

# OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE EM PÓ

## *OBTAINMENT AND CHARACTERIZATION OF PROTEIN CONCENTRATE OF MILK POWDER*

Jenefher Becker<sup>I</sup> 

Ilizandra A Fernandes<sup>II</sup> 

Clarice Steffens<sup>III</sup> 

Juliana Steffens<sup>IV</sup> 

Eunice Valduga<sup>V</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. E-mail: jenefher.becker@hotmail.com

<sup>II</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil. Pós-doutoranda na URI. E-mail: ilizandrafernandes@yahoo.com.br

<sup>III</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil. Doutora em Biotecnologia. E-mail: clarices@uricer.edu.br

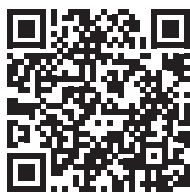
<sup>IV</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil. Doutora em Engenharia Química. E-mail: julisteffens@uricer.edu.br

<sup>V</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil. Doutora em Engenharia Química. E-mail: veunice@uricer.edu.br

**Resumo:** Na fabricação de queijos o soro de leite é um líquido remanescente da precipitação da gordura e das caseínas do leite e apresenta em sua composição proteínas, lactose e minerais. Os constituintes do soro principalmente as proteínas apresentam grande potencial para aplicação em alimentos, assim, são necessárias técnicas para a recuperação. Uma alternativa é a o uso do processo de separação por membranas. O objetivo deste estudo foi aproveitar um subproduto da indústria de laticínio (soro de leite), recuperando e concentrando as proteínas por ultrafiltração/diafiltração bem como avaliar as propriedades tecnológicas dos concentrados e permeados por membranas e do concentrado proteico de soro de leite em pó (CPS). O processo de ultrafiltração (UF) associado ao processo de diafiltração (DF) incrementou o conteúdo de proteína total, sólidos totais, de 94%, 55%, respectivamente, e reduziu 50% de lactose e 71 % de gordura. O CPS apresentou 78% de proteínas, sendo classificado como concentrado proteico de soro de CPS-80, com reduzido teor de umidade (8%) e de baixa atividade de água (0,417). Os resultados obtidos demonstraram a possibilidade de utilizar a ultrafiltração associada à diafiltração, para fracionar os componentes do soro, agregando valor a este subproduto e reconhecendo o soro de leite como uma matéria-prima importante para a cadeia do leite.

**Palavras-chave:** Ultrafiltração. Soro de leite. Concentração. Proteínas.

**Abstract:** In the manufacture of cheese the milk whey is a remnant liquid from the capture of fat and milk caseins and presents its composition of proteins, lactose and minerals. The constituents of milk whey mainly the proteins have great potential for application in food, that, are necessary techniques for recovery. An alternative is to use the membrane separation process. The aim of this study was to utilize a byproduct of the dairy industry (whey), recover and concentrate as proteins by ultrafiltration/diafiltration as well as to evaluate the technological properties of concentrated and membrane permeated whey concentrate



DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v16i31.172>

Recebido em: 17-12-2019

Aceito em: 08-04-2020



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons  
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

(CPS). The ultrafiltration (UF) process associated with the diafiltration (DF) process increases the total protein content by 94%, 55%, respectively, and reduces 50% lactose and 71% fat. CPS presented 78% of proteins, being classified as CPS-80 whey protein concentrate, with low moisture content (8%) and low water activity (0.417). The selected results demonstrate the possibility of using diafiltration-associated ultrafiltration to fractionate whey components, adding value to the byproduct and recognizing whey as an important raw material for the milk chain.

**Keywords:** Ultrafiltration. Milk whey. Concentration. Proteins.

## Introdução

A Indústria de laticínios é um importante segmento e está em ascensão no Brasil, sendo que aproximadamente 50% do leite utilizado pelos laticínios é transformado em queijo, onde para cada quilograma do produto gera-se em torno de 8,5-9 L de soro. O soro é a porção aquosa que é liberada da coagulação durante a fabricação convencional de queijos, considerado um efluente residual que pode acarretar problemas ambientais devido ao seu alto teor de matéria orgânica. Assim, o seu reaproveitamento tem sido estudado e sugerido para melhorar a eficiência econômica dos laticínios e minimizar os impactos ambientais. De acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil produziu aproximadamente 2,7 milhões de toneladas de soro de leite em 2017 (ABIQ, 2019), e essa grande quantidade também é vista como um gargalo para o desenvolvimento de novos produtos (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O soro de leite pode ser considerado um produto nobre, rico em nutrientes, contém, aproximadamente, 55% dos nutrientes do leite incluindo as proteínas, a lactose, vitaminas solúveis em água e minerais e proteínas. A composição, absorção, digestibilidade, biodisponibilidade de aminoácidos essenciais e de nitrogênios totais, são os fatores de qualidade nutricional de uma proteína. A digestibilidade é o fator que mais reflete na eficiência da utilização proteica na dieta, sendo considerada um condicionante de qualidade. As proteínas de soro possuem propriedades bioquímicas que fortalecem a imunidade, geram recuperação muscular eficiente e potencializa os benefícios à saúde. Desta forma, podem direcionar a aplicação em bebidas esportivas ou substitutos de refeições, para serem consumidos antes, durante ou após os exercícios. Além disso, as proteínas de soro podem ser muito utilizadas para suplementos proteicos; na produção de compostos lácteos; na alimentação infantil; sobremesas lácteas; alimentos probióticos e prebióticos; chocolates; bebidas não alcoólicas entre outras (FOOD INGREDIENTS BRASILE, 2017). Para Cassanego *et al.* (2012) a aplicação de soro de leite em alimentos mostra-se propício frente ao cenário de aumento do consumo de alimentos saudáveis pela população e a busca incessante das indústrias alimentícias pela diminuição de custos de operação e produção.

