitamina C	1,36	4,64 16,01	E	
40	1008	Z-3-hexenoato de etila	não percebido	tr	- -	-	-
41	1012	E-3-hexenoato de etila	abacaxi	0,06	1,33 3,89	B	
42	1026	3-metiltio-propanoato de metila	não percebido	0,06	- -	-	-
43	1032	limoneno	não percebido	tr	- -	-	-
44	1055	γ -hexalactona	flor, planta, fruta verde	tr	2,18 4,54	M	
45	1067	acetofenona	manteiga, fruta passada, mel, biscoito,	tr	4,68 24,38	E	
d	-	nd	mato	nd	0,86 2,94	B	
e	-	nd	acúcar queimado, erva, fruta madura,	nd	3,79 12,48	M	
46	1094	NI	fruta	tr	0,94 2,29	B	
47	1099	3-metiltio-propanoato de etila	flor, besouro, terra, vitamina C	0,06	2,13 6,09	M	
48	1103	nonanal	manteiga, gordura, erva, terra, plástico	tr	3,09 10,18	M	
49	1113	2-fenil etanol	não percebido	0,09	- -	-	-
50	1121	NI	vinagre, plástico novo	tr	3,29 10,92	M	

Continua...

Tabela 7 – Compostos voláteis do suco de abacaxi (etapa extração), com Índices de Retenção (IR), identificação do composto, descrição do aroma, área sob o pico no FID, intensidade do aroma, área sob o pico no aromagrama, importância odorífera e grupo de descritores. (Continuação)

Pico	IR	Composto	Descritores	Área		Imp	Gr	
				FID	Área Aroma			
f	-	nd	capim, terra, chá, hortelã, flor	-	3,23	12,13	M	
51	1166	ácido octanóico	caderno novo, hortelã	tr	1,17	3,09	B	
52	1194	octanoato de etila	frutal	tr	0,61	1,68	B	
53	1204	decanal	não percebido	tr	-	-	-	-
54	1215	2,4-dimetil benzaldeído	manteiga, gás de cozinha, carne podre, tomate	tr	1,75	5,68	B	
g	-	nd	manteiga, floral, abacaxi, cítrico, planta	nd	4,85	15,93	E	
h	-	nd	erva, mel, floral	nd	1,07	3,41	B	
i	-	nd	frutal, acetato, planta	nd	2,28	5,90	M	
55	1279	4-etil-2-metoxi-fenol (4-etil guaiacol)	erva, cítrico, canela, bombom, floral	0,06	4,60	34,19	E	
j	-	nd	canela	nd	0,83	3,72	B	
k	-	nd	purgente, ruim, canela, vitamina C	nd	0,67	1,65	B	
l	-	nd	manteiga, bolacha, leite, cítrico, frutal	nd	3,36	12,42	M	
m	-	nd	erva	nd	0,25	0,83	B	
n	-	nd	mel, erva, remédio	nd	1,81	6,55	B	
o	-	nd	chiclete, frutal, remédio, canela	nd	1,55	5,97	B	
p	-	nd	plástico, vitamina C	nd	0,40	0,91	B	
q	-	nd	flor	nd	0,63	1,98	B	
r	-	nd	NI, abacaxi	nd	0,49	0,83	B	
s	-	nd	fumaça, tutti-frutti, plástico	nd	1,37	5,17	B	
t	-	nd	mel	nd	1,07	2,18	B	
u	-	nd	abacaxi, cítrico	nd	0,35	0,80	B	
v	-	nd	abacaxi	nd	0,13	0,24	B	
w	-	nd	frutal	nd	0,73	1,24	B	

Imáx = Intensidade máxima do pico

Imp = importância odorífera (B = baixa; M = moderada; E = elevada)

Gr = grupo de descritores ( Grupo 1  Grupo 2  Grupo 3)

nd = composto não detectado pelo FID; tr = traços

NI = composto não identificado pelo espectrômetro de massas

ANI = aroma não identificado

Os compostos encontrados neste estudo também foram identificados por outros autores. Elss *et al.* (2005), ao analisarem abacaxis de diferentes regiões e alguns produtos derivados de abacaxi (suco fresco, comercial e concentrado, compotas comerciais e water-phase da recuperação do aroma), encontraram como compostos majoritários os ésteres 2-metil-butanoato de metila, 3-metiltio-propanoato de metila, butanoato de metila, hexanoato de metila, hexanoato de etila e 3-metiltio-propanoato de etila.

Umano *et al.* (1992) identificaram os compostos presentes no abacaxi verde e maduro. Muitos compostos identificados em nosso estudo também foram encontrados em ambos os estádios de maturação do abacaxi, como é o caso dos ésteres propanoato de etila, butanoato de etila, hexanoato de etila, octanoato de etila, dentre muitos outros. Os compostos pentanoato de metila e etila foram detectados somente no abacaxi verde e o 2-metil-acetato de propila no abacaxi maduro. Como ambos compostos foram detectados no suco da etapa extração pode-se inferir que na recepção da matéria-prima para a produção deste suco foram admitidos frutos verdes e maduros.

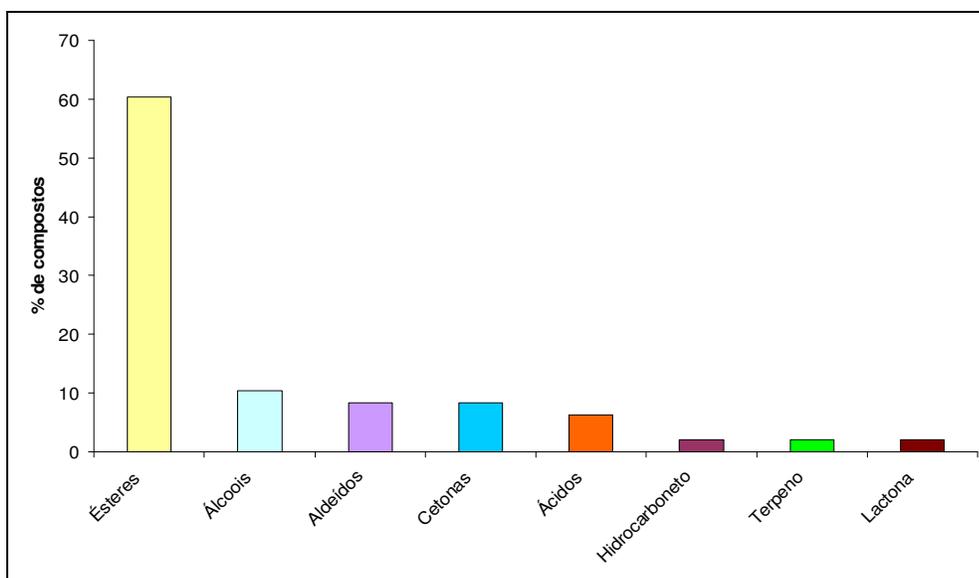


Figura 16 – Percentagem de compostos voláteis de cada classe química encontrados no suco de abacaxi.

