

## Área: Tecnologia de Alimentos

# PRODUÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO E LACTOSE DE SORO DE LEITE POR PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

**Bruna Seguenka\*, Vandr  Barbosa Bri o, Vinicius Castoldi, Sandrini Slongo Fortuna, Creciana Maria Endres, Vera Maria Rodrigues**

*Laborat rio de Opera es Unit rias, Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS*

*\*E-mail: brunaseguenka@hotmail.com*

**RESUMO** – O soro de leite   gerado na produ o de queijo. Ele cont m cerca de 50 % dos s lidos presentes no leite, incluindo 20 % da prote na, mais de 99 % da lactose. A produ o anual de soro tem ultrapassado 6,6 milh es de toneladas s  no Brasil e a sua forma l quida ou em p  ainda possui baixo valor comercial. O objetivo do trabalho foi obter um processo integrado de fracionamento dos constituintes do soro de leite, para obten o do concentrado proteico de soro (CPS) e lactose concentrada (LC). O fracionamento ocorreu por processos de separa o por membranas: ultrafiltra o para produ o do CPS a partir do soro de leite e nanofiltra o para produ o da LC a partir do permeado da ultrafiltra o, empregando etapas de diafiltra o (DF) ap s a concentra o dos componentes, para obter maior grau de pureza. Os resultados demonstraram que a ultrafiltra o, seguida de diafiltra o separou as prote nas do soro reduzindo 100 % da lactose e 78 % das cinzas do soro de leite, obtendo-se um CPS com ~90 % de prote nas, em base seca. A nanofiltra o, seguida de diafiltra o, concentrou a lactose e reduziu 84 % dos  ons monovalentes presentes no permeado da ultrafiltra o, obtendo-se uma LC com 95 % de lactose, em base seca. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade de utilizar a ultrafiltra o e a nanofiltra o, integrados com etapas de diafiltra o, para fracionar os componentes do soro.

**Palavras-chave:** Lactose, Nanofiltra o, Prote na do soro, Soro de leite, Ultrafiltra o.

## 1 INTRODU O

De acordo com dados da Associa o Brasileira das Ind stria de Queijo, estima-se que o Brasil tenha produzido 6,6 milh es de toneladas de soro de leite em 2014 e a produ o mundial chega   180-190 milh es de t ano<sup>-1</sup>, sendo processado apenas 50 % deste montante (MOLLEA et al., 2013). O soro de leite   um l quido que cont m nutrientes que podem ser melhor aproveitados, especialmente para alimenta o humana. No Brasil, cerca de 50 % do soro n o   aproveitado (MAGALH ES et al., 2011), ao mesmo tempo que   um grande importador de prote nas do soro, pois seu beneficiamento requer a aplica o de tecnologias ainda n o adaptadas   realidade nacional, mas j  se visualiza os primeiros passos para atender este mercado (ALMEIDA et al., 2014). A produ o de concentrados proteicos de soro, valoriza o processo, mas sua produ o deve ser associada ao

aproveitamento da lactose para evitar a geração de um novo efluente com alta carga orgânica (ATRA et al., 2005).

A ultrafiltração (UF) é uma das técnicas mais utilizadas para recuperar as proteínas solúveis do soro (SMITHERS, 2015). Os componentes que permeiam pela membrana de UF formam o permeado da ultrafiltração (UFP) que apresenta pouca ou nenhuma aplicação industrial (YEE et al., 2007), rico em oligossacarídeos com composições semelhantes àqueles presentes no leite humano, é um subproduto que também pode ser aproveitado (BARILE et al., 2009). A nanofiltração (NF) pode ser utilizada na recuperação dessa lactose (ATRA et al., 2005; SMITHERS, 2015). A diafiltração (DF), associada a ultrafiltração e a nanofiltração, intensifica a remoção de solutos da amostra (FERREIRA, 2011) aumentando o grau de pureza das proteínas e da lactose (BALDASSO et al., 2011). O objetivo foi propor um processo integrando ultrafiltração e nanofiltração para a separação e purificação de proteínas e lactose do soro de leite.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O soro de leite foi desnatado e pasteurizado. A Figura 1 apresenta o método que foi empregado para o fracionamento do soro de leite. Objetivou-se com isso, obter dois produtos principais: o concentrado proteico de soro (I) e a lactose concentrada (II). O experimento foi realizado em um módulo piloto de filtração tangencial (Figura 2) da WGM Systems (São Paulo – Brasil).

Figura 1 – Método empregado para o fracionamento do soro de leite.

