

## **ADEQUABILIDADE DE DIFERENTES TIPOS DE SOROS DE LEITE PARA O APROVEITAMENTO EM PRODUTOS LÁCTEOS**

Junio Cesar Jacinto de Paula<sup>1\*</sup>, Juliana Nogueira Boccia<sup>2</sup>, Paulo Henrique Costa Paiva<sup>1</sup>, Denise Sobral<sup>1</sup>, Renata Golin Bueno Costa<sup>1</sup>, Vanessa Aglaê Martins Teodoro<sup>2</sup>

### **RESUMO**

No Brasil o soro de leite ainda representa um problema tanto para as indústrias de laticínios, devido ao volume produzido, quanto para a sociedade, se for descartado de forma inadequada. Atualmente é cada vez maior a utilização de tecnologias geradoras de soro desproteinado (separação por membranas, produção de ricota e queijos de coagulação ácida). No entanto o aproveitamento adequado desses tipos de soros ainda é muito restrito devido à indisponibilidade conhecimento tecnológico. Os soros de leite desproteinados são fontes de diversos nutrientes, contudo, no Brasil ele ainda é utilizado de forma ineficiente ou simplesmente descartado. Porém nesse tipo de soro a lactose, sais minerais e vitaminas ainda permanecem, remanescendo, em consequência, grande valor nutricional e também o seu poder poluente. Entre as diversas formas de utilização do soro de leite a elaboração de bebidas constitui uma das alternativas mais simples e atrativa para o aproveitamento, uma vez que existe a possibilidade de uso dos equipamentos previamente disponíveis nas indústrias. Através do conhecimento de sua composição e da tecnologia de utilização existe viabilidade tecnológica e a aplicabilidade do aproveitamento sustentável dessa matéria-prima ainda muito valiosa. Produtos de soros desproteinados, que seriam descartados são altamente competitivos e nutritivos e podem incentivar o consumo de lácteos melhorando a nutrição das pessoas além de reduzir problemas ambientais gerando aumento da receita e da competitividade produtiva das indústrias.

**Palavras-chave:** soro de Ricota, permeado, soro ácido, processamento.

---

<sup>1</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT). Rua Tenente Luiz de Freitas, 116, Juiz de Fora – MG, Brasil. Tel: 32-3224-3116. E-mail: junio@epamig.br.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Juiz de Fora – MG, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite no Brasil cresceu mais de 30% na última década, alcançando 35 bilhões de litros de leite em 2015, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). A fabricação de queijos é o principal destino do leite produzido no país, correspondendo a 46% (11 bilhões de litros) do leite inspecionado e processado e alcançando 1,105 milhão de toneladas segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ, 2016).

São três os subprodutos gerados pelas indústrias de laticínios sob a forma de resíduos líquidos: o soro, o leitelho e o leite ácido. Destes, o primeiro é o de maior importância, tanto pelo volume produzido quanto pela própria característica de matéria-prima em termos de qualidade. Mas apesar de seu amplo espectro de possibilidades de reutilização, o soro de leite ainda constitui-se um poluidor em potencial, com elevada demanda bioquímica de oxigênio (PELEGRINE e CARRASQUEIRA, 2008; GIRALDO-ZUNIGA et al., 2002).

Considerado como subproduto da fabricação de queijos, o volume de soro de leite gerado depende do tipo de queijo produzido. Segundo Walstra (2006), a coalhada obtida durante a fabricação do queijo compõe 10% a 30% do volume original de leite. Ou seja, em média, cada quilo de queijo gera de 7 a 9 litros de soro. Assim se considerarmos o volume de queijos produzidos no Brasil, pode-se considerar que atualmente são gerados aproximadamente em média 8 milhões de litros de soro por ano.

No Brasil, o soro de leite ainda é visto como um produto de pouca importância sob o ponto de vista nutritivo, sendo considerado em muitos casos como resíduo industrial destinado para alimentação animal ou descartado inadequadamente no meio ambiente, Segundo Magalhães et al. (2011), cerca de 50% do soro não é aproveitado, gerando desperdícios nutricionais, financeiros e impactos ambientais relevantes, pois é um resíduo com alto teor orgânico. O soro é um dos efluentes líquidos que mais contribuem para a alta carga poluidora das indústrias de laticínios. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do soro varia de 25.000 a 120.000 mg L<sup>-1</sup>, sendo que nele está contida aproximadamente metade dos sólidos do leite integral.

Segundo Baldissera et al. (2011), no Brasil ainda há resistência no uso do soro na alimentação humana e muitas vezes é utilizado para alimentação animal e/ou adulteração de produtos, ao contrário do que ocorre na Europa e na América do Norte. As principais alternativas tecnológicas para industrialização do soro e aproveitamento

de seus componentes são produção de ricota, bebidas lácteas, doce de leite, soro em pó e concentrados proteicos, além do fracionamento de seus componentes (lactose e isolados proteicos de soro) e utilização como ingrediente em produtos cárneos, de panificação e confeitaria. Entretanto, há uma constante preocupação em buscar novas aplicações do soro de leite no desenvolvimento de produtos.

Devido ao baixo teor de proteínas, existe uma maior resistência por parte das indústrias em relação ao aproveitamento do soro desproteinado, que é considerado o último soro da indústria de laticínios, considerando-o como subproduto de baixo valor nutricional. Entretanto, ele apresenta outros componentes importantes como lactose, minerais, nitrogênio não proteico e vitaminas. Contém nutrientes importantes como cálcio, fósforo, potássio e sódio.