Dentre os constituintes do soro de leite mais inestimáveis, destacam-se as proteínas, as quais apresentam propriedades funcionais, como formação de espuma, emulsificação e solubilidade (PAGNO *et al.*, 2009). O autor ainda destaca que etapas de concentração de soro de

leite líquido poderiam realçar essas propriedades, visto que o processo acarreta no aumento dos percentuais de proteína. Segundo Giralzo-Zuñiga e outros (2004), o soro de leite na indústria de alimentos pode ser empregado objetivando-se diversas características, as quais variam desde melhorias na qualidade nutricional, como aumento da viscosidade em molhos para saladas e sopas, melhorias de textura em massas tipo macarrão e produtos lácteos dentre eles, sobremesas e iogurtes e capacidade de aeração em bolos e produtos de confeitaria, dentre outras características funcionais. Salienta o autor, que a variedade de funções desempenhadas pela adição de soro de leite a diversidades dos produtos onde o mesmo pode ser empregado pode estar relacionada à sua elevada solubilidade quando comparados ao caseinato de sódio e às proteínas da soja.

Devido as qualidades das proteínas do soro de leite, uma opção para a concentração das mesmas é a utilização do processo de separação por membranas. As membranas podem ser definidas como um obstáculo semi-seletivo que permite a separação em duas fases, delimitando total ou parcialmente o transporte de uma ou mais espécies químicas presentes na fase, uma é conhecida como fase de alimentação na qual as substâncias ficam retidas e a outra como fase de permeado (MULDER, 1996), sendo que os principais componentes que atravessam as membranas são a água, lactose e sais minerais. A ultrafiltração (UF) é um processo de separação por membranas que opera por gradiente de pressão e é amplamente utilizada para concentração de proteínas (HABERT, BORGES e NÓBREGA, 2006). As membranas de UF apresentam porosidade entre 0,1 e 10%, poros entre 1 a 100 nm. Esta técnica apresenta benefícios como a economia de energia e não aplicação de altas temperaturas, quando comparado aos processos convencionais de concentração e proporciona o desenvolvimento de novos produtos com propriedades nutritivas e sensoriais diferenciadas.

Processos de concentração utilizando membranas de UF também podem atuar no modo de operação denominado de diafiltração. O processo consiste na adição de água contínua ao concentrado (retido) da ultrafiltração com o propósito de promover a retirada de massas molares inferiores ao tamanho de poro da membrana (MOREIRA *et al.*, 2017). Em casos de concentração de soro de leite, a diafiltração pode favorecer a saída de moléculas de lactose e minerais pela adição do solvente (água), concentrando mais as proteínas.

O soro pode ser utilizado pela indústria de diversas maneiras, sendo a forma em pó a que se destaca, devido algumas vantagens como a facilidade de conservação, menor espaço para estocagem, menor custo de transporte. Para a obtenção do soro em pó, utiliza-se a técnica de secagem por atomização (*spray dryer*) que consiste em atomizar ou pulverizar o produto a ser seco sobre forma de pequenas gotículas em uma corrente de ar quente, de maneira a obter o pó. As propriedades funcionais mais importantes para a utilização das proteínas do soro são a emulsificação, solubilidade, geleificação e formação de espumas (MING, 2000). As proteínas do soro de leite em pó são comumente usadas como ingredientes, devido às suas características funcionais. Além disso, o soro de leite melhora a textura, realça o sabor e cor, emulsifica e estabiliza, melhora a dispersibilidade em misturas secas, amplia a vida de prateleira e aumenta a qualidade final dos alimentos (ANTUNES, 2003). Neste sentido, o uso da diafiltração para obtenção de um concentrado proteico mais purificado pode melhorar as características do soro de leite, aumentando o valor agregado deste subproduto. Assim, o objetivo do presente estudo

foi recuperar e concentrar proteínas do soro de leite por ultrafiltração associada a diafiltração, e obter um concentrado proteico em pó, bem como caracterizar as frações.

## Material e métodos

### *Concentração do soro de leite*

O soro de leite foi adquirido na Indústria Relat Lacticínios Renner S.A., localizada no município de Estação/RS, o qual foi transportado refrigerado (4°C), em recipientes de 80 L, até o laboratório de tecnologia de leites e derivados da URI- Erechim/RS.

