



## ESTUDO DE PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS PARA PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA PASTEURIZADO

Gomes, M. S., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F.

Laboratório da Separação por Membranas (LASEM)  
Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
R. Eng. Luis Englert, s/n. Campus Central. CEP: 90040-040 - Porto Alegre - RS - BRASIL,  
E-MAIL: {marinasg, isabel, ligia}@enq.ufrgs.br

**Palavras Chaves:** suco de laranja; hidrólise enzimática; microfiltração; ultrafiltração; pasteurização.

**Resumo:** Com o crescente apelo dos consumidores por alimentos minimamente processados, o consumo de sucos tem aumentado significativamente, sendo o suco de laranja pasteurizado e refrigerado um dos mais consumidos pelos brasileiros. No entanto, o processo de pasteurização, mesmo utilizando altas temperaturas por curto período de tempo, altera ligeiramente as características organolépticas do suco, resultando em um produto com sabor diferente ao do suco fresco. Este trabalho propõe a utilização de processos de separação por membranas (PSM) na produção de suco de laranja, especificamente na etapa de pasteurização, pois os PSM podem operar em baixas temperaturas. Utiliza-se a hidrólise enzimática como pré-tratamento, tendo como objetivo diminuir a viscosidade do suco, possibilitando uma melhora no fluxo permeado e uma diminuição na perda de carga ao longo do canal de escoamento. Dois compostos enzimáticos em diferentes tempos e temperaturas de hidrólise foram avaliados. A viscosidade do suco é medida antes e depois da hidrólise, assim como a acidez, °Brix e pH. Após definido o composto enzimático mais adequado e suas condições de hidrólise, estão sendo efetuados testes com diferentes membranas, sendo uma de microfiltração com diâmetro de poro de  $0,2\mu\text{m}$  e outra de ultrafiltração com massa molar de corte entre 40 - 50 kDa. A necessidade de pasteurização convencional do retido e sua reutilização no próprio suco é considerada uma vez que as substâncias responsáveis pelo sabor que são modificadas durante a pasteurização passam para o permeado durante a filtração. Desta forma, a qualidade do produto final em termos organolépticos não é afetada, já que apenas o retido será submetido ao processo com elevadas temperaturas. Finalmente, a vida de prateleira do produto final através de análises microbiológicas será avaliada com base nos resultados obtidos.

### 1 INTRODUÇÃO

O suco de laranja, que é definido como suco não fermentado obtido de laranjas maduras, está entre os sucos mais consumidos e apreciados em todo o mundo. O Brasil encontra-se entre os principais produtores de laranja e é responsável por aproximadamente 80% do suco de laranja concentrado congelado exportado no mundo, sendo os principais consumidores o mercado europeu e o americano, que importam 54% e 34%, respectivamente (SILVA *et al.*, 1998).

Devido aos novos hábitos e crescente tendência ao consumo de produtos naturais, houve um aumento na demanda do suco de laranja e surgiram novas formas de comercialização do produto. Uma destas formas foram os sucos prontos para beber, pasteurizados e comercializados sob refrigeração, apresentando o diferencial de serem submetidos a

processamentos térmicos mais brandos, fazendo com que suas características sensoriais sejam mais próximas às do produto fresco. Esta preocupação surge pois o mercado brasileiro possui uma alta exigência em relação ao sabor natural dos sucos, e mesmo pequenas alterações organolépticas nos sucos submetidos a processamentos térmicos mais severos são detectadas (NETO & FARIA, 2003).

A aplicação de ultrafiltração na clarificação de sucos de frutas e vegetais tem sido extensivamente estudada durante os últimos 25 anos. Em comparação com os processos convencionais de clarificação, a ultrafiltração apresenta alguns benefícios tais como: eliminar o uso de terra diatomácea, reduzindo os custos de produção e o problema de tratamento de resíduos, melhorar a clarificação dos sucos, aumentar o rendimento, reduzir os custos em geral e, até mesmo, permitir a recuperação de enzimas para uma reutilização em

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

potencial. A clarificação de sucos com a utilização de membranas tem sido estudada utilizando módulos de diferentes configurações tais como tubulares, placa e quadro, espiral e fibra oca como também células com agitação ou fluxo transversal. As membranas utilizadas são membranas cerâmicas, metálicas e poliméricas feitas de polissulfona, poliamida, polipropileno, etc. (VLADISAVLJEVIC *et al.*, 2003).

