

SUCO DE ACEROLA MICROFILTRADO: AVALIAÇÃO DA VIDA-DE-PRATELEIRA¹

Virgínia Martins da MATTA^{2,*}, Lourdes M. Corrêa CABRAL², Luiz Fernando M. SILVA²

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar a estabilidade física, química e microbiológica do suco clarificado de acerola, obtido por microfiltração. O suco microfiltrado foi recolhido em um sistema fechado, previamente esterilizado, sendo, em seguida, transferido para garrafas de polietileno tereftalato (PET) ou de vidro, também previamente sanificadas, dentro de uma capela de fluxo laminar. O suco clarificado foi mantido em geladeira (4°C) e à temperatura ambiente (30°C) por um período de 90 dias. A avaliação da vida-de-prateleira do suco de acerola clarificado mostrou que o armazenamento em geladeira, tanto em garrafas de vidro quanto de PET, possibilita a preservação das características do suco, não tendo havido diferenças significativas entre os dois tipos de embalagem.

Palavras-chave: estabilidade de sucos; clarificação; microfiltração; acerola.

SUMMARY

MICROFILTERED ACEROLA JUICE: EVALUATION OF SHELF LIFE. This work had as objective to study the physical, chemical and microbiological stability of clarified acerola juice, obtained by membrane process. Microfiltered juice was collected in a sterilized closed system and transferred to glass or PET bottles, also previously sterilized, in a laminar cabinet. Products were maintained under refrigeration (4°C) and room (30°C) temperatures during 90 days. Shelf-life evaluation of acerola juice showed that refrigeration storage preserves juice properties and that there was no difference between the two types of packing material.

Keywords: juice stability; clarification; microfiltration; acerola.

1 - INTRODUÇÃO

Os sucos clarificados de qualidade superior podem ser utilizados na obtenção de refrigerantes, geléias e gelatinas. Recentemente, observam-se novas tendências na utilização desses sucos, que vão do consumo direto, como suco ou refresco, até a elaboração de misturas (*blends*) e *drinks*, passando por toda a gama de bebidas formuladas e enriquecidas, gaseificadas ou não, licores, entre outros [14].

Visando atender a esse mercado, novos processos e/ou combinações de processos têm sido estudados e desenvolvidos. Os processos de separação por membranas vão ao encontro dessa demanda por serem tecnologias que utilizam baixas temperaturas, contribuindo para a manutenção das características originais das frutas. Especificamente na clarificação de sucos, tais processos apresentam diversas vantagens, entre as quais pode-se destacar: a eliminação do uso de terra diatomácea, reduzindo tanto o custo para a aquisição do auxiliar de filtração quanto o custo para o seu descarte; o aumento da qualidade do produto pela redução da sua turbidez; o aumento do rendimento do processo; a redução de custos e do tempo de trabalho e a possibilidade de recuperação da enzima. A microfiltração e a ultrafiltração atuam ainda como uma pasteurização a frio, preservando o valor nutricional e sensorial do produto.

GAO, BEVERIDGE & REID [8] avaliaram, durante seis meses, a estabilidade física de suco de maçã obtido por filtro estéril e por ultrafiltração. Através da análise de proteínas que causam a turbidez, eles verificaram que a membrana de ultrafiltração de 10kDa foi eficiente na remoção dessas proteínas, reduzindo a formação da turbidez no suco durante o seu armazenamento. Por sua vez, BRUIJN et al. [5], ao utilizarem membranas de 15kDa, verificaram que a turbidez do suco de maçã ultrafiltrado aumentou durante a estocagem, seguindo um modelo exponencial. Suco de caju clarificado por microfiltração em membranas com tamanho de poro de 3µm, após pré-tratamento com 0,1% da enzima tanase, apresentou estabilidade física e microbiológica durante dois meses, quando mantido sob refrigeração [6].

A preservação das características originais dos alimentos, pelo maior tempo possível, após a sua transformação, é um dos grandes objetivos da indústria de alimentos. Assim, as condições do ambiente de armazenamento, tais como temperatura, umidade, luminosidade, bem como o tipo e o material da embalagem utilizados, são aspectos que devem ser avaliados e controlados, visando à manutenção da qualidade dos produtos durante a sua vida-de-prateleira.