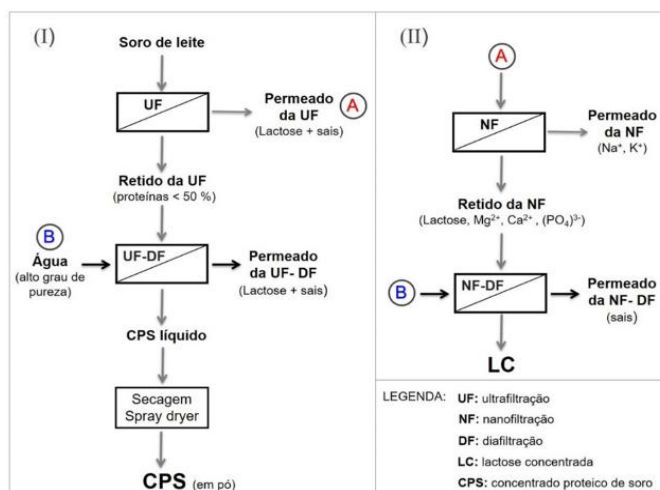
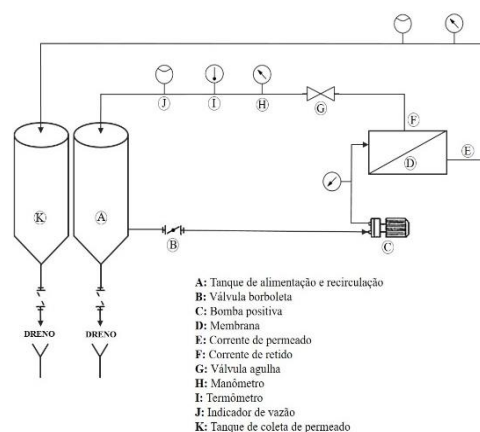


Figura 2 - Piloto de filtração do Laboratório de Operações Unitárias do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo.



Para a produção do concentrado proteico de soro, o módulo foi operado com uma membrana de ultrafiltração, aplicando uma pressão de 2 bar. A membrana utilizada é de poliamida, de configuração espiral, com peso molecular de corte de 10 kDa e área de 1,8 m<sup>2</sup>. As proteínas foram concentradas, adicionando-se um volume de 100 L de soro de leite que fluiu, sobre pressão, através da membrana e permitiu a passagem de água, sais e lactose, até que o volume reduzisse a 12 L. Os componentes que passaram pela membrana constituíram a solução chamada de permeado da UF. O fator de concentração do processo de 8,33. Para realizar a diafiltração, adicionou-se 100 L de água purificada ao tanque de alimentação, reduzindo novamente o volume até 12 L,

repetindo-se esse processo por 3 vezes. Após, o CPS líquido foi encaminhado para a secagem em *spray dryer* seguindo as condições de secagem de Valduga et al. (2006).

Para a produção da lactose concentrada, o módulo foi operado com 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 m<sup>2</sup>. A lactose foi concentrada, adicionando-se no tanque de alimentação um volume de 88 L de permeado da ultrafiltração (UFP) que fluiu, sobre pressão, através da membrana, permitindo a passagem de água e sais monovalentes, até que o volume reduzisse a 12 L. O fator de concentração do processo foi de 7,33. Após, foi realizada 3 etapas de diafiltração, procedendo-se como descrito no processo de produção do concentrado proteico de soro, mas com um volume de 88 L de água purificada em cada etapa. Os produtos foram caracterizados por suas propriedades físico-químicas.