Segundo RODRIGUES *et al.* (2003), uma membrana pode ser definida como uma barreira seletiva, sólida ou líquida, que separa duas fases e restringe o transporte de uma ou várias espécies químicas de maneira específica. Esse transporte ocorre por difusão ou convecção e é induzido pelo gradiente de potencial químico (expresso em termos de pressão, concentração e temperatura) ou elétrico.

Em função do mecanismo de transporte e da força motriz, têm-se diferentes processos de separação por membranas, dentre eles destacam-se microfiltração, ultrafiltração, osmose inversa, eletrodialise, pervaporação e separação de gases. Desde as últimas décadas, os processos de separação por membranas (PSM) vêm sendo empregados em diferentes áreas industriais oferecendo vantagens como baixo consumo energético, não requerem aditivos químicos, serem sistemas compactos e de fácil “scale-up”, apresentarem a possibilidade de emprego em sistemas contínuos e combinação com outros processos de separação (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Alguns PSM podem ser utilizados para separar sucos em uma fração concentrada de polpa e outra fração clarificada livre de microorganismos. A fração clarificada, considerada comercialmente estéril, pode sofrer uma concentração por membranas, sem aquecimento, e, eventualmente, pode ser utilizada na reconstituição do suco através da combinação com a fração concentrada de polpa pasteurizada, com o objetivo de obter um produto com melhores propriedades sensoriais (GANLMANN, 1993 apud VAILLANT *et al.*, 1999).

A maior restrição em relação aos PSM em sucos ricos em polpa é devido ao fato de que a maioria dos sistemas que envolvem macromoléculas e sólidos em suspensões estão sujeitos a limitações de transferência de massa e decréscimo nas taxas de permeação causadas pelo *fouling* (adsorção e/ou bloqueio de poros de componentes da alimentação), pela formação da camada polarizada de concentração (acúmulo de substâncias próximo à superfície da membrana) e, em alguns casos pode ainda ocorrer a formação de camada gel

(VLADISAVLJEVIC *et al.*, 2003; CARNEIRO *et al.*, 2002, JIRARATANANON *et al.*, 1998, VAILLANT *et al.*, 1999).

Os efeitos do *fouling* podem ser reduzidos pelo pré-tratamento da alimentação, comumente utilizado para remoção das partículas que podem causar obstrução dos poros da membrana. O pré-tratamento pode envolver tanto processos físicos quanto químicos.

Processos físicos, usualmente incluem pré-filtração ou centrifugação para remoção dos sólidos suspensos que podem obstruir os poros da membrana.

Os processos químicos incluem ajuste de pH da alimentação permitindo que as moléculas ou os colóides floculantes permaneçam distantes de seu ponto isoelétrico, reduzindo assim a tendência de formarem uma camada gel, podem envolver também precipitação, coagulação e floculação de macromoléculas.

Adequadas operações nas plantas de PSM requerem um cuidadoso gerenciamento do *fouling* da membrana, pois a ausência total deste dificilmente é possível, mas seu impacto pode ser limitado através de uma variedade de técnicas. Segundo WAKEMAN *et al.* (2002) a escolha da membrana, módulo, configuração do processo e pré-tratamento são parâmetros a serem avaliados para que a produtividade do processo não seja lesada devido ao *fouling*. Evitando e/ou minimizando o *fouling*, além de incrementar as taxas de filtração facilita-se a limpeza das membranas, limitando assim o uso de condições mais severas de limpeza e, conseqüentemente, prolongando o tempo de vida útil das membranas poliméricas.

Para sucos de frutas, o material responsável pelo *fouling* é principalmente composto por polissacarídeos da parede celular tais como pectina, celulose, lignina e hemicelulose. Dentre estes, a pectina tem sido considerada como a maior contribuinte pela queda do fluxo permeado e pelas dificuldades na limpeza das membranas de microfiltração. Tendo em vista o controle do *fouling* na membrana durante a clarificação de sucos, vários métodos para o incremento do fluxo têm sido propostos, dentre eles destaca-se o pré-tratamento enzimático que consiste na hidrólise dos polissacarídeos solúveis, os quais são responsáveis pela alta viscosidade do suco (VAILLANT *et al.*, 1999; VLADISAVLJEVIC *et al.*, 2003; CARNEIRO *et al.*, 2002; CHO *et al.*, 2003).

