

Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Desenvolvimento de *petit suisse* simbiótico sem lactose

Ana Carolina Moreira da Silva Pires

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição

Área de Concentração: Ciências dos Alimentos

Orientador (a): Prof^a Dr^a Kátia Sivieri

Araraquara

2018

Desenvolvimento de *petit suisse* simbiótico sem lactose

Ana Carolina Moreira da Silva Pires

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição

Área de Concentração: Ciências dos Alimentos

Orientador (a): Prof^a Dr^a Kátia Sivieri

Araraquara

2018

Ficha Catalográfica

Elaborada por Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

P667d

Pires, Ana Carolina Moreira da Silva

Desenvolvimento de *petit suisse* simbiótico sem lactose / Ana Carolina Moreira da Silva
Pires. -- Araraquara, 2018.
94 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e
Nutrição. Área de concentração em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Kátia Sivieri.

1. *Petit suisse* simbiótico. 2. Leite sem lactose. 3. Ultrafiltração. 4. Diafiltração.
I. Sivieri, Kátia, orient. II. Título.

CAPES: 50700006

Agradecimentos

Em primeira estância, agradeço à Deus, pela vida.

Agradeço à Faculdade de Ciências Farmacêuticas e a Prof^a Dr^a Kátia Sivieri pelos dois anos de aprendizado e muita, mas muita paciência mesmo! Agradeço à técnica Adriana por ter me ajudado em todas as análises realizadas no laboratório.

Agradeço à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos meus pais, Alexandre e Sandra, pela paciência e pelo amor à mim dedicados, pela fé em mim depositada, por me ensinarem sempre a ser honesta e justa, me encorajarem a fazer o certo e nunca precisar passar por cima de ninguém para alcançar o sucesso. Dedico à vocês não só este trabalho, mas tudo que faço. Obrigada, sempre obrigada!

Agradeço meus amigos que fizeram dos meus dias nesta instituição dias mais felizes e divertidos. Sem amigos, não somos ninguém. Elen, Lucas, Letícia S., Eddyn, Débora, Letícia R. principalmente à vocês, que estiveram comigo nos dias mais difíceis e que os tornaram mais fáceis.

Agradeço à Maria Stella Raddi, uma amiga em especial, que sempre esteve presente em minha vida acadêmica e me ensinou muito durante os anos de convivência. Existirá uma eterna gratidão a você!

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência,
é o período mais difícil da vida de alguém.”

Dalai Lama

Resumo

Introdução: A intolerância à lactose atinge 70% da população mundial e é uma desordem gastrointestinal caracterizada pela deficiência da enzima lactase. Indivíduos intolerantes a lactose tendem a parar de consumir produtos lácteos ou buscam por opções sem lactose para suprir as necessidades diárias de nutrientes e cálcio. Uma das alternativas no desenvolvimento de produtos lácteos com baixo ou ausência de lactose é o uso da tecnologia de membrana, principalmente a ultrafiltração (UF) e a diafiltração (DF). **Objetivo:** Desenvolver um *petit suisse* simbiótico sem lactose utilizando leite com alto teor de proteína e sem lactose obtidos por tecnologia de UF e DF. **Métodos:** Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas, sendo que na primeira etapa foram obtidos os leites a serem utilizados na produção do queijo *petit suisse*. Para obtenção do leite com maior teor de proteína – leite proteico (LP) foi realizada a operação de ultrafiltração do leite UHT desnatado, utilizando um fator de concentração igual a dois. Em seguida, para a obtenção de leite sem lactose foram realizadas três diafiltrações para a remoção da lactose do leite proteico, produzindo o leite proteico sem lactose (LPSL). Nos leites LP e LPSL foram avaliados os teores de proteína e lactose. Na segunda etapa foram realizados os processos de obtenção dos queijos Quarks e *petit suisses*. A partir do LP foi desenvolvido o queijo Quark proteico (QQP), com o LPSL foi desenvolvido o queijo Quark proteico sem lactose (QQPSL) e como controle foi produzido o queijo Quark controle (QQC) obtido através do leite desnatado UHT controle (LC), sem processamento de membrana. Para os queijos Quarks também foram avaliados os teores de proteína e lactose. Em seguida foram produzidos os queijos tipo *petit suisse*. Com o QQP foram produzidos os *petit suisses* proteicos probiótico e proteico simbiótico (PPP e PPS), a partir do QQPSL foram feitos os *petit suisses* sem lactose probiótico e simbiótico (PPSLP e PPSLS) e com o QQC foram fabricados os *petit suisses* controles probiótico e simbiótico (PCP e PCS). Para os *petit suisses* foi avaliado a composição centesimal e análise sensorial. Durante o tempo de armazenamento refrigerado de 28 dias foram realizadas as avaliações de pH, ácido láctico e perfil de textura instrumental. **Resultados:** O teor das proteínas dos leites concentrados por ultrafiltração foi de 6,36% ($\pm 0,00$) e após os processos de diafiltração os teores de lactose foram de 0,09% ($\pm 0,00$). Ao produzir as massas bases, foi possível observar que os rendimentos do QQP e do QQPSL foram significativamente maior que o QQC. Os teores de proteína do QQP e do QQPSL foram, respectivamente, 94% e 64% maior que o QQC. Em relação ao teor de lactose, QQPSL apresentou baixo teor de lactose (0,09%) e o QQP apresentou valor semelhante ao QQC. O PPP, PPS, PPSLP e PPSLS apresentaram maior teor de proteína em relação ao PCP e PCS, porém os teores de cinzas, carboidrato, gordura e umidade foram semelhantes. As características pós acidificação foram semelhantes para todos os *petit suisses*. Todos sofreram um decréscimo nos valores de pH e um aumento na concentração de ácido láctico durante o tempo de armazenamento de 28 dias. O perfil de textura instrumental dos *petit suisse* não apresentaram diferenças significativas, porém com a análise de componentes principais foi possível observar que o PCS apresentou maior coesividade em relação aos demais *petit suisse*. As características observadas

pela ACP também demonstrou os resultados da análise sensorial. No teste de ordenação avaliando o sabor e a textura dos *petit suisses* o PCS foi mais aceito enquanto que o PPSLP foi o menos aceito. O *Bifidobacterium lactis* BB-12 mostrou-se viável durante os 28 dias de armazenamento sob refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$). **Conclusão:** O trabalho permitiu concluir que UF e DF foram eficientes na concentração de proteínas e na diminuição do teor de lactose. A produção de um queijo a partir de leites concentrados é interessante pois permite um maior rendimento de queijo e uma economia de produtos na indústria láctea. Além disso, o queijo *petit suisse* apresentou-se com características físico-químicas adequadas, além de ter demonstrado ser uma excelente matriz para o carregamento de microrganismos probióticos.

