

Área: Tecnologia de Alimentos

CONCENTRAÇÃO E DESSALINIZAÇÃO PARCIAL DO PERMEADO DA ULTRAFILTRAÇÃO DE SORO DO LEITE

Vandré Barbosa Brião, Bruna Seguenka, Sandrini Slongo Fortuna, Vinicius Castoldi, Karine Prunzel, Augusto Hemkemeier, Vera Maria Rodrigues, Creciana Maria Endres, Alessandra Pezzini*

Laboratório de Operações Unitárias, Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS.

**Email: 145672@upf.br*

RESUMO - Entre os nutrientes do soro do leite, encontra-se a lactose, a qual possui grande valor na indústria alimentícia. A produção do concentrado proteico de soro gera um subproduto chamado de permeado da ultrafiltração (UFP). Constituem esse permeado os componentes que permearam a membrana de ultrafiltração (UF) sendo a maior parte da lactose e uma parte dos sais do soro. Na sua forma bruta ele apresenta pouca ou nenhuma aplicação industrial. Com base nisso, propõe-se concentrar o permeado da ultrafiltração e purificar removendo os sais monovalentes presentes, utilizando o processo de nanofiltração (NF) seguido de diafiltração (DF) para produzir a lactose concentrada e purificada (LCP) e fazer a sua caracterização. Utilizou-se uma membrana de nanofiltração, aplicando uma pressão de 20 bar. A membrana utilizada é de poliamida, de configuração espiral, com peso molecular de corte de 200 Da e área de 1,8 m². Foram aplicadas as mesmas condições de processamento para as etapas de concentração e purificação. A nanofiltração seguida de etapas de diafiltração aumentou 17,77 % o teor da lactose presente no permeado da ultrafiltração. No final do processo, obteve-se uma lactose concentrada e purificada (LCP) com 9,58 % de lactose e 0,41 % de cinzas para um percentual de 9,79 % de sólidos totais.

Palavras-Chave: Diafiltração. Lactose. Nanofiltração.

1 INTRODUÇÃO

O soro do leite é um produto gerado no processo de produção de queijos. Rico em nutrientes, o soro possui mais de 99 % da lactose presente no leite (SMITHERS et al., 1996). Ele possui baixo valor comercial quando é apresentado na sua forma líquida e apenas 50 % do volume produzido é aproveitado (MAGALHÃES et al., 2011). Fracionar os constituintes do soro é uma alternativa para melhorar a dinâmica da cadeia do soro de leite e agregar valor a esse produto (BYYLUND, 1998). Os concentrados proteicos de soro de leite são produtos lácteos de valor agregado obtido pela remoção de constituintes não proteicos do soro por ultrafiltração (ATRA et al., 2005). A produção do concentrado proteico de soro gera um subproduto chamado de permeado da ultrafiltração. Constituem esse permeado os componentes que permearam a membrana de ultrafiltração sendo a maior parte da lactose e uma parte dos sais do soro. Na sua forma bruta ele apresenta pouca ou nenhuma

aplicação industrial. Levando em conta a gama de produtos que podem ser adicionados da lactose do soro como aditivo, torna-se necessário um processo que viabilize o melhor aproveitamento desse subproduto.

A nanofiltração pode ser definida como um processo de separação por membrana (PSM) com ação da pressão como força motriz para a separação e concentração de substâncias com um peso molecular entre 100 e 500 Da (ATRA et al., 2005).

A diafiltração consiste basicamente em operar os PSM com uma alimentação contínua de solvente. Trata-se, na verdade, de uma operação de “lavagem” da solução problema (HABERT et al., 2006). A diafiltração é utilizada quando se deseja purificar um determinado soluto de uma solução.

O permeado da ultrafiltração concentrado e diafiltrado por nanofiltração permite o aproveitamento da lactose presente no soro. Essa lactose pode ser utilizada na formulação de alimentos sem ofuscar o sabor natural de outros componentes, por possuir poder adoçante inferior ao da sacarose. Quando usada em produtos assados, a lactose promove a reação de Maillard, o que melhora a coloração da crosta. Em altas temperaturas, a lactose carameliza e contribui para o sabor e cor (KIRKPATRICK; FENWICK, 1987).