As pectinases em geral, são enzimas responsáveis principalmente pela degradação de extensas e complexas moléculas denominadas de pectinas, que são polissacarídeos estruturais encontrados na lamela média e na parede celular das células

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

vegetais. Estes polissacarídeos são compostos por ácidos galacturônicos unidos por ligações do tipo  $\alpha(1-4)$ . As cadeias laterais da molécula de pectina consistem de açúcares como L-ranose, arabinose, galactose e xilose. Os grupos carboxílicos dos ácidos galacturônicos são parcialmente esterificados por grupos metilas (KASHYAP *et al.*, 2001).

Pré-tratamentos com enzimas que hidrolisam as pectinas estão sendo amplamente investigados no processo de microfiltração, ultrafiltração e osmose inversa de sucos de frutas e demais líquidos alimentícios que contenham pectina (SZANIAWSKI & SPENCER, 1997).

Ao contrário do que ocorre na maçã, na qual as pectinas apresentam alto grau de metilação, as da laranja são apenas parcialmente metiladas. Isto ocorre devido ao fato de que o suco de laranja contém naturalmente grandes quantidades de pectinesterase (PE), enzima que retira grupos metila das moléculas de pectina, dando origem a ácidos pécticos e metanol. Na presença de íons de cálcio e ácidos pécticos, pectatos de cálcio insolúveis são formados no suco de laranja provocando uma indesejável precipitação de partículas. A massa molar da maioria das pectinesterases encontra-se na faixa de 35-50 kDa e a temperatura ótima de atividade é na faixa de 50°C (KASHYAP *et al.*, 2001. JAYANI *et al.*, 2005).

Segundo ORTEGA *et al.* (2004) diversas enzimas de degradação da parede celular são utilizadas industrialmente para aumentar a qualidade de produtos e melhorar a eficiência da clarificação de vinho e sucos de frutas, assim como a extração de óleos. Dentre elas estão, além das pectinases, as celulasas e as hemicelulasas, as quais são usualmente utilizadas nos preparados enzimáticos comerciais.

A poligalacturonase (PG) é um membro da família das pectinases, a qual atua nas ligações  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  dos ácidos poligalacturônicos das pectinas. Em grande parte das aplicações industriais, as poligalacturonases expressas por fungos são as mais utilizadas devido à sua maior atividade enzimática em uma faixa de pH menor, sendo as mais indicadas nos processos de frutas e vegetais. A temperatura ótima para a atividade da PG é na faixa de 30 – 50°C e, para temperatura acima de 50°C, a inativação da mesma é notável após curto período de aquecimento. No entanto, PG's comerciais são mais tolerantes ao calor do que as PG's purificadas (ORTEGA *et al.* 2004).

Segundo CARNEIRO *et al.* (2002) a acidez, pH e conteúdo de sólidos solúveis não foram alterados durante o tratamento enzimático aplicado em suco de abacaxi, assim como a concentração de glicose,

frutose e sacarose permaneceram constantes ao longo do processo.

Os resultados apresentados por MATTA *et al.* (2004) mostraram que a utilização da hidrólise enzimática como pré-tratamento do processo de separação por membranas foi eficiente na quebra das moléculas de pectinas e outras substâncias como amido, celulose e hemicelulose, as quais intensificam os fenômenos de polarização por concentração, formação da camada gel e o *fouling* durante a filtração. Desta forma, foi observado que o fenômeno de polarização por concentração e a formação da camada gel diminuíram resultando em um fluxo permeado maior. Além disto, outro fator que pode ter contribuído para o aumento do fluxo permeado é uma provável atividade residual da enzima durante a filtração, tendo em vista que o processo de inativação da mesma não foi realizado.

A limpeza consiste na remoção de materiais estranhos da superfície e poros da membrana. A maior parte da literatura das últimas 2 décadas focaram o *fouling* ao invés da limpeza, ainda que o problema possa parecer estar relacionado ao *fouling*, pode ser na realidade um problema relacionado também à limpeza. Um considerável progresso foi atingido neste período sobre o entendimento das interações entre os agentes causadores do *fouling*, a membrana e as condições de operação durante a limpeza (CHERYAN, 1998) colocar uma referência mais atual.