Segundo Berger *et al.* (1985), é bastante conhecida a contribuição dos compostos 3-metil-tio-propanoato de metila e 3-metil-tio-propanoato de etila (picos 42 e 47) para o aroma e sabor de abacaxi. Takeoka *et al.* (1991) afirmaram que os mesmos são os constituintes majoritários encontrados em abacaxi e sua presença pode estar relacionada com a metionina. A explicação está na reação de *Stickland* (TAKEOKA *et al.*, 1991), que envolve a metionina e outro aminoácido e assim o ácido 3-metil-tio-propanóico e o ácido 4-metil-tio-butanóico são teoricamente formados. Estes compostos foram encontrados também por Elss *et al.* (2005) e Umano *et al.* (1992).

A Figura 17 ilustra o cromatograma dos compostos voláteis obtido do isolado concentrado da amostra extração (Figura 17A) comparado ao aromagrama consensual da equipe de 5 julgadores (Figura 17B), para auxiliar a visualização dos compostos voláteis importantes para o aroma do suco de abacaxi. A numeração dos picos do cromatograma e do aromagrama é a mesma, facilitando sua comparação.

A equipe de julgadores foi capaz de detectar 59 estímulos odoríferos. No entanto, observa-se que alguns picos do cromatograma ficaram mal resolvidos, sendo que os compostos saíram muito próximos ou co-eluíram. Assim um mesmo pico do aromagrama pode corresponder a dois compostos, pois seus aromas se misturaram e foram percebidos ao mesmo tempo pelos julgadores, os quais sentiram a mudança de qualidade de aroma, mas não conseguiram registrar o fim do primeiro estímulo e o início do próximo. É o caso dos picos 2 e 3 (NI), 8 e 9 (3-hidroxi-2-butanona + propanoato de etila), 12 e 13 (3-metil-1-butanol + 2-metil-1-butanol), 25 e 26 (2-metil-butanoato de etila + 3-metil-butanoato de etila). Já o pico 18 é uma mistura de dois compostos, 2-metil-butanoato de metila e 3-metil-butanoato de metila, que na análise cromatográfica co-eluíram como um único pico. Somente na espectrometria de massas foi possível detectar a presença dos dois compostos, pela diferença do espectro de massas em regiões distintas do pico. Esse fenômeno da co-eluição é comum, pois alguns compostos apresentam Índices de retenção muito próximos entre si.

O aromagrama foi dividido conforme a importância odorífera dos compostos em três regiões distintas. A primeira região, de intensidade de odor entre 0 e 2 compreendeu os compostos de baixa importância odorífera; a segunda, com valores entre >2 a 4, os de importância moderada e a última, determinada como a região de elevada importância, compreendeu a faixa acima de 4.

Utilizando esse critério para a interpretação dos resultados, a região de **elevada** importância odorífera compreendeu 16 compostos voláteis, os quais apresentados em ordem decrescente de intensidade foram: estireno, 2-metil-butanoato de metila + 3-metil-butanoato de metila, ácido butanóico, 3-hidroxi-2-butanona + propanoato de etila, pentanoato de etila, 2-metil-butanoato de etila + 3-metil-butanoato de etila, pico 1 (não identificado), pico g (não detectado pelo FID), acetofenona, hexanoato de etila, 4-etil-metoxi-fenol, 2-heptanona e 6-metil-5-hepten-2-ona. Entre os compostos considerados de importância **moderada** encontram-se o butanoato de etila, pico e (nd), pico 50 (NI), pico f (nd), nonanal, pico b (nd), picos 2 + 3 (NI), pico 5 (NI), pico i (nd), γ -hexalactona, pentanal, 3-metil-propanoato de etila e pico 1 (NI). Ainda foram encontrados pelos julgadores 33 compostos odoríferos que apresentaram **baixa** intensidade odorífera, no entanto, o aroma resultante do somatório destes compostos contribuiu para o aroma global deste suco de abacaxi.

Na Tabela 7 é também possível observar que muitos compostos foram percebidos pelos julgadores, porém não detectados pelo equipamento, ou seja, existem compostos importantes para o aroma de abacaxi, que estão em baixíssimas concentrações no isolado. Os picos b, e, f, g, além de apresentarem intensidade relativamente elevadas, apresentam áreas no aromagrama bastante expressivas.