Palavras-Chave: *Petit suisse* simbiótico, Leite sem lactose, Ultrafiltração, Diafiltração.

Abstract

Introduction: Lactose intolerance affects 70% of the world population and is a gastrointestinal disorder characterized by a deficiency of the enzyme lactase. Individuals intolerant to lactose tend to stop consuming dairy products or search for lactose-free options to meet the daily needs of nutrients and calcium. One of the alternatives in the development of dairy products with low or no lactose is the use of membrane technology, mainly ultrafiltration (UF) and diafiltration (DF). **Objective:** To develop a symbiotic petit suisse without lactose using milk with high protein content and without lactose obtained by UF and DF technology. **Methods:** This work was developed in two stages, and in the first stage the milks to be used in the production of petit suisse cheese were obtained. To obtain the milk with the highest protein - protein (LP) milk, the ultrafiltration operation of the skimmed UHT milk was performed, using a concentration factor of two. Then, to obtain lactose-free milk, three diafiltrations were carried out to remove lactose from protein milk, producing lactose-free protein milk (LPSL). In the LP and PPSL milks the protein and lactose contents were evaluated. In the second stage the processes of obtaining Quarks and petit suisses cheeses were carried out. From the LP, the protein Quark cheese (QQP) was developed, with the LPSL was developed the protein Quark cheese without lactose (QQPSL) and as control was produced the cheese Quark control (QQC) obtained through the skim milk UHT control (LC), without membrane processing. For the Quarks cheeses were also evaluated the levels of protein and lactose. Then the *petit suisse* cheeses were produced. With the QQP, the probiotic and proteic symbiotic petit suisses (PPP and PPS) were produced. From the QQPSL, the probiotic and symbiotic lactose-free petit suisses (PPSLP and PPSLS) were made and the petit suisses controls probiotic and symbiotic (PCP and PCS). For the *petit suisses* the centesimal composition and sensorial analysis were evaluated. During the 28-day refrigerated storage time, the pH, lactic acid and instrumental texture profiles were evaluated. **Results:** The protein content of the concentrated milk by ultrafiltration was 6.36% (± 0.00) and after the diafiltration processes the lactose contents were 0.09% (± 0.00). When producing the base masses, it was possible to observe that the QQP and QQPSL yields were significantly higher than the QQC. The protein levels of QQP and QQPSL were, respectively, 94% and 64% higher than QQC. Regarding the lactose content, QQPSL presented low lactose content (0.09%) and QQP presented a similar value to QQC. The PPP, PPS, PPSLP and PPSLS presented higher protein content in relation to PCP and PCS, but the ash, carbohydrate, fat and humidity contents were similar. The post acidification characteristics were similar for all petit suisses. All suffered a decrease in pH values and an increase in lactic acid concentration over the storage time of 28 days. The profile of instrumental texture of the petit suisse did not present significant differences, but with the analysis of main components it was possible to observe that the PCS presented greater cohesiveness in relation to the other *petit suisse*. The characteristics observed by ACP also demonstrated the results of *sensory* analysis. In the sorting test evaluating the taste and texture of the petit suisses the PCS was more accepted while the PPSLP was the least accepted. *Bifidobacterium lactis* BB-12 was shown to be

viable during the 28 days of storage under refrigeration ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Conclusion: The work allowed to conclude that UF and DF were efficient in the concentration of proteins and in the decrease of lactose content. The production of a cheese from concentrated milks is interesting because it allows a greater yield of cheese and an economy of products in the dairy industry. In addition, the petit suisse cheese presented with adequate physicochemical characteristics, and has proved to be an excellent matrix for the transport of probiotic microorganisms

Keywords: *petit suisse symbiotic, free lactose milk, ultrafiltration, diafiltration*

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

DF – Diafiltração

MF – Microfiltração

UF – Ultrafiltração

NF – Nanofiltração

RO – Osmose Reversa

UHT – “Ultra High Temperature”

LC – Leite Controle

LP – Leite Proteico

LPSL – Leite Proteico sem lactose

QQC – Queijo Quark Controle

QQP – Queijo Quark Proteico

QQPSL – Queijo Quark Proteico sem lactose

PCP – *Petit suisse* Controle Probiótico

PCS – *Petit suisse* Controle Simbiótico

PPP – *Petit suisse* Proteico Probiótico

PPS – *Petit suisse* Proteico Simbiótico

PPSLP – *Petit suisse* Proteico Sem Lactose Probiótico

PPSLS – *Petit suisse* Proteico Sem Lactose Simbiótico

Lista de Tabelas

Capítulo 2.

Tabela 1. Quantidade dos ingredientes acrescentados nas massas dos queijos PPP, PPS, PPSLP, PPSLS, PCP e PCS.....	61
Tabela 2. Médias e desvios padrões dos rendimentos, teor de lactose e teor de proteína dos queijos quark obtidos a partir dos leites UHT, com alto teor de proteína (UF) e com alto teor de proteína sem lactose (UF + DF).....	64
Tabela 3. Composição centesimal dos queijos <i>petit suisse</i> PCP, PCS, PPP, PPS, PPSLP e PPSLS, desenvolvidos a partir dos queijos quarks QQC, QQP e QQPSL.....	66
Tabela 4. Resultados da análise da textura instrumental dos queijos <i>petit suisses</i> durante o período de armazenamento de 28 dias sob refrigeração à $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Parâmetros: Dureza, Adesividade e Coesividade.....	76
Tabela 5. Resultados da análise da textura instrumental dos queijos <i>petit suisses</i> durante o período de armazenamento de 28 dias sob refrigeração à $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Parâmetros: Elasticidade, Gomosidade e Mastigabilidade.....	77
Tabela 6. Médias do teste de ordenação crescente na análise sensorial para os atributos sabor e textura dos queijos <i>petit suisse</i> no tempo zero (0).....	79
Tabela 7. Valores das contagens de <i>Bifidobacterium lactis</i> , BB-12 nos queijos <i>petit suisse</i> durante 28 dias de armazenamento refrigerado ($\pm 4^{\circ}\text{C}$).....	81

Lista de Quadros e Figuras

Introdução Expandida

Quadro 1. Principais características dos processos de membrana que utilizam gradiente de pressão como força motriz.....	17
---	----

Capítulo 1.

