

# Recuperação e concentração de componentes do aroma de caju (*Anacardium occidentale* L.) por pervaporação

Recovery of aroma compounds of cashew apple fruit (*Anacardium occidentale* L.) by pervaporation

André von Randow de ASSIS<sup>1</sup>, Humberto Ribeiro BIZZO<sup>2</sup>,  
Virgínia Martins da MATTA<sup>3</sup>, Lourdes Maria Corrêa CABRAL<sup>4\*</sup>

## Resumo

A pervaporação é um processo de separação por membranas, no qual misturas líquidas são fracionadas devido à sua vaporização parcial através de uma membrana densa de permeabilidade seletiva. Este processo pode ser utilizado na recuperação e concentração de componentes de aromas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a pervaporação para obtenção de um extrato natural de aroma de caju, que poderá ser utilizado como aditivo na indústria de alimentos. Polpa de caju foi a matéria-prima utilizada no trabalho. O processo de pervaporação foi conduzido a 25 e 35 °C em membranas de polidimetilsiloxano. Foram recolhidas amostras do suco de caju, no início e ao final do processo, e do permeado para a caracterização do perfil aromático através de CG-EM. O processo de pervaporação apresentou um alto fluxo de permeado para o suco de caju, 0,11 e 0,17 kg.hm<sup>-2</sup> a 25 e 35 °C, respectivamente. Os cromatogramas revelaram um grande aumento no número de picos nas amostras de permeado em relação aos cromatogramas das amostras do suco de caju original, sendo que cerca de 50% dos componentes identificados no permeado apresentaram um acréscimo em suas áreas em relação aos do suco original, indicando a potencialidade deste processo para a concentração do aroma de caju.

**Palavras-chave:** processos com membranas; sucos tropicais; compostos voláteis.

## Abstract

Pervaporation is a membrane separation process in which components from liquid mixtures are fractionated due to their partial vaporisation through a dense selective membrane. This process can be used to recover aroma compounds. The objective of this work was to evaluate the pervaporation to obtain a natural aroma extract from cashew apple fruit, which can be used as an additive in the food industry. Cashew pulp was used as raw material. Pervaporation was carried out at 25 and 35 °C using polymethylsiloxane membranes. Samples of the cashew juice in the beginning and at the end of the pervaporation and from the permeate were picked to characterise the aromatic profile by GC-MS. The pervaporation of the cashew juice presented a high permeate flux, 0.11 kg.hm<sup>-2</sup> and 0.17 kg.hm<sup>-2</sup>, at 25 and 35 °C, respectively. The chromatograms showed an increase in the number of compounds in the permeate samples when compared to the chromatograms of the cashew juice. By comparing the peak areas, it could be observed that almost 50% of the identified components in the permeate samples presented an increase in the peak area, showing the potentiality of this process to the concentration of the aroma of cashew apple juice.

**Keywords:** membrane processes; tropical fruit juices; volatile compounds.

## 1 Introdução

A pervaporação é um processo de separação por membranas, em que os componentes de misturas líquidas são fracionados devido à sua vaporização parcial através de uma membrana densa de permeabilidade seletiva<sup>1</sup>.

A força motriz para a transferência de massa é o gradiente de potencial químico criado pela diferença de concentração dos componentes entre os lados da alimentação e do permeado<sup>1</sup>. Na pervaporação, ao contrário de outros processos com membrana, ocorre mudança de fase: a alimentação líquida se difunde seletivamente através da membrana, sendo o permeado obtido na fase vapor. A diferença da pressão parcial ocorre pela redução da pressão total no lado do permeado, a qual é

obtida pelo uso de uma bomba de vácuo ou de um gás inerte de arraste no lado do permeado (Figura 1). Em ambos os modos de operação, o vapor permeado é coletado na fase líquida com auxílio de um condensador<sup>3,8</sup>.

A transferência de massa dos permeantes na pervaporação ocorre em três etapas consecutivas: sorção seletiva na membrana no lado da alimentação, difusão seletiva através da membrana e dessorção do vapor no lado do permeado. Desta forma, a permeabilidade de um componente através da membrana resulta das contribuições da solubilidade e difusividade<sup>1</sup>.