LEE & COATES [9] estudaram a estabilidade da vitamina C do suco de laranja não-pasteurizado, durante o seu armazenamento, sob congelamento, durante 24 meses. Ao contrário do que ocorre no produto submetido ao tratamento térmico, eles verificaram redução na vitamina C do suco, provavelmente devido à oxidação enzimática, que é apenas retardada pelo congelamento. A taxa de redução da vitamina C foi de aproximadamente 0,8% ao mês.

Este trabalho teve como objetivo estudar a estabilidade física, química e microbiológica do suco clarificado

¹ Recebido para publicação em 06/08/2003. Aceito para publicação em 12/05/2004 (001184).

² EMBRAPA Agroindústria de Alimentos. Av. das Américas, 29501, Guaratiba. CEP 23020-470, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. E-mail: vmatta@ctaa.embrapa.br

* A quem a correspondência deve ser enviada.

de acerola, obtido por microfiltração, em diferentes temperaturas de armazenamento e tipos de embalagem.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material

A matéria-prima utilizada foi a acerola madura, adquirida diretamente do produtor no município do Rio de Janeiro, no dia em que foi colhida, na safra de 2001, nos meses de fevereiro e abril. Foram adquiridos dois lotes, cada um com 30kg de acerola *in natura*.

A enzima comercial Pectinex Ultra SP-L, da Novo Nordisk, com atividade predominantemente pectinolítica, foi utilizada para o pré-tratamento da polpa.

2.2 – Procedimento experimental

A acerola *in natura* foi submetida às etapas usuais do processamento de polpas e sucos: seleção, lavagem e despulpamento, sendo duas etapas de refino em peneira de 0,5mm.

A fim de reduzir a sua viscosidade, a polpa foi hidrolisada utilizando-se 0,01% (v/v) da enzima, a 35°C, por um tempo de incubação de 30 minutos. Após a hidrólise enzimática, o suco foi microfiltrado em uma membrana tubular de polietersulfona com 0,3µm de tamanho de poro, a uma pressão transmembrana de 1,2bar, num processo em batelada, com recirculação da corrente retida. Em função da capacidade do sistema, foi necessária a realização de dois processamentos, que foram conduzidos nas mesmas condições.

Durante a microfiltração, o suco clarificado foi recolhido em provetas fechadas, previamente esterilizadas, sendo, em seguida, transferido para as embalagens, também previamente esterilizadas ou sanificadas, dentro de uma capela de fluxo laminar. O suco clarificado obtido no processamento 1 foi acondicionado em garrafas verdes de polietileno tereftalato (PET), enquanto o suco obtido no processamento 2 foi acondicionado em garrafas de vidro transparente. Os produtos foram mantidos em geladeira (4°C) e à temperatura ambiente (30°C), por um período de 90 dias.

O acompanhamento do processo foi feito através da análise das características do produto nas diferentes etapas. Foram retiradas amostras da polpa original, do suco hidrolisado, e, ao final da microfiltração, das frações permeadas (suco clarificado) e retidas pela membrana. O teor de ácido ascórbico foi medido por titulometria com 2,6 diclorofenolindofenol, conforme metodologia modificada por SILVA [13]. Foram determinadas também a turbidez nefelométrica (turbidímetro Jundilab), a viscosidade aparente em reômetro de cilindros concêntricos Rheomat 30 [11] e o teor de polpa [12], além do teor de sólidos solúveis, pH e acidez [1]. No processamento 1, foi feita a determinação de minerais [1] e açúcares [10] nos sucos clarificados e hidrolisados, a fim de qualificar o produto obtido e de avaliar a retenção desses micronutrientes e dos açúcares pela membrana.