A concentração do soro de leite foi realizada por sistema de separação por membranas, fluxo tangencial, em batelada, que era composto de dois tanques de aço inoxidável, sendo um de alimentação/concentração com capacidade de 30 L e outro para coleta de permeado com capacidade de 12 L.

Primeiramente foram utilizados 30 L de soro de leite, membrana de microfiltração (MF) de fibra oca (Pan Membranas) de 0,4 µm, com área de 2,2 m<sup>2</sup>, e pressão do sistema de 1 bar, para a remoção das impurezas do soro. Para a obtenção do concentrado proteico de ultrafiltração (UF), foi utilizada membrana de poliamida, de configuração espiral (modelo 2538-K131-VYV da KOCH Membrane Systems), massa molar de corte (10 kDa e área de 1,8 m<sup>2</sup>, onde adicionou-se ao tanque de alimentação um volume de 25 L de permeado de MF, sob pressão de 1 bar e temperatura 10 °C, condições estas, definidas em trabalhos anteriores (ILTECHENCO *et al.*, 2018). O volume de concentrado foi reduzido até 3 L (volume mínimo que o sistema suporta), sendo o fator de concentração do processo foi de 8,33. Posteriormente, ultrafiltração associada a diafiltração (UF/DF) foi realizada utilizando a membrana de UF, a 1 bar e 10°C, adicionando-se água com alto grau de pureza ao concentrado da UF, num volume proporcional ao volume inicial de soro empregado no processo (22 L), recirculando por 3 vezes.

Os fluxos de permeado para as membranas de MF, UF e UF/DF foram obtidos através de medidas volumétricas (1 L) em função do tempo e da área da membrana, para água e soro de leite.

### *Secagem do concentrado de soro de leite*

Para a obtenção de um concentrado proteico de soro (CPS) em pó, o concentrado proteico de soro (CPS) líquido da fração UF/DF foi seco em *spray dryer* (Lab Plant, modelo SD – 05). As condições de secagem foram definidas, baseadas em ensaios preliminares e dados da literatura (O'SULLIVAN *et al.*, 2018; SEGUENKA, 2016; VALDUGA *et al.*, 2006), sendo a secagem conduzida na pressão de atomização de 5,5 Kgf/cm<sup>2</sup>, temperatura de entrada de 170°C, temperatura de saída de 90°C, vazão de alimentação de 350 mL/h, com bico atomizador com diâmetro de 0,5 mm.

### *Caracterização das frações*

O soro de leite, o permeado da MF, concentrado da UF, concentrado da UF/DF e o soro em pó foram caracterizados em termos de proteína, sólidos totais, acidez, condutividade, pH, lactose, gordura, cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), atividade de água, umidade, minerais totais e componentes minerais (cálcio, sódio e potássio).

#### Proteína Total

O nitrogênio total nas amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, segundo metodologia n° 920.123 da AOAC (2005). Na quantificação da proteína foi empregado o teor de nitrogênio multiplicando-se pelo fator de conversão de nitrogênio em proteína de 6,38.

#### Sólidos Totais

Os sólidos totais das amostras foram determinados por método gravimétrico em estufa de recirculação (Fanem – modelo 320 - SE) a 105°C por aproximadamente 4 h e/ou até peso constante, empregando areia do mar para facilitar a transferência de calor, segundo metodologia descrita por IAL (2005).

#### Acidez total

A acidez total foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença do indicador fenolftaleína (AOAC 2005). A acidez total foi expressa em graus ° Dornic.

#### Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi realizada em condutivímetro (RS 232-METER 8306), realizando-se leituras diretamente nas amostras.

#### *pH*

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, segundo metodologia n° 4022 descrita pela AOAC (2005), utilizando pHmetro (Digimed DM-22), realizando-se leituras diretamente na amostra.

#### *Lactose*

A lactose foi realizada segundo metodologia descrita por Miller (1959) pelo método de DNS (3,5-dinitro salicilato). Os açúcares redutores foram quantificados por espectrofotometria em espectrofotômetro UV-Visível (Agilent Technologies, modelo 8453E) a 570 nm e para quantificação utilizou-se uma curva padrão de lactose (0,5 a 5,0 g/L).

### *Gordura*

A determinação do teor de gordura das amostras foi realizada seguindo procedimentos descritos na Norma FIL-IDF 5B (1986), com modificações. O teor de gordura extraída foi quantificado pelo método gravimétrico em estufa (marca Fanem modelo 320 SE) a 105°C, com circulação de ar, até massa constante.

### *Índices de cor $L^*$ , $a^*$ , $b^*$*

Para a determinação dos parâmetros de cor ( $L^*$  - luminosidade,  $a^*$  - + vermelho, -verde e  $b^*$  - + amarelo e -azul) foi utilizado o colorímetro Minolta (konica minolta CM-5). A cromaticidade  $C^*$  é determinada através da Equação 1.

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

### *Atividade de água*

A atividade de água foi determinada por método direto através da utilização de um Analisador de Atividade de Água - Lab Touch (Novasina).