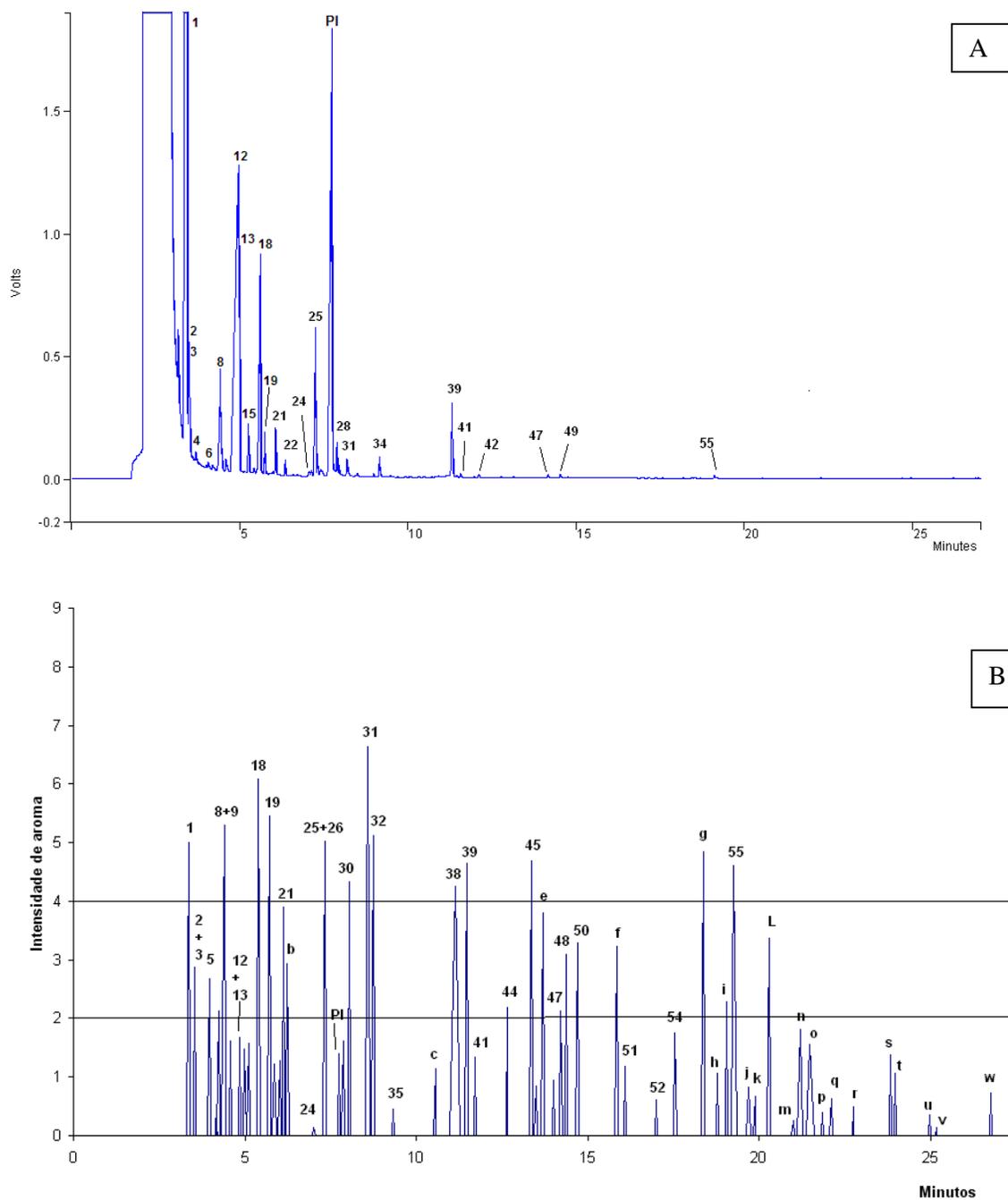


Figura 17 – Cromatograma (A) e aromagrama (B) do suco de abacaxi na etapa extração.

Os compostos também foram classificados em 3 grupos de acordo com a similaridade de seus descritores:

- ❖ Grupo 1 – qualidade de aroma descrito como *abacaxi*, que podia estar associado a descritores como frutal, floral, cítrico, e outros. São eles: picos 1 (NI), 2+3 (NI), 9 (propanoato de etila), 13 (2-metil-1-butanol), 18 (3-metil-butanoato de metila), 21 (butanoato de etila), 24 (E-2-butenoato de etila), 26 (3-metil-butanoato de etila), 39 (hexanoato de etila), 41 (E-3-hexenoato de etila) e os compostos não detectados a, g, r, u, v.
- ❖ Grupo 2 – compostos contribuintes, com aromas descritos como *frutal, floral, cítrico, erva, mel*, e outros similares, sem, no entanto, estarem associados ao aroma de abacaxi. São eles: picos 5 (NI), 11 (butanoato de metila), 14 (ácido 2-metil-propanóico), 18 (2-metil-butanoato de metila), 20 (carbonato de dietila), 25 (2-metil-butanoato de etila), 30 (2-heptanona), 32 (pentanoato de etila), 35 (3-hexenoato de metila), 44 (γ -hexalactona), 45 (acetofenona), 46 (NI), 47 (3-metiltio-propanoato de etila), 48 (Nonanal), 52 (octanoato de etila), 55 (4-etil-2-metoxi-fenol), e os compostos não detectados b, c, d, e, f, h, i, j, l, m, n, o, q, t, w.
- ❖ Grupo 3 – aromas desagradáveis, descritos como *fumaça, plástico, pungente, fruta estragada*, e outros similares. São eles: picos 7 (pentanal), 8 (3-hidroxi-2-butanona), 12 (3-metil-1-butanol), 15 (2-metil-propanoato de etila), 19 (ácido butanóico), 29 (acetato de 2-metil-1-butanol), 31 (estireno), 38 (6-metil-5-hepten-2-ona), 50 (NI), 51 (ácido octanóico), 54 (2,4-dimetil benzaldeído), e os compostos não detectados k, p, s.

Para classificar os compostos que co-eluíram na coluna cromatográfica em relação a estes três grupos, foram utilizadas as informações fornecidas pela base de dados *The Goods Scents Company* (2008). A Tabela 8 apresenta o aroma desses compostos segundo a base de dados pesquisada e os descritores reportados pelos julgadores neste estudo.

Takeoka *et al.* (1991) encontraram, na essência de abacaxi, o composto 2-metil butanoato de etila, especificamente a configuração S-(+). O enantiômero S-(+) tem um alto poder odorífero e um *threshold* de 6 ppt. Este valor é consideravelmente inferior (0.006 vs 0.3 ppb) do que aquele utilizado anteriormente para calcular o valor da Unidade de Odor em abacaxi (Takeoka *et al.*, 1989). Este valor recalculado do 2-metil-butanoato de etila é 11000, o

que o torna o segundo maior contribuinte do odor (depois do furaneol) para o aroma de abacaxi. Vale ressaltar que em nosso estudo este composto apresentou um elevado poder odorífero tendo como descritor “abacaxi”.

Tokitomo *et al.* (2005) analisaram os compostos odoríferos do abacaxi pelo método de diluição (AEDA) e encontraram 29 compostos. Dentre os que apresentaram maior Fator de Diluição (FD), ou seja, maior poder odorífero, estão o 2-metil-butanoato de etila (apresentando aroma frutal), o 2 e 3-metil-butanoato de metila (aroma frutal e maçã) e o 2-metil-propanoato de etila (frutal e doce). Foram encontrados também os compostos 2-metil-propanoato de metila (frutal e doce), butanoato de etila (frutal), hexanoato de etila (frutal) e ácido butanóico (ácido).

Wu *et al.* (1991) estudaram os compostos livres e glicosilados em abacaxi. A fração volátil livre apresentou aroma frutal e de abacaxi, enquanto que as frações ligadas não apresentaram odor. Segundo os autores, somente uma hidrólise enzimática faz com que a fração liberada da ligação glicosídica tenha características de aroma frutal e abacaxi. Dentre os compostos glicosilados, têm-se o γ -hexalactona e o 2-fenil etanol. Quanto aos compostos livres, os autores encontraram acetato de propila, butanoato de metila, 3-metil-butanol, 2-metil butanoato de metila, pentanoato de metila, 3-hexenoato de metila e hexanoato de etila.

Tabela 8 – Descritores dos compostos que saíram juntos no efluente cromatográfico segundo a base de dados *The Goods Scents Company* e os encontrados neste estudo.