As condições microbiológicas do suco [2], bem como as suas principais características, como teores de ácido ascórbico e de sólidos solúveis, pH, acidez, cor [7] e turbidez nefelométrica, foram avaliadas a cada 15 dias, durante os 90 dias do armazenamento.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os valores dos parâmetros dos sucos medidos em cada uma das etapas dos processamentos 1 e 2, respectivamente. Os teores de minerais e de açúcares presentes na polpa hidrolisada e no suco clarificado do processamento 1 estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 1. Características do suco de acerola em todas as etapas do processamento 1

	Polpa <i>in natura</i>	Suco hidrolisado	Suco clarificado	Fração retida
Vitamina C (mg/100g)	1389	1398	1195	1360
Sólidos solúveis (°Brix)	7,4	7,6	6,9	8,3
pH	3,62	3,57	3,54	3,57
Acidez (g ác.málico/100g)	1,63	1,63	1,35	1,54
Viscosidade (mPa.s)	74,3	18,6	1,1	118,4
Teor de polpa (%)	56,6	17,4	0	37,0
Turbidez (NTU)	nr	nr	nr	nr

nr – não-realizado

TABELA 2. Características do suco de acerola em todas as etapas do processamento 2

	Polpa <i>in natura</i>	Suco hidrolisado	Suco clarificado	Fração retida
Vitamina C (mg/100g)	1595	1522	1337	1328
Sólidos solúveis (°Brix)	8,6	9,0	8,1	8,9
pH	3,63	3,67	3,52	3,59
Acidez (g ác.málico/100g)	1,23	1,39	1,28	1,33
Viscosidade (mPa.s)	84,1	22,6	1,8	127,6
Teor de polpa (%)	61,6	19,6	0	31,6
Turbidez (NTU)	62,9	150	10,6	290 (1:1)

TABELA 3. Teores de minerais e açúcares dos sucos hidrolisado e clarificado no processamento 1

	Suco hidrolisado	Suco clarificado
Sódio (mg/100g)	0,70	0,67
Cálcio (mg/100g)	7,61	4,71
Ferro (mg/100g)	0,14	0,10
Fósforo (mg/100g)	19,94	12,32
Magnésio (mg/100g)	13,24	10,93
Manganês (mg/100g)	0,07	0,06
Potássio (mg/100g)	195,48	166,21
Zinco (mg/100g)	0,14	0,15
Sacarose (g/100g)	nd	nd
Glicose (g/100g)	1,61	1,43
Frutose (g/100g)	2,11	1,78

nd – não detectado

Em ambos processamentos, pode-se observar o efeito do tratamento enzimático na diminuição da viscosidade e do teor de polpa do suco, cujos percentuais de redução foram de 74% e 68%, respectivamente. Verifica-se ainda a eficiência da microfiltração na eliminação da polpa e na redução da turbidez. O pH e a acidez do suco mantiveram-se constantes durante o processamento, o que não ocorreu com o teor de sólidos solúveis, quando foi verificada uma pequena retenção dos mesmos pela membrana.

A variação na concentração de ácido ascórbico durante a microfiltração foi atribuída à sua possível oxidação, relacionada ao desenho inadequado do sistema piloto, que induz à formação de vórtex no tanque de alimentação do sistema.

A determinação dos minerais presentes no suco mostra que, em quase todos eles, houve uma pequena retenção pela membrana, provavelmente devido à ligação com macromoléculas que não a permearam e à polarização da concentração. Essa retenção, entretanto, não compromete a qualidade do suco clarificado obtido por membranas com relação aos teores desses micronutrientes.

Nas Tabelas 4 e 5, encontram-se os resultados das análises microbiológicas dos sucos clarificados, avaliados a cada 15 dias do armazenamento. Para o suco acondicionado em garrafas de PET, mesmo tendo sido detectado um crescimento microbiano nas amostras mantidas à temperatura ambiente, as análises de acompanhamento foram realizadas em todos os tempos previstos. Por outro lado, no produto envasado em garrafas de vidro, as análises foram interrompidas aos 15 dias de armazenamento, quando novamente foi verificado crescimento microbiano. Pela legislação vigente [4], os valores quantificados ainda não tornavam o produto inadequado para o consumo, entretanto, por se tratar de uma embalagem transparente ficou evidente a turvação do produto causada pelos microrganismos.