Membranas com *fouling* são comumente rejuvenescidas através de limpezas do tipo *clean-in-place* (CIP). A CIP possui um menor tempo de manutenção do que os procedimentos de limpeza convencional, também chamados de *clean-out-of-place* (COP) além de que muitos fornecedores costumam recomendar protocolos de CIP para suas membranas. Usualmente, as soluções de limpeza são circuladas com uma pressão menor do que a utilizada durante a filtração para prevenir a possível penetração de agentes causadores de *fouling* na membrana. A escolha das soluções de limpeza não é determinada somente pelo tipo de agente causador do *fouling*, mas também pela compatibilidade da membrana com a solução na temperatura em que a limpeza é efetuada. Nos casos em que o principal agente causador do *fouling* é a pectina, foi observado que a ordem de utilização das soluções químicas durante a limpeza é um fator crítico, sendo mais adequada a utilização de soluções básicas seguidas de soluções ácidas. Muitas soluções de limpeza apresentam com o tempo de uso um efeito adverso na capacidade rejeição da membrana (WAKEMAN & WILLIAMS, 2002; CHERYAN, 1998).

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

Não existe uma regra que possa ser aplicada para prever qual técnica de limpeza seria a mais adequada para cada aplicação em particular. Além disso, a frequência das limpezas é um fator econômico crítico, tendo em vista que causa um profundo efeito no tempo de operação da membrana e na sua vida útil (WAKEMAN & WILLIAMS, 2002; CHERYAN, 1998).

RODRIGUES *et al.* (2003) realizou a limpeza do sistema de microfiltração de suco de banana através da recirculação de uma solução cloro-alcálica composta por solução aquosa de NaOH (pH 10) e 0,8% de NaClO durante 2 horas. Segundo o autor, além da limpeza do sistema, este procedimento também visou à recuperação e posterior utilização da membrana.

Este trabalho propõe a utilização de processos de separação por membranas (PSM) na produção de suco de laranja, especificamente na etapa de pasteurização, pois os PSM podem operar em baixas temperaturas. Utiliza-se a hidrólise enzimática como pré-tratamento, tendo como objetivo diminuir a viscosidade do suco, possibilitando uma melhora no fluxo permeado e uma diminuição na perda de carga ao longo do canal de escoamento.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada neste estudo foi suco de laranja fresco fornecido por uma empresa da região. As amostras foram coletadas após a passagem pelo turbo filtro (etapa de centrifugação do suco para retirada do excesso de polpa). Esta etapa ocorre antes da pasteurização, no entanto, o suco utilizado nos experimentos não foi pasteurizado, sendo denominado assim, suco bruto.

### 2.2 Tratamento enzimático

Foram testados dois compostos enzimáticos comerciais: Pectinex Ultra SP-L (composto por poligalacturonase expressa pelo *Aspergillus aculeatus*) e Citrozym Cloudy 100 L (composto por pectina liase, poligalacturonase, pectinesterase de baixa atividade, celulase e hemicelulase produzidas

por *Aspergillus niger*), ambas da Novozymes. Por conveniência, chamaremos os compostos enzimáticos simplesmente de enzimas.

Os tratamentos enzimáticos foram realizados em diferentes temperaturas e tempos de hidrólise. As temperaturas utilizadas foram de 30° e 40°C para a Pectinex Ultra SP e de 35° e 45°C para a Citrozym Cloudy 100L em tempos de 15, 30, 45 e 60 minutos para ambas. Estas diferenças de temperatura devem-se às diferentes faixas de maior atividade enzimática de cada enzima.

Foram adicionados 300 ppm de enzima em 1L de suco bruto. Este volume foi fracionado entre 4 erlenmeyers de 250 mL cada e levados a um banho-maria metabólico tipo Dubnoff (TE-053), com agitação constante. A cada 15 minutos, um erlenmeyer foi retirado do banho-maria e colocado em um recipiente com água e gelo para, desta forma, cessar a reação de hidrólise.

Cada experimento de hidrólise foi realizado em triplicata.