Pico	Compostos	Descritores		Gr
		<i>The Goods Scents Company</i>	No presente estudo	
8	3-hidroxi-2-butanona	Amanteigado, gorduroso	Plástico, polímero, cola	Grupo 3
9	propanoato de etila	Frutal, doce, uva, abacaxi	Frutal, abacaxi	
12	3-metil-1-butanol	Fermentado, óleo fúsel	Desagradável, plástico	Grupo 1
13	2-metil-1-butanol	Frutal, vinho	Frutal, abacaxi	
18	2-metil-butanoato de metila	Frutal, doce, tutti-frutti	Frutal, doce, tutti-frutti	Grupo 2
18	3-metil-butanoato de metila	Frutal, abacaxi, maçã	Frutal, abacaxi	
25	2-metil-butanoato de etila	Frutal, verde, maçã, doce	Fermentado, frutal, vit C	Grupo 1
26	3-metil-butanoato de etila	Frutal, abacaxi, tutti-frutti	Frutal, abacaxi, tutti-frutti	

Gr = grupo de descritores ( Grupo 1  Grupo 2  Grupo 3)

4.3 Efeito do processamento na composição de voláteis do suco de abacaxi

A Tabela 9 apresenta a identificação dos compostos voláteis, os Índices de Retenção práticos (determinados neste estudo) e as respectivas áreas padronizadas das amostras de suco de abacaxi nas etapas do processamento (Lote 1).

De um modo geral, verificou-se uma diminuição gradual do perfil de compostos voláteis com o processamento, até a perda quase total dos voláteis na etapa concentração. O cromatograma do suco concentrado apresentou apenas o pico do padrão interno e alguns compostos traços, o que leva a considerar que esta etapa foi a mais drástica com grande perda dos compostos voláteis, os quais se estão presentes no isolado, estão em baixíssimas concentrações, abaixo do limite de detecção do equipamento. Segundo Garruti (2001), como na análise do *headspace* a alíquota dos vapores a ser analisada é coletada de forma direta, os compostos que estiverem presentes em concentrações muito pequenas ou aqueles que apresentarem pressões de vapor relativamente baixas, podem não ser detectados no cromatógrafo. Então, os picos obtidos na análise cromatográfica serão apenas dos componentes com maiores pressões de vapor e dos presentes em quantidades elevadas.

Foram escolhidos 13 compostos voláteis odoríferos para serem monitorados, dentre aqueles de maior importância odorífera, determinada na olfatométrica. Os critérios utilizados para essa escolha foram a existência de área sob o pico do cromatograma (acima de traços, em pelo menos uma etapa) e descritores representativos dos três grupos odoríferos. A Figura 18 ilustra a variação dos compostos monitorados tendo a amostra extração como referência.

De maneira geral, o processamento contribuiu para a alteração do perfil de voláteis do suco de abacaxi em todas as etapas. É possível observar que na etapa concentração todos os compostos tiveram uma drástica redução com a perda de muitos compostos. Os compostos 3-hidroxi-2-butanona (acetoina), propanoato de etila, 2-metil-1-butanol, 2-metil-butanoato de metila, butanoato de etila, 2-metil-butanoato de etila, isovalerato de etila e o 4-etil guaiacol, pertencentes aos Grupos 1 e 2 (descritos como abacaxi e contribuintes, respectivamente), exceto o 3-hidroxi-2-butanona (Grupo 3), tiveram suas áreas reduzidas nas etapas *finisher* e centrifugação. O ácido butanóico teve um aumento expressivo com o processamento (quase 200%) juntamente com o acetato de 2-metil-1-butila, cujos descritores de ambos os compostos fazem parte do Grupo 3 (desagradáveis). O pentanoato de etila

(valerato de etila), por sua vez, na etapa *finisher* permaneceu inalterado, mas aumentou 75% em área na etapa centrifugação.

Essa mudança no perfil de voláteis pode ser causada devido ao fato de que após a extração, o suco de abacaxi é encaminhado ao trocador de calor, onde é aquecido até 50-60°C, e enviado às centrífugas para separação da polpa mais fina e de “pontos pretos”, bastante comuns nas cascas do abacaxi (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007). Este aquecimento, que embora seja brando, pode dar início às primeiras mudanças no perfil de voláteis causados pelo tratamento térmico, terminando com a etapa de concentração, onde o suco é encaminhado aos evaporadores de filme descendente, submetido a temperaturas maiores.

Ribeiro Júnior (2007) desenvolveu um processo combinado de evaporação por contato direto e permeação de vapor para tratamento de sucos de frutas, o qual foi desenvolvido com foco no suco de laranja, devido a sua importância na economia nacional. O processo pode ser usado também para processar outras frutas tropicais, aplica uma nova rota para a produção de sucos de frutas concentrados envolvendo as técnicas de evaporação por contato direto e permeação de vapor com membranas seletivas. A técnica de evaporação por contato direto, tem a grande vantagem de permitir a vaporização da água a temperaturas mais baixas, minimizando a degradação térmica dos compostos do suco, e garantindo um sabor mais próximo do suco real, assegura o pesquisador. O equipamento do novo processo é considerado de fácil construção, constituído basicamente por uma coluna de líquido através da qual borbulha um gás superaquecido. O contato direto entre os fluidos, quente e frio, permite maior eficiência de transmissão de calor, possibilitando a utilização de temperaturas moderadas.

Tabela 9 – Área padronizada média dos picos dos compostos voláteis do suco de abacaxi coletado em diferentes etapas do processamento.

Pico	IR	Composto	Área padronizada média			
			Extração	Finisher	Centrifug.	Concent.
1	< 800	NI	nq	nq	nq	nd
2	< 800	NI	nq	nq	nq	nd
3	< 800	NI	nq	nq	nq	tr
4	< 800	NI	nq	nq	nq	tr
5	< 800	NI	nq	nq	nq	tr
6	< 800	2-metil-propanoato de metila	1,16	0,34	0,24	tr
7	< 800	Pentanal	nd	0,33	0,48	tr
8	< 800	3-hidroxi-2-butanona (Acetoína)	11,63	6,91	4,33	tr
9	< 800	Propanoato de etila	17,60	7,77	3,90	tr
10	< 800	Acetato de propila	nd	nd	nd	nd
11	< 800	Butanoato de metila	4,38	5,59	3,08	tr
12	< 800	3-metil-1-butanol	54,89	23,53	66,12	tr
13	< 800	2-metil-1-butanol	86,53	31,29	29,13	tr
14	< 800	Ácido 2-metil-propanóico	nd	nd	0,04	tr
15	< 800	2-metil-propanoato de etila	6,24	2,14	3,99	tr
16	< 800	1-pentanol	tr	0,79	0,95	nd
17	< 800	2-metil-acetato de propila	1,35	3,01	3,92	nd
18	< 800	2-metil-butanoato de metila + 3-metil-butanoato de metila	37,06	31,51	17,28	tr
19	< 800	ácido butanóico	0,81	1,14	2,41	tr
20	< 800	carbonato de dietila	tr	tr	tr	tr
21	813	butanoato de etila	5,50	4,59	4,02	tr
22	825	2-hidroxi-propanoato de etila	0,61	0,27	1,23	nd
23	834	Pentanoato de metila	tr	0,30	0,55	nd
24	853	E-2-butenato de etila	0,87	0,22	0,46	nd
25	861	2-metil-butanoato de etila	18,42	17,83	14,94	tr
26	863	3-metil-butanoato de etila	1,92	0,71	0,75	nd
27	866	NI	tr	tr	tr	t
PI	878	<i>p</i> -xileno	1	1	1	1
28	883	Acetato de isoamila	2,70	2,20	8,32	tr
29	885	Acetato de 2-metil-1-butila	1,30	1,30	3,81	tr

Continua...