Esta técnica tem sido apontada como uma alternativa à recuperação e concentração de compostos orgânicos voláteis de meios líquidos, o que indica a potencialidade da sua utilização para a recuperação de componentes de aromas. Este processo apresenta como vantagens aos processos já utilizados atualmente (tais como extração com solventes, a vapor ou supercrítica), a não utilização de solventes e a operação em condições amenas de temperatura e pressão, evitando a degradação de compostos aromatizantes termo-sensíveis e diminuindo custos de energia.

RAJAGOPALAN e CHERYAN<sup>14</sup> estudaram a aplicação do processo de pervaporação na recuperação do aroma de suco de uva. O composto modelo analisado foi o antranilato de metila, que foi avaliado em testes de pervaporação com diversas

Recebido para publicação em 5/7/2006

Aceito para publicação em 23/4/2007 (001790)

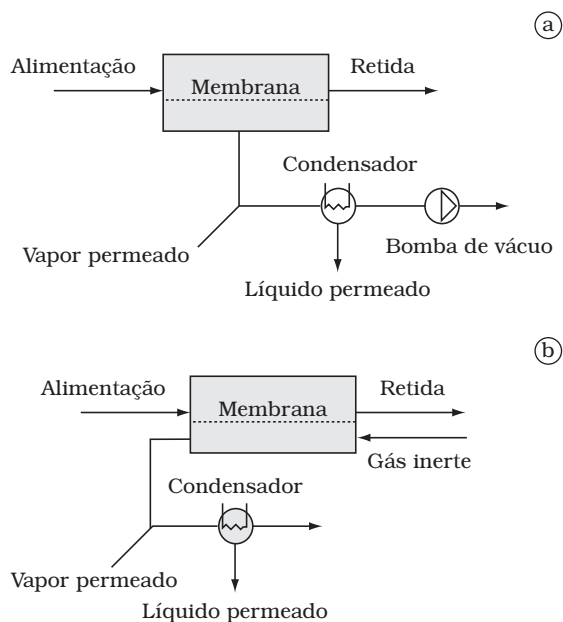
<sup>1</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRJ

<sup>2</sup> Química Orgânica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29501, Guaratiba, CEP 23020-470, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Tecnologia de Alimentos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Av. das Américas, 29501, Guaratiba, CEP 23020-470, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>4</sup> Engenharia Química, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29501, Guaratiba, CEP 23020-470, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, E-mail: lcabral@ctaa.embrapa.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada



**Figura 1.** Esquema de operação da pervaporação: a) por vácuo; e b) gás de arraste.

membranas. O fluxo e a seletividade decresceram linearmente com o aumento da pressão no permeado, e aumentaram com a temperatura.

BÖRJESSON, KARLSSON e TRÄGÅRDH<sup>3</sup> avaliaram a pervaporação de suco de maçã, como uma alternativa na melhoria da qualidade sensorial do suco concentrado, utilizando este processo como tratamento prévio à concentração. Foi avaliada uma solução modelo, com seis diferentes membranas, comparando, posteriormente, sua performance. A técnica mostrou-se bastante promissora.

SHEPHERD, HABERT e BORGES<sup>15</sup> utilizaram membranas de silicone visando a recuperação do aroma de suco de laranja. Os autores utilizaram soluções aquosas binárias de ésteres representativos do aroma de laranja, para representar o suco de laranja. As variáveis operacionais testadas para a separação do aroma incluíram: vazão de alimentação e concentração de aroma na alimentação. Experimentos foram posteriormente realizados com o suco integral. Os resultados mostraram o bom potencial para a recuperação de aromas diluídos.

PEREIRA et al.<sup>12</sup> investigaram a pervaporação visando recuperar os componentes de aroma de sucos de abacaxi e maracujá. Foram utilizadas soluções aquosas binárias sintéticas para simular os sucos de frutas. Foram avaliadas membranas de polidimetilsiloxano (PDMS), copolímero (etileno vinil acetato) (EVA) e terpolímero (etileno-propileno-dieno) (EPDM). Os resultados experimentais e de simulação indicaram que membranas de EPDM apresentaram um bom desempenho devido à sua baixa permeabilidade à água e alta seletividade aos componentes de aroma.

