

## ULTRA E MICROFILTRAÇÃO DE SUCO DE YACON (*Polymnia sonchifolia*) PARA OBTENÇÃO DE XAROPE RICO EM FRUTANOS

Ultra and microfiltration of yacon juice (*Polymnia sonchifolia*) in  
obtainment of rich contents of fructans syrup.

Cristiane Fátima GIBERTONI<sup>1</sup>

Andressa Milene Parente NOGUEIRA<sup>2</sup>

Waldemar Gastoni VENTURINI FILHO<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi produzir xarope rico em frutanos a partir de suco de yacon clarificado em membranas cerâmicas de ultra e de microfiltração. Um ensaio inicial utilizando suco de yacon produzido sem que as raízes fossem submetidas a processo de branqueamento demonstrou que, embora tenha ocorrido clarificação do permeado em função da filtração tangencial, houve escurecimento enzimático das raízes, resultando em produtos mais escuros que os oriundos de raízes submetidas ao branqueamento. Os ensaios seguintes objetivaram avaliar os processos de ultra e de microfiltração, utilizando temperaturas de 20, 40, 60 e 80°C, nos quais se observou aumento do fluxo de permeado em função do aumento da temperatura. A temperatura de 40°C foi escolhida para dar continuidade ao trabalho. Realizaram-se ensaios combinando pressões transmembrana de 2 e 4 bar com velocidades tangenciais de 2 e 4 m/s, verificando que a combinação de pressão de 2 bar e velocidade de 4 m/s resultou em maior fluxo de permeado. As melhores combinações de temperatura, pressão transmembrana e velocidade tangencial foram utilizadas em testes de concentração do retentado (até 6), com queda de 31% e 33% no fluxo de permeado, respectivamente, na micro e na ultrafiltração. As análises físico-químicas mostraram um acúmulo de sólidos totais e maiores valores de acidez total nos retentados da ultra e da microfiltração, bem como uma tendência dos valores de sólidos solúveis, cinzas e proteína bruta dos permeados serem menores em relação aos retentados. Por outro lado, a ultra e a microfiltração não alterou a composição de carboidratos. Os permeados obtidos nos testes de concentração do retentado foram concentrados até 74,5-81,0°Brix, para obtenção de xarope, sendo que neste processo, não houve hidrólise de carboidratos. Os processos de ultra e de microfiltração foram eficazes na clarificação de suco de yacon e o processo de branqueamento a que as raízes foram submetidas garantiu a produção de xaropes ricos em frutanos.

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma Mestre Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial/UNESP – Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780. Caixa Postal: 237. CEP18.610-307. Botucatu/SP, fer-cris@ig.com.br

<sup>2</sup>Aluna Curso de Mestrado Agronomia: Energia na Agricultura Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial/UNESP Botucatu, andressa\_nogueira@fca.unesp.br

<sup>3</sup>Professor Orientador Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial/UNESP Botucatu, venturini@fca.unesp.br

**Palavras-chave:** filtração tangencial, membrana, yacon, FOS, MF, UF.

## SUMMARY

*This work aimed the production of rich fructan syrup from yacon juice cleared in ceramic membranes of ultra and microfiltration. An initial assay with yacon juice whose roots haven't undergone whitening process has shown that although there had been clarification of the permeate due to tangential filtration, there had been enzymatic dark of root resulting in darker products than the ones from whitened roots. The following assays evaluated the ultra and microfiltration processes using temperatures of 20, 40, 60 and 80°C where it was observed the increase of the permeate flow because of the temperature boost. The 40°C temperature was chosen to continue the work. Transmembrane pressures of 2 and 4 bar were combined with tangential speeds of 2 and 4 m/s showing that the combination of 2 bar pressure and 4 m/s tangential speed resulted in higher permeate flow. The best combinations of temperature, transmembrane pressure and tangential speed were used in tests of retentate concentration (up to 6) with decrease of 31% and 33% in the permeate flow, respectively, in micro and ultrafiltration. Physical-chemical analysis showed total solid accumulation and higher values of total acidity in the retentates of ultra and microfiltration as well as the tendency of lower values of soluble solids, ashes and gross protein of permeate compared with the retentates. On the other hand, ultra and microfiltration did not alter the carbohydrate composition. Permeates from tests of retentate concentration were concentrated up to 74.5-81.0°Brix to obtain syrup with no carbohydrate hydrolysis in this process. Ultra and microfiltration processes were efficient for clarifying the yacon juice and the root whitening process assured the production of rich fructan syrups.*

**Keywords:** tangential filtration, membrane, yacon, FOS, MF, UF.

## 1. INTRODUÇÃO

Yacon (*Polymnia sonchifolia*) é uma planta de origem andina, cujo interesse está crescendo em todo mundo, principalmente a partir de 1980, em função das características de seus compostos, os quais são considerados de interesse medicinal; bem como das características relativas à produtividade, resistência a doenças e facilidade de cultivo.

Vários carboidratos são acumulados nas raízes de yacon: frutose, glicose, sacarose, oligossacarídeos de baixo grau de polimerização (DP 3-10 frutanos), além de amido e inulina,

sendo a inulina o principal componente que se acumula em plantas da família *Compositae* (GRAU; REA, 1997).