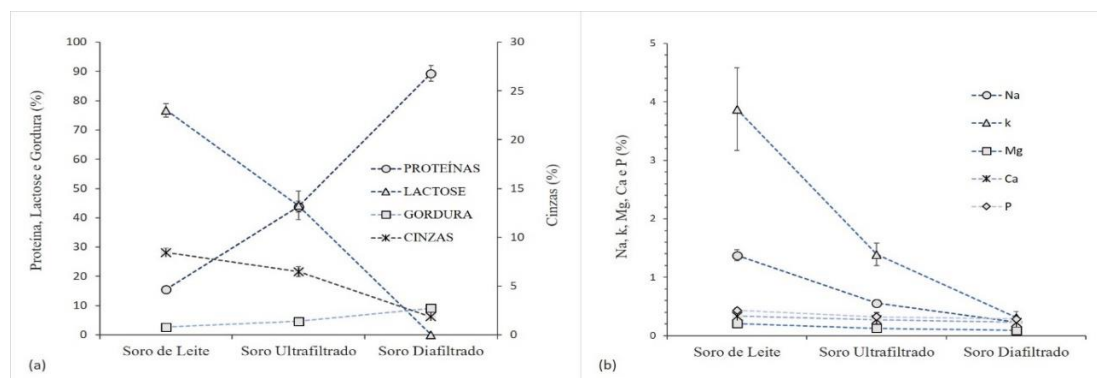
Ambos os processos de filtração foram caracterizados pelo fluxo de permeado para o processamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 que apresenta os componentes presentes no retido da UF ao final da etapa de concentração (Soro Ultrafiltrado) e ao final da etapa de purificação por diafiltração (Soro Diafiltrado), observou-se o aumento da concentração de proteína e a redução da concentração de lactose, cinzas, sódio, potássio, magnésio, cálcio e fósforo. O sódio, potássio, magnésio, cálcio e fósforo reduziram um total de 83 %, 92 %, 57 %, 32 % e 33 %, respectivamente. Do total de redução do sódio a etapa de purificação por diafiltração aumentou a redução do sódio em 24 %.

Segundo a Tabela 1 que apresenta a caracterização do soro de leite e do concentrado proteico de soro em pó obtido após a etapa de secagem em *spray dryer*, obteve-se um CPS em pó (base seca) com teor de proteínas próximo a 90 %, 5,98 % de gordura, 2,15 % de cinzas e a lactose não foi detectada pelo método oficial indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Figura 3 – Composição de proteínas, lactose, gordura, cinzas (a) e sódio, potássio, magnésio, cálcio e fósforo (b) nas diferentes etapas do processamento para produção do concentrado proteico de soro.



\*média ± desvio padrão; valores em base seca; Soro Ultrafiltrado: caracterização ao final da etapa de concentração por ultrafiltração; Soro Diafiltrado: caracterização ao final da etapa de purificação por diafiltração.

O CPS obtido neste trabalho é considerado um CPS-80 por Smithers (2015), mas está próximo de ser considerado um isolado proteico de soro (IPS) que possui teor de proteína maior que 90 %. O processo sugerido neste trabalho tomou por base as condições de processo estudadas por Baldasso et al. (2011) e Pagno et al. (2009), mas para atingir melhores resultados, uniu-se as melhores condições sugeridas por cada um deles com

adaptações necessárias para melhorar o processo. Com isso, pode-se maximizar os resultados e atingir um produto final com quase 19 % e 10 % mais proteínas que a maior concentração atingida por Baldasso et al. (2011) (71 %) e Pagno et al. (2009) (80 %), respectivamente. O produto final obtido por este último autor ainda ficou com um residual de lactose de 10 a 31 %.

Tabela 1 - Caracterização do soro de leite e do concentrado proteico de soro.

Parâmetros Avaliados	Soro de Leite	CPS em pó
<b>pH</b>	6,51±0,06	-
<b>Condutividade</b> (µS cm <sup>-1</sup> )	4396±360	-
<b>Sólidos solúveis</b> (°brix)	6,5±0,20	-
<b>Sólidos totais</b> (%)	5,49±0,08 <sup>a</sup>	93,71±0,67 <sup>b</sup>
<b>Umidade</b> (%)	94,51±0,08 <sup>a</sup>	6,29±0,67 <sup>b</sup>
<b>Proteína</b> <sup>3</sup> (%)	15,53±1,07 <sup>a</sup>	89,95±1,80 <sup>b</sup>
<b>Lactose</b> <sup>3</sup> (%)	76,70±2,28	ND
<b>Gordura</b> <sup>3</sup> (%)	2,68±0,20 <sup>a</sup>	5,98±0,71 <sup>b</sup>
<b>Cinzas</b> <sup>3</sup> (%)	8,43±0,42 <sup>a</sup>	2,15±0,22 <sup>b</sup>
<b>Nitrogênio não-proteico</b> <sup>3</sup> (%)	1,06±0,16 <sup>a</sup>	0,08±0,04 <sup>a</sup>
<b>Sódio</b> <sup>3</sup> (ppm)	13739±962 <sup>a</sup>	1294±580 <sup>b</sup>
<b>Potássio</b> <sup>3</sup> (ppm)	38743±7051 <sup>a</sup>	2879±1170 <sup>a</sup>
<b>Magnésio</b> <sup>3</sup> (ppm)	2089±151 <sup>a</sup>	330±58 <sup>a</sup>
<b>Cálcio</b> <sup>3</sup> (ppm)	3357±393 <sup>a</sup>	1108±504 <sup>b</sup>
<b>Fósforo</b> <sup>3</sup> (ppm)	4334±391 <sup>a</sup>	417±93 <sup>a</sup>

\* 1. Resultados de média ± desvio padrão; letras diferentes em uma mesma linha correspondem à diferença significativa (p < 0,05) pelo Teste t; 2. ND: não detectado pelo método analítico utilizado; 3. valores em base seca.