Figura 1. Planta piloto de bancada instalada na empresa TIA BRASIL, Araraquara – SP, Brasil.....	40
Figura 2: Fluxograma do processo de UF e DF do leite desnatado UHT.....	40
Figura 3: Fluxo do permeado da ultrafiltração do leite desnatado UHT bovino dado em L/m ² .h em função do tempo.....	42
Figura 4: Fluxo do permeado dado em L/m ² .h em função do tempo durante as três diafiltrações realizadas no leite concentrado proteico por ultrafiltração.....	44
Figura 5. Concentração de lactose e da concentração de proteína em porcentagem (%) em função do tempo de processamento da UF e DF do leite desnatado UHT.....	45

Capítulo 2.

Figura 1. Fluxograma da produção de queijo Quark.....	58
Figura 2. Esquema de processamento de cada leite até obtenção dos queijos tipo <i>petit suisse</i>	60
Figura 3. Valores de pH dos queijos PCP, PCS, PPP, PPS, PPSLP e PPSLS obtidos durante o período de armazenamento de 28 dias sob refrigeração (±4°C).....	69
Figura 4. Valores de acidez titulável (g/100g) obtidos após análise de acidez titulável dos queijos PCP, PCS, PPP, PPS, PPSLP e PPSLS durante o período de armazenamento de 28 dias sob refrigeração (±4°C).....	70
Figura 5. Representação gráfica da ACP no tempo zero e tempo 28 da textura instrumental dos queijos <i>petit suisse</i> . Os gráficos A e B representam o tempo zero e os gráficos C e D, tempo 28.....	78

1. Sumário

1. INTRODUÇÃO EXPANDIDA.....	12
1.1. Intolerância à lactose.....	12
1.2. Processos de Separação por Membrana (PSMs)	14
1.2.1. Ultrafiltração (UF) e Diafiltração (DF) na indústria láctea	19
1.2.2. Parâmetros dos PSMs	22
1.3. Os queijos como veículos de microrganismos probióticos e simbiótico.....	24
2. REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 1.....	34
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS	39
2.1. Desenvolvimento de leite proteico e de leite proteico sem lactose por aplicação de ultrafiltração e diafiltração descontínua.....	39
2.2. Avaliação dos parâmetros de UF e DF.....	41
2.3. Avaliação dos teores de proteína e lactose no leite desnatado UHT, leite proteico e no leite proteico sem lactose	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1. Características dos fluxos dos permeados durante a ultrafiltração e diafiltração do leite desnatado UHT bovino.....	42
3.2. Teores de proteína e lactose no leite desnatado UHT, leite proteico e leite proteico sem lactose.....	45
4. CONCLUSÃO	47
5. REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 2.....	50
1. INTRODUÇÃO	53
2. MATERIAIS E MÉTODOS	56
2.1. Obtenção do leite com alto teor de proteína e do leite com alto teor de proteína sem lactose	56

2.2.	Produção do queijo Quark	57
2.3.	Avaliação do rendimento do queijo Quark	59
2.4.	Produção de <i>petit suisse</i>	59
2.5.	Avaliação da composição centesimal	61
2.6.	Pós-acidificação e acidez titulável	62
2.7.	Análise do perfil de textura instrumental	62
2.8.	Análise microbiológica	62
2.9.	Análise Sensorial	63
2.10.	Análise estatística	63
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1.	Rendimento, teor de proteína e teor de lactose da massa base – Queijo Quark ..	64
3.2.	<i>Petit suisse</i>	66
3.2.1.	Avaliação da composição centesimal.....	66
3.2.2.	Avaliação das características pós acidificação	68
3.2.2.1.	pH e Acidez total titulável	68
3.2.2.2.	Análise do perfil de textura instrumental	71
3.2.3.	Análise Sensorial	79
3.2.4.	Viabilidade do <i>Bifidobacterium lactis</i> BB-12.....	81
4.	CONCLUSÃO	83
5.	REFERÊNCIAS	84
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
6.	ANEXOS	91
6.1.	Ficha de Análise Sensorial – Teste de Ordenação	91
6.2.	Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa.....	92

1. Introdução Expandida

1.1. Intolerância à lactose

Estima-se que 70% da população mundial apresenta algum nível de intolerância ou má digestão à lactose. Em média, a população caucasiana apresenta baixa presença de intolerantes à lactose, sendo que a população de negros apresenta 50% e os asiáticos chegam a apresentar 100% da sua população (Lomer et al, 2008; Lule et al, 2016). A intolerância a lactose é uma desordem gastrointestinal que está associada com a incompleta digestão da lactose (Jarvinen, 2003). A lactose é o principal carboidrato presente no leite. É um dissacarídeo composto por dois açúcares simples, a glicose e a galactose (Lule et al, 2016).

Os dissacarídeos são hidrolisados em monossacarídeos por enzimas específicas encontradas no intestino delgado e são capazes de serem absorvidos após a hidrólise (Vandenplas, 2015). A lactose é hidrolisada pela enzima β -galactosidase, lactase florizina hidrolase, ou comumente conhecida como lactase. Esta enzima é encontrada abundantemente nas vilosidades dos enterócitos do intestino delgado. A lactase é responsável pela hidrólise da lactose nos dois açúcares menores (glicose e galactose) que serão absorvidos pela mucosa intestinal (Mattar et al, 2010; Lule et al, 2016). Em casos de carboidratos não hidrolisados, estes também não são absorvidos pela mucosa intestinal e sofrem fermentação pelas bactérias do cólon. A lactose não hidrolisada não é absorvida e passa diretamente para o cólon, onde é fermentada pela microbiota intestinal, resultando na produção de ácidos graxos

de cadeia curta, gases incluindo hidrogênio, dióxido de carbono e metano (Yang et al, 2013; Vandenplas, 2015). A produção de gás é um mecanismo patológico que resulta em sintomas como dor abdominal, flatulência e inchaço. Outros sintomas constituídos desta má absorção da lactose são caracterizados como diarreia, cólicas abdominais, vômitos e náuseas. Esses sintomas são atribuídos à presença da lactose no cólon, o que atrai água para dentro do lúmen intestinal, aumentando a pressão intracolônica (Lule et al, 2016).

Como estratégia para evitarem os sintomas indesejáveis, os indivíduos intolerantes à lactose evitam o consumo de leites e derivados. Contudo, sabe-se que uma restrição de leite e derivados pode interferir na quantidade necessária de cálcio a ser consumido diariamente. Os produtos lácteos são conhecidos mundialmente como excelentes fontes de proteínas altamente nutritivas e compostos de minerais nutricionalmente importantes como o cálcio, magnésio, o citrato e o potássio (Morr, Brandon, 2008).