A indústria de alimentos tem um interesse crescente pela inulina (GENNARO et al., 2000), em virtude dos frutanos não serem digeridos pelo trato intestinal de humanos, mas fermentados no colon por bifidobactérias benéficas (INCOLL; BONNETT, 1994). Essa característica os torna úteis no tratamento da constipação, no aperfeiçoamento da composição lipídica do sangue e na redução do pH do intestino, o que permite a supressão de

substâncias indesejáveis nesse meio (HIRAYAMA; HIDAKA, 1993).

Os carboidratos do yacon podem ser recuperados a partir de técnicas de filtração tangencial que fazem uso de membranas cerâmicas ou orgânicas. A filtração em membranas ultrapassa a aplicação da filtração convencional, podendo separar solutos dissolvidos em líquidos e componentes de misturas gasosas. O que distingue os processos membranares mais comuns – microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa – é a aplicação de pressão hidráulica para promover o processo de transporte. A própria natureza da membrana exerce controle sobre quais componentes serão permeados e quais serão retidos. A osmose reversa retém todos os componentes, exceto o solvente (água), enquanto a ultrafiltração retém somente partículas cujas dimensões ocupam uma faixa de 10 a 200 Å (cerca de 0,001 – 0,02 µm). A microfiltração retém partículas suspensas na faixa de 0,10µm a 10µm (CHERYAN, 1986). No entanto, o desempenho da ultra ou da microfiltração em muitas aplicações é limitado pela colmatação de membranas, que acarreta um decréscimo no fluxo de filtrado, e envolve altos custos de processo (ROUVET et al., 1998). Xaropes são adoçantes em forma líquida, normalmente com alta viscosidade, têm sido utilizados como edulcorantes de alimentos desde os primórdios da humanidade, podendo-se citar como exemplo o mel (MACRAE et al., 1993). Em resposta a um aumento na demanda por alimentos saudáveis e pouco calóricos, alguns adoçantes denominados alternativos, entre eles os frutooligosacarídeos (FOS), têm surgido desde 1980. Sua importância primária se deve

Revista Raízes e Amidos Tropicais

mais às suas propriedades funcionais que ao seu poder adoçante (YUN, 1996). Assim, muitos pesquisadores têm utilizado a inulina para obtenção de xaropes de frutose a partir de sua hidrólise, sendo que Combes (1998) utilizou yacon como matéria-prima para produção de xarope de frutanos e xarope de frutose com utilização de técnica de ultrafiltração.

O objetivo deste trabalho foi produzir xarope rico em frutanos a partir de suco de yacon clarificado em membranas cerâmicas de ultra e de microfiltração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Matéria-prima

As raízes e os rizóforos de yacon foram produzidos no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, plantados em outubro de 2000 e colhidos em julho de 2001. As raízes foram lavadas em água da rede pública sem tratamento adicional, secas à sombra e congeladas em *freezer* na temperatura de -18°C, para posterior utilização.

### 2.2. Equipamento para filtração tangencial

O piloto de filtração tangencial usado na clarificação do suco de yacon é constituído por um módulo contendo sete membranas cerâmicas (ZrO<sub>2</sub> - TiO<sub>2</sub>) tubulares (comprimento = 1200 mm e diâmetro interno = 6 mm) de ultra (50 kD) e de microfiltração (0,14 µm), com área ativa de filtração de cada membrana de 226,2 cm<sup>2</sup> (total de 1583,4 cm<sup>2</sup>) e área da seção transversal de cada membrana de 0,283 cm<sup>2</sup> (total de 1,979 cm<sup>2</sup>). A cuba de alimentação tem

capacidade nominal de 10 litros e o volume morto do piloto é de 3,6 litros. O volume morto foi definido como a somatória dos volumes internos de todas as partes constituintes do equipamento, exceto a cuba de alimentação. O piloto conta ainda com um trocador de calor, no qual utilizou-se água quente ou fria, conforme o teste realizado.

### 2.3. Extração do suco de yacon

O suco de yacon, quando as raízes foram submetidas ao processo de branqueamento, foi extraído de acordo com o seguinte protocolo: aquecer 8 kg de água até o ponto de ebulição, adicionar ácido cítrico até pH 2-3, colocar 8 kg de raízes de yacon fatiadas sobre a água em ebulição (mantida por 30 minutos), retirar do fogo e adicionar 104 mL de NaOH 1 M. As raízes branqueadas foram retiradas da água, que por sua vez foi deixada em repouso à temperatura ambiente, enquanto as raízes foram trituradas em multiprocessador doméstico, com separação do suco. As fibras obtidas da trituração foram misturadas à água de branqueamento, filtradas em pano de algodão com separação da fibra e do suco. Este último foi filtrado em peneira de malha 0,125 mm, sendo a fibra descartada. Os sucos obtidos da trituração e da lavagem das fibras foram misturados e congelados em *freezer* a  $-18^{\circ}\text{C}$  até sua utilização.