Tabela 9 – Área padronizada média dos picos dos compostos voláteis do suco de abacaxi coletado em diferentes etapas do processamento.

Pico	IR	Composto	Área padronizada média			
			Extração	Finisher	Centrifug.	Concent.
30	889	2-heptanona	tr	tr	tr	nd
31	893	Estireno	1,37	0,57	1,79	tr
32	904	Pentanoato de etila (valerato de etila)	0,1	0,10	0,61	nd
33	923	2-hidroxi-2-metil-butanoato de metila	tr	0,30	0,36	nd
34	929	Hexanoato de metila	0,95	3,02	1,25	tr
35	936	3-hexenoato de metila	tr	0,10	0,17	nd
36	939	3-hidroxi-butanoato de etila	tr	tr	tr	nd
37	941	E-2-metil-2-butenato de etila	tr	0,62	0,07	nd
38	989	6-metil-5-hepten-2-ona	tr	0,50	0,43	tr
39	1002	Hexanoato de etila	5,03	2,26	5,97	tr
40	1008	Z-3-hexenoato de etila	tr	0,12	0,29	nd
41	1012	E-3-hexenoato de etila	0,40	0,60	0,56	nd
42	1026	3-metiltio-propanoato de metila	tr	1,75	0,41	nd
43	1032	Limoneno	tr	tr	tr	nd
44	1055	γ -hexalactona	tr	tr	tr	nd
45	1067	Acetofenona	tr	tr	tr	nd
46	1094	NI	tr	tr	tr	nd
47	1099	3-metiltio-propanoato de etila	tr	0,24	0,19	tr
48	1103	Nonanal	tr	tr	tr	nd
49	1113	2-fenil etanol (fenil etil álcool)	tr	0,68	0,32	nd
50	1121	NI	tr	tr	tr	nd
51	1166	Ácido octanóico	0,23	0,09	0,18	tr
52	1194	Octanoato de etila	tr	tr	0,35	nd
53	1204	Decanal	tr	tr	tr	nd
54	1215	2,4-dimetil benzaldeído	tr	tr	tr	nd
55	1279	4-etil-2-metox-etanol (4-etil guaiacol)	0,24	0,19	0,18	nd

nq = não quantificado

nd = não detectado pelo FID

tr = traços

NI = não identificado pelo espectrômetro de massas

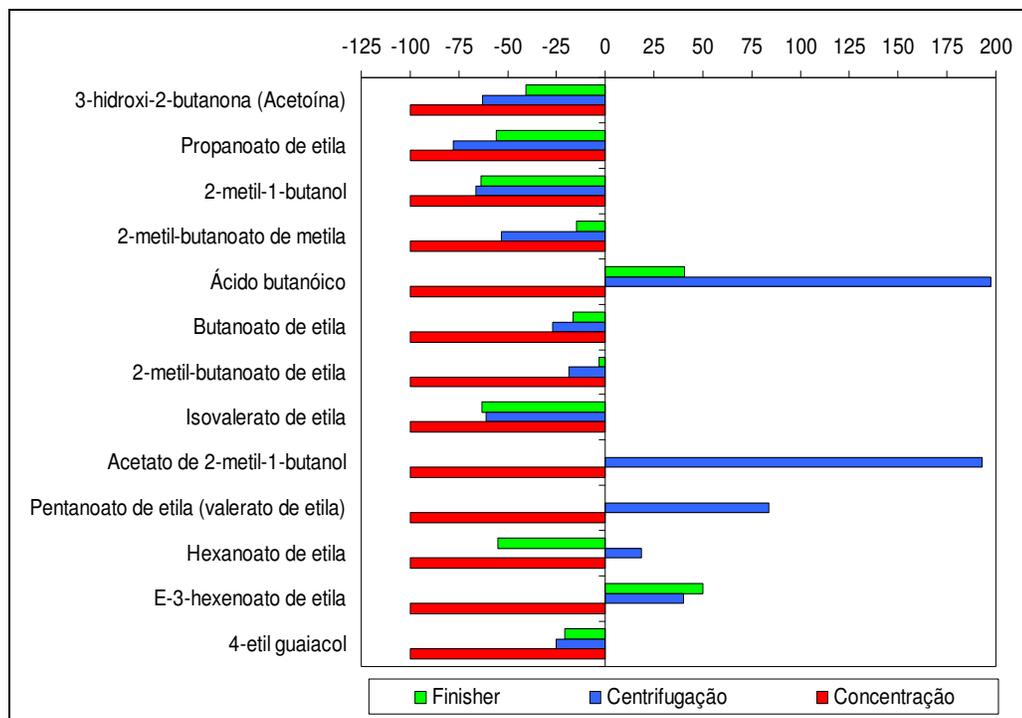


Figura 18 – Efeito do processamento na área padronizada dos compostos voláteis monitorados do suco de abacaxi.

A composição de voláteis dos sucos de frutas é muito complexa e delicada. Durante o processamento, compostos responsáveis pelo aroma podem ser perdidos por influência da atividade enzimática e evaporação térmica (POLL *et al.*, 2006), manuseio das matérias-primas e armazenamento. Poll *et al.*, (2006) comparando as amostras da matéria prima, suco pasteurizado e concentrado, analisaram as mudanças no aroma de maçã e groselha negra durante o tratamento térmico e verificaram que houve perdas elevadas principalmente de ésteres e terpenos (80 a 90%).

Janzantti *et al.* (2003) avaliando o efeito do processamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçã, também constatou mudanças drásticas com o tratamento térmico, no qual ocorreu a perda total e parcial de alguns ésteres e 15 componentes não identificados.