Dentre as diversas formas de aproveitamento do soro de leite, a elaboração de bebidas lácteas constitui uma das mais simples e atrativas, uma vez que existe a possibilidade de uso dos equipamentos previamente disponíveis nas indústrias de laticínios (PINTADO et al., 2001; CASTRO et al., 2004; PAULA, 2005). No Brasil, verifica-se uma crescente aceitação para as bebidas semelhantes ao leite, que são produzidas pela mistura de leite e soro obtido da fabricação de diversos tipos de queijos. Pode-se observar que a produção de bebidas lácteas tem ganhado mercado em razão de sua boa aceitação sensorial, elevado valor nutritivo, baixo custo de produção e preços acessíveis ao consumidor, o que as tornam alternativas viáveis no momento da compra de produtos como iogurte e outros leites fermentados (PAULA, 2005; THAMER e PENNA, 2006; GALLARDO-ESCAMILLA et al., 2007; SANTOS et al., 2008). O desenvolvimento de novos produtos na linha das bebidas lácteas constitui uma boa oportunidade de mercado, além de apresentar-se como uma alternativa para cumprimento das legislações ambientais referentes à geração de efluentes pelas indústrias de laticínios.

Pretende-se com este artigo incentivar a utilização sustentável de diferentes tipos de soros lácteos (permeado de ultrafiltração, soro de ricota e soro ácido obtido da fabricação de queijos coagulados por acidificação direta), disponíveis na indústria de laticínios mostrando sua composição e adequabilidade de utilização para o desenvolvimento de produtos de elevado valor nutricional e comercial. Esses tipos de soros normalmente são descartados na estação de tratamento de efluente ou no corpo receptor de água, principalmente pela dificuldade de aproveitá-los devido à composição física química e por possuírem baixo teor de proteínas. Nesse contexto as indústrias não

têm muito interesse em aproveitá-los por acharem que não possuem valor agregado, mas ainda apresentam diversos outros nutrientes importantes podendo gerar produtos de elevada qualidade.

## **2. Características do soro de leite**

Soro de leite é um coproduto da fabricação de queijos e de outros produtos e processos na indústria de laticínios. Após a coagulação do leite pela ação da quimosina ou de um ácido orgânico, a coalhada de caseína se separa e o líquido aquoso e fino remanescente é chamado de soro (GIRALDO-ZUNIGA et al., 2002).

O soro tem uma cor amarela esverdeada dependente da qualidade e do tipo de leite utilizado. Pode ser obtido a partir de qualquer tipo de leite, sendo o de vaca o mais popular nos países ocidentais, enquanto em algumas regiões do mundo, o leite de cabra, de ovelha e até mesmo o de camelo podem ser usados na fabricação de produtos lácteos que resultam na geração de soro (SMITHERS, 2008).

O soro de leite é um importante coproduto da fabricação de queijos gerado pelos laticínios, variando suas características de acordo com a qualidade do leite e tipo de processamento (MARSHALL, 2004; SMITHERS, 2008). Segundo Paula (2005), os tipos básicos de soro fluido são: o soro doce, que é obtido da fabricação de queijos de coagulação enzimática (coalho), tipo cheddar, suíço, mussarela, prato e similares; o soro ácido, que provém da coagulação por adição direta de ácido, como na obtenção de alguns tipos de massa para a fabricação de requeijão e caseína, ou por fermentação do leite durante fabricação de queijos como *Cream Cheese*, *Petit Suisse*, *Cottage* e *Quark*; o soro desproteinado, obtido a partir da coagulação das proteínas a uma temperatura de 90 °C na fabricação de ricota, e o soro permeado de ultrafiltração, obtido através da tecnologia de separação por membranas.

O soro representa 85% a 90% do volume original do leite utilizado na fabricação de queijo. Mais da metade dos sólidos presentes no leite são constituintes do soro, incluindo grande parte da lactose, proteínas do soro, sais minerais e vitaminas solúveis (GONZÁLEZ SISO, 1996; ATRA et al., 2005). A lactose é o carboidrato característico do leite. É um dissacarídeo constituído de glicose e galactose, sendo que no leite integral é responsável por 40% dos sólidos totais e no leite desnatado corresponde a 54% dos sólidos totais. No soro é o componente sólido em maior quantidade, correspondendo aproximadamente a 70% dos sólidos totais. A concentração de lactose

no leite e no soro de leite varia amplamente entre as espécies. O conteúdo de lactose do leite bovino depende da raça, individualidade e, principalmente, da fase de lactação do animal (FOX, 1997; MATTILA-SANDHOLM e SAARELA, 2003).

As proteínas do soro correspondem a aproximadamente 20% do total das proteínas do leite. Ou seja, na composição aproximada do leite de vaca a proteína total apresenta 3,23% (m/m), sendo 2,6% (m/m) caseínas e 0,63% (m/m) proteínas do soro. (WALSTRA, 2006). As proteínas do soro são solúveis em ampla faixa de pH. Apresentam estrutura globular e contêm pontes dissulfeto, que conferem um determinado grau de estabilidade estrutural. A  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -Lg) e  $\alpha$ -lactoalbumina ( $\alpha$ -La) são as proteínas em maior concentração, consistindo de 70% a 80% das proteínas totais do soro. No soro podem ser encontradas também a albumina do soro bovino (BSA), as imunoglobulinas (Ig) e o glicomacropéptido (GMP), além de pequenas concentrações de lactoferrina, lisozima e lactoperoxidase, dentre outras (MATTILA-SANDHOLM e SAARELA, 2003; AIMUTIS, 2004; METSÄMUURONEN e NYSTRÖM, 2009). A Tabela 1 apresenta a composição proteica média do soro de leite de vaca.