Os testes com uso de suco de yacon extraído sem que as raízes fossem submetidas ao processo de branqueamento foram realizados com o propósito de verificar a possibilidade de eliminar esta operação sem interferir nas características dos produtos obtidos pela filtração tangencial. Para a realização desses

testes, as raízes de yacon foram retiradas do *freezer* com 12 horas de antecedência ao preparo do suco para seu amolecimento. As raízes foram, então, trituradas e as fibras obtidas deste processo foram prensadas em pano de algodão para maior extração de suco. O suco obtido na trituração e na prensagem das fibras foram misturados e imediatamente filtrados tangencialmente à temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$ , pressão transmembrana de 2 bar e velocidade tangencial de 2 m/s.

### 2.4. Caracterização das membranas de filtração

A caracterização das membranas de ultra e microfiltração foi feita pela determinação de sua permeabilidade com água da rede pública sob condições padrões de pressão transmembrana (1 bar), velocidade tangencial (2 m/s) e temperatura ( $20^{\circ}\text{C}$ ). A permeabilidade foi calculada como a média de quatro leituras de fluxo ( $\text{L/h.m}^2.\text{bar}$ ) nos intervalos de tempo 0 - 1, 5 - 6, 10 - 11 e 15 - 16 minutos de um ciclo de filtração. As membranas foram consideradas adequadas para o uso quando a sua permeabilidade ficou dentro do intervalo:  $M \pm 2 \text{ DP}$  ( $M$  = permeabilidade média das membranas;  $\text{DP}$  = desvio padrão).

### 2.5. Avaliação das condições de operação do piloto

Para a avaliação do processo de ultra e de microfiltração do suco de yacon, determinou-se a melhor temperatura ( $T$ ), pressão transmembrana ( $P$ ) e velocidade tangencial ( $V$ ). Foram testadas temperaturas de 20, 40, 60 e  $80^{\circ}\text{C}$  ( $P = 2 \text{ bar}$ ;  $V = 2 \text{ m/s}$ ;  $\text{FC} = 1$ ). A melhor temperatura foi

utilizada em testes nos quais a pressão transmembrana foi de 2 e 4 bar e a velocidade tangencial foi de 2 e 4 m/s, resultando em quatro combinações:

P2V2 = pressão transmembrana 2 bar e velocidade tangencial 2 m/s

P2V4 = pressão transmembrana 2 bar e velocidade tangencial 4 m/s

P4V2 = pressão transmembrana 4 bar e velocidade tangencial 2 m/s

P4V4 = pressão transmembrana 4 bar e velocidade tangencial 4 m/s

Em todos os ensaios, o fluxo médio de permeado foi calculado como a média das cinco últimas leituras de cada teste.

Determinadas as melhores condições operacionais do piloto para cada membrana, foi feito um teste de concentração do retentato (1), com Fator de Concentração crescente (FC até 6).

$$FC = \frac{V_{total}}{V_{retentato}} = \frac{V_{permeado} + V_{retentato}}{V_{retentato}} \quad (1)$$

Os permeados produzidos nesse estudo foram utilizados para a produção de xaropes ricos em frutanos, através de sua concentração até aproximadamente 80°Brix, em evaporador rotativo à vácuo.

Todos os testes foram feitos para membranas de 50 kD e 0,14 µm.

## 2.6. Análises físico-químicas

Nos testes de concentração do retentato, o suco de alimentação, o permeado e o retentato foram analisados para os seguintes parâmetros: sólidos solúveis (°Brix), açúcares redutores (g glicose/100 mL), cinzas (%), umidade (%),

sólidos totais (%), pH, acidez total (g ácido láctico/100 mL) e proteína bruta (%), conforme IAL (1986). A composição de frutanos foi determinada por cromatografia líquida (HPLC) e a viscosidade do xarope foi determinada em viscosímetro de tambor rotativo. Todas as análises foram feitas em duplicata.

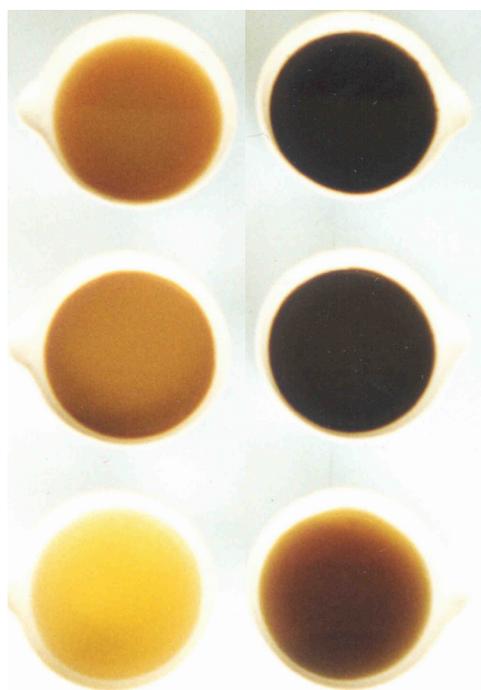
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Permeabilidade

A permeabilidade média das membranas de ultrafiltração foi de 59,30 L/h.m<sup>2</sup>.bar e admitiu-se que as membranas estavam limpas e, portanto, adequadas para o uso quando sua permeabilidade esteve dentro do intervalo de 52,86 a 65,74 L/h.m<sup>2</sup>.bar. A permeabilidade média das membranas de microfiltração foi de 124,61 L/h.m<sup>2</sup>.bar e o seu intervalo de utilização foi de 62,21 a 187,02 L/h.m<sup>2</sup>.bar.