### 2.3 Módulo, membranas e condições de operação, limpeza e higienização

Utilizou-se um módulo de membrana plano com área de filtração de 51,75 cm<sup>2</sup> e escoamento tangencial. Até o momento, foram realizados testes preliminares com uma membrana polimérica de ultrafiltração com massa molar de corte entre 40 – 50 kDa. Outra membrana polimérica de microfiltração com tamanho de poro de 0,2µm ainda será testada. Ambas as membranas foram fabricadas pela OSMONICS.

Antes da filtração do suco, previamente hidrolisado, realizou-se a compactação da membrana através da recirculação de água destilada a 25°C e pressão de 2 bar. Pressão esta superior à pressão de operação da filtração do suco.

O suco foi hidrolisado com a Pectinex Ultra SP durante 30 minutos a uma temperatura de 40°C. O procedimento de inativação da enzima não foi adotado. A filtração do suco foi realizada em bateladas de 2 litros e duração de 2 horas. A pressão de operação foi de 1,5 bar e temperatura de 25°C, conforme mostra o fluxograma a seguir (Figura 1).

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

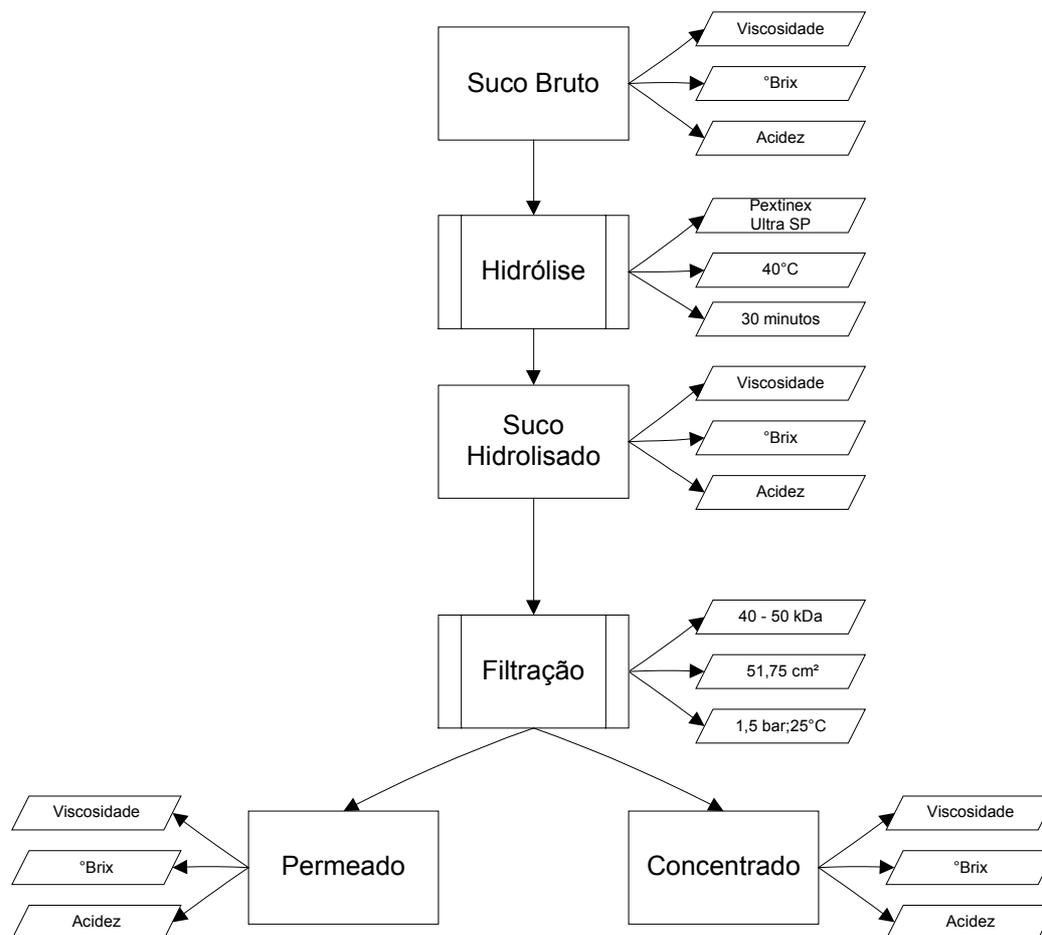


Figura 1: Fluxograma do processo de filtração do suco

A limpeza do sistema foi realizada por CIP. Primeiramente, água destilada entre 40 - 45°C foi recirculada no sistema durante 20 minutos, após realizou-se a limpeza com detergente alcalino, o qual foi ajustado a pH 10 com ácido cítrico. Esta solução circulou pelo sistema durante 30 minutos a temperatura entre 40 - 45°C. O enxágüe do sistema foi realizado através da circulação de água destilada também com temperatura entre 40 - 45°C durante 20 minutos. A sanitização do sistema foi realizada com circulação de ácido peracético a temperatura ambiente durante 15 minutos.