Tabela 1 – Composição proteica média do soro de leite de vaca.

Componente proteico	% (m/v)
beta-lactoglobulina	50 - 55
Alfa-lactoalbumina	20 - 25
Imunoglobulinas	10 - 15
Lactoferrina	1 - 2
Lactoperoxidase	0,5
Albumina do soro bovino	5 - 10
Glicomacropéptídeos	10 - 15

Fonte: Adaptado de MARCHALL, 2004.

As proteínas do soro de leite são ricas em aminoácidos contendo grupo sulfeto, como cisteína e metionina (MARCHALL, 2004). Apresenta todos os aminoácidos essenciais e em maiores concentrações do que várias fontes de proteínas vegetais, como soja, milho e glúten de trigo. Além de um espectro completo de aminoácidos encontrados no soro que são eficientemente absorvidos e utilizados pelo organismo (WALZEM, 2002). Segundo Sgarbieri (2004), quase todos os aminoácidos essenciais estão presentes no soro em quantidades acima das recomendações, exceto os

aminoácidos aromáticos, fenilalanina e tirosina, contudo, atendem às recomendações para todas as idades, exceto pré-escolares.

Além da lactose e de suas proteínas com alto valor biológico, o soro também possui importantes minerais e é rico em vitaminas hidrossolúveis do complexo B. A composição média do soro de leite de vaca, seus principais minerais e vitaminas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição média do soro de leite de vaca.

<i>Componentes</i>	<i>% (m/m)</i>
Umidade	93,4
Lactose	4,9
Proteína	0,8
Gordura	0,5
Cinzas	0,5
<i>Minerais</i>	<i>mg L-1</i>
Cálcio	430
Sódio	500
Magnésio	88
Potássio	1600
Fósforo	400
<i>Vitaminas</i>	<i>mg L-1</i>
Tiamina (B1)	0,38
Riboflavina (B2)	1,2
Ácido nicotínico (B3)	0,85
Ácido pantotênico (B5)	3,4
Piridoxina (B6)	0,42
Cobalamina (B12)	0,00003
Ácido ascórbico (C)	2,2

Fonte: Adaptado de MELLO, 1989; FOX, 1997; WALSTRA et al., 2006.

O soro e os concentrados de soro são importantes fontes de cálcio, magnésio e fósforo. Na indústria de alimentos, ingredientes à base de soro podem ser incorporados a produtos fortificados, aumentando desta forma o teor de nutrientes minerais do produto final (MATTILA-SANDHOLM e SAARELA, 2003).

## 2.2. Soro de leite desproteinado

## 2.2. Soro permeado de ultrafiltração

A tecnologia de membrana envolve a passagem do leite ou do soro fluido por uma membrana semipermeável. Esta membrana contém poros ultrafinos, o que possibilita a retenção de macromoléculas e partículas coloidais, além da permeação de pequenas moléculas. Com a finalidade de agregar valor ao soro de leite, grande destaque tem sido dado aos processos que envolvem a separação por membranas, sendo quatro deles amplamente utilizados: osmose reversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração (CHEANG e ZYDNEY, 2003).

A ultrafiltração (UF) corresponde a um processo de separação por membrana tipicamente usado para retenção de macromoléculas do leite, permitindo uma variação na concentração dos componentes do soro de leite ou leite devido à retenção de proteínas e permeabilidade seletiva de lactose, minerais, água e compostos de baixa massa molar. É um método alternativo muito atraente, pois não utiliza calor e, como consequência, não envolve mudança de fase, o que torna o processo de concentração mais econômico (BALDASSO et al., 2011; BRANS, 2006).

As membranas utilizadas na ultrafiltração apresentam poros de diâmetro na faixa entre 0,01 e 0,1  $\mu\text{m}$ . Como os poros das membranas de UF são menores, é necessária uma força motriz maior para obtenção de fluxos de permeado elevados. Por isso, as diferenças de pressão através da membrana variam na faixa de 2 a 10 bar (HABERT et al., 2006).

A UF pode ser utilizada na indústria de laticínios para concentração de proteínas do soro de leite, para obtenção de concentrados proteicos de soro (*WPC*) e isolados proteicos de soro (*WPI*) e de algumas frações concentradas, como  $\alpha$ -La e  $\beta$ -Lg. Além disso, essa operação pode ser aplicada na pré-concentração do leite para a fabricação de queijos, o que permite aumentar o rendimento da produção pela incorporação de proteínas do soro e outros componentes do leite na matriz do produto (POULIOT, 2008; CARVALHO e MAUBOIS, 2010).

Vojnovié et al (1993) prepararam bebidas lácteas a partir de permeado de soro ultrafiltrado pasteurizado e cinco tipos de sucos de frutas, sacarose e ácido ascórbico em várias concentrações. Amostras das bebidas de frutas à base de permeado de soro ultrafiltrado foram avaliadas sensorialmente por painel de provadores treinados e os autores concluíram que o permeado pode ser usado com sucesso para produzir bebidas de frutas à base de soro.