Recentes pesquisas indicam que dietas com baixo teor de produtos lácteos diminuem a absorção de cálcio no organismo, sendo assim, indivíduos intolerantes à lactose têm maiores chances de apresentar uma inadequada mineralização dos ossos (Antunes et al, 2014; Lule et al, 2016). Além disso, para os indivíduos com intolerância a lactose, a limitação ao consumo de produtos lácteos ainda é uma realidade, devido ao restrito número destes produtos sem lactose disponíveis no mercado (Faedo et al, 2013).

Para atender a estes indivíduos atualmente veem sendo desenvolvidos produtos com baixo teor de lactose por determinados processos, dentre eles os

processos mais conhecidos são: o enzimático e de remoção física (Faedo et al, 2013). O processo enzimático consiste na adição de lactase no leite e assim resulta na conversão em mais de 80% de lactose nos seus monossacarídeos, glicose e galactose (Longo, 2006). Dentre as vantagens deste processo pode-se citar o processamento em baixas temperaturas (4° a 40°C), baixo gasto energético e a ausência de produtos secundários (Faedo et al, 2013). Porém, existem desvantagens deste processo as quais são: a presença de alterações organolépticas do leite, com a intensificação do sabor doce do leite devido a alta disponibilidade de açúcares simples (glicose e galactose) (Tossavainen, Sahlstein, 2013).

O processo físico de remoção da lactose, surgiu como uma nova tecnologia para as indústrias, denominado tecnologia de filtração tangencial ou tecnologia de membrana. Atualmente esta tecnologia é aplicada nas indústrias farmacêuticas, químicas e de alimentos (Facundo et al, 2016). A tecnologia de membrana surgiu em 1960 e se expandiu pelo mundo, principalmente nas indústrias de laticínios que passaram a aplicar os processos de membrana na produção de queijos, para maior rendimento, no fracionamento do leite, na concentração e padronização da proteína láctea, e na restituição de proteínas e lactose do soro obtido após a produção dos queijos (Roseenbergs, 1995; Brans et al, 2004; Mistry, Maubois, 2004).

1.2. Processos de Separação por Membrana (PSMs)

O termo tecnologia de membrana é empregado para representar os processos de separação por membrana (PSMs) que são caracterizados pela

emprego de uma membrana semipermeável aplicada para a filtração de uma solução (Kumar et al, 2013).

Também denominados de processos de filtração por membrana, nesses processos, a membrana atua como uma barreira seletiva permitindo a passagem de alguns componentes e retendo outros. A partir da filtração seletiva dessa solução, são formadas duas novas frações líquidas, a fração denominada de retentado, constituída pelos componentes retidos pela membrana e a fração denominada de permeado, caracterizada pelos componentes que permearam através membrana (Brans, et al, 2004; Baldasso, 2011; Kalyanpur, 2013; Kumar et al, 2013). Os processos de separação por membrana utilizados rotineiramente pelas indústrias, principalmente nas indústrias lácteas, são: osmose reversa (OR), nanofiltração (NF), ultrafiltração (UF), microfiltração (MF) (Castro, Gerla, 2005; Baldasso, 2011; Tossavainen, Sahlstein, 2013; Das et al, 2016).

Nas últimas décadas os PSMs tem sido utilizados para diferentes aplicações, principalmente como alternativa para os processos de separação convencional, tais como a destilação, a centrifugação e a evaporação (Baldasso, 2011; Das et al, 2016). A ascensão dos PSMs nas indústrias se dá devido ao número de vantagens apresentadas em seus usos como: economia de energia, sistema operacional simplificado, utilização de baixas temperaturas, apresentando vantagens como alto fluxo e baixo risco de crescimento microbiano (Baldasso, 2011; Crowley et al, 2015), além de serem versáteis e aplicados em diversos produtos (Facundo et al, 2016) e permitirem a

combinação de outros processos de separação para um processo híbrido (Mulder, 1996).

O princípio que rege os PSMs é a aplicação de uma força motriz sobre a alimentação do sistema para que as espécies se movimentem através da membrana. Essa força motriz pode ser um gradiente de potencial elétrico ou um gradiente de potencial químico. Em geral, os PSMs são regidos por uma diferença de potencial químico, sendo que pode ser expresso por um gradiente de pressão, de concentração e/ou de temperatura (Mulder, 1996; Baldasso, 2011; Le et al, 2014).

A eficiência da separação por membrana em processos como MF, UF, NF e RO dependerá do gradiente de pressão, também conhecido como pressão transmembrana. Os PSMs são classificados de acordo com o tamanho das partículas ou moléculas a serem separadas. Quanto menor as partículas, menor serão os poros da membrana e maior será a pressão aplicada (Faion, 2015). O quadro 1 apresenta as características dos principais processos de separação por membrana.

Outro fator que determina a eficiência dos PSMs são as características da membrana a ser utilizada (Kumar et al, 2013). A seleção de uma membrana capacitada é muito importante para determinar o sucesso da aplicação específica. As membranas filtrantes podem ser feitas de polímeros orgânicos ou de materiais inorgânicos. As membranas orgânicas estão geralmente disponíveis em uma ampla gama de tamanho de poros, mais barata e normalmente tem alta área de superfície. Entre as desvantagens, dependendo dos materiais, as membranas orgânicas só podem trabalhar em certas

temperaturas, pH e pressão transmembrana e também são mais sensíveis em relação à lavagens químicas. Em oposto, existem as membranas inorgânicas (em geral, são as cerâmicas) que permitem que o sistema seja operado em condições mais extremas e possuem maior tempo de vida. Contudo, elas são mais caras e a área de superfície é menor. Membranas cerâmicas são normalmente fabricadas em módulos tubulares, portanto, disponíveis apenas para MF e UF (Le et al, 2014).

Quadro 1. Principais características dos processos de membrana que utilizam gradiente de pressão como força motriz.