### *Umidade*

A umidade foi determinada por secagem em estufa com recirculação de ar (Fanem, modelo 320-SE), a 105 °C por aproximadamente 4 h e/ou peso constante.

### *Minerais totais*

O conteúdo de minerais totais foi determinado conforme metodologia descrita por IAL (2005) por incineração em forno mufla (Fornos Lavoisier modelo 400 C) a 550°C por aproximadamente 8 h e quantificação pelo método gravimétrico.

### *Componentes minerais*

Os componentes minerais foram quantificados por espectrometria de absorção atômica em chama – FAAS (Varian Spectra AA-55) seguindo metodologia descrita por AOAC (2005), com modificações. Foram utilizadas lâmpadas de cátodo oco de Ca, Na e K como fonte de radiação. Os elementos foram medidos em condições de operação otimizadas por FAAS em chama ar/acetileno. Para eliminar possíveis interferências na determinação de Ca foi adicionado cloreto de lantânio (Merck) nas amostras e nas soluções padrões na proporção de 1 % (m/v). Os cálculos dos teores dos minerais nas amostras foram baseados em uma curva de calibração com soluções padrões: Ca (10 a 50 ppm), Na (10 a 300 ppm) e K (10 a 150 ppm).

### *Análise estatística*

Os resultados (N=3) foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey, com auxílio do software *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95 % de confiança.

### **Resultados e discussões**

#### *Fluxo médio de permeado de soro de leite*

A Tabela 1 apresenta o fluxo médio de permeado (L/m<sup>2</sup>h) para água e para o soro de leite na pressão de 1bar e 10°C, empregando a MF, UF e UF/DF.

Tabela 1 - Fluxo médio de permeado (L/m<sup>2</sup>h) para água e para o soro de leite na pressão de 1bar e 10°C, empregando a MF, UF e UF/DF

Membranas	Fluxo de permeado (L/m <sup>2</sup> h)	
	Água	Soro de leite
Microfiltração	148,76±6,40	58,44±2,42
Ultrafiltração	51,28±2,61	31,44±1,47
1ª Diafiltração	-	26,88±1,32
2ª Diafiltração	-	23,47±1,15
3ª Diafiltração	-	16,36±0,06

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que o fluxo médio de permeado do soro de leite em relação água para as membranas MF e UF reduziu aproximadamente 2 vezes, e a ao realizar o processo de UF/DF ocorre uma redução gradativa do fluxo de permeado, sendo isso devido a polarização por concentração e *fouling*, ocasionada principalmente pelas proteínas que são retidas e se acumulam na superfície da membrana formando uma barreira, principalmente a  $\beta$ -lactoglobulina e a  $\alpha$ -lactoalbumina são as responsáveis pela diminuição do fluxo de permeado (WEN-QIONG *et al.*, 2017; STEINHAUER *et al.*, 2015, CROWLEY *et al.*, 2015). Segundo Rao (2002) e Rice *et al.* (2009), a presença do cálcio influencia na colmatação da membrana pela sua deposição direta na forma de sais de cálcio e sua interação com as proteínas.

#### *Características físico-químicas do soro de leite in natura, das frações concentradas (UF e UF/DF), e do concentrado proteico em pó*

A Tabela 2 apresenta as características físico-químicas do soro de leite *in natura*, das frações de permeado de microfiltração (MF), concentrado de ultrafiltração (UF) e da diafiltração (UF/DF) e do concentrado proteico de soro (CPS) em pó.

O pH do soro *in natura* e das frações não diferiram estatisticamente ( $p>0,05$ ). Baldasso *et al.* (2011), utilizando soro de leite reconstituído, obtiveram valores de pH entre 6,2 e 6,4

para as amostras de concentrado e permeado utilizando uma membrana de 10 kDa, porém em temperatura de 50°C.

De acordo com Carvalho *et al.* (2013), Smithers (2015) e Macedo *et al.* (2015), o soro de leite ácido apresenta um pH menor que 5,1. Enquanto, que o soro de leite doce apresenta pH mais elevados acima de 5,6. Os lotes de soro de leite utilizados neste estudo apresentaram pH médio de 6,43 podendo desta forma ser classificado como soro doce.

**Tabela 2** - Caracterização do soro de leite, permeado de MF, concentrado de UF, concentrado de UF/DF (3° Diafiltração) e do CPS em pó\*\*

