



INTRODUÇÃO

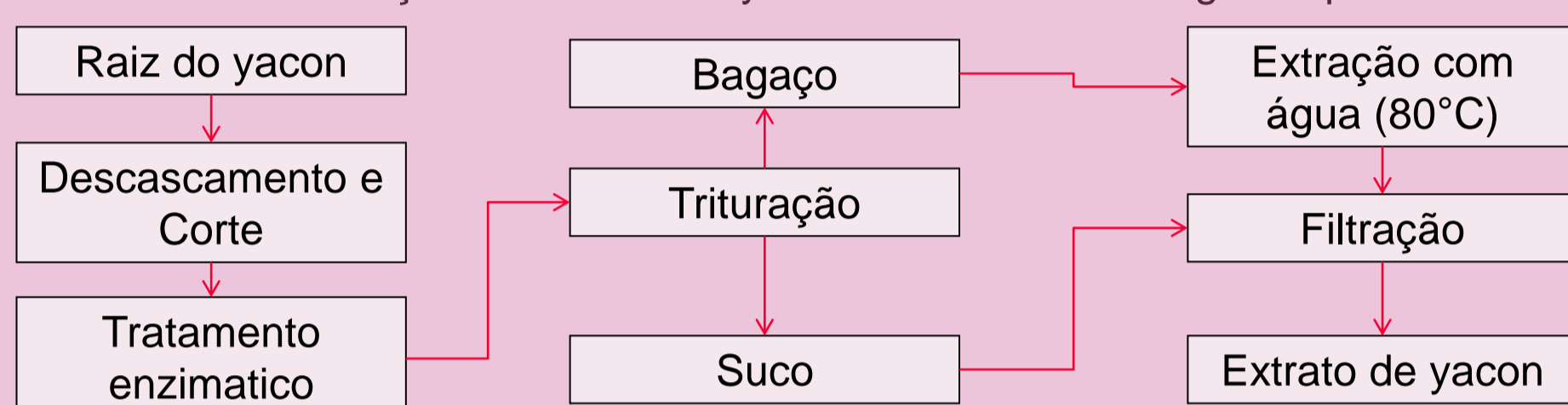
O yacon é uma planta originária dos Andes, cultivada no Brasil desde 1991. Sua raiz tuberosa destaca-se pelo elevado teor de frutooligossacarídeos (FOS), que são oligômeros de frutose unidos por ligações $\beta(2\rightarrow1)$ com uma molécula glicose terminal (OJANSIVU et al., 2011). Os FOS não são digeridos no trato gastrointestinal humano, sendo classificados como fibras alimentares. Além disso, são prebióticos, pois atingem o cólon intactos e são fermentados por bactérias probióticas como lactobacilos e bifidobactérias, equilibrando a flora gastrointestinal e produzindo vários benefícios ao metabolismo humano (ROBERFROID, 2007).

Os processos de separação por membranas estão entre os métodos de concentração e a purificação de oligossacarídeos. Permitem separar produtos de diferentes massas molares e graus de polimerização, que podem influenciar nas propriedades funcionais e tecnológicas, devido à alta seletividade e à preservação da estrutura das moléculas (PINELO et al., 2009). Deste modo, os frutooligossacarídeos do yacon podem ser recuperados a partir de processos de separação por membranas tangenciais que fazem uso de membranas cerâmicas ou orgânicas (GIBERTONI et al., 2006).