### 3.2. Branqueamento

Nos testes feitos sem que as raízes tivessem sido submetidas ao branqueamento prévio, observou-se a ocorrência de escurecimento enzimático nas raízes de yacon antes mesmo da produção do suco. No entanto, com a microfiltração, houve a clarificação do permeado em relação ao retentato e suco de alimentação (Figura 1). Em função destes resultados, visando garantir a obtenção de um produto com baixa intensidade de cor e turbidez, os testes consecutivos foram realizados mediante o branqueamento das raízes antes da operação de extração do suco de yacon.



(A)

(B)

**Figura 1.** Fotografias do suco de alimentação, retentado e permeado (de cima para baixo) oriundos do processo de microfiltração – (A) branqueamento das raízes antes da extração do suco; (B) clarificação do suco diretamente no piloto.

### 3.3. Efeitos da temperatura no fluxo de permeado

Estudando o efeito da temperatura no fluxo de permeado (Figuras 2 e 3), observou-se a ocorrência de queda inicial e estabilização do fluxo de permeado em todos os testes, indicando a presença do fenômeno de colmatação e da formação da camada limite sobre a superfície das membranas, conforme citou Rouvet et al. (1998).

O aumento nos valores de fluxo de permeado diretamente relacionado com o aumento da temperatura reflete os conceitos apresentados na Lei de Darcy, a qual afirma que o fluxo de permeado é inversamente proporcional à viscosidade do fluido submetido ao processo de filtração (INNOCENTINI; PANDOFELLI, 1999).

As membranas de microfiltração apresentaram maiores valores de fluxo de permeado em relação às membranas de ultrafiltração, indicando uma menor resistência à filtração devido ao maior tamanho de seus poros.

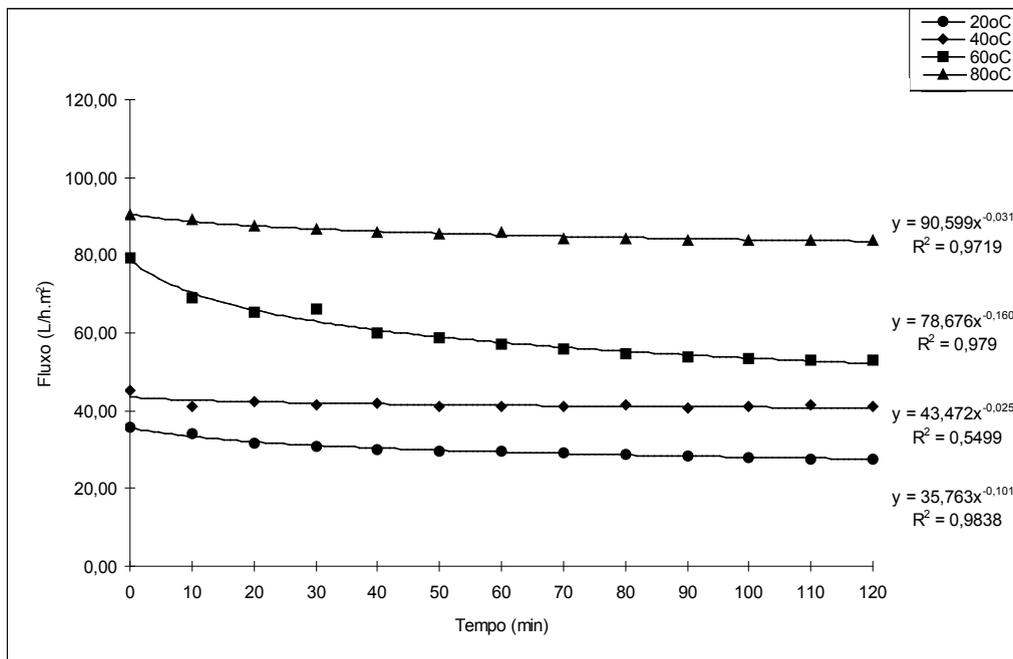


Figura 2. Fluxos de permeado sob temperaturas de 20, 40, 60 e 80°C, em membranas de ultrafiltração (50 kD).