Parâmetros avaliados	Soro de leite**	Permeado MF**	Concentrado UF**	Concentrado UF/DF**	CPS em pó**
pH	6,43 <sup>a</sup> ±0,005	6,42 <sup>a</sup> ±0,001	6,41 <sup>a</sup> ±0,115	6,43 <sup>a</sup> ±0,001	-
Condutividade (mS/cm)	5,80 <sup>a</sup> ±0,032	5,52 <sup>b</sup> ±0,01	5,31 <sup>c</sup> ±0,001	1,02 <sup>d</sup> ±0,002	-
Índice de cor a*	-1,01 <sup>c</sup> ±0,02	-1,32 <sup>d</sup> ±0,17	-1,17 <sup>cd</sup> ±0,05	0,04 <sup>b</sup> ±0,02	1,38 <sup>a</sup> ±0,08
Índice de cor b*	7,40 <sup>a</sup> ±0,01	7,38 <sup>a</sup> ±0,10	6,52 <sup>b</sup> ±0,01	3,04 <sup>d</sup> ±0,005	3,87 <sup>c</sup> ±0,007
Índice de cor L*	32,45 <sup>c</sup> ±0,02	29,60 <sup>c</sup> ±0,06	26,92 <sup>c</sup> ±0,06	40,86 <sup>b</sup> ±0,08	80,44 <sup>a</sup> ±29,51
Cromaticidade C*	7,47 <sup>a</sup> ±0,01	7,49 <sup>a</sup> ±0,005	6,64 <sup>b</sup> ±0,02	3,05 <sup>d</sup> ±0,006	4,86 <sup>c</sup> ±0,64
Acidez (°D)	16,68 <sup>c</sup> ±0,06	17,79 <sup>c</sup> ±0,07	18,57 <sup>b</sup> ±0,06	20,03 <sup>a</sup> ±0,01	-
Umidade (%)	93,6 <sup>a</sup> ±0,02	92,1 <sup>b</sup> ±0,01	92,4 <sup>b</sup> ±0,04	84,59 <sup>c</sup> ±0,01	7,9 <sup>d</sup> ±0,03
Atividade de água	0,962 <sup>b</sup> ±0,01	0,963 <sup>ab</sup> ±0,03	0,961 <sup>b</sup> ±0,02	0,964 <sup>a</sup> ±0,05	0,417 <sup>c</sup> ±0,04
Sólidos totais	6,85 <sup>c</sup> ±0,30	7,54 <sup>d</sup> ±0,001	8,16 <sup>c</sup> ±0,01	15,41 <sup>b</sup> ±0,10	92,10 <sup>a</sup> ±0,20
Proteína (%)	0,21 <sup>c</sup> ±0,02	0,91 <sup>d</sup> ±0,03	2,86 <sup>c</sup> ±0,04	12,62 <sup>b</sup> ±0,17	78,27 <sup>a</sup> ±0,12
Gordura (%)	1,73 <sup>b</sup> ±0,24	0,13 <sup>d</sup> ±0,002	1,21 <sup>c</sup> ±0,003	1,23 <sup>c</sup> ±0,11	2,56 <sup>a</sup> ±0,17
Cinzas (%)	0,48 <sup>b</sup> ±0,08	0,38 <sup>c</sup> ±0,03	0,28 <sup>d</sup> ±0,015	0,20 <sup>a</sup> ±0,01	2,62 <sup>a</sup> ±0,11
Lactose (%)	4,68 <sup>b</sup> ±0,11	4,56 <sup>b</sup> ±0,14	3,71 <sup>b</sup> ±0,16	2,38 <sup>c</sup> ±0,26	8,65 <sup>a</sup> ±0,006
Sódio (mg/100g)	8,40 <sup>b</sup> ±0,09	6,62 <sup>c</sup> ±0,01	4,18 <sup>d</sup> ±0,08	2,66 <sup>c</sup> ±0,02	28,06 <sup>a</sup> ±0,07
Cálcio (mg/100g)	7,94 <sup>b</sup> ±0,04	5,85 <sup>c</sup> ±0,0001	4,13 <sup>b</sup> ±0,09	2,65 <sup>c</sup> ±0,05	45,26 <sup>a</sup> ±0,13
Potássio (mg/100g)	4,63 <sup>b</sup> ±0,06	4,45 <sup>c</sup> ±0,04	3,89 <sup>d</sup> ±0,02	3,07 <sup>c</sup> ±0,06	35,20 <sup>a</sup> ±0,03

\*\*médias (±desvio padrão) seguidas de letras iguais/linhas não diferem à nível de 5% (Teste de Tukey).

De acordo com a Tabela 2, o concentrado de UF e o concentrado de UF/DF apresentaram um leve acréscimo ( $p < 0,05$ ) na acidez em relação ao soro *in natura*, de 17,79, 18,57 e 20,03°D, respectivamente, pois com a concentração do soro de leite poderá ocorrer um aumento da produção de ácido láctico (ORDÓÑEZ, 2005). Para Narimatsu e outros (2003), o leite ultrafiltrado é um meio no qual favorece o crescimento bactérias lácticas, o qual ocasiona um aumento da produção de ácido láctico.

A condutividade elétrica da fração do concentrado UF/DF diminuiu significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação ao soro *in natura* e demais frações. Dessa forma, as maiores condutividades



observadas no soro *in natura* e na fração permeada deve-se a substâncias inorgânicas presentes estarem em maiores quantidades que nos concentrados, devido à passagem de sais, uma vez que estes são completamente permeáveis pela membrana. Além da permeabilidade de minerais pela membrana, devido a massa molar de corte (10 kDa), a diluição da amostra pelo acréscimo de água na etapa de UF/DF, também contribui para esta redução. Fato que é relatado por outros autores (CROWLEY *et al.*, 2015; HOLDER *et al.*, 2013), onde valores de condutividade dos concentrados foram menores em relação a condutividade, dos permeados, devido ao esgotamento e enriquecimento de minerais na fase do concentrado e permeado do leite desnatado, respectivamente.