TABELA 4. Condições microbiológicas do suco de acerola clarificado, acondicionado em garrafas de vidro, durante o seu armazenamento em geladeira (T= 4°C)

	Tempo (dias)						
	0	15	30	45	60	75	90
Bolores e leveduras (UFC/g)	<10	15	25	<10	270	<10	<10
Coliformes fecais(NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Coliformes totais (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Contagem total (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	65	<10	<10

TABELA 5. Condições microbiológicas do suco de acerola clarificado, acondicionado em garrafas de PET, durante o seu armazenamento em geladeira (T= 4°C)

	Tempo (dias)						
	0	15	30	45	60	75	90
Bolores e leveduras (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	60	<10	<10
Coliformes fecais(NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Coliformes totais (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Contagem total (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Para produtos como sucos de frutas, néctares e similares, a legislação brasileira vigente estabelece limites apenas para coliformes, e este deve ser de ausência em 25mL. Entretanto, bolores e leveduras são os microrganismos naturalmente presentes e, que crescem mais facilmente em sucos de frutas, sendo importante o controle dos mesmos. Na legislação anterior, que vigorou até janeiro de 2001, o limite máximo permitido para bolores e leveduras em sucos era de 100 unidades formadoras de colônias por grama [3]. Assim, este valor foi considerado como o padrão para avaliação da qualidade do suco clarificado. Pode-se observar que no suco acondicionado em garrafas de vidro e armazenado sob refrigeração (Tabela 4), houve um crescimento de bolores e leveduras aos 60 dias, além do limite citado acima. Como nos tempos posteriores, o suco voltou a apresentar-se dentro do padrão, conclui-se que foi uma contaminação, que pode ter sido causada por algum problema de vedação no fechamento da garrafa, específico para aquela amostra.

Na amostra armazenada à temperatura ambiente, foi verificado um crescimento microbiano acentuado, tanto de bolores e leveduras quanto de bactérias mesófilas, da ordem de 10^4 UFC/g. Como o sistema de recolhimento de permeado, embora previamente esterilizado, não é um sistema de envase asséptico, pode ter permitido a recontaminação do produto após a microfiltração. O suco integral, antes de passar pela membrana, apresentava uma contagem de bolores e leveduras da ordem de 10^3 e de bactérias, de 10^2 UFC/g, evidenciando que a microfiltração foi efetiva na redução carga microbiana.

As Figuras 1 a 6 mostram o comportamento dos parâmetros físico-químicos do suco de acerola clarificado, que foram avaliados durante os 90 dias do armazenamento. Estão apresentados os dados obtidos para o suco acondicionado em garrafas de PET, mantido sob refrigeração e à temperatura ambiente, como também os do suco envasado em garrafas de vidro e armazenado sob refrigeração.

Ao se aplicar o teste de Tukey na comparação das médias para as características químicas do suco durante o armazenamento, verificou-se que, apesar de serem observadas poucas variações entre os valores durante o período estudado, estatisticamente algumas delas foram significativas, como, por exemplo, no teor de sólidos solúveis do suco acondicionado em garrafas de vidro (Figura 1). Esta variação, entretanto, pode ser atribuída mais a problemas de amostragem e homogeneidade da amostra do que ao armazenamento em si, já que não foi observada uma tendência de redução ou de aumento desse parâmetro. A acidez do suco envasado em garrafas de PET sofreu uma leve diminuição (de 1,35 para 1,28g ácido málico/100g) após 15 dias (Figura 2), porém manteve-se praticamente constante durante todo o período de armazenamento. O pH dos sucos clarificados também foi mantido, para as três condições estudadas (Figura 3), durante os 90 dias.

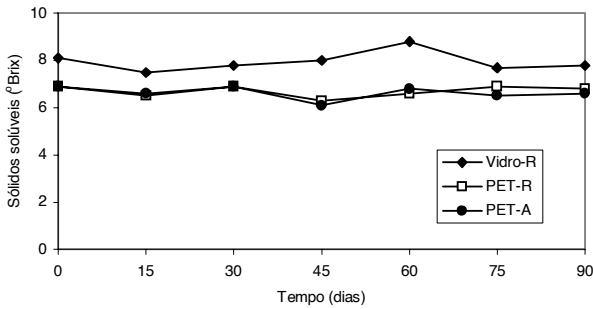


FIGURA 1. Teor de sólidos solúveis do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