O objetivo desse trabalho foi concentrar o permeado da ultrafiltração e purificar removendo os sais monovalentes presentes, utilizando o processo de nanofiltração (NF) seguido de diafiltração (DF) para produzir a lactose concentrada e purificada e fazer a sua caracterização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

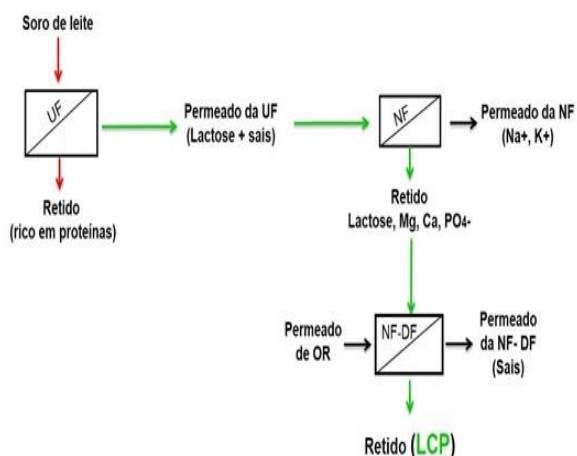
O soro do leite foi processado por ultrafiltração para separação das proteínas e nesse processo foi gerando como subproduto o permeado da ultrafiltração (UFP). O UFP foi caracterizado e utilizado como matéria-prima nesse trabalho.

A Figura 1 apresenta um fluxograma do método que foi empregado para concentração e dessalinização parcial do permeado da ultrafiltração. Objetiva-se com isso, obter como produto final a Lactose concentrada e purificada (LCP). A produção da LCP ocorreu em duas etapas: concentração por nanofiltração (NF) e purificação da lactose por diafiltração. As condições de trabalho foram sugeridas como melhores condições de trabalho para processamento do UFP por ATRA et al. (2005), Suárez et al. (2006) e Suárez et al. (2009).

O experimento foi realizado em um módulo piloto de filtração tangencial (Figura 2) da WGM Systems (São Paulo – Brasil), operado com uma membrana de nanofiltração, a pressão de 20 bar. A membrana utilizada é de poliamida, de configuração espiral, com peso molecular de corte de 200 Da e área de 1,8 m². Modelo 2538-SR3D-VYV da marca KOCH Membrane Systems.

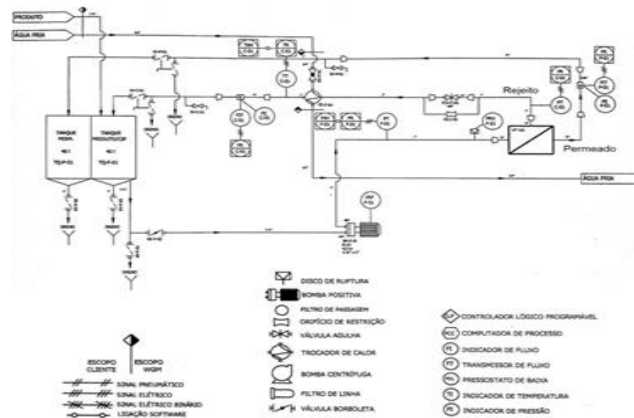
No processo de concentração da lactose, permeado da ultrafiltração fluiu, sob pressão, através da membrana, a qual permite a passagem de água e sais monovalentes, que irão constituir a solução chamada de permeado da NF. O retido pela membrana de nanofiltração foi denominado de rejeito da NF. Foi adicionado ao tanque de alimentação um volume de 88 L de permeado da ultrafiltração reduzindo este volume até 12 L (volume mínimo que o piloto de filtração suporta). O fator de concentração do processo foi de 7,33. A nanofiltração foi operada no modo de diafiltração (DF) para realizar a etapa de purificação da lactose. Adicionou-se água purificada por osmose reversa ao rejeito da NF. Foram realizadas 3 etapas de DF. Ao final desse processo, a lactose concentrada e purificada foi caracterizada por suas propriedades físico-químicas.

Figura 1 - Esquema do procedimento.



Fonte: próprio autor

Figura 2 - Piloto de filtração do Laboratório de Operações Unitárias do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo.