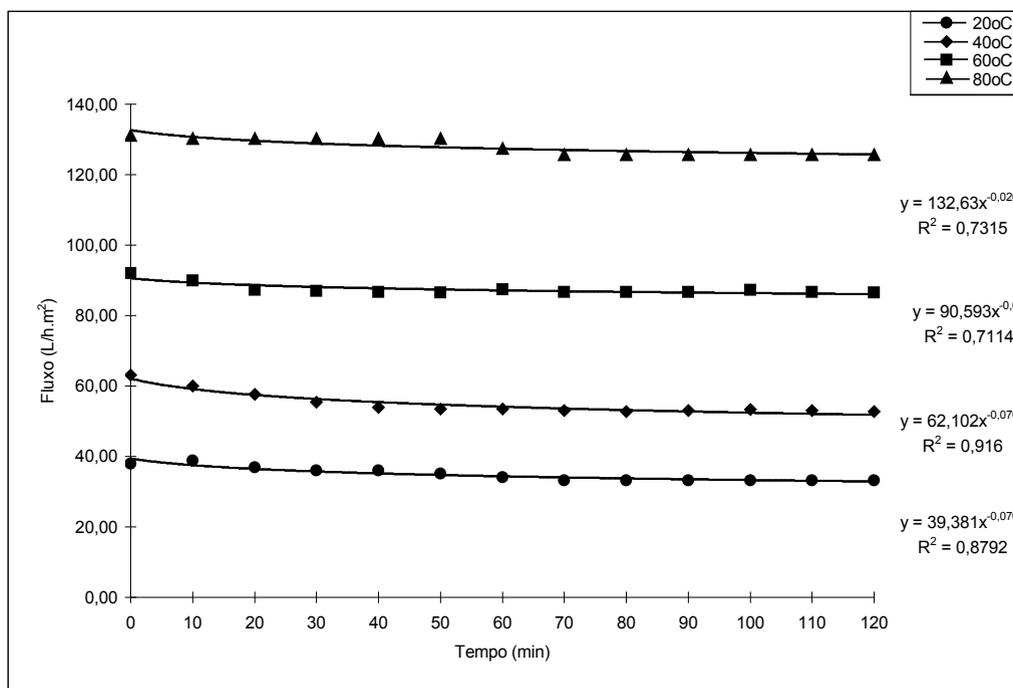


Figura 3. Fluxos de permeado sob temperaturas de 20, 40, 60 e 80°C, em membranas de microfiltração (0,14 µm).

Apesar do teste conduzido na temperatura de 80°C apresentar maior fluxo de permeado (84,04 L/h.m<sup>2</sup>, para a ultrafiltração e 125,62 L/h.m<sup>2</sup>, para a microfiltração), optou-se por prosseguir os experimentos com temperatura de 40°C (41,10 L/h.m<sup>2</sup>, para a ultrafiltração e 53,00 L/h.m<sup>2</sup>, para a microfiltração), em virtude da maior facilidade de controle do equipamento.

### 3.4. Efeitos da pressão transmembrana e da velocidade tangencial no fluxo de permeado

Após observar a melhor temperatura de filtração foram conduzidos ensaios com diferentes combinações de pressões transmembrana (2 e 4 bar) e velocidades tangenciais (2 e 4 m/s).

A Tabela 1 mostra os fluxos de permeado obtidos nesses ensaios. Observou-se um incremento no fluxo de permeado de 123,6% e de 144,4%, respectivamente em membranas de ultra e de microfiltração, mantendo a pressão constante em 2 bar e alterando a velocidade de 2 para 4 m/s. Quando a pressão foi fixada em 4 bar, esse aumento no fluxo de permeado foi de 148,4%, em membranas de 50 kD e de 185,4%, em membranas de 0,14 µm. Evidenciando o que diz Gonçalves (1999) ao descrever os parâmetros que influenciam o desempenho da ultra e da microfiltração, a velocidade tangencial afeta as condições de filtração, pois forças de arrasto e de cisalhamento atuam sobre a superfície da torta, no sentido de desfazê-la ou diminuir sua espessura. De forma semelhante,

Todisco et al. (1996) afirmaram que a velocidade tangencial altera as forças que afetam as paredes das membranas e, conseqüentemente, a taxa de remoção ou depósito de partículas que são responsáveis pelo declínio do fluxo.

Por outro lado, a duplicação da pressão transmembrana resultou em queda de fluxo de permeado, principalmente para as membranas de ultrafiltração. Esta redução atingiu 21,6% e 6,7%, respectivamente, na ultra e na microfiltração. Conforme citam Todisco et al. (1996), a pressão transmembrana é a força motriz que impulsiona a fase líquida do suco a ser filtrado através da membrana; mas, por outro lado, também exerce influência favorável na ocorrência do fenômeno da colmatção e formação da camada limite. Neste caso, principalmente para as membranas de ultrafiltração, a pressão transmembrana apresentou efeito predominantemente colmatador.

O maior fluxo de permeado foi obtido utilizando-se a combinação de pressão transmembrana de 2 bar e velocidade tangencial de 4 m/s.

**Tabela 1.** Fluxos médios de permeado em função de diferentes combinações de pressões transmembrana (2 e 4 bar) e velocidades tangenciais (2 e 4 m/s), em membranas de ultra (50 kD) e de microfiltração (0,14 µm).