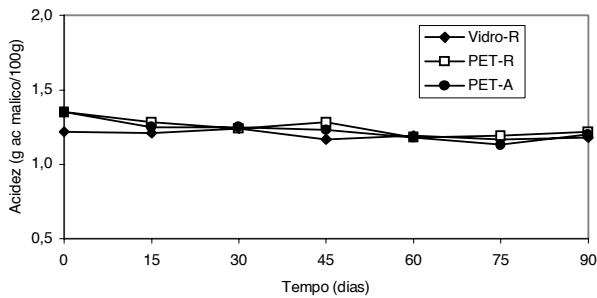


FIGURA 2. Acidez do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

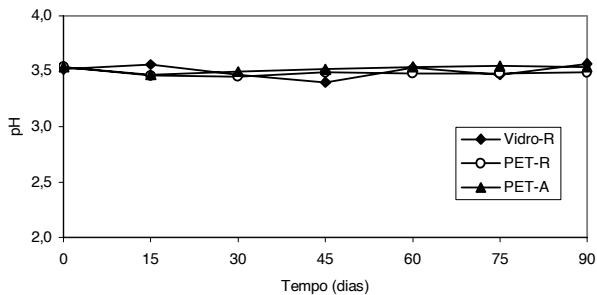


FIGURA 3. Valores de pH do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

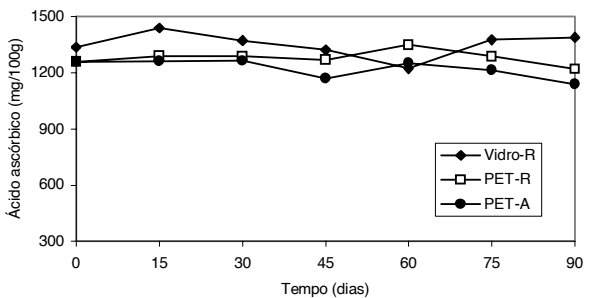


FIGURA 4. Teor de vitamina C do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

O teor de vitamina C do suco armazenado (Figura 4) foi preservado, em ambas embalagens, para o suco mantido sob refrigeração. Para o suco armazenado à temperatura ambiente, só foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao tempo inicial, nas amostras analisadas aos 45 e aos 90 dias de armazenamento. Ou seja, apesar de armazenado a temperaturas na faixa de 30°C, o suco clarificado manteve o seu teor de ácido ascórbico durante 75 dias, com um valor médio de 1224mg/100g.

Por sua vez, o suco clarificado mantido em garrafas de vidro, sob refrigeração (4°C), manteve o seu teor de ácido ascórbico, de 1352mg/100g, durante os 90 dias de armazenamento. É importante ressaltar que os diferentes valores devem-se à utilização de uma matéria-prima proveniente de lotes diferentes e não do processamento em si, como pode ser observado pelos resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2. O suco clarificado pasteurizado a frio apresenta, portanto, uma vida-de-prateleira, sob refrigeração, maior que a dos sucos de laranja integrais pasteurizados, atualmente comercializados em embalagens tetra-rex, cujo prazo de validade é de 1 (um) mês.

SILVA [13], quando estudou o armazenamento de polpa de acerola em diferentes embalagens e temperaturas, verificou redução do teor de ácido ascórbico em todas as condições avaliadas. Com 90 dias de armazenamento à temperatura ambiente, o teor de ácido ascórbico da polpa pasteurizada, com desaeração e acondicionada em vidro, diminuiu cerca de 22%.

As características relativas à cor do suco modificaram significativamente ($p < 0,05$). Para o suco mantido à temperatura ambiente, onde houve crescimento microbiano, o aumento da turbidez foi observado visualmente. Para o suco armazenado sob refrigeração, em garrafas de vidro, a turbidez nefelométrica aumentou cerca de 50%, logo nos primeiros 15 dias, e, ao final do período avaliado, sofreu uma redução de 25% (Figura 5). As amostras acondicionadas em garrafas de PET apresentaram aumento e posterior diminuição da turbidez. Também neste caso, a diferença entre a faixa de valores de turbidez para os sucos envasados nos dois tipos de embalagem deve-se à diferença entre os lotes.