Em função do tipo de processo a que é submetido o leite (ou o soro), isto é, se for apenas ultrafiltrado, microfiltrado ou nanofiltrado, os permeados apresentarão diferentes composições e poderão ter aplicações diversas na formulação de produtos não lácteos e lácteos, destacando-se as bebidas à base de soro. O soro permeado de ultrafiltração possui em sua composição uma solução diluída de lactose, nitrogênio não proteico, minerais e vitaminas. Apresenta nutrientes importantes como cálcio, fósforo, potássio e sódio. A composição média do soro permeado de ultrafiltração encontra-se na Tabela 3. O equipamento utilizado para obtenção do soro permeado de ultrafiltração está apresentado na Figura 1.

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas de composição centesimal média do soro permeado de ultrafiltração (UF) produzido na EPAMIG Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

<i>Variável</i>	<i>Soro Permeado de UF</i> <i>(média* ± DP)</i>
<b>Proteína (% m/v)</b>	0,20 ± 0,03
<b>Gordura (% m/v)</b>	0,00 ± 0,00
<b>Umidade (% m/v)</b>	94,94 ± 0,10
<b>EST (% m/v)</b>	5,06 ± 0,20
<b>Carboidrato (% m/v)</b>	4,43 ± 0,10
<b>RMF (% m/v)</b>	0,43 ± 0,04
<b>pH</b>	6,39 ± 0,03
<b>Acidez titulável (% m/v)</b>	0,11 ± 0,01

\* Média de três repetições; DP = Desvio Padrão; EST = Extrato Seco Total; RMF = Resíduo Mineral Fixo.





Figura 1 - Equipamento de concentração por ultrafiltração utilizado na EPAMIG Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

### 2.2.2. Soro de ricota

O nome ricota é derivado da palavra latina "recocta" que significa cozido duas vezes. É um queijo suave, não maturado, que foi originalmente produzido na Itália com leite de ovelha. Na atualidade, atingiu maior popularidade, sendo elaborado de soro ou de mistura de soro e leite bovino pasteurizado integral ou desnatado. O princípio de sua fabricação é baseado na precipitação das proteínas do soro ( $\alpha$ -Lactioalbumina e  $\beta$ -Lactoglobulina) por meio de calor associado à acidificação ou por adição de um sal (BRUGNERA, 2011).

No Brasil, não existe Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a ricota e a única legislação existente é o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). De acordo com o RIISPOA, ricota fresca é o queijo obtido pela precipitação ácida a quente de proteínas do soro de leite, com adição de leite até vinte por cento do seu volume (BRASIL, 2017).

O rendimento da sua fabricação situa-se em torno de 5% em relação ao volume de soro de queijo utilizado. O soro resultante da fabricação de ricota é composto por 0,15-0,22% de proteínas, 4,8-5,0% de lactose, 1,0-1,3% de sais minerais e 0,20-0,25% de ácidos orgânicos (SANSONETTI et al., 2009).

Em uma quantidade razoável de casos, o soro proveniente da fabricação de queijos é utilizado para a fabricação da ricota, o que extrai a maioria das suas proteínas. Entretanto, a lactose (sólido mais abundante no soro) permanece, restando conseqüentemente, a maior parte responsável pelo poder poluente do soro (RAMOS, 2010). O soro resultante da fabricação da ricota possui gosto ácido e elevado teor salino, o que tem sido um fator limitante para o seu aproveitamento na alimentação humana. Porém, este soro possui características nutricionais importantes (alto teor de lactose, minerais e vitaminas) que podem agregar valor ao desenvolvimento de novos produtos, principalmente bebidas lácteas fermentadas ou não, além de eliminar problemas com descarte inadequado do meio ambiente (ANTUNES, 2003). A composição média do soro obtido da fabricação de Ricota encontra-se na Tabela 4. Algumas etapas de obtenção do soro de Ricota estão apresentadas na Figura 2.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas de composição centesimal média do soro de Ricota produzido na EPAMIG Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

<i>Variável</i>	<i>Soro de Ricota (média* ± DP)</i>
<b>Proteína (% m/v)</b>	0,47 ± 0,10
<b>Gordura (% m/v)</b>	0,00 ± 0,00
<b>Umidade (% m/v)</b>	93,95 ± 0,20
<b>EST (% m/v)</b>	6,05 ± 0,20
<b>Carboidrato (% m/v)</b>	5,09 ± 0,10
<b>RMF (% m/v)</b>	0,49 ± 0,05
<b>pH</b>	5,83 ± 0,20
<b>Acidez titulável (% m/v)</b>	0,13 ± 0,15

\* Média de três repetições; DP = Desvio Padrão; EST = Extrato Seco Total; RMF = Resíduo Mineral Fixo.