Velocidade (m/s)	Membrana de 50 kD		Membrana de 0,14 µm	
	Pressão 2 bar	Pressão 4 bar	Pressão 2 bar	Pressão 4 bar
2,0	41,18	32,30	53,00	57,77
4,0	92,07	80,23	151,29	141,20

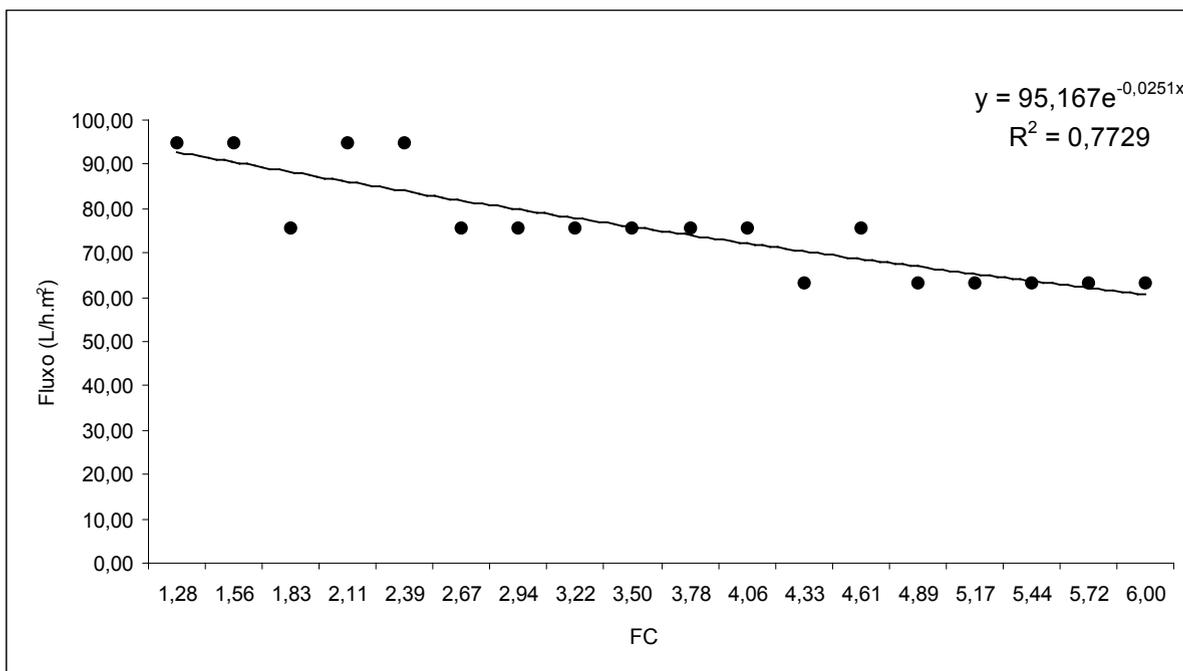
Testes de concentração do retentato – FC crescente

Durante a filtração tangencial com membranas, ocorre a concentração de sólidos no retentato, em função da retirada do permeado. Por este motivo, foram realizados testes de concentração do retentato com FC crescente (até 6), utilizando as melhores condições avaliadas de temperatura (40°C), pressão transmembrana (2 bar) e velocidade tangencial (4 m/s).

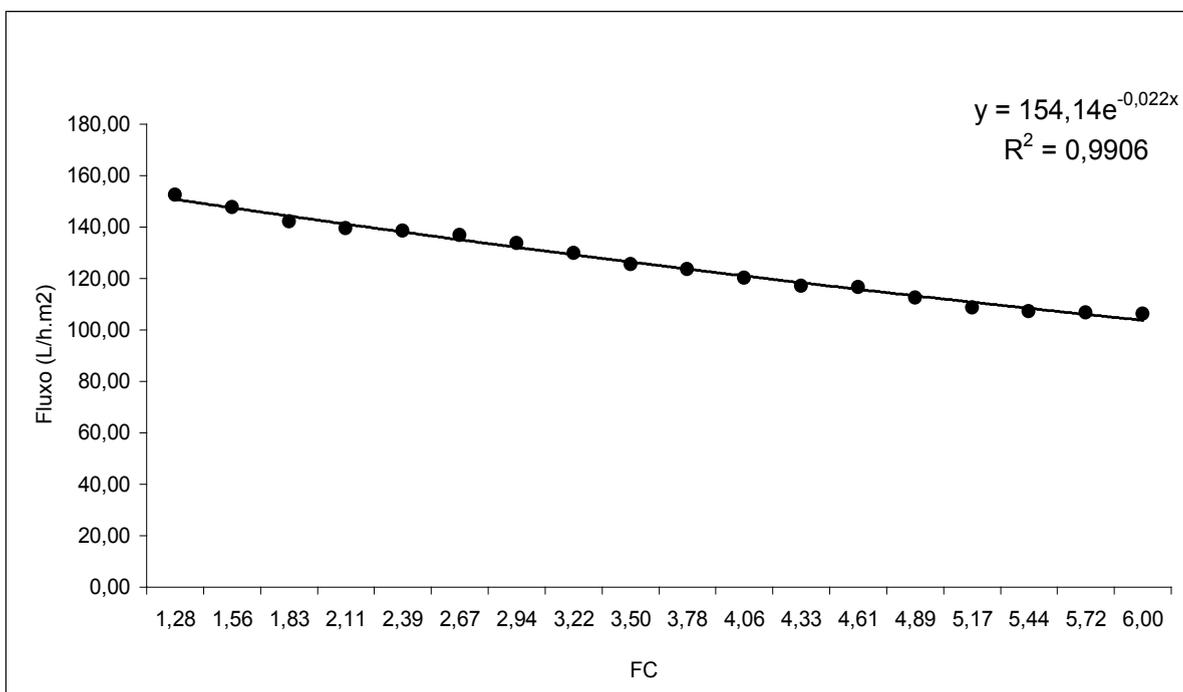
Nesses ensaios, observou-se queda no fluxo de permeado de 33,3% e 30,4%, respectivamente, para as membranas de ultra e de microfiltração (Figuras 4 e 5), quando o fator de concentração