Processo de Membrana	Pressão Aplicada (Bar)	Diâmetro dos poros (nm)	Peso molecular de corte (Daltons)	Materiais Retidos	Materiais que permeiam
Microfiltração (MF)	0,5 - 3	100 - 200	>500.000	Partículas suspensas e bactérias	Água e sólidos dissolvidos
Ultrafiltração (UF)	2 - 10	1 – 100	1.000 – 500.00	Coloides e macromoléculas (MM> 5kDa)	Água e sais de baixa MM
Nanofiltração (NF)	10 – 30	0,001 – 0,0005	200 – 1.000	Moléculas de massa molecular média (500< MM < 2kDa)	Água, sais e moléculas de baixo MM
Osmose Reversa (OR)	10 - 75	>0,002	<200	Todo material solúvel e/ou suspenso	Água

Fonte: (Cheryan,1998; Leidens 2013; Le et al, 2014)

O fluxo em uma filtração por membrana pode ser apresentado em duas configurações hidrodinâmicas: a filtração convencional denominada de *dead-end* e a filtração tangencial conhecida como *cross-flow* (Le et al, 2014; Faion, 2015). Na filtração convencional, uma solução ou suspensão é pressionada

contra a membrana. O solvente passa pela membrana enquanto o soluto e/ou materiais suspensos são retidos e vão acumulando-se na superfície da membrana. Esse acúmulo de partículas retidas próximo à superfície da membrana é descrito por diversos autores e é denominado de concentração polarizada. Outro fenômeno que ocorre durante um processo de filtração por membrana é o *fouling*, este por sua vez é caracterizado pela adsorção e/ou a deposição de partículas coloides na superfície e nos poros da membrana (NG et al, 2016).

Já na filtração tangencial, as soluções de alimentação escoam em paralelo à superfície da membrana, enquanto o permeado é transportado tangencialmente a esta. Este tipo de configuração permite minimizar os efeitos da concentração polarizada e do *fouling*, evitando que a velocidade de escoamento da corrente de alimentação seja prejudicada (Le et al, 2014)

Os processos de membrana tem sido empregado nas indústrias lácteas por muitos anos. Tradicionalmente, como aplicações principalmente envolvendo vários tratamentos para os soros obtidos pelo processo de queijo (Roosenberg, 1995).

Há diversas aplicações de PSMs na indústria de laticínios, por exemplo, as membranas de microfiltração são geralmente empregadas para a remoção de microrganismos e na desengorduração do leite integral (Roosenberg, 1995).

As membranas de ultrafiltração são as mais utilizadas nas indústrias de laticínios e permitem o fracionamento, a concentração e a purificação dos componentes do leite (Roosenberg, 1995; Kumar et al, 2013). Quando associada com um outro processo, denominado de Diafiltração (DF), a UF

torna-se ainda mais eficiente na concentração e purificação das proteínas. A diafiltração é a aplicação de sucessivas lavagens na solução de retentado da UF, permitindo assim, uma maior concentração e purificação desta solução. Com a aplicação dessas duas tecnologias é possível aumentar o teor de proteínas no retentado e diminuir a concentração de moléculas de baixo peso molecular, como a lactose (Fikar et al, 2010; Baldasso, 2011)

A nanofiltração e a osmose reversa são amplamente usadas na concentração do soro e tem permitido o desenvolvimento de uma variedade de concentrados proteicos de soro (Rosenberg 1995; Uribe et al, 2009, Zulewska et al, 2009).

1.2.1. Ultrafiltração (UF) e Diafiltração (DF) na indústria láctea

O leite, por natureza, é um sistema complexo com partículas e moléculas solúveis e dispersas com diversos tamanhos que desempenham diferentes funções. As maiores partículas naturais do leite são os glóbulos de gordura (1-15µm com média de 3,5µm) em seguida as micelas de caseína com tamanho médio de diâmetro de 0,4µm. Os outros componentes do leite, como as proteínas do soro, nitrogênio não proteico, lactose e minerais são considerados moléculas com baixo peso molecular (Leidens, 2013). Devido a essa diversidade de tamanho das partículas, a UF ganhou destaque na indústria de laticínios pois está relacionada na eficiência da separação dos componentes do leite (NG et al, 2016).

A UF do leite desnatado é a principal unidade operacional em processos lácteos em que as proteínas do leite são concentradas enquanto, que ao mesmo tempo a lactose, sais, peptídeos e outros solutos, e água são

removidos (NG et al, 2016). Além disso esse processo oferece a possibilidade de padronizar os teores de proteína sem desnatura-las com uma economia de energia e alta eficiência (Leidens, 2013). Outro fato importante a ser ressaltado é que a ultrafiltração tem sido aplicada na fabricação dos queijos macios pois promove um aumento no rendimento destes queijos devido a incorporação das proteínas do soro que são retidas em proporções de 16 a 20%. Em queijos ultrafiltrados, as proteínas do soro podem corresponder a 18% do teor das proteínas, enquanto que nos queijos tradicionais, correspondem apenas 1% do teor de proteínas. As proteínas do soro incorporadas no leite permitem uma melhoria no rendimento e no valor nutricional (Maubos, Mocquot, 1974; Faion, 2015).

As membranas de UF permitem uma caracterização através da sua massa molar de corte (MMC) que é expressa em Daltons (Da). A MMC é definida como a massa e/ou o peso molar para o qual a membrana apresenta uma retenção igual a 90% (Theodoro, Ricci, 2010; Baldasso, 2011; Leidens, 2013). Portanto, as membranas de UF são adequadas para a concentração de soluções pois são capazes de reter partículas cuja massa molar varia entre 1kDa a 500kDa (Cheryan, 1998). Em geral, as principais substâncias retidas pela UF são proteínas, polissacarídeos, substâncias particuladas, enzimas e coloides, pois entre os componentes do leite, as proteínas do soro e as caseínas variam entre 14kDa a 1000kDa apresentando um peso molecular superior ao da lactose (342 Da). (Leidens, 2013).

Uma extensão do emprego da UF que pode contribuir no processo de concentração e/ou purificação do leite é a Diafiltração (DF). Os principais

objetivos da DF é lixiviar os componentes de menor massa molar, por exemplo a lactose, e aumentar a purificação dos componentes retidos (Baldasso, 2011; Le et al, 2014). Em teoria, a DF é o segundo estágio do processo de concentração de proteínas do leite e um processo auxiliar na remoção da lactose (Yee et al, 2007; Baldasso, 2011).

A DF é uma maneira diferente de operar os PSMs que utilizam o gradiente de pressão como força motriz. A técnica consiste em adicionar ao processo de UF uma alimentação contínua de solvente em vazão igual à vazão do permeado. Trata-se na verdade de uma operação de “lavagem”, a qual utiliza um solvente puro, como por exemplo, água ou um tampão, esterilizados, que são adicionados na solução concentrada, a fim de aumentar a purificação dos componentes rejeitados pela membrana no concentrado (Fikar et al, 2010; Le et al, 2014).

A técnica de diafiltração pode ser operada em regime descontínuo (batelada) ou contínuo (Le et al, 2014). A diafiltração descontínua refere-se a operação na qual os solutos do permeado são lavados do retentado por redução de volume, seguido de rediluição com água e reultrafiltração em etapas repetitivas. A diafiltração contínua envolve a adição de água com pH e temperaturas apropriadas no tanque de alimentação ao mesmo tempo que ocorre o fluxo do permeado, assim mantendo o volume constante do processo. (Cheryan, 1998).