Fonte: WGM systems

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização do permeado da ultrafiltração

Tabela 1 - Caracterização do permeado da UF.

Parâmetros Avaliados	Permeado da UF	Parâmetros Avaliados	Permeado da UF	Parâmetros Avaliados	Permeado da UF
pH	6,44±0,007	Gordura (g/100g)	0,120±0,056	Potássio (mg/L)	1543±85
Condutividade (µs/cm)	5368±1246	Cinzas (g/100g)	0,329±0,187	Magnésio (mg/L)	76,36±12,9
Sólidos solúveis (°brix)	5,65±0,49	Sólidos totais (%)	4,34±0,13	Cálcio (mg/L)	683±527
Proteína (g/100g)	0,28±0,00	Umidade (%)	95,65±0,13	Fósforo (mg/L)	126±104
Lactose (g/100g)	3,82±0,014	Sódio (mg/L)	760±176		

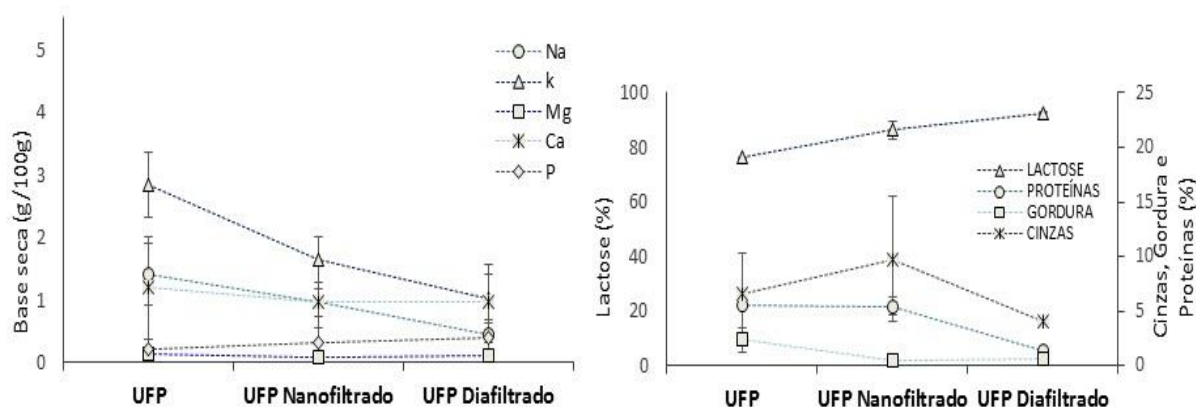
* Resultados de média ± desvio padrão

As concentrações de lactose, cinzas, sólidos totais e proteínas foram próximas às encontradas por Rice et al. (2009). Leindecker (2011), comprova que há uma pequena passagem de proteínas para o UFP durante o processamento do soro de leite por ultrafiltração.

3.2 Produção da lactose concentrada e purificada

A Figura 4 mostra o comportamento das proteínas, da lactose, da gordura e dos sais, ao longo do processamento para produção da LCP. O gráfico apresenta, em base seca, a média e desvio padrão dos componentes presentes no rejeito da NF ao final da etapa de concentração (UFP Nanofiltrado) e ao final das etapas de diafiltração (UFP Diafiltrado).

Figura 4 - Comportamento das concentrações de proteína, lactose, gordura, cinzas e sais ao longo do processo.



Através dos gráficos, percebe-se o aumento da concentração da lactose e reduções dos minerais. Abaixo os percentuais:

- Lactose: aumentou 17,77 % em relação ao permeado da UF (10,99 % na concentração e 6,78 % na purificação);
- Cinzas: teve um aumento de 32,72 % na concentração e depois reduziu 59,1 % durante a purificação, tendo uma redução total de 39,21 % em comparação com o produto inicial. Suárez et al. (2006) comprova a redução total de cinzas, com remoção de 27 a 36 %.
- Sódio (Na): apresentou uma redução total de 68 % (32 % durante a concentração, e 36,17 % durante a diafiltração);
- Potássio (K): apresentou uma redução total de 64 % (42 % durante a concentração e 22,54 % durante a diafiltração);
- Sabe-se que sais bivalentes como o magnésio e o cálcio não permeiam membranas de NF (RICE et al., 2009). Mesmo assim esses íons apresentaram uma redução de 29 % e 19 % respectivamente. Acredita-se que, a redução desses íons se deve por ficarem presentes na camada encrustada da membrana. Rice et al. (2009), observou que o sal de cálcio influencia claramente para a incrustação da membrana em processos de filtração do UF;
- Fósforo (P): Aumentou 42 % em relação ao permeado da UF.