Os valores de  $L^*$  referem-se à luminosidade da amostra e variam de zero (0- preto) a cem (100-branco) na escala. O CPS em pó e o concentrado de UF/DF diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais amostras, apresentando as maiores luminosidades de 80,44 e 40,86, respectivamente. No concentrado da UF houve uma diminuição ( $p < 0,05$ ) quando comparado ao soro *in natura*. García-Pérez *et al.* (2005) atribuíram as reduções nos valores de  $L^*$  ao aumento da concentração de moléculas e conseqüentemente reduções na água livre do produto.

A cor  $b^*$  nas amostras de soro *in natura*, permeado de MF, concentrado de UF, concentrado de UF/DF e CPS pó (Tabela 2) apresentaram valores positivos, indicando tonalidade amarelada. No concentrado de UF/DF ocorreu uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da cor  $b^*$  em relação as demais amostras (Tabela 2 e Figura 1). Segundo Azevedo *et al.* (2014), a presença de lactose pode contribuir para esta coloração, pois na UF/DF já que parte da lactose permeou pela membrana de 10 kDa.

A coordenada cromática  $a^*$  varia de verde (negativo) ou vermelho (positivo), sendo que o soro *in natura*, permeado da MF e concentrado da UF apresenta tonalidade levemente verde. Enquanto, que o concentrado UF/DF e o CPS em pó apresentaram tonalidades levemente vermelha.

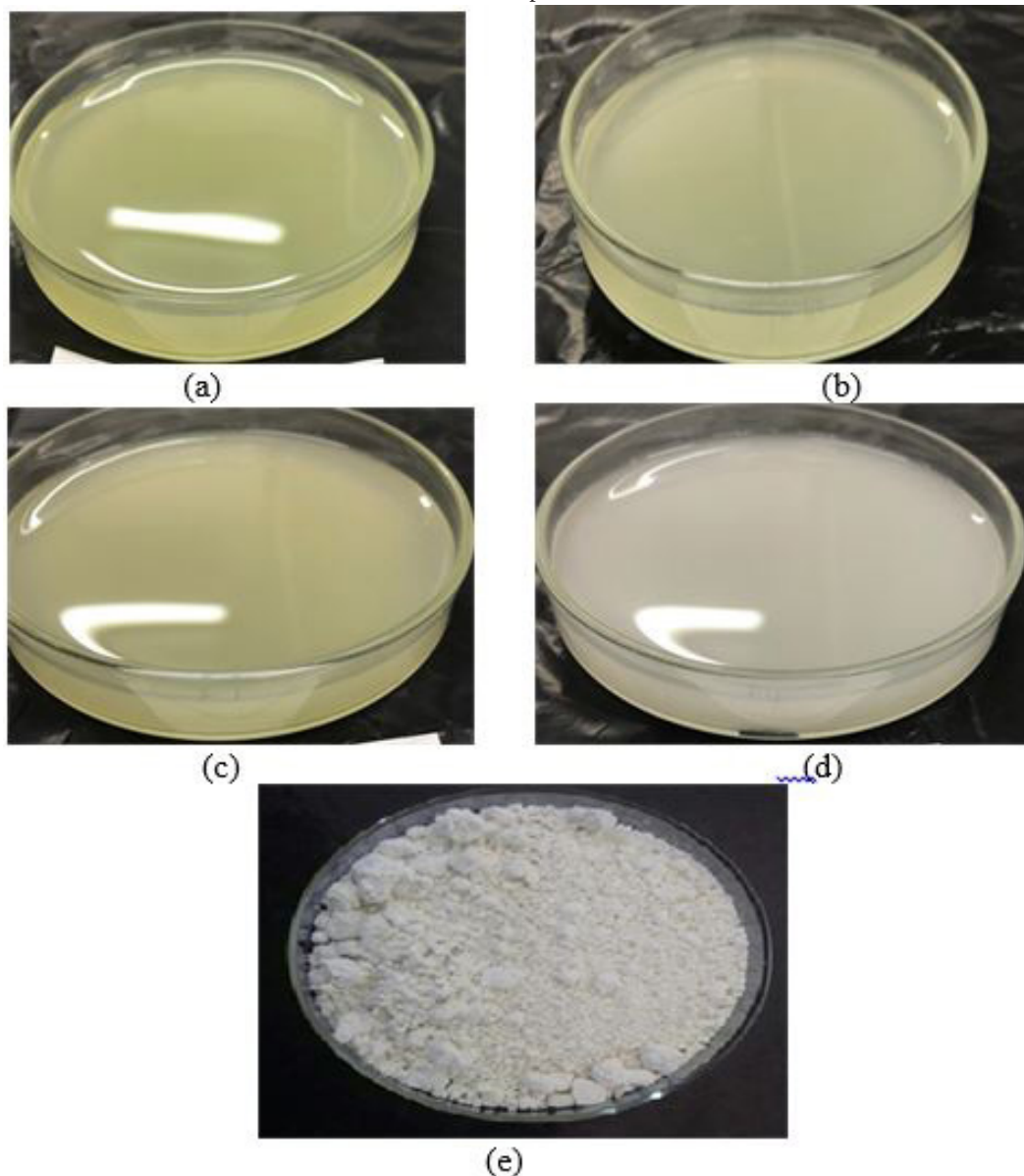
Os valores do índice cromaticidade ( $C^*$ ), diminuíram durante o processo de UF/DF, apresentando diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as amostras (Tabela 1). Segundo Granato e Masson (2010), quanto mais elevados os valores de cromaticidade  $C$ , maior a intensidade da coloração. Deste modo, percebeu-se que a associação processo da UF/DF promoveu a redução da intensidade da coloração.