Essas operações são utilizadas principalmente pelas indústrias de alimentos, bebidas e farmacêutica, com a finalidade de purificar os produtos de

interesse (Baldasso, 2011). A UF e DF tem sido empregadas por muitos anos na indústria leiteira pois permitem a retenção das caseínas e das proteínas do soro para a pré concentração do leite integral e desnatado permitindo assim o aumento do rendimento de queijos (Castro, Gerla, 2005; Le et al, 2014).

Atualmente, a UF é comumente aplicada na produção de uma variedade de queijos frescos, como o Quark, ricota e Camembert ou Brie, pois oferece vantagens econômicas tais como menor tempo de coagulação, menor adição de cultura starter e cloreto de cálcio e aumento de 15 a 20% no rendimento do queijo (Roosenberg, 1995; Le et al, 2014).

1.2.2. Parâmetros dos PSMs

Diversos são os parâmetros calculados nos processos de membrana. Entre eles é possível calcular o fluxo do permeado, a taxa de concentração volumétrica, a concentração de um componente no permeado e no retentado e a taxa de rejeição (Cheryan, 1998).

O fluxo do permeado é a quantidade de fluido que passa através da membrana, por exemplo, é a taxa volumétrica do fluxo do permeado através da membrana. Geralmente é dado em volume por unidade da área da membrana por unidade de tempo ($L/m^2.h$).

A equação que determina o fluxo do permeado é dada abaixo:

$$J_p = \frac{V_p}{Axt} \quad (A)$$

Onde, J_p é o fluxo do permeado, V_p é o volume do permeado, A é a área da membrana dada em m^2 e t é o tempo dado em horas.

Para estimar o grau relativo de purificação no processo ou calcular a quantidade de processos requisitados para atingir um certo grau de concentração, separação ou purificação no processo de UF, é utilizada a equação abaixo. Supõem-se que a probabilidade de uma partícula passar através da membrana é maior para solutos com 0% de rejeição

Rejeição neste ponto é um processo definido como:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_R} \quad (B)$$

Onde, C_p é a concentração do soluto no permeado e C_R é a concentração do soluto no retentado.

Se a probabilidade é zero para solutos que são completamente rejeitados pela membrana, os dados são apresentados em termos da taxa do volume de concentração (VCR):

$$VCR = \frac{V_0}{V_R} \quad (C)$$

Onde V_0 é o volume inicial, e o V_R é o volume do retentado.

Considerando que o tamanho do erro de medição potencial é proporcional ao tamanho da observação, e a probabilidade é constante através da UF e subsequente do processo de DF, é dada a expressão seguinte:

$$C_R = C_0(VCR)^R \quad (D)$$

A equação mostra que a concentração de um soluto em qualquer tempo ou estágio no processo de membrana é a função da redução do volume e o valor de R, onde R é expresso na equação B.

Se R for igual a 0, significa que o soluto permeia livremente pela membrana, já se o R for igual a 1, significa que o $C_R = C_0$, e o soluto não permeia pela membrana.

1.3. Os queijos como veículos de microrganismos probióticos e simbiótico

Um dos queijos que são produzidos a partir do leite concentrado por tecnologia de membrana é o queijo Quark. O queijo Quark é um dos melhores exemplos de queijos que foram produzidos por UF e apresentou boas características (Cheryan, Alvarez, 1995). Queijos obtidos a partir de leites retentados, apresentam maior teor de proteína e conferem uma textura mais sólida à massa. A elevação do teor de proteínas e de sais minerais no retentado pode influenciar a vida útil e uma melhor viabilidade para microrganismos probióticos e fermentos lácteos (Veiga, Viotto, 2001; Ribeiro et al, 2009)

O queijo Quark é um queijo coalho não maturado e macio. É feito de leite desnatado, possui uma coloração branca, tem alto teor de umidade e um leve sabor azedo. É bem aceito pelos consumidores pois é um queijo com baixo teor de gordura, com alto teor de proteína e que apresenta uma consistência suave e cremosa. (Sharma, Reuter, 1993; Cheryan, Alvarez, 1995). É originário do leste e centro da Europa, o qual é obtido pela coagulação ácida do leite bovino integral ou desnatado. Tradicionalmente o pH atinge 4,8 e forma-se uma coalhada ácida, a qual é separada do soro por drenagem em dessorador de

queijos ou sacos de algodão (Veiga, Viotto, 2001; Cardarelli et al, 2008; Vieira, 2013).

No Brasil, o queijo Quark é principalmente utilizado como base para elaboração do queijo *Petit Suisse*. Desenvolvido em 1850 por Charles Chervais com leite desnatado, o queijo *petit suisse* trata-se de um queijo com altíssima umidade, de consistência leve, lisa e cremosa, que tem outros ingredientes adicionados, como por exemplo, creme de leite, polpa de fruta e sacarose (Veiga, Vioto, 2001; Cardarelli et al, 2008; Vieira, 2013).

De acordo com a Instrução Normativa nº53 de 29 de dezembro de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), na qual constitui a legislação responsável por regulamentar o padrão de identidade de qualidade do queijo *Petit Suisse* destinado ao consumo humano. O *Petit suisse* define-se como um queijo não maturado, fresco e com alta umidade, obtido da coagulação do leite, podendo ou não adicionar outras substâncias alimentícias. Classifica-se como ingredientes obrigatórios o uso de leite e/ou leite reconstituído, bactérias lácticas, coalho ou enzimas específicas para a coagulação. Quando apresentam algum ingrediente diferente, deverá ser especificado no nome do produto (MAPA, 2000).