Em sistemas operacionais da indústria alimentícia, o enxágüe do ácido peracético não é realizado, porém, tratando-se de um sistema com membrana polimérica, foi necessário um enxágüe após o uso deste ácido com o objetivo de evitar possíveis danificações à membrana. Este enxágüe foi realizado da mesma forma que o anterior. Todos estes procedimentos foram realizados a uma pressão de 0,5 bar.

### 2.4 Viscosidade

A viscosidade foi medida em um viscosímetro capilar da marca SCHOTT, modelo AVS 350, com banho modelo CT 52 a temperatura de 25°C. No estudo para seleção da enzima mais adequada adotou-se o seguinte procedimento:

- Para o tempo inicial de hidrólise (tempo 0) foi estabelecida a viscosidade do suco bruto (sem sofrer tratamento enzimático);
- Para a avaliação de cada enzima, a viscosidade do suco bruto será diferente, pois a mesma varia conforme o lote, ou seja, avaliamos a redução da viscosidade para cada enzima e não os valores brutos obtidos;

Nos experimentos de filtração com membranas também foram medidas as viscosidades do suco bruto e hidrolisado antes da filtração e do permeado e da fração retida (concentrado) após a filtração. Da mesma forma que o estudo anterior para escolha da enzima, no caso das filtrações, a viscosidade também apresenta diferenças conforme as amostras testadas. Esta variação de viscosidade é diretamente proporcional ao °Brix do suco.

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

### 2.5 Demais análises físico-químicas

Acidez titulável, reazilada em triplicata, °Brix e pH foram analisados conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Escolha da enzima e determinação das condições de hidrólise

Para a escolha da enzima a ser utilizada no pré-tratamento do PSM a Tabela 1 relaciona os resultados obtidos de redução da viscosidade dinâmica ( $\eta$ ) do suco hidrolisado com a enzima Pectinex Ultra SP. Nos experimentos com esta enzima, a viscosidade média do suco bruto foi de 2,0421mPa.s. Com base nestes resultados, podemos verificar que houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as viscosidades dos sucos hidrolisados e a do suco bruto. Analisando a viscosidade resultante da hidrólise a 40°C por 60 minutos verifica-se que não apresenta diferença significativa ( $p>0,05$ ) da hidrólise a 40°C por 30 minutos e esta não apresenta diferença significativa ( $p>0,05$ ) da hidrólise realizada a 30°C por 45 minutos.

Tabela 1: Percentual da redução da viscosidade ( $\eta$ ) do suco de laranja não pasteurizado hidrolisado com a enzima Pectinex Ultra SP

Tempo (minutos)	Redução da viscosidade (%)	
	30°C	40°C
15	14,62	14,23
30	14,96	15,71
45	15,53	16,10
60	15,77	16,06

Tabela 2: Percentual da redução da viscosidade ( $\eta$ ) do suco de laranja não pasteurizado hidrolisado com a enzima Citrozym Cloudy 100L

Tempo (minutos)	Redução da viscosidade (%)	
	35°C	45°C
15	12,88	14,58
30	13,92	15,01
45	14,36	15,79
60	14,78	16,08

Nos testes com a Citrozym Cloudy 100L, Tabela 2, a viscosidade média do suco bruto foi de 2,3166 mPa.s. Estes resultados mostram que houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as viscosidades dos sucos hidrolisados e a do suco bruto. No entanto, não apresentaram diferenças entre si, ou seja, tanto faz realizar a hidrólise a 30°C por 15 minutos ou a 40°C por 60 minutos.

### 3.2 Filtração, limpeza e higienização

A compactação da membrana de ultrafiltração (40 – 50 kDa) a uma pressão de 2 bar levou cerca de 6 horas conforme mostra o gráfico abaixo (Figura 2).