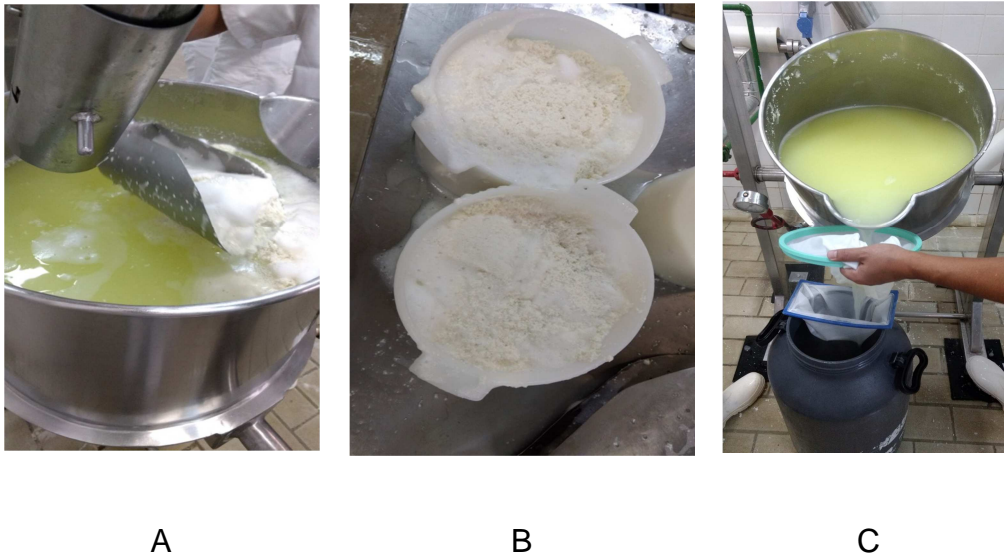


Figura 2 - Etapas do processo de obtenção do soro de ricota: A) coleta da massa de ricota; B) Enformagem da ricota; C) Filtração do soro de ricota para a elaboração da bebida láctea.

### 2.2.3. Soro Ácido

O soro ácido é obtido pela coagulação por acidificação direta, na obtenção de alguns tipos de massa para a fabricação de requeijão e caseína, ou por fermentação de leite durante fabricação de queijos como *Cream Cheese*, *Petit Suisse* e *Cottage* (PAULA, 2005).

Enquanto o soro chamado doce possui pH entre 5,9 e 6,6, o soro ácido possui pH entre 4,3 e 5,1. O soro doce pode ter maior teor de lactose comparado ao soro ácido, enquanto que esse último possui maior concentração de sais minerais. A concentração de lactose no soro ácido pode ser menor do que no soro doce, devido ao processo de fermentação, em que uma fração de lactose é transformada em ácido lático. Por outro lado, o soro ácido contém maior teor de cálcio e fósforo que o soro doce, associado à solubilização do complexo fosfato de cálcio existente nas micelas de caseína, em pH ácido (MIZUBUTI, 1994). No soro doce, a ação da enzima renina não provoca a redução do pH, logo os íons de cálcio são retidos, associados às caseínas, no queijo. A composição proteica de ambos os soros pode ser semelhante no que se refere à maioria

das proteínas. As proteínas do leite compreendem duas frações principais: as caseínas (80%) e as proteínas do soro (20%).

No que se refere às aplicações industriais, o soro ácido pode ser utilizado como realçador de sabor de molhos cremosos para saladas, retentor de água, emulsificante e como fonte de cálcio (WALSTRA, 2006). O aproveitamento dos soros líquidos desproteïnados na fabricação de bebidas lácteas é uma alternativa bastante atrativa para a indústria devido à simplicidade do processo e a possibilidade de utilização dos equipamentos já existentes na fábrica, reduzindo assim alguns custos (CALDEIRA et al., 2010). A composição média do soro ácido obtido da fabricação de massa de requeijão encontra-se na Tabela 5. Algumas etapas de obtenção do soro de ácido estão apresentadas na Figura 3.

Tabela 5 - Resultados das análises físico-químicas de composição centesimal média do soro ácido obtido da fabricação de massa de requeijão produzido na EPAMIG Instituto de Laticínios Cândido Tostes.

<i>Variável</i>	<i>Soro ácido</i> ( <i>média* ± DP</i> )
<b>Proteína (% m/v)</b>	0,54 ± 0,05
<b>Gordura (% m/v)</b>	0,00 ± 0,00
<b>Umidade (% m/v)</b>	93,41 ± 0,10
<b>EST (% m/v)</b>	6,59 ± 0,20
<b>Carboidrato (% m/v)</b>	5,42 ± 0,10
<b>RMF (% m/v)</b>	0,63 ± 0,05
<b>pH</b>	5,02 ± 0,20
<b>Acidez titulável (% m/v)</b>	0,28 ± 0,04

\* Média de três repetições; DP = Desvio Padrão; EST = Extrato Seco Total; RMF = Resíduo Mineral Fixo.