Tabela 2 - Caracterização físico-química da lactose concentrada e purificada.

Parâmetros Avaliados	LCP	Parâmetros Avaliados	LCP	Parâmetros Avaliados	LCP
pH	6,06±0,09	Gordura (g/100mL)	0,06±0,01	Potássio (mg/L)	985±438
Condutividade (µs/cm)	2573±839	Cinzas (g/100mL)	0,41±0,09	Magnésio (mg/L)	105±16,9
Sólidos solúveis (°brix)	10,45±1,63	Sólidos totais (%)	9,79±1,64	Cálcio (mg/L)	948±639
Proteína (g/100mL)	0,15±0,06	Umidade (%)	90,20±1,64	Fósforo (mg/L)	394±108
Lactose (g/100mL)	9,58±1,44	Sódio (mg/L)	440±246		

*Resultados de média ± desvio padrão

Ao final do processo, obteve-se uma LCP com 9,58 % de lactose e 0,41 de cinzas para um percentual de 9,79 de sólidos totais. A concentração de lactose na LCP, em base seca, é de 97,8 %. Os resultados descritos em

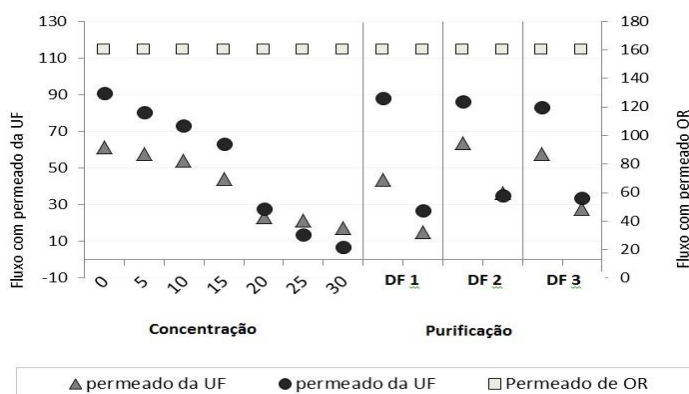
Os resultados experimentais desenvolvidos por Atra et al. (2005), utilizando uma membrana NF foram positivos, atingindo uma concentração de lactose superior a 25 %. Essa porcentagem maior de lactose deve-se pelo fator de concentração aplicado (7,33). O equipamento piloto utilizado no presente trabalho não permite uma

maior concentração para um volume inicial de 88 L de UFP. Se processar maiores volumes de UFP, atingir-se-ia uma maior concentração da lactose.

3.2 Fluxo e rejeição da membrana durante o experimento

A Figura 5 apresenta o fluxo de permeado para o processamento de permeado da UF por NF, durante as etapas de concentração e purificação, para os dois últimos experimentos realizados. Observa-se o decaimento do fluxo proporcionalmente ao aumento da concentração do retido, bem como o aumento do fluxo quando iniciada uma nova diafiltração, visto que neste processo se dilui o concentrado com água purificada. Porém, à medida que o retido aumenta sua concentração, o fluxo torna a cair. Os fluxos do processo de concentração variaram de 90,77 L.m².h⁻¹ (maior fluxo) e 7,31 L.m².h⁻¹ (menor fluxo). Com água purificada (permeado de OR) o fluxo foi de 159,97 L.m².h⁻¹.

Figura 5 - Fluxo de permeado (L.m².h⁻¹) para a membrana de NF com permeado da ultrafiltração, a uma pressão de 20 bar.



*Permeado de OR: fluxo com água purificada, utilizado para mostrar como seria o fluxo com os poros desobstruídos da membrana e sem nenhum impedimento.