O CPS apresentou reduzido teor de umidade e gordura, e baixa atividade de água. De acordo com Antunes (2003) para o aumento nos teores de proteína (60 a 80%) através do emprego do processo de DF, em que o CPS com 80% de proteínas apresentou 4 a 8% de gordura. Segundo Seguenka (2016), utilizando membrana de UF de 10 kDa seguindo pelo processo de DF, após a secagem em *spray dryer*, obteve-se um CPS em pó (base seca) com teor de gordura de 5,98%.

Em relação aos sólidos totais (Tabela 2) e proteínas verifica-se que houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, com aumento durante as etapas de filtração. Os teores de sólidos totais e proteínas são parâmetros adotados para a verificação da concentração de soro de leite (BALDASSO *et al.*, 2011).

O CPS em pó apresentou um teor de proteína de 78%, o que pode ser considerado um CPS-80, pois, para ser denominado como concentrado proteico de soro, o mesmo deve conter uma concentração de proteína maior que 25% e segundo Pagno e outros (2009) os CPS podem variar sua composição de proteínas de 35 a 80%.

Figura 1 - Imagem do soro in natura (a), permeado de MF (b), concentrado UF (c), concentrado UF/DF (d) e CPS em pó (e)



Fonte: Os autores, 2019.

Pode-se observar que teor de lactose foi menor no concentrado UF/DF diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ) dos demais. Isto indica que no processo de UF/DF ocorre a passagem da lactose pela membrana devido às lavagens sucessivas. A lactose é uma importante fonte de energia, contudo, a diminuição ou eliminação desse hidrato de carbono no produto é interessante para indivíduos que apresentam limitações ou intolerância a esse constituinte. A membrana de 10 kDa empregada neste estudo, por apresentar massa molecular de corte superior ao peso molecular da lactose Brans *et al.*, (2004), não deveria reter a lactose, mas como relatado por

Arguello *et al.* (2002), a formação na camada gel na superfície da membrana e o *fouling* podem interferir na seletividade da membrana.

Embora os valores de lactose tenham sido reduzidos no concentrado obtido pela UF/DF, o mesmo contendo 37,8 g/L de lactose, se utilizado na forma pura, seria enquadrado pela RDC nº 135, de 8 de fevereiro de 2017 (BRASIL, 2017) como alimento que contém lactose. E o CPS pó investigado neste estudo, apresentou 8,65 g/L de lactose enquadrando-se também como um alimento que contém lactose.

Os teores de sódio, cálcio e potássio apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ) significativa entre todas as amostras e isto é devido as etapas de separação, onde estes minerais atravessam a membrana devido ao tamanho de corte da mesma.

### **Conclusões**

Com o processo ultrafiltração (UF) obteve-se um incremento no teor de proteína de 89% em relação ao soro de leite. Com o concentrado de (UF/DF), o incremento no teor de proteína foi de 42,24% em relação ao concentrado de UF. O conteúdo de proteína total em relação ao CPS em pó, atingindo o percentual de 78%. Em virtude de sua composição, o concentrado proteico de soro de leite diafiltrado em pó (CPS) foi classificado como concentrado proteico de soro CPS-80. Portanto, o processo de concentração de proteínas utilizando membrana de ultrafiltração é uma alternativa para recuperar este constituinte, e quando transformado em pó o torna um produto com facilidade de uso e possibilidade de aplicação em diversos produtos de interesse, aumentando o valor agregado deste subproduto.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a URI-Erechim, CNPq, FAPERGS e CAPES pela infraestrutura e suporte financeiro.

### **Referências**

ABIQ. **Associação Brasileira das indústrias de queijo**. Disponível em: [http://www.abiq.com.br/associados/mercado/Mercado\\_2010a2014.pdf](http://www.abiq.com.br/associados/mercado/Mercado_2010a2014.pdf).

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. São Paulo: Ed. Manole, 2003.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association analytical chemists**. Maryland: AOAC, 2005.