O fluxo da etapa de concentração do soro de leite iniciou em 30 L m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e foi reduzindo à medida que o volume de permeado removido aumentava ao mesmo tempo que aumentava a concentração dos sólidos no retido. Esse evento também foi observado por Baldasso et al. (2011).

A Figura 4 apresenta a caracterização do permeado da ultrafiltração, do retido ao final da etapa de concentração (UFP Nanofiltrado) e do retido ao final das etapas de purificação por diafiltração (UFP Diafiltrado) e a Tabela 2 apresenta a caracterização (média e desvio padrão) do permeado da ultrafiltração e da lactose concentrada. Observou-se o aumento da lactose e a redução de proteínas e cinzas.

O processo sugerido neste trabalho aumentou 20 % o teor de lactose (12 % na concentração e 8 % na purificação), reduziu 75 % o teor de proteína e 62 % o teor de gordura e atingiu um total de remoção de 55 % das cinzas, mostrando-se mais eficiente que os processos empregados por Suárez et al. (2009). Alcançou ainda uma redução de sódio de 79 % (41 % durante a concentração e 38 % na purificação) e 85 % de potássio (50 % durante a concentração e 36 % na purificação).

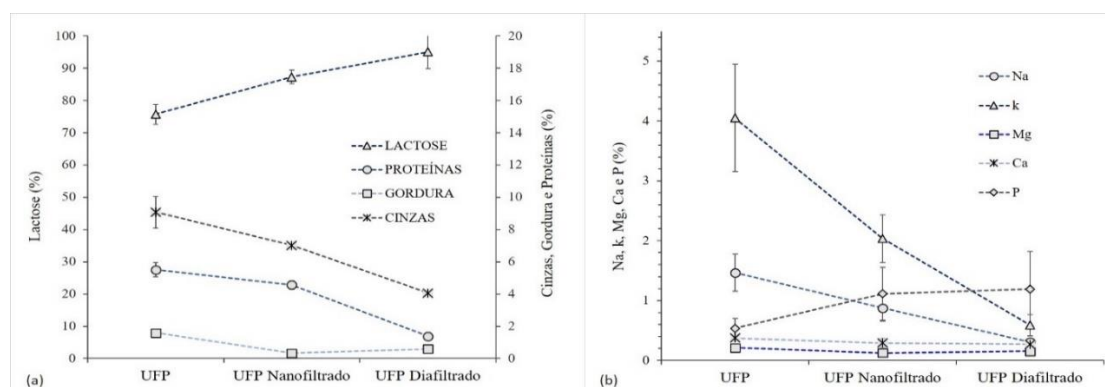
Segundo Lipnizki (2010), o nível máximo de desmineralização por nanofiltração é de 35 % de redução de cinzas e com a aplicação de uma etapa de diafiltração seria possível aumentar esse nível até 45 %. O processo aplicado neste estudo, superou em 10 % as expectativas de Lipnizki.

Ao final do processo, obteve-se uma LC com 95,07 % de lactose com apenas 4,05 % de cinzas em base seca. Atra et al. (2005), utilizando uma membrana de NF de 400 Da obteve uma LC com concentração superior a 25 %. Quase 70 % menor que a LC obtida pelo processo sugerido.

O fluxo do processo de concentração da lactose iniciou em 78 L m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e foi reduziu com o tempo.

A Figura 5 apresenta os produtos finais obtidos no processo.

Figura 4 - Composição de proteínas, lactose, gordura, cinzas (a), sódio, potássio, magnésio, cálcio e fósforo (b) nas diferentes etapas do processamento para produção da lactose concentrada.



\*média  $\pm$  desvio padrão; valores em base seca; UFP: permeado da ultrafiltração; UFP Nanofiltrado: caracterização do retido (lactose concentrada) ao final da etapa de concentração por nanofiltração; UFP Diafiltrado: caracterização do retido (lactose concentrada) ao final da etapa de purificação por diafiltração.

Tabela 22 - Caracterização do permeado da ultrafiltração (UFP) e da lactose concentrada (LC).