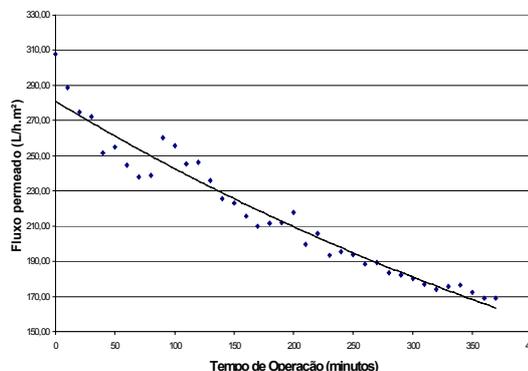


Figura 2: Gráfico da compactação da membrana de ultrafiltração a pressão de 2 bar.

Observou-se uma variação do fluxo permeado do suco entre um experimento e outro, no entanto, seus comportamentos com o tempo de operação foram similares (Figura 3). Esta diferença entre os fluxos permeados de cada experimento podem ser explicadas devido à variação de viscosidade dos sucos a serem filtrados. No primeiro experimento o suco estava com 13°Brix e no segundo com 16°Brix. Esta variação de sólidos solúveis afeta a viscosidade, que conseqüentemente afeta o fluxo permeado do processo.

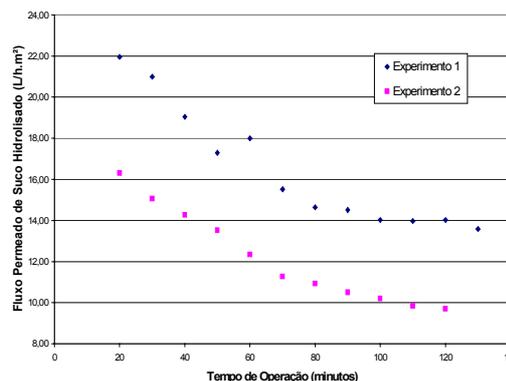


Figura 3: Gráfico da variação do fluxo permeado do suco hidrolisado com o tempo de operação (minutos).

O gráfico a seguir (Figura 4) mostra as viscosidades do suco em cada etapa do processo para cada experimento.

O permeado obtido foi um líquido extremamente clarificado e límpido, já o concentrado permaneceu com a aparência do suco tal e qual.

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

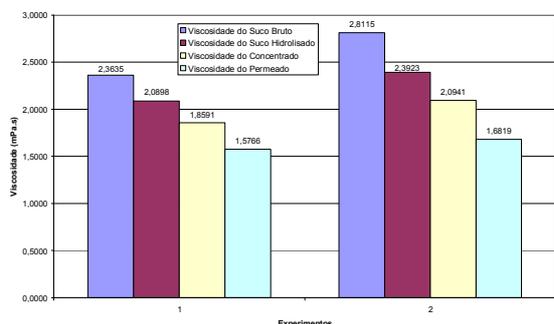


Figura 4: Gráfico comparativo entre as viscosidades de cada experimento.

A permeabilidade da membrana foi medida antes e após seu uso. No gráfico abaixo (Figura 5) observa-se um pequeno aumento da permeabilidade da membrana após a limpeza, no entanto, este aumento não é significativo, não podendo, desta forma, ser considerado que a membrana tenha sofrido algum tipo de corrosão durante o processo de limpeza e higienização.

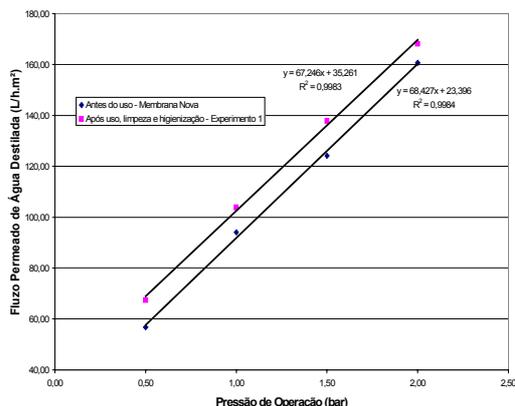


Figura 5: Gráfico das permeabilidades antes e após o uso, limpeza e higienização da membrana.