- ARGUELLO, M.; ÁLVAREZ, S.; RIERA, F.A.; ÁLVAREZ, R. Enzymatic cleaning of inorganic ultrafiltration membranes fouled by whey protein. **Journal Agriculture Food Chemical**, v. 50, p. 1951-1958, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/jf0107510>.
- AZEVEDO, V. M.; COSTA, A. L. R.; FUKUSHIMA, K. L.; BORGES, S.V. Propriedades de barreira, mecânicas e ópticas de filmes de concentrado proteico de soro de leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 4, p. 237-247, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v69i4.307>.
- 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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.05.055>.
- BRANS, G.; SCHROËN, C.G.P.H.; SMAN, R.G.M. van der; BOOM, R.M. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. **Journal of Membrane Science**, v. 243, n. 1-2, p. 263-272, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2004.06.029>.
- CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. Review- Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. **Science of the Total Environment**, v. 445-446, p. 385-396, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038>.
- CASSANEGO, D. B.; GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; DA SILVA, S. V.; DE PELLEGRINI, L.G. Características físico-químicas e sensoriais de bebida láctea de leite de cabra. Anais do XV Simpósio Paranaense de Ovinocultura, III Simpósio Paranaense de Caprinocultura, III Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos. **Anais**. Pato Branco, PR, 2012.
- CROWLEY, S.V.; CALDEO, V.; MCCARTHY, N.A.; FENELON, M.A.; KELLY, A.L.; O'MAHONY, J.A. Processing and protein-fractionation characteristics of different polymeric membranes during filtration of skim milk at refrigeration temperatures. **International Dairy Journal**, v.48, p. 23-30, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.005>.
- GARCÍA-PÉREZ, F.J.; LARIO, Y.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; SAYAS, E.; PÉREZ ALVAREZ, J. A.; SENDRA, E. Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. **Industrial Applications**, v.30, n. 6, p. 457-463, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/col.20158>.
- GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000400039>.
- HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NÓBREGA, R. **Processo de separação com membranas**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2006.
- HOLDER, L.; WEIK, J.; HINRICHS, J. A study of fouling during long-term fractionation of functional peptides by means of cross-flow ultrafiltration and cross-flow electro membrane

filtration. **Journal of Membrane Science**, v. 446, p. 440-448, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2013.06.017>.

ILTCHENCO, S. et al. Whey protein concentration by ultrafiltration and study of functional properties. **Ciência Rural**, v. 48, n. 5, p. 1-11, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170807>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (FIL-IDF). **Cheese & processed cheese products**. Fat content. Brussels: IDF(IDF Standard 5B), 1986.

MACEDO, A.; DUARTE, E.; FRAGOSO, R. Assessment of the performance of three ultrafiltration membranes for fractionation of ovine second cheese whey. **International Dairy Journal**, v. 48, p. 31-37, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.003>.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOREIRA, R. de O.; RODRIGUES, P. H. J.; FRANCISQUINI, J. d' A.; STEPHANI, R.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Produção de concentrado proteico de soro em escala piloto: aspectos tecnológicos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n.4, p. 205-214, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v72i4.646>.

MULDER, M. **Basic principles of membrane technology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.

NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J. R. F.; SPADOTI, L. M.; PIZAIA, P. D., ROIG, S. M. Avaliação da proteólise e do derretimento do queijo prato obtido por ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 177-182, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000400033>.

OLIVEIRA, D.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, n. 385, p. 64-71, 2012.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A. **Tecnologia de Alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: ARTMED, 2005.

O'SULLIVAN, J. J., NORWOODA, E. A., O'MAHONYA, J. A., ALAN L. K. Atomisation technologies used in spray drying in the dairy industry: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 243, p. 57-69, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.027>.

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. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 2, p. 231-239, 2009.

RAO, H. G. R. Mechanisms of flux decline during ultrafiltration of dairy products and influence of pH on flux rates of whey and buttermilk. **Desalination**, v. 144, p. 319-324, 2002. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164\(02\)00336-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00336-3).

RICE, G.S.; KENTISHA, S.E.; O'CONNOR, A.J.; BARBER, A.R.; PIHLAJAMAKI, A.; NYSTROM, M.; STEVENS, G.W. Analysis of separation and fouling behaviour during nanofiltration of dairy ultrafiltration permeates. **Desalination**, v. 236, p. 23-29, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2007.10.046>.

SEGUENKA, B. **Produção de concentrado proteico e lactose de soro de leite por processos de separação por membranas**. 2016. 86 f. Dissertação de mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, 2016. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1349>.

SMITHERS, G. W. Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow. **International Dairy Journal**, v. 48, p. 2-14, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.011>.

STEINHAEUER, T.; SCHWING, J.; KRAUB, S.; KULOZIK, U. Enhancement of ultrafiltration-performance and improvement of hygienic quality during the production of whey concentrates. **International Dairy Journal**, v. 45, p. 8-14, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.010>.

VALDUGA, E.; PAVIANI, L. C.; MAZUR, S. P.; FINZER, J. R. D. Aplicação do soro de leite em pó na panificação. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 393-400, 2006.

WEN-QIONG, W.; LAN-WEI, Z.; XUE, H.; YI, L. Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. **Food Chemistry**, v. 215, p. 31-40, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.057>.