ISCI, SAHIN e SUMNU<sup>7</sup> avaliaram o efeito da temperatura de alimentação (30, 40 e 50 °C), concentração (50, 100 e 150 ppm) e pressão (4, 8 mbar) para a recuperação de compostos de aroma de morango por pervaporação, utilizando

membranas hidrofóbicas de silicone. Representando o aroma do morango, foram utilizadas soluções aquosas binárias de butirato de metila e butirato de etila. Quando a temperatura da alimentação aumentou e a pressão à jusante diminuiu, o fluxo permeado e a seletividade aumentaram. O aumento da concentração da alimentação resultou no aumento dos fluxos permeados dos compostos orgânicos. A presença de outro componente de aroma afetou negativamente a seletividade dos ésteres avaliados preliminarmente, indicando que o fenômeno de acoplamento de fluxo não poderia ser desprezado.

CASSANO et al.<sup>4</sup> avaliaram, em escala de laboratório, um processo integrado para a produção de suco de kiwi concentrado e a recuperação de aromas utilizando os processos de separação com membranas, incluindo a pervaporação para a concentração dos componentes aromáticos. Testes de pervaporação foram realizados antes e depois de cada operação unitária, visando identificar a melhor configuração que resultasse em uma perda mínima de aroma. Os resultados obtidos sugerem o uso da pervaporação para a remoção e enriquecimento de componentes de aroma diretamente do suco fresco, antes de qualquer processo de concentração.

A maioria dos trabalhos publicados sobre a pervaporação aplicada a sucos de frutas foi desenvolvida com soluções sintéticas, constituídas de água e alguns compostos representativos do aroma de frutas. Poucas informações estão disponíveis sobre a pervaporação de sucos de frutas tropicais para a obtenção de concentrados de aromas naturais.

O caju é uma fruta tropical, cuja produção no Brasil está concentrada no Nordeste, sendo de grande importância social e econômica para a região. A agroindústria do caju no Nordeste produz por ano cerca de 217.062 toneladas de castanha e 2 milhões de toneladas de pseudo-fruto, a parte carnosa e succulenta do caju, por ano<sup>5</sup>.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da pervaporação para a obtenção de um extrato concentrado dos componentes do aroma de caju.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Matéria-prima

Como matéria prima foi utilizada a polpa de caju, cujas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 1. A polpa foi refinada em despulpador com malha de 0,6 mm e mantida congelada à temperatura de -18 °C, sendo descongelada no momento de sua utilização. Antes de cada teste, a polpa era ainda processada em centrífuga de cesto, a fim de remover partículas em suspensão.

**Tabela 1.** Características físico-químicas da polpa de caju.

Características	Polpa de caju
Vitamina C (mg.100 g <sup>-1</sup> )	135
Sólidos totais (% p.p <sup>-1</sup> )	7,7
pH	3,77
Acidez (g de ác. cítrico.100 mL <sup>-1</sup> )	0,43
Sólidos solúveis (°Brix)	7,4

## 2.2 Membranas

Foram utilizadas membranas planas de polidimetilsiloxano – PDMS (Pervap -1060® da Sulzer Chemtec Membrane Systems).

## 2.3 Procedimento experimental

Foi utilizado um sistema de pervaporação de bancada constituído por dois módulos de permeação ligados em série, onde eram alocadas as membranas, com área total de permeação de 92 cm<sup>2</sup> (Figura 2).

O suco de caju, após centrifugação, era bombeado continuamente sobre a superfície da membrana, com o auxílio de uma bomba centrífuga. A temperatura do suco foi mantida constante, sendo controlada por um banho termostático. A diferença de pressão parcial foi garantida pelo uso de uma bomba de vácuo no lado do permeado.

O permeado obtido foi recolhido em um condensador imerso em banho de nitrogênio líquido (–196 °C), sendo sua massa medida a fim de se calcular o fluxo de permeado, de acordo com a seguinte equação:

$$J = \frac{m}{A * t} \quad (1)$$

em que, J é o fluxo de permeado, m é a massa de permeado coletada em um intervalo de tempo t, e A representa a área total de permeação da membrana.

## 2.4 Métodos analíticos

Em todos os ensaios foram recolhidas amostras do suco de caju, no tanque de alimentação antes (alimentação) e ao final do processo de pervaporação (retido), e do permeado, para posterior avaliação por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM).