O método convencional de concentração por evaporação da água utiliza condições muito mais drásticas de tempo e temperatura que o processo de pasteurização. Elss *et al.* (2005) e Steinhaus *et al.* (2006) também relatam mudanças consideráveis na composição de voláteis dos sucos concentrados de abacaxi e maçã, respectivamente. Varming *et al.* (2004)

avaliaram a influência do tratamento térmico no aroma do suco de groselha negra em diferentes temperaturas (45, 60, 75, e 90°C) e tempos (2,5, 5, 10, 30, e 60 min), simulando um processo de concentração em sistema fechado. Dos quarenta e nove compostos quantificados, foram observados aumentos na concentração de terpenos, aldeídos, furanos e fenóis com o tratamento térmico, enquanto que a concentração de ésteres foi reduzida. Quanto maior a temperatura, mais drástica foi a influência do tempo de aquecimento no perfil de voláteis.

Segundo Rodriguez-Amaya (2004), o calor excessivo pode levar à formação de vários compostos odoríferos, tais como, derivados do furano, compostos carbonílicos, álcoois, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos. No entanto, estes compostos não foram detectados no cromatograma do suco concentrado, mas eles podem estar presentes no aroma do isolado em concentrações abaixo do nível de sensibilidade do equipamento.

Ramteke *et al.* (1990) estudaram o comportamento dos compostos voláteis do aroma durante a concentração evaporativa de sucos e polpas de algumas frutas tropicais (abacaxi, manga e goiaba), mostrando que 85-90% dos voláteis são removidos a um grau de evaporação de 60% de água no suco, em uma evaporação de simples estágio, ou a 32-35% evaporação total em um sistema de múltiplos estágios. Tais compostos odoríferos podem ser recuperados por destilação e concentrados em um recuperador de aromas, sendo adicionados ao suco concentrado para melhorar a qualidade do produto final.

5 CONCLUSÕES

- ❖ Através da análise olfatométrica, conclui-se que os compostos que mais contribuem para o aroma do suco de abacaxi são em sua maioria, ésteres como o propanoato de etila, 2-metil-butanoato de metila, 3-metil-butanoato de metila, 2-metil-butanoato de etila, 3-metil-butanoato de etila, pentanoato de etila, hexanoato de etila, butanoato de etila, e também compostos de outras classes químicas como 3-hidroxi-2-butanona, ácido butanóico, 6-metil-5-hepten-2-ona, 4-etil-metoxi-fenol, acetofenona e estireno, os quais apresentaram alto poder odorífero.
- ❖ Através dos resultados obtidos pela Análise Descritiva Quantitativa, conclui-se que as etapas *finisher* e centrifugação não modificaram drasticamente o perfil sensorial do suco recém extraído. Porém, o suco final, concentrado, apresentou um perfil diferente das etapas iniciais do processamento, sendo caracterizado por uma maior intensidade de descritores indesejáveis, tais como, aroma e sabor de fruta cozida e aroma artificial, não característicos da fruta fresca, além de um expressivo aroma adocicado.
- ❖ De um modo geral, o processamento de suco concentrado causou uma diminuição gradual no perfil de voláteis, chegando até a uma perda quase total dos compostos na etapa de concentração. Alguns compostos descritos como abacaxi e notas contribuintes, tiveram suas áreas reduzidas enquanto compostos com descritores desagradáveis apresentaram um aumento expressivo, provocando um desbalanceamento desses compostos o qual contribuiu negativamente para o aroma e sabor do suco concentrado.
- ❖ Em termos industriais, deve-se levar em consideração que apesar do fato de que o perfil sensorial não tenha se modificado nas etapas *finisher* e centrifugação, deve-se sempre manter um controle rígido, principalmente antes da centrifugação onde o suco é transferido ao trocador de calor, pois com um pequeno aumento de temperatura já começa a modificar o perfil de voláteis. Quanto à concentração, deve-se fazer uma reformulação do processo ou buscar alternativas tecnológicas que não modifiquem drasticamente o perfil sensorial dos sucos, substituindo assim o evaporador de filme descendente. Outra maneira é acoplar ao sistema de evaporação um eficiente recuperador de aromas para que os principais compostos voláteis sejam adicionados ao suco concentrado melhorando, assim, a qualidade do produto final.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACREE, T.E.; BARNARD, J.; CUNNINGHAM, D.G. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents. **Food Chem.**, v.14, n.4, p.273-286, 1984.

ACREE, T.E.; HEINRICH, Flavornet – Gas chromatography-olfactometry (GCO) of natural products. www.nysaes.cornell.edu/flavornet/chem.html. Acesso em: 20 jun. 2007.

AGRIANUAL 2008. **Anuário da Agricultura Brasileira**. Sílvia Corrêa...[et al.]. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 2008. 136 p.:il. ISSN 1808-4931

AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 187p.

BASTOS, D. H. M.; **Compostos voláteis de méis de eucalipto e laranja**. 1996. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996.

BERGER, R. G.;DRAWERT, F.; KOLLMANNBERGER, S.N.; SCHRAUFSTETTER, B. Novel volatiles in pineapple fruit and their sensory properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.33, p. 232-235, 1985.

BOTREL, N.; PATTO DE ABREU, C.M. Colheita, cuidados e fisiologia pós-colheita do abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.33-40, 1994.

BRENDLER, A. **Participação da fruticultura na receita da agricultura brasileira avança em 2006**. Agência Brasil, 17 out. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/10/17/materia.2007-1017.3881843225/view>> Acesso em: 1 jan. 2008.

CAMPOS, A. M. **Efeito de adoçantes e edulcorantes na formulação de geléias de fruta com pectina aminada**. 1993. 166 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

CARDELLO, H.M.; DAMÁSIO, M.H. **Análise tempo-intensidade**. Bol. SBCTA, v.30, n.2, p.156-165, 1996.

CLIFF, M.;HEYMANN, H. Time-intensity evaluation of oral burn. **Journal of sensory studies**, v. 8, n. 3, p. 201-211, 1993.

COORDENADORIA DE IMPRENSA DO GOVERNO 2008. **Exportações cearenses crescem 11,20% em 2008. Disponível em:** <<http://www.ceara.gov.br/noticias/exportacoes-cearenses-crescem-11-20-em-2008>> Acesso em: 29 jan. 2009.

CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 480p.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P.; CALDAS, R. C. Avaliação de genótipos de abacaxi resistentes à fusariose em Coração de Maria, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 19, n. 3, p. 219-223, jul./set., 2007.

DA CUNHA, G. A. P.; MATOS, A. P.; SOUZA, L. F. S.; SANCHES, N. F.; REINHARDT, D. H. R. C.; CABRAL, J. R. S. **A cultura do abacaxi**, v.12, p. 18-21, 1994.