### 4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, pôde-se obter as conclusões listadas a seguir:

- Tendo em vista que objetivamos trabalhar com temperaturas mais brandas possíveis, a enzima mais indicada é a Pectinex Ultra SP.
- A Citrozym Cloudy poderia ser mais indicada no caso de sucos que não passam pelo turbo filtro, pois estes apresentam um maior teor de polpa e, conseqüentemente, maior quantidade de celulose e hemicelulose.

- O fluxo permeado de suco hidrolisado apresentou um comportamento semelhante nos dois experimentos, porém, com valores diferentes devido à diferença de viscosidade.
- Confirmou-se a hipótese de que a enzima apresenta atividade residual durante a filtração. Isto fica claro devido à diferença de viscosidade do suco hidrolisado que entra no processo e a do suco concentrado.
- Verificou-se ser necessário o processo de pasteurização convencional para o suco concentrado.
- O processo de limpeza e higienização recuperou a permeabilidade inicial da membrana e permitiu sua reutilização.

### 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à *Sucos Petry* pelo fornecimento da matéria-prima, à Representação LNF Latino Americana pelo fornecimento das amostras de enzimas, à CAPES e à UFRGS pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS

- Carneiro, L., AS, I. S., Gomes, F. S., Matta, V. M., Cabral, L. M. C., Cold sterilization and clarification of pineapple juice by tangential microfiltration. *Desalination*, 2002, vol. 148, p. 93-98.
- Cheryan, M., Ultrafiltration and microfiltration handbook. Washington: CRC PRESS, 1998. 526 p.
- Cho, C.-W., Lee, D.-Y., Kim, C.-W., Concentration and purification of soluble pectin from mandarin peels using crossflow microfiltration system. *Carbohydrate Polymers*, 2003, vol. 54, p. 21-26.
- Instituto Adolfo Lutz, Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1 – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.
- Jayani, R.S., Saxena, S., Gupta, R., Microbial pectinolytic enzymes: A review. *Process Biochemistry*, 2005, vol. xxx, p. xxx-xxx.
- Jiratananon, R., Uttapap, D., Sampranpiboon, P., Crossflow microfiltration of colloidal suspension with the presence of macromolecules. *Journal of Membrane Science*, 1998, vol. 140, p. 57-66.
- Kashyap, D.R., Vohra, P.K, Chopra, S., Tewari, R., Applications of pectinases in the commercial

## OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

- sector: a review. *Bioresource Technology*, 2001, vol. 77, p. 215-227.
- Matta, V. M., Cabral, L. M. C., Silva, L. F. M., Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2004, vol. 24, p. 293-297.
- Neto, R.S., Faria, J.A.F., Alterações químicas e enzimáticas em suco de laranja pasteurizado. *Higiene Alimentar*, 2003, vol.17, nº114/115, p. 60-67.
- Ortega, N., Diego, S., Perez-Mateos, M., Busto, M.D., Kinetic properties and thermal behaviour of polygalacturonase used in fruit juice clarification. *Food Chemistry*, 2004, vol. 88, p. 209-217.
- Rodrigues, S.L.C., Moreira, R.L.S., Cardoso, M.H., Merçon, F., Avaliação de parâmetros de ultrafiltração de suco de banana. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2003, vol. 23(supl), p. 98-101.
- Silva, F. T., Jardine, J. G., Matta, V. M., Concentração de suco de laranja (*Citrus sinensis*) por osmose inversa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 1998, vol. 18, p. 99-104.
- Szaniawski, A. R., Spencer, H. G., Effects of immobilized pectinase on the microfiltration of dilute pectin solutions by macroporous titania membranes: resistance model interpretation. *Journal of Membrane Science*, 1997, vol. 127, p. 69-76.
- Vaillant, F., Millan, P., Brien, G. O., Dormier, M., Decloux, M., Reynes, M., Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction. *Journal of Food Engineering*, 1999, vol. 42, p. 215-224.
- Vladisavljevic, G. T., Vukosavljevic, P., Bukvic, B., Permeate flux and fouling in ultrafiltration of depectinized apple juice using ceramic membranes. *Journal of Food Engineering*, 2003, vol. 60, p. 241-247.
- Wakeman, R. J. & Williams C. J., Additional techniques to improve microfiltration. *Separation and Purification Technology*, 2002, vol. 26, p. 3-18.