Para a extração dos componentes voláteis das amostras antes da análise via CG, foi utilizada a técnica de micro extração em fase sólida (*Solid Phase Micro Extraction - SPME*). Para tal, 0,3 g das amostras foram colocadas diretamente em um frasco de 4 mL, permanecendo por 1 hora sob agitação à temperatura ambiente. Após este tempo, uma fibra de SPME constituída de Divinilbenzeno/Carboxen/PDMS (DVB/CAR/PDMS) era exposta à fase vapor (*headspace*) da amostra por 15 minutos, sendo retraída e imediatamente levada ao cromatógrafo gasoso.

A análise em CG foi realizada em um cromatógrafo Perkin Elmer® modelo AutoSystem XL, utilizando detector de ionização de chama (FID) e coluna com fase estacionária de 5% difenil e 95% de dimetilpolisiloxano (HP-5), com 20 m de comprimento, 0,18 mm de diâmetro interno e com filme de 0,4 µm de espessura. A programação de temperatura do forno foi de 40 °C por 3 minutos, seguida de aquecimento até 240 °C a 3 °C.min<sup>-1</sup>, permanecendo por 10 minutos a 240 °C. A identificação dos componentes foi realizada comparando-se os índices de Kovats.

Os espectros de massas foram obtidos em um espectrômetro modelo Agilent 5973N, equipado com uma coluna com fase estacionária de 5% difenil e 95% de dimetilpolisiloxano (HP-5MS) (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), utilizando hélio como gás de arraste (1,0 mL/min) nas mesmas condições utilizadas acima. Utilizou-se uma fonte de ionização do tipo Impacto de Elétrons (IE), com energia de ionização de 70 eV. Os índices de retenção foram calculados após a injeção de uma série de n-alcenos nas mesmas condições utilizadas para as amostras. A identificação dos constituintes foi realizada por comparação dos índices de retenção calculados com valores da literatura (ADAMS, 2001) e pela comparação dos espectros de massas obtidos com aqueles da biblioteca Wiley 6<sup>th</sup> edition.

## 3 Resultados e discussão

Foram realizados quatro processos com suco de caju a 25 °C e outros quatro a 35 °C. O fluxo permeado médio do processo

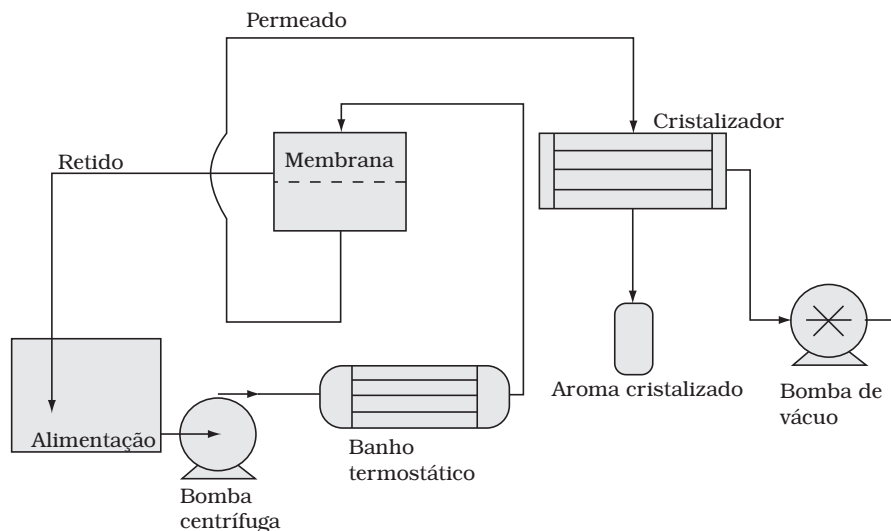


Figura 2. Esquema do sistema de pervaporação.

com o suco de caju foi de  $0,11 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  e  $0,17 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , a 25 e a 35 °C, respectivamente. A permeabilidade da membrana à água foi maior do que no suco de caju, e este parâmetro aumentou com o aumento da temperatura do processo (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado por OLSSON e TRÄGAR-DH<sup>10</sup>. Neste trabalho, a permeabilidade da membrana à água foi utilizada como parâmetro para verificação da integridade da membrana, após as etapas de limpeza entre os processos.

**Tabela 2.** Permeabilidade da membrana de silicone à água e ao suco de caju.

Temperatura (°C)	Água	Suco de caju
25	0,15	0,11
35	0,19	0,17

Cromatogramas de amostras do suco de caju no início e no final do processo, e do permeado de um processo de pervaporação realizado a 25 °C estão apresentados na Figura 3. Verificou-se um aumento no número de picos no cromatograma do permeado em relação aos cromatogramas do suco original (alimentação) e do suco ao final do processo (retido).