A utilização de queijos como veículos de microrganismos probióticos é vantajosa, visto que os queijos apresentam um pH mais elevado em relação aos iogurtes e leites fermentados, além de possuir maior teor de lipídeos e proteínas, elevada disponibilidade de nutrientes e baixo teor de oxigênio. Os microrganismos probióticos tem a capacidade de adaptar-se em queijos,

possuindo uma viabilidade adequada além de uma influência positiva na textura e em propriedades sensoriais (Ribeiro, et al, 2009; Padilha, 2013)

Alguns autores desenvolveram queijo tipo *petit suisse* com adição de probióticos e ingredientes prebióticos e foi possível observar que o esse tipo de queijo cremoso é uma matriz alimentícia que pode ser utilizada como veículo para microrganismos probióticos, apresentando boa textura e características físico-químicas estáveis até o fim do período de armazenamento (Maruyama, et al, 2006; Cardarelli et al, 2008; Padilha, 2013; Vieira, 2013)

Probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro. São considerados probióticos cepas de microrganismos isolados, caracterizados e com seus efeitos benéficos comprovados (Hill et al, 2014). A influência benéfica dos probióticos na microbiota intestinal humana inclui fatores como efeitos antagônicos, competição e efeitos imunológicos resultando em um aumento da resistência contra patógenos (Saad, 2006). Os efeitos benéficos mais disseminados são a estabilização da microbiota intestinal, aumento da resistência à colonização de patógenos e maior colonização de microrganismos benéficos, aumento do trânsito intestinal, redução da intolerância a lactose, redução dos níveis de colesterol e síntese de vitaminas (Gibson; Roberfroid, 1995, Ziemer; Gibson, 1998, Hill et al, 2014).

Nos últimos anos o conceito de alimentos probióticos e/ou simbióticos ganhou força relacionando seu consumo com benefícios à microbiota humana, e conseqüentemente, a saúde de seu hospedeiro. Eles tem uma importante

função no intestino, influenciando na composição da microbiota e na fermentação de metabólitos (Cardarelli et al, 2008).

O uso mais comum de probióticos são as bactérias dos gêneros *Bifidobacterium* (*B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. bifidum*, *B. breve* e *B. longum*) e *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. fermentum*, *L. gasseri*, *L. johnsonii*, *L. paracasei*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* and *L. salivarius*), as quais devem ser administradas em alimentos na quantidade de 1×10^9 unidades formadoras de colônias (UFC) para terem efeito probiótico no hospedeiro (Hill et al, 2014).

Prebióticos são carboidratos não digeríveis que devem se enquadrar em alguns critérios como: ser resistente ao suco gástrico, não sofrer hidrólise e não ser absorvido pelo trato gastrointestinal, além de serem fermentados pela microbiota intestinal e provocar a estimulação seletiva do crescimento e/ou atividade das bactérias intestinais que contribuem para a saúde do indivíduo (Roberfroid, 2007). Os prebióticos mais citados na literatura são os oligossacarídeos e polissacarídeos (Thamer; Penna, 2006).

Um produto referido como simbiótico é aquele que em sua composição encontra-se probiótico e prebiótico. O uso de prebióticos pode acarretar em vantagens aos probióticos, favorecendo a competitividade no intestino do hospedeiro (Saad, 2006). O consumo de simbióticos pode aumentar os benefícios dos probióticos e prebióticos, uma vez que os prebióticos são substratos facilmente fermentados pelos probióticos, principalmente pelas bifidobactérias e isso promovendo um aumento destas bactérias em relação à microbiota intestinal (Gibson; Roberfroid, 1995).

Frente ao exposto observa-se que é possível utilizar as tecnologias de UF e DF na produção de leites com alto teor proteico e sem lactose. Assim, o desenvolvimento de um *petit suisse* com características funcionais específicas como: alto teor proteico, ausência de lactose e veiculação de microrganismos probiótico e ingrediente prebiótico fazem parte do desenvolvimento de alimentos com qualidade sensorial e que promovam a saúde por meio de funcionalidades específicas, os quais são atualmente uma tendência de consumo.

2. Referências

- Antunes AEC, Silva e Alves AT, Gallina DA, Trento FKHS, Zacarchenco PB, Van Dender AGF, Moreno I, Ormenese RCSC, Spadoti LM. Development and shelf-life determination of pasteurized microfiltered, lactose hydrolyzed skim milk. *Journal Dairy Science*. 201; 97(9):5337-44
- Baldasso C, Barros TC, Tessaro IC. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. *Desalination*. 2011; 278 381-6
- Brans G, Schroen CGPH, Van der Sman RGM, Boom RM. Membrane fractionation of mil: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*. 2004; 243 263-272
- Cardarelli HR, Buriti FCA, Castro IA, Saad, SMI. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit suisse cheese. *LWT - Food Science and Technology*. 2008; 41 1037- 46
- Castro, BN, Gerla PE. Hollow fiber and spiral cheese whey ultrafiltration: minimizing controlling resistances. *Journal of Food Engineering*. 2005; 69 495-502
- Cheryan M, Ultrafiltration and Microfiltration, Handbook, Technomic, Pennsylvania. U.S.A., 1998 517
- Cheryan M, Alvarez JR. Food and beverage industry applications, *Membrane Separations Technology. Principles and Applications*, 1995; 51
- Crowley SV, Caldeo V, Mccarthy NA, Fenelon MA, Kelly AL, O'mahony A. Processing and protein-fractionation characteristics of diferente polymeric membranes during filtration of skim milk at refrigeration temperatures. *Journal International Dairy*. 2015; 48 23-30
- Das B, Sarkar S, Sarkar A, Bhattacharjee S, Bhattacharjee C. Recovery of whey proteins and lactose from dairy waste: A step towards greed waste management, *Process Safety and Environmental Protection*. 2016; 101 27-33
- Faedo R, Brião VB, Castoldi S, Girardelli L, Milani A. Obtenção de leite com baixo teor de lactose por processos de separação por membranas associados à hidrólise enzimática. *Revista CIATEC-UPF*. 2013; 3(1) 44-54
- Facundo MJL, Roca JAM, Uribe BC, Blanco SA. Cleaning efficiency enhancement by ultrasounds for membranes used in dairy industries. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016; 33 18-25

Faion A M. Elaboração e caracterização de queijo tipo amanteigado de leite ovino concentrado por ultrafiltração, (Tese – Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, Rio Grande do Sul, 2015; 137

Fikar M, Kovacs Z, Czermak P. Dynamic optimization of batch diafiltration processes, *Journal of Membrane Science*. 2010; 355 168-174

Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary Modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*. 1995; 125(6) 1401-1412

Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PG, Sanders ME. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterologic Hepatologic*. 2014; 11 506-514

Jarvinen RMK, Loukaskoppi M, Uusitupa MIJ. Tolerance of symptomatic lactose malabsorbers to lactose in milk chocolate, *European Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 47 701-705

Kalayanpur M. Membrane Separations. In: *Downstream industrial biotechnology, Recover and purification*, Fliclinger, M. ed. WILEY, 2013. p. 545-556

Kumar P, Sharma N, Ranjan R, Kumar S, Bhat ZF, Jeong DK. Perspective of membrane technology in dairy industry: A review. *Asian Australasia Journal Animal Science*. 2013; 26(9) 1347-1358