passou de 1 para 6. Tal queda pode ser explicada tanto pelo aumento da viscosidade do retentato em virtude do aumento da concentração de partículas que não atravessaram a membrana, como por um aumento na tendência de ocorrer o fenômeno de colmatação e a formação da camada limite, que se desenvolve na superfície da membrana e que age como uma membrana secundária, conforme afirma Preventing (2001). A equação melhor ajustada para explicar o fenômeno é do tipo exponencial.

A curva teórica representa satisfatoriamente os fenômenos de micro e de ultrafiltração em função do elevado valor de  $R^2$  (acima de 0,77).



**Figura 4.** Fluxo de permeado em função do fator de concentração, utilizando membranas de ultrafiltração (T = 40°C; P = 2 bar; V = 4 m/s; FC = 6).



**Figura 5.** Fluxo de permeado em função do fator de concentração, utilizando membranas de microfiltração (T = 40°C; P = 2 bar; V = 4 m/s; FC = 6).

### 3.5. Análises físico-químicas

A Tabela 2 mostra os resultados das análises físico-químicas do suco de alimentação, do permeado e do retentato referentes ao teste

de concentração do retentato, em membranas de ultra e de microfiltração.

**Tabela 2.** Análises físico-químicas do suco de alimentação, do permeado e do retentato oriundos do teste de concentração do retentato, em membranas de 50 kD e 0,14.

	Membrana de 50 kD			Membrana de 0,14 µm		
	Suco	Perm	Ret.	Suco	Perm	Ret.
Umidade (%)	93,43	93,71	92,90	92,97	93,22	91,98
Sólidos totais (%)	6,57	6,29	7,10	7,03	6,78	8,02
Cinzas (%)	0,31	0,30	0,44	0,43	0,40	0,57
Açúcares redutores (%)	1,03	2,04	2,02	1,94	1,85	1,88
Acidez (g ac. láctico/100 mL)	0,18	0,32	0,35	0,18	0,17	0,23
Proteína bruta (%)	0,41	0,34	0,60	0,53	0,51	0,73
Sólidos solúveis (°Brix)	7,50	7,30	7,90	7,10	7,00	7,70
pH	5,09	5,04	5,05	5,23	4,80	5,23

Como o fator de concentração usado nos testes foi 6, poder-se-ia esperar que a concentração de sólidos totais e proteínas no retentato ficasse multiplicada por um valor próximo a 6, quando comparada aos valores originais do suco de alimentação. Como isto não aconteceu – os valores não chegaram a dobrar – ficou evidenciado que os sólidos totais e as proteínas do suco de yacon eram constituídos predominantemente por partículas suficientemente pequenas para atravessar os poros das membranas de ultra e de microfiltração. Por outro lado, os valores da concentração de cinzas no retentato aumentaram 46% na ultrafiltração e 38% na microfiltração, indicando a presença de sólidos insolúveis nesta fração, possivelmente minerais de argila do solo, que acompanhavam as raízes

Revista Raízes e Amidos Tropicais

no momento de extração do suco. O aumento do Brix no retentato (5% na ultrafiltração e 8% na microfiltração) evidencia o pequeno acúmulo de sólidos insolúveis nesta fração.

Para as demais análises, não foi observada uma tendência de separação de componentes em função da filtração.

### 3.6. Produção e análises físico-químicas do xarope

O permeado obtido na ultrafiltração foi concentrado de 7,3 a 81,0 °Brix, enquanto que o obtido na microfiltração foi concentrado de 7,0 a 74,5 °Brix, em evaporador rotativo a vácuo. A concentração final dos permeados atingiu cerca de 10 vezes o valor da sua concentração inicial. A Tabela 3 mostra que os valores de sólidos solúveis, sólidos totais, cinzas e açúcares

Botucatu, v. 2, p.68-81, outubro, 2006

reduzidores apresentaram o aumento esperado de cerca de 10 vezes o seu valor inicial. No entanto, os valores de sólidos solúveis foram superiores aos de sólidos totais. Este resultado pode ser explicado pelo fato da leitura de sólidos solúveis em °Brix ser aparente e a de sólidos totais, real.

Os valores de pH mantiveram-se estáveis e os de acidez total ficaram próximos àqueles dos permeados, indicando que uma parcela considerável de seus componentes apresentava natureza volátil, sendo perdida durante a concentração do permeado.