Parâmetros Avaliados	UFP	LC
pH	6,55 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	6,12 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>
Condutividade ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	3998 $\pm$ 403 <sup>a</sup>	2814 $\pm$ 560 <sup>b</sup>
Sólidos solúveis ( <sup>o</sup> brix)	5,05 $\pm$ 1,44 <sup>a</sup>	10,98 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>
Sólidos totais (%)	4,48 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	10,03 $\pm$ 1,00 <sup>b</sup>
Umidade (%)	95,52 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	89,72 $\pm$ 1,22 <sup>b</sup>
Proteína <sup>2</sup> (%)	5,51 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	1,38 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>
Lactose <sup>2</sup> (%)	75,71 $\pm$ 3,13 <sup>a</sup>	95,07 $\pm$ 5,20 <sup>b</sup>
Gordura <sup>2</sup> (%)	1,59 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	0,60 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>
Cinzas <sup>2</sup> (%)	9,08 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	4,05 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>
Nitrogênio não-proteico <sup>2</sup> (%)	0,78 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	0,44 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
Sódio <sup>2</sup> (ppm)	14668 $\pm$ 3113 <sup>a</sup>	3078 $\pm$ 194 <sup>b</sup>
Potássio <sup>2</sup> (ppm)	40516 $\pm$ 8976 <sup>a</sup>	5872 $\pm$ 1792 <sup>a</sup>
Magnésio <sup>2</sup> (ppm)	2122 $\pm$ 449 <sup>a</sup>	1529 $\pm$ 340 <sup>a</sup>
Cálcio <sup>2</sup> (ppm)	3723 $\pm$ 669 <sup>a</sup>	2702 $\pm$ 442 <sup>b</sup>
Fósforo <sup>2</sup> (ppm)	5358 $\pm$ 1614 <sup>a</sup>	12509 $\pm$ 6943 <sup>a</sup>

\* 1. Resultados de média  $\pm$  desvio padrão; letras diferentes em uma mesma linha correspondem à diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo Teste *t*; 2. valores em base seca.

Figura 5 – Produtos finais obtidos no processo (concentrado proteico de soro e lactose concentrada).



## 4 CONCLUSÃO

O processo sugerido permitiu a produção do concentrado proteico de soro com pureza de ~90 % e de lactose com pureza de 95 %. Os processos sugeridos para possibilitaram o aumento de 83 % do teor de proteínas

presentes no soro de leite e o aumento de 20 % da concentração da lactose presente no permeado da ultrafiltração. Aplicando as etapas de diafiltração, pode-se atingir 83 % de redução do sódio presente no soro de leite e 79 % do sódio presente no permeado da ultrafiltração. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade de utilizar a ultrafiltração e a nanofiltração, integrados com etapas de diafiltração, para fracionar os componentes do soro.

## 5 AGRADECIMENTOS

A Universidade de Passo Fundo, a Relat - Laticínios Renner S.A. e a FAPERGS, Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. F.; SOUZA, A. B.; STEPHANI, R.; NEVES, H. C. Anuário de guia de referência do setor lácteo: ingredientes lácteos proteicos. **Leite & Derivados**, p. 14-16, mar./abr., 2014.
- 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.
- BALDASSO, C.; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. **Desalination**, v. 278, n. 1-3, p. 381-386, 2011.
- FERREIRA, A. M. G. **Efeito de alta pressão na diálise de uma solução de uma proteína com sal**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Aveiro, Departamento de Química, 2011.
- LIPNIZKI, F. **Cross-Flow Membrane Applications in the Food Industry**. In: PEINEMANN, K.V.; NUNES, S.P.; GIORNO, L. Membrane Technology, Membranes for Food Applications. Weinheim: Wiley-VCH, v. 3, p. 01-24, 2010.
- 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.
- MOLLEA, C.; MARMO, L.; BOSCO, F. **Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry**. Chapter 24, In: MUZZALUPO, I. Publisher: InTech, 2013.
- PAGNO, C.H.; BALDASSO, C.; TESSARO, I.C.; FLORES, S.H.; de JONG, E.V. Obtenção de concentrados proteicos de soro de leite e caracterização de suas propriedades funcionais tecnológicas. **Alim. Nutr.**, v.20, n.2, p. 231-239, abr./jun., 2009.
- SMITHERS, G. W. Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow. **International Dairy Journal**, v. 48, p. 2-14, 2015.
- 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.
- VALDUGA, E.; PAVIANI, L. C.; MAZUR, S. P.; FINZER, J. R. D. Aplicação do soro de leite em pó na panificação. **Alim. Nutr.**, v. 17, n. 4, p. 393-400, out./dez., 2006.