As rejeições de proteína, lactose, cinzas e sólidos totais, os valores são mostrados na Tabela 3:

Tabela 3 - Rejeição da membrana de NF.

Membrana	Rejeição de Proteínas (%)	Rejeição de Lactose (%)	Rejeição de Cinzas (%)	Rejeição de Sólidos Totais (%)
NF 200 Da	83,87±2,00	95,52±4,50	90,62±8,01	87,45±6,17

* Resultados de média ± desvio padrão

A permeabilidade pode ser descrita como uma medida da facilidade que a membrana oferece a determinado solvente. Logo, a rejeição é seu inverso, representando a resistência oferecida contra determinada substância (HABERT et al., 2006). A presente membrana apresentou uma rejeição de 95,52 % de lactose e permeabilidade de somente 10 % de cinzas, visto que a NF permite concentrar a lactose e alguns sais bivalentes (cálcio, magnésio e potássio) devido ao seu peso molecular, com a remoção dos sais monovalentes (RICE et al., 2009).

4 CONCLUSÃO

A nanofiltração seguida de etapas de diafiltração aumentou 17,77 % o teor da lactose presente no permeado da UF. No final do processo, obteve-se uma lactose concentrada e purificada (LCP) com 9,58 % de lactose e 0,41 % de cinzas para um percentual de 9,79 % de sólidos totais. Tais percentuais se baseiam na rejeição seletiva da membrana para cada produto, e os resultados obtidos se mostram favoráveis, sendo comprovados pela literatura.

Baseado nisso, o processo conjunto da nanofiltração seguido de 3 etapas de diafiltração para a produção da LCP, mostra a eficácia do experimento e indica a possibilidade de aplicação deste em escala industrial, favorecendo a produção de produtos de caráter específico de grande valor nutricional e comercial.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos pela concretização do trabalho, principalmente aos meus orientadores Vandrê Barbosa Brião e Bruna Seguenka, e a todos os meus colegas. Agradeço à Secretaria da Ciência e da Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do RS, à Fapergs, à coordenadoria do meu curso e à UPF.

6 REFERÊNCIAS

- ATRA, R.; VATAI, G.; BEKASSY-MOLNAR, E.; BALINT, A. Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 3, p. 325-332, 2005.
- BRODY, E.P. Biological activities of bovine glycomacropptide. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p. 39-46, 2000.
- HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.
- KIRKPATRICK, K. J.; FENWICK, R. M. Manufacture and general properties of dairy ingredients. **Food Technology**, v. 41, n. 10, p. 58-65, out., 1987.
- LEINDECKER, G. C. **Separação das proteínas do soro do leite in natura por ultrafiltração**. Monografia (Formação em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- MAGALHÃES, K. T.; DRAGONE, G.; PEREIRA, G. V. M.; OLIVEIRA, J. M.; DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, J. B. A.; SCHWAN, R. F. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food Chemistry**, v. 126, p. 249-253, 2011.
- RICE, G.S. ; KENTISHA, S.E.; O'CONNOR, A.J.; BARBERB, A.R.; PIHLAJAMAKIC, A.; NYSTROMC, M. ; STEVENS, G.W. Analysis of separation and fouling behaviour during nanofiltration of dairy ultrafiltration permeates. **Desalination**, v. 236, p. 23-29, 2009.
- SMITHERS, G.W.; BALLARD, J.F.; COPELAND, A.D.; DE SILVA, K.J.; DIONYSIUS, D.A.; FRANCIS, G.L.; GODDARD, C.; GR.IEVE, P.A.; MCINTOSH, G.H.; MITCHELL, I.R.; PEARCE, R.J.; REGESTER, G.O. New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 1454-1459, 1996.
- SUÁREZ, A.; LOBO, A.; ÁLVAREZ, S.; RIERA, F.A.; ÁLVAREZ, R. Partial demineralization of whey and milk ultrafiltration permeate by nanofiltration at pilot-plant scale. **Desalination**, v. 198, p. 274-281, 2006.
- SUÁREZ, E.; LOBO, A.; ÁLVAREZ, S.; RIERA, F.A.; ÁLVAREZ, R. Demineralization of whey and milk ultrafiltration permeate by means of nanofiltration. **Desalination**, v. 241, p. 272-280, 2009.