Longo G. Influência da adição de lactase na produção de iogurtes (Dissertação – Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba, SC, 2006

Le TT, Cabaltica AD, Bui VM. Membrane separations in dairy processing, *Journal of Food Research and Technology*. 2014 2 01-14

Leidens N. Concentração das proteínas do soro do leite de ovelha por ultrafiltração de determinação das propriedades funcionais dos concentrados proteicos, (Tese – Mestre em Engenharia) – Escola de Engenharia na Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013

Lomer MCE, Parkes GC, Sanderson JD. Review article: lactose intolerance in clinical practice – myths and realities. *Aliment Pharmacology Therapeutics*. 2008; 27 93-103

Lule VK, Garg S, Tomar SK, Khedkar CD, Nalage CD, Nalage DN. Food Intolerance: Lactose Intolerance. *Encyclopedia of Food and Health*. 2016 43-48

Maruyama LY, Cardarelli HR, Buriti FCA, Saad SMI. Textura instrumental de queijo petit suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. *Ciências e Tecnologia Alimentos*; Campinas. 2006; 26 (2) 386-393

Mattar R, Mazo DFC. Intolerância à lactose: mudança de paradigmas com a biologia molecular. *Revista Associação Medicina. Brasileira*. 2010; 56 (2) 230-236

Maubois JL, Mocquot G. Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese, *Journal of Dairy Science*. 1974; 58(7) 1001-1007

Ministério da Agricultura e do Abastecimento Pecuário (MAPA). Instrução Normativa n.53 de 29 de dezembro de 2000. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de queijo “Petit Suisse”. Disponível em: http://www.agais.com/normas/leite/queijo_petit_suisse.htm acesso em 20 de março de 2018

Mistry VV, Maubois JL. Application of membrane separation technology to cheese production. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, General Aspects*, 3th edition, 2004

Morr CV, Brandon SC. Membrane fractionation process for removing 90% to 95% of the lactose and sodium from skim milk and for preparing lactose and sodium-reduced skim milk, *Food Chemistry*. 2008; 73(9) 639-647

Mulder M. Basic principles of membrane technology, Kluwer Academic, Boston, 2º ed., 1996

Ng K, Haribadu M, Harvie D, Dunstan DE, Martin GJO. Mechanisms of flux decline in skim milk ultrafiltration: A review, Department of Chemical & Biomolecular Engineering, university of Melbourne, Parkville, Victoria, Austrália, 2016; p.61

Padilha M. Queijo petit suisse probiótico e simbiótico: características tecnológicas e emprego de técnicas dependentes e independentes de cultivo na avaliação da sobrevivência dos probióticos no produto e em ensaios de sobrevivência in vitro; (Dissertação – Mestre em Tecnologia bioquímico-Farmacêutica), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2013; p. 124

Ribeiro EP, Simões LG, Jurkiewicz CH. Desenvolvimento de queijo minas frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* produzido a partir de retentados de ultrafiltração. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*; Campinas. 2009; 29(1) p. 19-23

Roberfroid M. Prebiotics: The concept revisited. *The Journal of Nutrition*. 2007; 137 830-837

Roosenberg M. Current and future applications for membrane process in the dairy industry, Trends in Food Science & Technology. 1995; 6 12-19

Saad SMI. Probióticos e prebióticos: o estado da arte, Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. 2006; 42(1) 1-16

Sharma DK, Heuter H. Quarg-making by ultrafiltration using polymerie and minerai membrane modules: a comparative performance study. Le Lait. 1993; 73(3) 303-310

Thamer KG, Penna ALB. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. Ciências e Tecnologia de Alimentos; Campinas. 2006; 26(3) 589-595

Theodore L, Ricci F. Membrane Separation Processes. In: Mass transfer operations for the practicing engineer, ed. WILEY, 2010. P. 407-438

Tossavainen O, Sahlstein J. Lactose-free milk product and processes for producing the same U.S. Patent, n. 8,449,938, 2013

Uribe BC, Miranda MIA, Costa ES, Roca JAM, Clar MII, Garcia JL. A study of the separation of lactose from whey ultrafiltration permeate using nanofiltration. Desalination. 2009; 241 244-255

Vandenplas Y. Lactose intolerance. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 2015; 24(1) 9-13

Veiga PG, Viotto WH. Fabricação de queijo petit suisse por ultrafiltração de leite coagulado. Efeito do tratamento térmico do leite no desempenho da membrana. Ciências e Tecnologia de Alimentos Campinas. 2001 21(3) 267-272

Vieira DS. Desenvolvimento de queijo caprino tipo *petit suisse* simbiótico com polpa de açaí (*Euterpe oleracea Martius*), (Dissertação – Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2013; p. 127

Yang J, Deng Y, Chu H, Cong YZJ, Pohl D, Misselwitz B, Fried M, Dai N, Fox M. Prevalence and presentation of lactose intolerance and effectas on dairy product intake in healthy subjects and patients with irritable bowel syndrome. Clinical Gastroenterology and Hepatology. 2013; 11 262-268

Yee KWK, Wiley DE, Bao J. Whey protein concentrate production by continuous ultrafiltration: Operability under constant operating conditions; Journal Membrane Science. 2007; 290 125-137

Ziemer CCJ, Gibson GR. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies. Journal International Dairy. 1998; 8 473-479

Zulewska J, Nwebol M, Barbano DM. Efficiency of sérum protein removal from skim milk with ceramic and polymeric membranes at 50°C. *Journal of Dairy Scince*. 2009; 92(4) 1361-1377

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A partir da UF foi possível concentrar as proteínas a ponto de obter um leite com o dobro do teor de proteína do leite inicial.
- A UF e a DF foram eficientes na remoção da lactose. Ao associar a UF com a DF o teor de lactose diminuiu 98%.
- O emprego da tecnologia de membrana demonstrou que de fato, a UF e a DF podem contribuir para uma economia na indústria láctea, pois a quantidade de queijo Quark obtido a partir dos leites LP e LPSL foi acima de 60% a mais que a quantidade de queijo obtido a partir do leite desnatado sem processamento de membrana.
- A pós-acidificação dos *petit suisses* podem ter contribuído para a mudança no perfil de textura durante o armazenamento refrigerado.
- O *Bifidobacterium lactis*, BB-12 manteve-se viável durante o período de 28 dias de armazenamento, o que comprovou que os *petit suisses* são matrizes adequadas na vinculação de microrganismos probióticos.
- Por fim, foi concluído que é possível elaborar um queijo tipo *petit suisse* com um leite com alto teor de proteína e sem lactose mantendo características semelhantes aos *petit suisses* já encontrados na literatura.