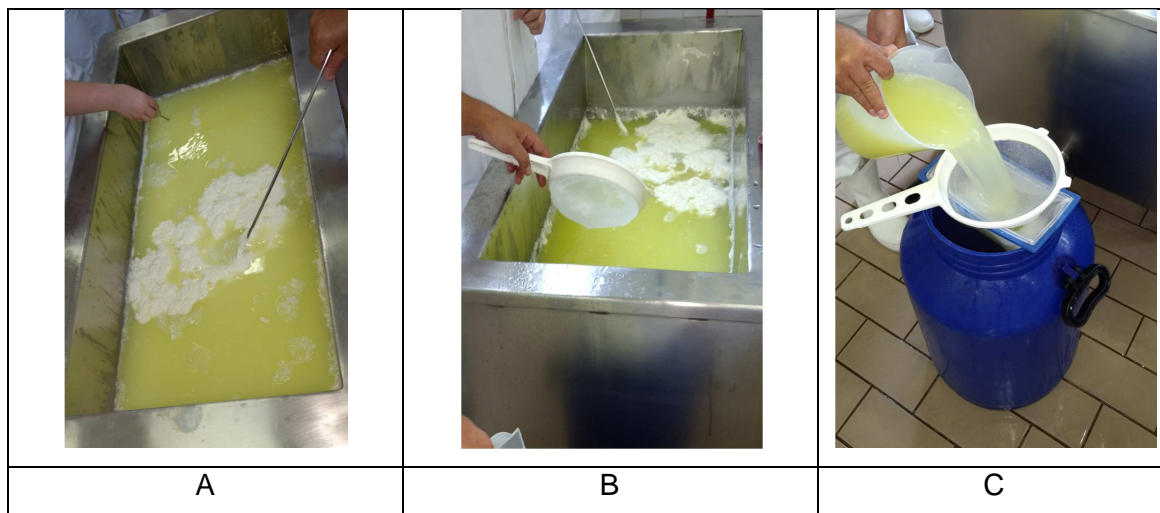


Figura 3 - Etapas do processo de obtenção do soro ácido: A) precipitação da massa após aquecimento e acidificação do leite; B) coleta da massa; C) filtração do soro ácido para a elaboração da bebida láctea.

### 3. Aplicações dos produtos de soro em alimentos

O soro se diferencia como um ingrediente de inovação em alimentos e bebidas porque demonstra uma grande versatilidade. A crescente sofisticação no mercado de alimentos para atender às demandas dos consumidores por alimentos saudáveis, saborosos e convenientes, levou a novos e receptivos mercados (por exemplo, alimentos funcionais e nutracêuticos) e, portanto, oportunidades para novos ingredientes com alto teor de soro (SMITHERS, 2008; KLEIBEUKER, 2009).

Paralelamente aos avanços no estabelecimento de uma sólida base científica sobre os componentes do soro e seu comportamento, avanços similares ocorreram nas tecnologias de processamento de soro. Estes incluem operações unitárias eficientes e econômicas para a concentração, transformação, fracionamento e desidratação do soro, juntamente com a introdução de técnicas bioquímicas modernas, algumas de fora das indústrias de produtos lácteos e de alimentos, para a fabricação de novos ingredientes a base de soro de leite a serem utilizados por mercados cada vez mais receptivos (SMITHERS, 2008).

Atualmente, o soro de leite é reconhecido como um dos mais versáteis coprodutos da indústria de alimentos e uma fonte útil de proteínas de alta qualidade nutricional e funcional. Devido ao volume produzido e seu alto valor nutricional

(aminoácidos essenciais, alto valor de proteínas do complexo B, lactoferrina,  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina, glicomacropéptidos, imunoglobulinas e minerais importantes, como o cálcio), empresas que buscam inovação utilizam-se de ingredientes funcionais associados ao soro de leite como matéria-prima (MARSHALL, 2004).

Dentre as alternativas para a utilização direta do soro de leite incluem a fabricação de produtos como ricota e bebida láctea, a produção de soro em pó, bem como a concentração e fracionamento das proteínas, com posterior secagem (CANCINO et al., 2006).

Segundo Rezaei et al. (2011), vários fatores influenciam na composição e nas características funcionais dos produtos obtidos a partir das proteínas do soro, dentre eles a fonte do leite, o método de produção, o tipo de queijo e o processamento.

As propriedades tecnológicas e funcionais das proteínas do soro são as propriedades físico-químicas que contribuem para obter uma determinada característica no produto alimentar final em que são utilizadas como ingredientes. A grande aplicação destas proteínas em alimentos é determinada não por proporcionar apenas uma propriedade física particular aos alimentos, mas também pela reprodutibilidade dessas propriedades e capacidade de proporcionar mais que uma finalidade funcional na aplicação como ingredientes alimentícios (WALSTRA et al., 2006).

Baldasso (2008), cita as propriedades funcionais das proteínas do soro:

- i. Solubilidade: as proteínas do soro possuem alta solubilidade em uma ampla faixa de valores de pH, se não tiverem sido desnaturadas pela ação do calor. O poder de solubilidade destas proteínas em pH ácido é de grande importância na aplicação em bebidas, pois conferem viscosidade e turbidez.
- ii. Retenção de água e viscosidade: as proteínas do soro possuem baixa viscosidade se comparadas com outras proteínas, permitindo sua utilização em produtos dietéticos. Na sua forma nativa, por serem muito solúveis, elas não tem grande capacidade de retenção de água. O tratamento térmico causa desnaturação, aumentando a capacidade de retenção de água e viscosidade. Portanto, o uso de produtos proteicos de soro com essa finalidade limita-se a alimentos que recebam tratamento térmico como sopas, bolos e produtos cárneos.
- iii. Gelificação: em determinadas condições de aquecimento as proteínas do soro formam géis, aumentando a capacidade de reter água e alterando a textura dos alimentos.

- iv. Emulsificação: por possuírem regiões hidrofóbicas e hidrofílicas, as proteínas do soro podem atuar como emulsificantes. Esta propriedade, bem como sua capacidade de se manterem solúveis em valores baixos de pH, permite sua aplicação em molhos, cafés, bebidas ácidas e formulações para crianças.
- v. Formação de espumas: com o tratamento térmico e a desnaturação, aumenta-se a capacidade espumante das proteínas do soro. A estabilidade da espuma depende de fatores como o tipo de proteína, o grau de desnaturação, conteúdo de gordura, pH e equipamentos utilizados no processamento do soro. Esta é uma propriedade desejável, por exemplo, em sorvetes, merengues e sucos de frutas fortificados.