DAHLEN, T.; HAUCK, T.; WEIN, M.; SCHWAB, W. 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone as a secondary metabolite from D-fructose-1,6-diphosphate metabolism by *Zygosaccharomyces rouxii*. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 91, n. 4, p. 352 – 358, 2001

DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Rev. Agroq. Tecn. Alim.**, v.31, n.2, p.165-178, 1991

DA SILVA, M.A.A.P. ; LUNDAHL, D.S.; MCDANIEL, M.R. The capability and psychophysics of Osme: a new GC-olfactometry technique. In: MAARSE, H.; VAN DER HEIJ, D.G. (eds) *Trends in flavour research: : proceedings of the 7th Weurman Flavour Research Symposium* Amsterdam: Elsevier, p. 191-209, 1992.

DA SILVA, M. A. A. P.; SAMPAIO, K. L.; BERTOLINI, A. C. CG-Olfatometria (CG-O): uma revisão. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo, Brasil. Editora Varela, p.29-46, 2004.

DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MARCELLINI, A. M. B.; LABOISSIERE, L. H. E. S.; CAMARGO, L. M. A. Q. Perfil sensorial de suco de abacaxi obtido a partir da polpa submetida à Alta Pressão Hidrostática (APH). **Embrapa: Comunicado técnico 87**. Rio de Janeiro, 2005.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba, Champagnat, 1996. 123 p.

ELSS, S., PRESTON, C., HERTIZIG, C., HECKEL, F., RICHLING, E., SCHREIER, P. Aroma profiles of pineapple fruit (*Ananas comosus* [L.] Merr.) and pineapple products. **LWT-Food Sci. and Technol.** v. 38, p. 263-274, 2005.

EMBRAPA **Informação Tecnológica**. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e sucos de frutas / Embrapa Agroindústria de Alimentos, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília, 2003.

ETTIÉVANT, P. X.; CALLEMENT, G. LANGLOIS, D.; ISSNCHOU, S. COQUIBUS, N. Odor intensity evaluation in gas chromatography-olfactometry by Finger Span method. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.1673-1680, 1999.

FAEP. **Federação da Agricultura do estado Paraná**. Disponível em: <<http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/frutas/abacaxi.htm>>. Acesso em: 8 out. 2008.

FRANCO, M. R. **Componentes voláteis e sabor de manga (*Mangifera indica* L.) e mamão (*Carica papaya* L.)**. 1992. 192 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

FRANCO, M. R. B. Aroma de Frutas Tropicais:II. Goiaba e Abacaxi. In: FRANCO, M.R.B.(Ed.). **Aroma e sabor de alimentos: Temas atuais**. São Paulo, Editora Varela, 2004.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Aroma de Frutas Tropicais: Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M.R.B.(Ed.). **Aroma e sabor de alimentos: Temas atuais**. São Paulo, Editora Varela, 2004.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatile on Poropak Q by suction. **J. Sci. Food Agric.**, v.34, n.3, p.293-299, 1983.

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

GARRUTI, D. S.; FRANCO, M. R. B.; DA SILVA, M. A. A. P.; JANZANTTI, N. S.; ALVES, G. L. Evaluation of volatile flavour compounds from cashew apple (*Anacardium occidentale* L) juice by the Osme gas chromatography/olfactometry technique. **J.Sci. Food Agric.**, v.83, p.1455-1462, 2003.

GONÇALVES, N.B. In: Frutas do Brasil, 5. **Abacaxi: pós-colheita**. Ed. Brasília: Embrapa-SCT, 2000. Cap 1.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. **Característica do abacaxi**. Toda fruta, 13 dez. 2002. Fonte Ceinfo. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=1060>. Acesso em: 1 jan. 2008.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D.; Características da fruta. In: GONÇALVES, N. B. (Org.). **Abacaxi. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Frutas do Brasil; 5. 2000.

GRANADA, G. G.; ZAMBAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B.; ROSA, F. Carragena e jataí em geléias light. de abacaxi. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas/SP: Sociedade Brasileira de Ciência e tecnologia de Alimentos, 2001, v.1, p. 308.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2006**. Comunicação social 17 out. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=998> Acesso em: 1 de jan. 2008.

IBRAF. **Instituto Brasileiro de Frutas**. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_processadas.asp>. Acesso em: 8 out. 2008.

JALES, K. A, MAIA, G. A., GARRUTI, D. S., SOUZA NETO, M. A., AZEREDO, H. M. C., BRITO, E. S. Otimização das condições de isolamento dos voláteis do headspace do maracujá amarelo por concentração a vácuo em Porapak Q. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.17, n.2, p.195-201, 2006.

JANZANTTI, N. S. I. **Composição de voláteis de maçãs (*Malus domestica*) cultivar Fuji. II. Efeito do processamento e do armazenamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçãs Fuji.** 1996. 186 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

JANZANTTI, N. S. I.; FRANCO, M. R. B., WOSIACKI, G. Efeito do processamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçã Fuji. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.23 n.3 Set./Dec. 2003

JENNINGS, W.; SHIBAMOTO, T. **Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography** NY: Academic Press, 1980, 472p.

LAWLESS, H. T. & HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices.** Chapman & Hall, New York, NY, p. 606-608, 1998.

LELAND, V. J. Flavor interactions: the greater whole. **Food Technology**, Chicago, v. 5, n. 1, p.75-80, 1997.

LINSSEN, J. P. H.; JANSSENS, G. M.; ROOZEN, J. P.; POSTHUMUS, M. A. Combined gas chromatography and sniffing pot analysis of volatile compounds of mineral water packed in polyethylene laminated packages. **Food Chem.**, v. 46, p.367-371, 1993.

LYON, B. G. Development of chicken flavor descriptive attribute terms aided by multivariate statistical procedures. **Journal of Sensory Studies**, v. 2, p. 55-67, 1987.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais.** Fortaleza: Edições UFC, 2007. 320p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical - 5:** abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501p.

MARCELLINI, A. M. B.; DELIZA, R.; LABOISSIERE, L. H. E. S.; CAMARGO, L. M. A.; ROSENTHAL, A. Does High Pressure really preserve pineapple juice sensory attributes? **Proceedings of the 4th International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology**, v. 1, p. 302-307, 2007.

MCDANIEL, M.R.; MIRANDA-LOPEZ, R.; WATSON, B.T.; MICHEALS, N.J.; LIBBEY, L.M. **Pinot Noir aroma: a sensory/gas chromatographic approach.** In: Flavors and off-flavors. Charalambous, G. (Ed.); Elsevier Science Publishers: Amsterdam, p.23-36, 1990.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.

MEILGAARD, M.R.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC, v.2, 1987. 159p.

MJØS, S. A., MEIER, S., BOITSOV, S. Alkylphenol retention indices. **Journal of Chromatography A**, v.1123, p.98–105, 2006.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods: Marketing and R & D approaches**. Westport: Food and Nutrition Press, 1983, 605p.