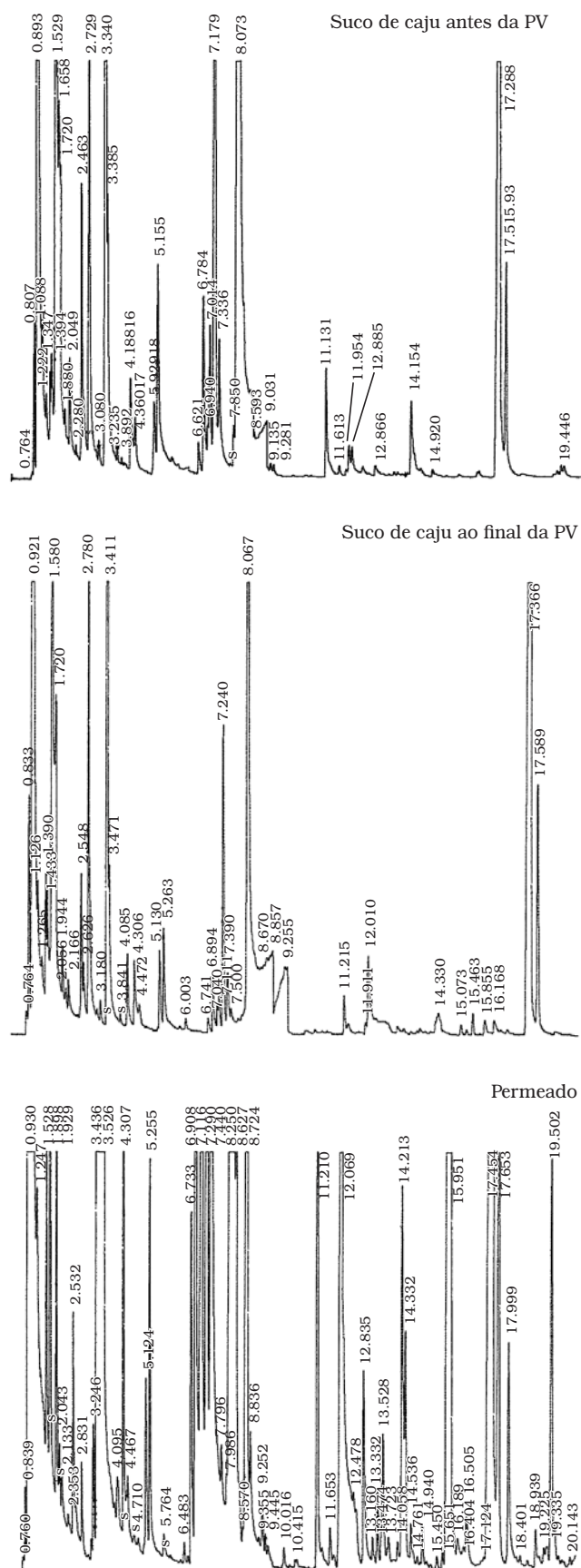
O cromatograma do suco de caju, antes do processo de pervaporação, apresentou em média de 46 picos, um número ligeiramente acima da média observada no suco ao final do processo (retido), que foi de 41, revelando que em termos de compostos do aroma, os sucos de caju antes e após o processo de pervaporação pouco diferem entre si, possibilitando o reaproveitamento do suco após o processo em uma linha industrial.

Nos cromatogramas das amostras de pervaporado observou-se em média 118 picos, cerca de 2,5 vezes o número de picos encontrados no suco original, mostrando que houve, efetivamente, uma concentração dos constituintes voláteis responsáveis pelo aroma do suco. Entretanto, não se observou diferença em relação às duas temperaturas avaliadas. Os cromatogramas foram similares, indicando que, com o aumento da temperatura do processo de 25 para 35 °C não houve, em princípio, degradação de compostos aromáticos.

Através da espectrometria de massas foi possível identificar a natureza química de 49 componentes do permeado, sendo 22 ésteres, 7 aldeídos e cetonas, 14 álcoois e 4 hidrocarbonetos, como pode ser observado na Tabela 3.