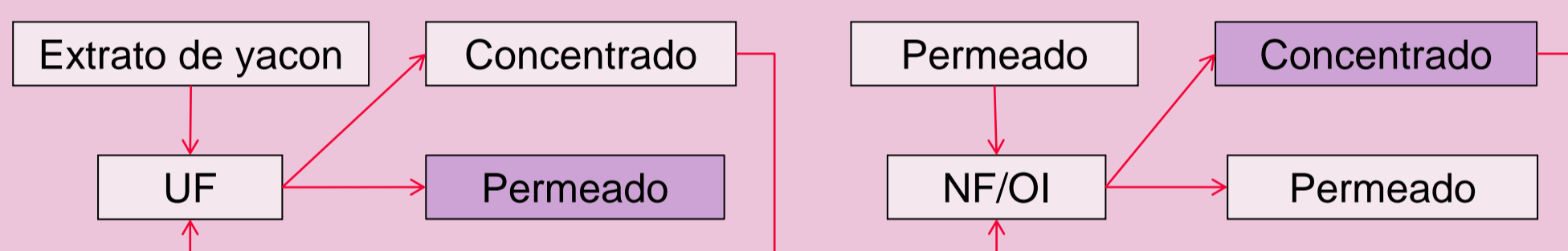
O objetivo deste trabalho é clarificar o extrato da raiz de yacon por meio da tecnologia de separação por membranas, removendo impurezas como proteínas e materiais em suspensão, e concentrar os FOS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para obtenção do extrato de yacon foi realizado o seguinte procedimento:



Os experimentos foram realizados numa planta piloto WGM-KOCH PROTOSEP IV localizada no Laboratório de Tecnologia Química – LATEQ da UFRGS. Foram testadas membranas poliméricas de ultrafiltração (UF) com massa molar de corte de 10 (UF-10) e 30 kDa (UF-30), as quais foram compactadas com água destilada e caracterizadas com testes de permeabilidade hidráulica com água destilada e extrato de yacon a 25°C com pressões transmembrana entre 0,5 a 3,0 bar. Membranas poliméricas de nanofiltração (NF), com massa molar de corte de 1kDa, e de osmose inversa também foram utilizadas com a finalidade de concentrar os oligossacarídeos de maior grau de polimerização e permitir a separação de sais, mono e dissacarídeos, conforme o esquema abaixo:



Limpeza e métodos analíticos

Após cada experimento, foi realizada uma limpeza química da membrana, através da circulação de soluções alcalina, ácida e de cloro, com o objetivo de recuperar as características da membrana.

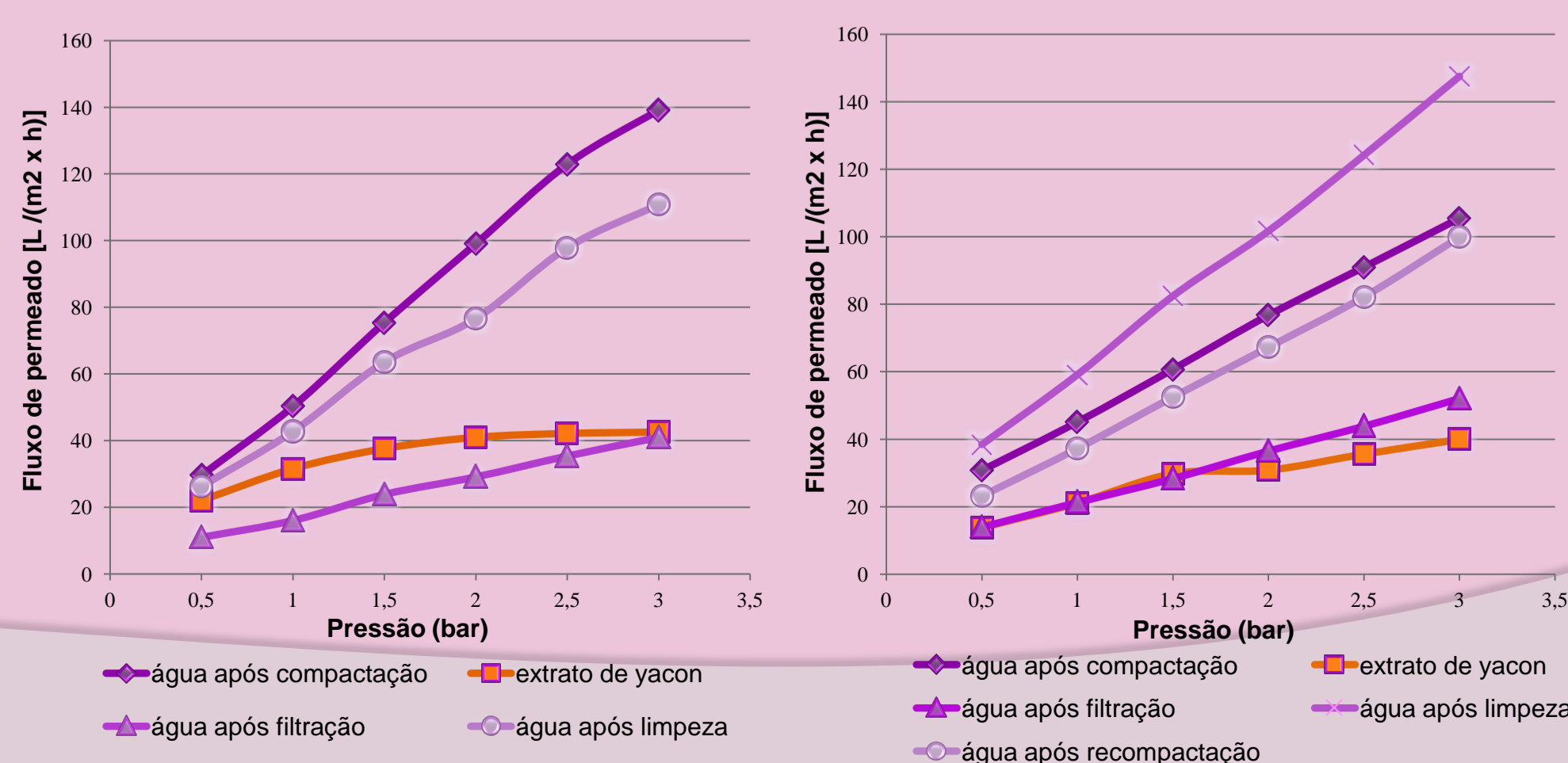
A concentração de açúcares nas correntes de permeado e concentrado foi avaliada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). A seletividade das membranas foi expressa por meio da Retenção Observada (Robs) e calculada pela relação entre as concentrações de soluto no concentrado final e no permeado:

$$R_{obs} = 1 - \frac{C_p}{C_c}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Processo de ultrafiltração

Nas Figuras 1 e 2 estão representados o fluxo de água destilada e de extrato de yacon em função da pressão transmembrana das membranas UF-10 e UF-30. Observa-se que o fluxo do permeado do extrato de yacon é significativamente menor que com água destilada, demonstrando o efeito de polarização por concentração. Segundo BACCHIN et al. (2006), a zona de polarização não pode ser evitada, mas os seus efeitos, na redução do fluxo de permeado, podem ser controlados através das condições operacionais, tais como baixa pressão e alta turbulência junto à superfície da membrana. Com base nestes resultados a pressão de operação escolhida para a ultrafiltração foi de 0,75 bar por ser a condição que apresentou menor tendência à polarização por concentração e ao fouling, obtendo um fluxo de permeado de extrato de yacon de 27,0 e 18,0 L/(m²h) para as membranas de UF-10 e UF-30, respectivamente. O procedimento de limpeza proporcionou a recuperação das características do fluxo de permeado das membranas.



Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações de FOS, glicose e frutose na concentração inicial do extrato (início do processo de extração), no permeado e no concentrado. Observa-se que, apesar de empregar pressão de 0,75 bar, obteve-se altos valores de retenção de 27,0 e 47,8%. Isso é consequência do aparecimento do fenômeno de polarização por concentração e de *fouling*, os quais diminuem o fluxo e as características de seletividade das membranas. Onde, as partículas de maior massa molar retidas formam uma camada extra sobre a superfície da membrana, que acaba retendo um número maior de partículas menores. Estes fenômenos ocorreram em maior intensidade na membrana UF-30 do que na UF-10.