Alguns produtos derivados do soro de leite comercialmente disponíveis são: concentrado proteico de soro (*whey protein concentrate* – WPC), que é o produto obtido pela remoção de constituintes não proteicos do soro de forma que o produto final seco contenha, em geral, entre 35% e 80% de teor proteico; e o isolado proteico de soro (*whey protein isolate* – WPI) que é a forma comercial mais pura das proteínas do soro e contém entre 80 e 95% de proteínas (BRANS, 2006).

O uso de proteínas do soro como ingredientes em alimentos funcionais lácteos e não-lácteos está aumentando progressivamente devido ao aumento da capacidade tecnológica da indústria para produzir WPC e WPI ou, mais recentemente, frações enriquecidas em proteínas do soro individuais (RICHARDS, 2002).

Na forma em pó, o uso do soro de leite permite intensificar o desenvolvimento de cor durante o cozimento de produtos cárneos embutidos (DAGUER et al., 2010), aumentar o volume dos pães e bolos e atuar como veículo anti-aglutinante em misturas secas (ZAVAREZE et al., 2010). Já nos sorvetes e sobremesas lácteas, o uso do soro doce é associado à formação de espumas estáveis e aumento da aeração do produto (ANTUNES, 2003; KRÜGER et al., 2008; CALDEIRA et al., 2010), além de melhoria da textura de doces de leite (VIOTTO e MACHADO, 2007).

O WPI possui excelentes propriedades de gelificação, aeração emulsificação, retenção de água e gordura. As principais aplicações incluem produtos lácteos, de panificação e confeitaria, *snacks*, salgadinhos, aperitivos e carnes processadas (RICHARDS, 2002). WPC pode ser utilizado como substituto de gordura em sobremesas lácteas congeladas, como *frozen yogurt* (NIKAEDO et al., 2004).

#### **2.4. Aproveitamento do soro em bebidas lácteas**

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea, “entende-se por bebida láctea o produto lácteo resultante da mistura do leite (seja *in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (seja líquido, concentrado ou em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea representa pelo menos 51% (cinquenta e um por cento) massa/massa (m/m) do total de ingredientes do produto” (BRASIL, 2005). As bebidas lácteas podem ser classificadas, de acordo com a fermentação láctica, em bebida láctea não fermentada e bebida láctea fermentada (BRASIL, 2005).

Venturini Filho (2010) classifica as bebidas lácteas de acordo com características específicas: bebidas refrescantes (baixos preços e curta vida de prateleira); bebidas destinadas a dietas esportistas ou outras dietas específicas (altos preços e média vida de prateleira); bebidas fermentadas (possuem ação sobre a microbiota intestinal, propriedades metabólicas e grande aceitação); e as bebidas nutritivas (alto valor nutritivo, baixos preços e extensa vida de prateleira).

As bebidas lácteas constituem uma forma simples e racional de aproveitamento do soro e são uma realidade do mercado brasileiro, sendo processadas de diversas maneiras e em diversos sabores. A sua produção tem ganhado mercado em razão de sua boa aceitação sensorial, elevado valor nutritivo, baixo custo de produção e preços atrativos para o consumidor, sendo uma alternativa a produtos clássicos como, por exemplo, o iogurte (PFLANZER et al., 2010; THAMER e PENNA, 2006; SANTOS et al., 2008).

Bebidas lácteas acidificadas são produzidas em diversas partes do mundo, existindo em diferentes variações, como por exemplo, bebidas com leite e frutas, bebidas com iogurtes, com leiteiro, bebidas de soro, kefir, etc. Estes produtos podem ser descritos como um sistema líquido protéico acidificado com a estabilidade e a viscosidade do leite. A tais bebidas são adicionados estabilizantes para evitar a formação de sedimentos e separação de fase. De acordo com Holsinger et al. (1974), o soro de leite pode ainda ser utilizado na produção de diversos tipos bebidas onde são adicionados sucos de frutas, além de bebidas fermentadas não-alcoólicas e alcoólicas, como cervejas, champagnes e vinhos.

## **CONCLUSÕES**



No Brasil, o soro de leite normalmente é visto como um produto de pouca importância sob o ponto de processamento, sendo considerado, em muitos casos, como resíduo industrial destinado para alimentação animal ou descartado inadequadamente. Devido ao baixo teor de proteínas, existe uma maior resistência por parte das indústrias em relação ao aproveitamento do soro desproteinado, que é considerado o último soro da indústria de laticínios. Nesse contexto as indústrias não têm muito interesse em aproveitá-los por acharem que não possuem valor agregado, mas ainda apresentam diversos nutrientes importantes podendo gerar produtos de elevada qualidade. Assim, o conhecimento da composição e do valor nutricional dos diferentes tipos de soro, mostrando sua composição e adequabilidade de utilização, como apresentado neste artigo, pode incentivar o seu aproveitamento sustentável e evitar que ele seja simplesmente descartado. No entanto, a questão do soro de leite é um assunto extenso e que ainda precisa ser discutido em muitos estudos futuros, para que seja valorizado e possa aumentar a eficiência de sua utilização.