**Tabela 3.** Análises físico-químicas dos xaropes obtidos da concentração dos permeados oriundos do teste de concentração do retentato, em membranas de 50 kD e 0,14 µm.

Parâmetros	Membrana de 50 kD	Membrana de 0,14 µm
Umidade (%)	23,48	29,40
Sólidos totais (%)	76,52	70,60
Cinzas (%)	3,40	3,13
Açúcares redutores (%)	26,38	22,73
Acidez (g ac. láctico/100 mL)	0,17	0,22
Sólidos solúveis (°Brix)	81,0	74,5
pH	5,08*	4,63**
Viscosidade (cP)	8086	1489

\*Determinado em solução de xarope 8,10 °Brix

\*\*Determinado em solução de xarope 7,45 °Brix

A Tabela 4 mostra a composição de carboidratos dos permeados obtidos nos testes

de concentração dos retentatos, nas membranas de ultra e de microfiltração, e seus respectivos xaropes

**Tabela 4.** Composição de carboidratos dos permeados oriundos dos testes de concentração dos retentatos, em membranas de 50 kD e 0,14 µm, e seus respectivos xaropes.

	Membrana de 50 kD		Membrana de 0,14 µm	
	Xarope	Permeado	Xarope	Permeado
Frutanos	70,37	71,40	74,38	75,55
Sacarose	11,24	12,53	7,32	7,79
Glicose	10,07	8,50	11,08	9,97
Frutose	8,32	7,57	7,22	6,69
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Pode-se observar que as concentrações relativas de frutanos dos xaropes mantiveram-se semelhantes às dos permeados, tanto na ultra como na microfiltração.

A ausência de diferenças expressivas no conteúdo de frutanos dentro dos testes, ou entre eles, indica que não ocorreu hidrólise durante a fase de produção do xarope, independentemente do tipo de membrana testada.

#### 4. CONCLUSÕES

A membrana de microfiltração apresentou valores de fluxo de permeado superiores em relação aos de ultrafiltração.

Os valores fluxos de permeado apresentaram relação direta com a temperatura e velocidade, e inversa com a pressão de filtração, independentemente do tamanho de poro das membranas. Os valores de fluxo de permeado relacionaram-se inversamente com o fator de concentração do retentato.

Durante o processo de concentração de permeado para a produção de xarope rico em frutanos, não houve hidrólise de carboidratos.

Os processos de ultra e de microfiltração promoveram clarificação do suco de yacon.

Os xaropes obtidos foram ricos em frutanos, indicando que o branqueamento foi eficaz na inativação enzimática.

#### 5. REFERÊNCIAS

CHERYAN, M. **Ultrafiltration handbook**. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, Inc., 1986.

COMBES, M. **Etude de la production d'un sirop de fructanes et d'un sirop de fructose par ultrafiltration a partir du yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. Montpellier: Institut des Sciences de l'Ingenieur de Montpellier, 1998. (Relatório de estágio).

GENNARO, S.; BIRCH, G. G.; PARKE, S. A.; STANCHER, B. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers. **Food Chemistry**, v. 68, n. 2, p. 179-183, 2000.

GONÇALVES, E. M. **Análise da microfiltração tangencial do xarope de açúcar cristal e aplicação do seu modelo matemático para a suspensão de sólidos em água**. Botucatu. 1999. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu.

GRAU, A.; REA, J. Yacon - *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: HERMANN, M. e HELLER, J. (ed.). **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon - promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 21. Roma: International Plant Genetic Resource Institute, 1997. p. 199-242.

HIRAYAMA M.; HIDAKA H. Production and utilization of microbial fructans. In: SUZUKI, M.; CHATTERTON, N. J. **Science and technology of fructans**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 274-302.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos**

químicos e físicos para análise de alimentos. 2.ed. São Paulo, 1986.

INCOLL, L. D.; BONNETT, G. D. Fructans in the Compositae - a short review. In: CALIGARI, P. D. S.; HIND, D. J. N. (ed.). **Compositae: biology & utilization**. Proceedings of the International Compositae Conference, Kew: [s.n.], 1994.

INNOCENTINI, M. D. M.; PANDOLFELLI, V. C. Considerações sobre a estimativa da permeabilidade em concretos refratários através das equações de Darcy e de Forchheimer. **Cerâmica**, v. 45, n. 292/293, p. 61-67, 1999.

MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. Syrups In: \_\_\_\_\_ (ed.) **Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition**. London: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Academic Press Limited, 1993. p. 4497-4503.

PREVENTING Membrane fouling. **Filtration & Separation**, p. 20-21, jan/feb 2001.

ROUVET, F.; FIATY, K.; LAURENT, P.; LIOU, J. K. Modelling and simulation of membrane fouling in batch ultrafiltration on pilot plant. In: **Computers & Chemical Engineering**. v. 22, Suppl., p. S901-S904, 1998.

TODISCO, S.; PEÑA, L.; DRIOLI, E.; TALLARICO, P. Análisis of the fouling mechanism in microfiltration of orange juice. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 20, n. 6, p. 453-466, 1996.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides - occurrence, preparation, and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 19, p. 107-117, 1996.