NIELSEN. **Dados para estudantes**. Disponível em:
<http://br.nielsen.com/press/press_dadosparaEstudantes.shtml>. Acesso em: 8 out. 2008.

NIST – National Institute of Standards and Technology, Base de dados de referência padrão do Nist, n. 69, junho 2005. Disponível em: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>
Acesso em: 13 set. 2007.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (keitt) e abacaxi (pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n.1, p. 128-131, jan/abr. 2000.

PINTO, L. G. C. **Efeito do processamento sobre o perfil sensorial e os constituintes voláteis do suco de acerola (*Malpighia glabra L.*)**. 2007, 91 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

POLL, L., NIELSEN, G. S., VARMING, C., PETERSEN, M. A. In: **“Flavor Science: Recent Advances and Trends”** (W. L. P. Bredie and M. A. Peterson, Ed.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam. p.239-244, 2006.

POLLIN, P.; FAY, L.B.; BAUMGARTNER, M.; CHAINTREAU, A. First attempt of odorant quantitation using gas chromatography-olfactometry. **Anal. Chem.**, v.71, n.23, p.5391-5397, 1997.

PORRETA, S. Use of Descriptive Analysis based on multivariate technique Principal Components Analysis) to define quality of diced tomato. **Food Quality and Preference**, v. 5, p.139-144. 1994

(QUINTINO, H. M. S. Benefícios sociais da política de incentivos à cultura do mamão no Estado do Ceará. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2007.

RAMTEKE, R.S.; EIPESON, W.E.; PATWARDHAN, M.V. Behaviour of aroma volatiles during the evaporative concentration of some tropical fruit juices and pulps. **J. Sci. Food Agric.**, v.50, n.3, p.399-405, 1990.

REINECCIUS, G. **Choosing the correct analytical technique in aroma analysis**. In: Flavour in food. VOILLEY, A. & ETIÉVANT, P. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, p.81-95, 2006.

- REIS, J. N. P. Competitividade das exportações brasileiras de frutas tropicais. **Rev.Cent. Admin**, Fortaleza, v.11, n.1, p. 125-132, ago.2005
- RIBEIRO JÚNIOR, C. P. **Desenvolvimento de um processo combinado de evaporação por contato direto e permeação de vapor para tratamento de sucos de fruta**. 2005. 390 f. Tese (doutorado em Engenharia Química) – COPPE, Universidade federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M.R.B.(Ed.). **Aroma e sabor de alimentos: Temas atuais**. São Paulo, Editora Varela, 2004.
- SAINZ, R. L.; PERAÇA, R. T. **Módulo V: processamento de produtos minimamente processados**. Pelotas: UFPEL, 2001. 33 p.
- SAS (Statistical Analysis System) for Windows, Versão 8, USA: Microsoft Corporation, 2008.
- SEAGRI, 2004 – Secretaria da Agricultura e Pecuária do Ceará. **Projeto frutas do Ceará - Fruticultura no Ceará**. Governo do Estado do Ceará, Ceará, Brasil. Disponível em: <www.seagri.ce.gov.br/siga/fruticultura_no_ceara.pdf>. Acesso em: 07 de nov. de 2008.
- SENASA. **Servicio Nacional de Sanidad Agraria**. Ministerio de Agricultura. Seminario Internacional Sobre los Impactos de las Normas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos, 2003. Disponível em: <http://www.senasa.gob.pe/inocuidad/inocuidad_agroalimentaria/ALCUEFOOD_1.pdf> Acesso em: 20 dez. 2007.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.
- STEINHAUS, M., BOGEN, J., AND SCHIEBERLE, P. Key aroma compounds in apple juice – changes during juice concentration. In: **“Flavour Science: Recent Advances and Trends”** (W. L. P. Bredie, and M. A. Peterson, Ed.), Elsevier Science Publishers, Amsterdam. p. 189-192. 2006.
- STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. Academic Press:New York.1993, 338p.
- STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Techn.**, v.28, n.11, p.24-34, 1974.
- TAKEOKA, G. R., BUTTERY, R. G., TERMISHI, R., FLATH, R. A., GUNTERT M. Identification of Additional Pineapple Volatiles. **J. Agric. Food Chem.** v.39, p.1848-1851, 1991.
- TAKEOKA, G.; BUTTERY, R. G.; FLATH, R. A.; TERANISHI, R.; WHEELER, E. L.; WIECZOREK, R. L.; GUENTERT, M. Volatile constituents of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr). In: TERANISHI, R.; BUTTERY, R. G.; SHADINI, S. F. (Ed.). Flavor chemistry: trends and developments. Washington, DC: American Chemical Society, (A.C.S. Symposium Series 388), p. 223-237. 1989.

THE GOOD SCENTS COMPANY. **Flavor and Fragrance Information**. Disponível em: <<http://www.thegoodscentscompany.com/allprod.html>> Acesso em: 03 out. 2008.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.34, n.1, p.52-59, 2000.

THOMAZINI, M. **Compostos voláteis de sucos provenientes da fruta e polpa congeladas de umbu (Spondias tuberosa, Anacardiaceae)**. Campinas, 1998. 174p. Tese (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

TOKITOMO, Y., STEINHAUS, M., BÜTTNER, A., SCHIEBERLE, P. Odor-active constituents in fresh pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) by Quantitative and Sensory Evaluation. **Biosci. Biotechnol. Biochem.** v. 69, n. 7, p.1323-1330, 2005.

ULLRICH, F.; GROSCH, W.; Identification of the most intense volatile flavor compounds formed during autoxidation of linoleic acid. **Z. Lebensm. Unters. Forsch.**, v.184, p.277-282, 1987.

UMANO, K.; HAGI, Y.; SHOGI, A.; SHIBAMOTO, T. Volatile Constituents of green and ripened pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.599-603, 1992.

VARMING, C., ANDERSEN, M. L., POLL, L. Influence of Thermal Treatment on Black Currant (*Ribes nigrum* L.) Juice Aroma. **J. Agric. Food Chem.**, v. 52, p.7628 -7636, 2004.

WAGNER, R. **Composição de voláteis e aroma de salames nacionais tipos Italiano e Milano**. 2008. 277f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

WARRISS, P. D. **Meat science. An introduction text**. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing. CAB International, 2000. 310p.

WU, P.; KUO, M. C.; HARTAMAN, T. G.; ROSEN, R. T.; HO, C. T. Free and Glycosidically bound Aroma Compounds in Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, p. 170-172, 1991.

XLSTAT-MX. Excel software (2005).

YANG, X.; PEPPARD, T. Solid-phase microextraction for flavor analysis. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, D.C., v. 42, p. 1925 – 1930, 1994.