Tabela 1 - Concentração de açúcares nas diferentes correntes (g.L⁻¹) e retenção das diferentes membranas avaliadas (%)

	FOS		Glicose		Frutose	
	UF-10	UF-30	UF-10	UF-30	UF-10	UF-30
Concentração inicial	7,606	3,629	16,346	9,733	17,767	10,465
Permeado	7,189	3,008	16,858	10,320	19,089	12,042
Concentrado	9,849	5,763	19,592	12,737	23,195	16,087
Retenção (%)	27,0	47,8	13,95	18,9	17,7	25,14

Na Tabela 2 apresenta-se o balanço de massa de FOS, glicose e frutose na solução inicial do extrato e no permeado final em função da massa da raiz de yacon. Os rendimentos nos processos de ultrafiltração não foram muito diferentes nas duas membranas. O menor rendimento dos FOS na UF-30 que na UF-10 deve-se à menor concentração de FOS na solução de inicial do extrato empregado, à maior retenção (47,8%) e à diluição com a água residual presente no equipamento de ultrafiltração.

Tabela 2 – Balanço de massa nos açúcares no extrato inicial e no permeado, no final do processo, em função da massa de yacon fresco (em g açúcar/ kg yacon)

	FOS		Glicose		Frutose	
	UF-10	UF-30	UF-10	UF-30	UF-10	UF-30
Concentração inicial (CI)	7,658	4,746	16,458	12,727	17,889	13,684
Permeado (P)	2,895	1,574	6,789	5,398	7,688	6,299
Rendimento (CI/P) (%)	37,81	33,16	41,25	42,41	42,98	46,03

Nanofiltração e osmose inversa

No processo de nanofiltração, os valores obtidos de retenção dos açúcares glicose e frutose (9,4 e 13%) indicam que foi efetivo o processo de separação desses açúcares no concentrado. Entretanto, a retenção dos FOS foi baixa (11,8%). Na osmose inversa, por sua vez, obteve-se uma maior retenção de FOS (79,4%), no entanto as retenções de frutose e glicose também foram altas (80 e 62%). Esses resultados indicam que o grau de polarização (GP) dos FOS, presentes na raiz de yacon, é baixo, consistindo principalmente de oligômeros, possivelmente com monômeros de dois ou quatro moléculas de frutose e, por isso, não puderam ser separadas pelas membranas empregadas. O baixo GP dos FOS do yacon também foi observado por Pedreschi et al. (2003), que conclui que 81% deles possuem GP igual a dois ou três, e por Narai-Kanayama et al. (2007).

CONCLUSÃO

As membranas de UF-10 e UF-30 obtiveram retenções de 27% e 47,8% indicando a ocorrência de polarização por concentração e fouling. Os rendimentos obtidos para os FOS na ultrafiltração foram de 2,895 e 1,574 g FOS / kg raiz de yacon, para as membranas UF-10 e UF-30. As membranas utilizadas nos processos de nanofiltração e de osmose inversa obtiveram retenções de 11,8 e 79,4% para FOS, de 9,4 e 62% para glicose e de 13% e 80% para a frutose, respectivamente, indicando um baixo grau de polimerização dos FOS do yacon.

BIBLIOGRAFIA

- GIBERTONI, C. F.; NOGUEIRA, A.M.P.; VENTURINI FILHO, W.G. Ultra e microfiltração de suco de yacon (*Polymnia sonchifolia*) para obtenção de xarope rico em frutanos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 2, p. 68-81, out. 2006.
- OJANSIVU, I.; FERREIRA, C.L.; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 1, p. 40-46, jan 2011.
- NARAI-KANAYAMA, A.; TOKITA, N.; ASO, K. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 381-387, 2007.
- PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 18, p. 5278-5284, 2003.
- PINELO, M.; JONSSON, G.; MEYER, A.S. Membrane technology for purification of enzymatically produced oligosaccharides: Molecular and operational features affecting performance. **Separation and Purification Technology**, v. 70, n. 1, p.1-11, Nov. 2009.
- PLATT S.; MAURAMO M.; BUTYLINA S.; NYSTROM M. Retention of pegs in cross-flow ultrafiltration through membranes. **Desalination**, v.149, p. 417- 422, 2002.
- ROBERFROID, M.B. Inulin-type fructans: functional food ingredients. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n.11, p. 2493–2502, nov. 2007.