Os ésteres representam a classe de compostos voláteis mais importantes para o aroma de caju, em termos de aroma característico<sup>9</sup>. Segundo GARRUTI et al.<sup>6</sup>, os compostos 3-metil-butanoato de metila, 3-metil-butanoato de etila, 2-butenato de etila, 2-metil-butanoato de etila e o butanoato de etila podem ser descritos como "aroma de caju forte". Como representantes do grupo "caju fraco", os autores relacionaram o hexanoato de metila e hexanoato de etila. Todos estes compostos foram identificados nos permeados analisados.

Os aldeídos hexanal e nonanal apresentam aroma frutal, doce ou floral e foram identificados por BICALHO et al.<sup>2</sup> em polpa de caju fresca, por VALIM et al.<sup>16</sup> em amostras de sucos de caju pasteurizados e concentrados e por GARRUTI et al.<sup>6</sup> em suco de caju integral.



**Figura 3.** Cromatogramas das amostras de suco de caju antes e ao final do processo de pervaporação e do permeado.



**Tabela 3.** Constituintes voláteis identificados no permeado do suco de caju.

Álcoois	Aldeídos e Cetonas	Ésteres	Hidrocarbonetos	Outros
etanol	3-pentanona	propenoato de metila	2-etil-1-metil-3-propil-ciclobutano	ácido acético <sup>G</sup>
2-metil-1-propanol	heptanal	2-butenato de metila <sup>G</sup>	5-etil-1-metil-3-propil-ciclobutano	1-(1-metil-etoxi)-butano
1-pentanol <sup>G</sup>	6-metil-5-hepten-2-ona <sup>G, B</sup>	3-metil-butenato de metila <sup>G, B</sup>	2,3,5,8-tetrametil-decano	-
1-hexanol <sup>G</sup>	3-hidroxi-2-butanona <sup>G, P</sup>	acetato de butila	limoneno <sup>B, P</sup>	-
1-heptanol	hexanal <sup>G, B, P</sup>	trans-2-pentenoato de etila	-	-
1-octen-3-ol	benzaldeído <sup>G, B, P</sup>	acetato de (metil-tio)-etila	-	-
3-octanol	nonanal <sup>G, B, P</sup>	hexanoato de etila <sup>G, B</sup>	-	-
2-etil-1-hexanol	-	3-hexenoato de etila <sup>B</sup>	-	-
3-metil-1-butanol <sup>G</sup>	-	acetato de n-hexila	-	-
4-metil-1-pentanol <sup>P</sup>	-	2-hidroxi-caproato de etila	-	-
trans-3-hexen-1-ol <sup>P</sup>	-	3-metil-butenato de 3-metil-butila	-	-
4-metil-1-pentanol <sup>P</sup>	-	acetato de etila <sup>G, P</sup>	-	-
3-etil-3-pentanol <sup>P</sup>	-	butanoato de etila <sup>G, P</sup>	-	-
1-octanol <sup>G, P</sup>	-	2-butenato de etila <sup>G, P</sup>	-	-
-	-	3-metil-butanato de etila <sup>G, B, P</sup>	-	-
-	-	pentanoato de etila <sup>G, P</sup>	-	-
-	-	acetato de pentila <sup>P</sup>	-	-
-	-	hexanoato de metila <sup>G, B, P</sup>	-	-
-	-	hexanoato de etila <sup>G, P</sup>	-	-
-	-	2-hexenoato de etila <sup>B, P</sup>	-	-
-	-	benzoato de metila <sup>B, P</sup>	-	-
-	-	benzoato de etila <sup>G, B, P</sup>	-	-

<sup>G, B, P</sup> encontrados em literatura, <sup>G</sup>: GARRUTI et al.<sup>6</sup>, <sup>B</sup>: BICALHO et al.<sup>2</sup>, <sup>P</sup>: PINO<sup>13</sup>.

Como compostos relacionados por GARRUTI et al.<sup>6</sup> como desagradáveis e fétidos, foram identificados o acetato de etila e o 3-metil-1-butanol, também identificados nos permeados obtidos.

Comparativamente, na análise das áreas médias calculadas dos retidos e dos sucos, observou-se um ligeiro decréscimo das mesmas, provavelmente devido a perdas durante o processo. Os componentes 2, 8 e 14, respectivamente etanol, 2-metil-1-propanol e 3-metil-1-butanol, apresentaram um aumento em suas áreas. Uma vez que todos são álcoois, este fato pode ser devido a um início de fermentação do suco, já que este permaneceu recirculando no sistema durante um período médio de 5 horas.