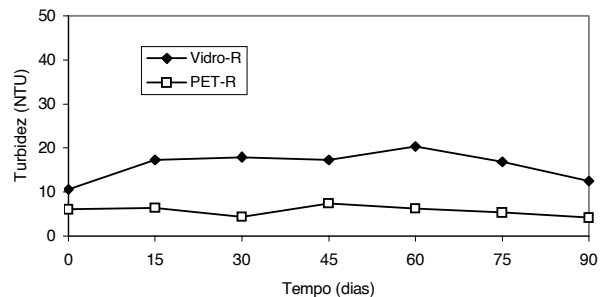


FIGURA 5. Turbidez nefelométrica do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

A cor instrumental do suco clarificado, dada pela luminosidade medida no sistema Hunter, aumentou nas três condições estudadas (Figura 6), sendo que o maior aumento foi observado no suco acondicionado em garrafas de PET e mantido sob refrigeração. Esta foi a única condição de armazenamento onde observou-se uma leve tendência de comportamento linear. Nas demais condições, não foi possível estabelecer qualquer correlação entre os dados.

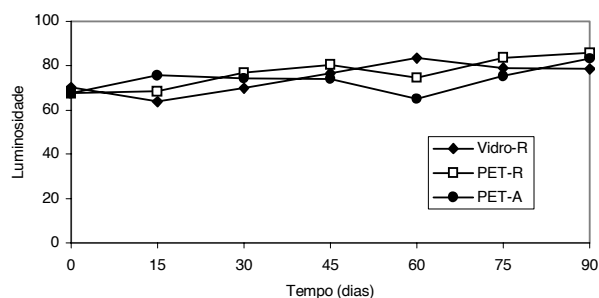


FIGURA 6. Cor instrumental (L_{HUNTER}) do suco de acerola clarificado armazenado nas embalagens de vidro e de PET sob refrigeração (R) e à temperatura ambiente (A).

4 – CONCLUSÕES

É possível obter um suco clarificado de acerola, pasteurizado a frio, e preservá-lo, durante três meses sob refrigeração, sem que ocorra alteração significativa das suas principais características químicas. Os altos teores de ácido ascórbico do produto, na faixa de 1200 – 1300mg/100g, são mantidos durante todo o período do armazenamento, preservando a qualidade nutricional e funcional dos sucos.

Este trabalho demonstra que, nas condições avaliadas, o tipo de embalagem não tem influência sobre a qualidade físico-química e microbiológica do produto armazenado a 4°C, mesmo considerando-se a maior permeabilidade ao oxigênio, da garrafa de PET, e a permeabilidade à luz, da garrafa de vidro.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AOAC – Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 17th ed. Washington: AOAC.
- [2] APHA – American Public Health Association. 1995. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington: APHA.
- [3] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997.
- [4] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001.
- [5] BRUIJN, J.P.F.; VENEGAS, A.; MARTÍNEZ, J.Á.; BÓRQUEZ, R. Ultrafiltration performance of Carbosep membranes for the clarification of apple juice. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* v. 36, p. 397-406, 2003.
- [6] CAMPOS, D.C.P.; SANTOS, A.S.; WOLKOFF, D.B.; MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C.; COURI, S. Cashew apple juice stabilization by microfiltration. *Desalination* v. 148, p. 61-65, 2002.
- [7] FERREIRA, V.L.P. Princípios e Aplicações da Colorimetria em Alimentos. Campinas: ITAL, 1981, 86p.
- [8] GAO, L.; BEVERIDGE, T.; REID, C.A. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* v. 30, n. 1, p. 23-29, 1997.
- [9] LEE, H.S.; COATES, G.A. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: a storage study. *Food Chemistry*, v.65, p.165-168, 1999.
- [10] MACRAE, R. 1988. HPLC in Food Analysis. 2nded. Academic Press.
- [11] MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C.; SILVA, F.C.; MORETTI, R.H. Rheological behaviour of West Indian cherry pulp with and without enzymatic treatment. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 35, p. 59-64, 2000.
- [12] REED, B.J.; HENDRIX JR., C.M.; HENDRIX, D.L. 1986. Quality Control for Citrus Processing Plants. Florida: Intercit, v1.
- [13] SILVA, M.F.V. **Efeito de Diferentes Tratamentos e Embalagens nas Características da Polpa e na Determinação dos Teores de Ácido Ascórbico e das Antocianinas durante o Armazenamento.** Campinas, 1999, 224p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- [14] VAILLANT, F.; MILLAN, P.; O'BRIEN, G.; DORNIER, M.; DECLoux, M.; REYNES, M. Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction. *Journal of Food Engineering*, v. 42, p. 215-224, 1999.