#### 4 Conclusões

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a pervaporação é uma técnica promissora para a recuperação de aromas de frutas tropicais. Quando a temperatura do processo aumentou, o fluxo permeado aumentou sem resultar em modificações no perfil de voláteis do permeado. O permeado obtido apresentou uma grande concentração de compostos voláteis representativos do aroma do caju, quando comparados com o suco original. A produtividade do processo de pervaporação de suco de caju foi alta, indicando a potencialidade desta técnica para a obtenção de um extrato de aroma natural.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores Dr. João Oiano Neto e Dr. Ronnel Luiz de Oliveira Godoy da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelas sugestões durante a elaboração deste artigo.

#### Referências bibliográficas

- BAUDOT, A.; SOUCHON, I.; MARIN, M. Total permeate pressure influence on the selectivity of the pervaporation of aroma compounds. **J. Memb. Sc.**, v. 158, n. 1-2, p. 167-185, 1999.
- BICALHO, B.; PEREIRA, A. S.; AQUINO NETO, F. R.; PINTO, A. C.; REZENDE, C. M. Application of high-temperature gas chromatography-mass spectrometry to the investigation of glycosidically bound components related to cashew apple (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) volatiles. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 48, n. 4, p. 1167-1174, 2000.
- BÖRJESSON, J.; KARLSSON, H. O. E.; TRÄGÅRDH, G. Pervaporation of a model apple juice aroma solution: comparison of membrane performance. **J. Memb. Sc.**, v. 119, n. 2, p. 229-239, 1996.
- CASSANO, A.; FRIGOLI, A.; TAGARELLI, A.; SINDONA, G.; DRIOLI, E. Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. **Desalination**, v. 189, n.1-3, p. 21-30, 2006.
- CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 3, p. 579-583, 2005.
- GARRUTI, D. S.; FRANCO, M. R. B.; SILVA, M. A. A. A. P.; JANZANTI, 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. and Agric.**, v. 83, n. 14, p. 1455-1462, 2003.
- ISCI, A.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Recovery of strawberry aroma compounds by pervaporation. **J. Food. Eng.**, v. 75, p. 36-42, 2006.
- KARLSSON, H. O. E.; TRÄGÅRDH, G. Applications of pervaporation in food processing. **Trends Food Science & Tech.**, v. 7, n. 3, p. 78-83, 1996.

9. MACIEL, M. I.; HANSEN, T. J.; ALDINGER, S. B.; LABOWS, J. N. Flavor chemistry of cashew apple juice. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 34, n. 5, p. 923-927, 1986.
10. OLSSON, J.; TRÄGÅRDH, G. Influence of temperature on membrane permeability during pervaporation aroma recovery. **Separation Science Tech.**, v. 34, n. 8, p. 1643-1648, 1999.
11. PEREIRA, C. C.; RIBEIRO JR. C. P.; NOBREGA, R.; BORGES, C. P. Pervaporative recovery of volatile aroma compounds from fruit juices. **J. Memb. Sc.**, v. 274, n. 1-2, p. 1-23, 2006.
12. PEREIRA, C. C.; RUFINO, J. R. M.; HABERT, A. C.; NOBREGA, R.; CABRAL, L. M. C.; BORGES, C. P. Aroma compounds recovery of tropical fruit juice by pervaporation: membrane material selection and process evaluation. **J. Food. Eng.**, v. 66, p. 77-87, 2005.
13. PINO, J. A. Los constituyentes volatiles de las frutas tropicales. III. Feijoa, Níspero y Marañón. **Alimentaria**, v. 35, n. 286, p. 41-45, 1997.
14. RAJAGOPALAN, N.; CHERYAN, M. Pervaporation of grape juice aroma. **J. Memb. Sc.**, v. 104, n. 3, p. 243-250, 1995.
15. SHEPHERD, A., HABERT, A.C., BORGES, C.P. Hollow fibre modules for orange juice aroma recovery using pervaporation. **Desalination**, v. 148, n. 1-3, p. 111-114, 2002.
16. VALIM, M. F.; ROUSSEFF, R. L.; LIN, J. Gas chromatographic-olfactometric characterization of aroma compounds in two types of cashew apple nectar. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 51, n. 4, p. 1010-1015, 2003.