## **AGRADECIMENTOS**

À FAPEMIG, pelo financiamento do projeto e concessão das bolsas.

## **REFERÊNCIAS**

ABIQ, **Associação Brasileira das Indústrias de Queijo**. Disponível em: <[https://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de\\_noticias/producao-de-queijos-no-brasil-perde-folego-em-2015-100443n.aspx](https://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de_noticias/producao-de-queijos-no-brasil-perde-folego-em-2015-100443n.aspx)>. Acesso em: 28 jun. 2017.

AIMUTIS, W. R. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. **The Journal of Nutrition**, v.134, n.4, p.989-995, 2004.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de Proteínas do Soro de Leite Bovino**. 1. ed. 1. Barueri: Manole, 2003. 142 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 14.ed. Arlington: Sidiney Willians, 1984. 1141 p.

ATRA, R. et al. Investigation of ultra-and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. **Journal of food engineering**, London, v.67, n.3, p.325-332, 2005.

BALDASSO, C. et al. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. **Desalination**, v.278, p.381-386, 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00119164/278/1-3>>. Acesso em: 10 jun 2017.

BALDISSERA, A. C.; BETTA, F. D.; PENNA, A. L. B.; LINDNER J. D. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.4, p.1497-1512. 2011.

BRANS, G. **Design of membrane systems for fractionation of particles suspensions**. PhD Thesis, Wageningen University, Netherlands, 2006.

BRASIL, DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, mar 2017, seção 1. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm)> Acesso em 06 de junho 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 agosto 2005, sec. 1, p. 7.

BRUGNERA, D. F.; **Ricota: qualidade microbiológica e o uso de especiarias no controle de *Staphylococcus aureus***. Lavras. MG, 2011, 106 p. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 2011.

CALDEIRA, L. A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.17-22, 2010.

CANCINO, B. et al. Whey concentration using microfiltration and ultrafiltration. **Desalination**, v.200, n.3, p.557-558, 2006.

CARVALHO, A. F.; MAUBOUIS, J. L. Applications of membrane technologies in the dairy industry. In: COIMBRA, J. S. R.; TEIXEIRA, J. A. **Engineering aspects of milk and dairy products**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 3, p.33-57.

CASTRO, I. A.; TIRAPEGUI, J.; SILVA, R. S. S. F.; CUTRIM, A. J. S. Sensory evaluation of a milk formulation supplemented with  $\omega$ 3 polyunsaturated fatty acids and soluble fibres. **Food Chemistry**, London, v.85, n.4, p.503-512, 2004.

CHEANG, B.; ZYDNEY, A. L. Separation of alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin using membrane ultrafiltration. **Biotechnology and Bioengineering**, v.83, n.2, p.201-209, 2003.

DAGUER, H.; ASSIS, M. T. Q. M.; BERSOT, L. S. Controle da utilização de ingredientes não cárneos para injeção e marinação de carnes. **Ciência Rural**, v.40, n.9, p.2037-2046, 2010.

FOX, P. F. **Advanced Dairy Chemistry**. Ed. Chapman & Hall. v.3, 519 p.1997.

GIRALDO-ZUNIGA, A. D. Propriedades funcionais e nutricionais das proteínas do soro de leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.57, n.325, p.35-46, 2002.

GONZÁLEZ SISO, M. I. **The biotechnological utilization of cheese whey: a review**. Published by Elsevier Science Limited. Great Britain. 1996.

HABERT, A. C. **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro: e-papers, 2006. 180 p.

HOLSINGER, V. H.; POSATI, L. P.; DE VILBISS, E. D. Whey beverages: a review. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.8, p.849-859, 1974.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2015>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

KLEIBEUKER, J. Whey, the way of innovation in the dairy sector. **International Dairy Magazine**, Madison, v.9, n.15, p.30-31, 2009.

KRÜGER, R.; KEMPKA, A. P.; OLIVEIRA D.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R. L.; TREICHEL, H. Di LUCCIO, M. Desenvolvimento de uma bebida láctea probiótica utilizando como substratos soro de leite e extrato hidrossolúvel de soja. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.1, p.43-53, 2008.

MAGALHÃES, K. T. et al. 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, n.1, p.249-253, 2011.

MARSHALL, K. Therapeutic applications of whey protein. **Alternative Medicine**, Buffalo, v.9, n.2, p.136-156, 2004.

MATTILA-SANDHOLM, T.; SAARELA, M. **Functional Dairy Products**. Woodhead Publishing, England, 392 p. 2003.

METSÄMUURONEN, S; NYSTYÖM, M. Enrichment of  $\alpha$ -lactalbumin from diluted whey with polymeric ultrafiltration membranes. **Journal of Membrane Science**, v.337, n.1-2, p.248-256, 2009.

MIZUBUTI, I. Y. **Soro de Leite: Composição, Processamento e Utilização na Alimentação**. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Semina: Ciências Agrárias, v.15, n.1, p.80-94, 1994.

NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado proteico de soro e misturas de gomas carragena e guar. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.40, p.397-404, 2004.

PAULA, J. C. J. **Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite**. 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. **Brazilian Journal of Food Technology**, VII Brazilian Meeting on Chemistry of Food and Beverages (BMCFB), p.145-151, 2008. Disponível em: [http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial\\_2009\\_2/v12ne\\_t0305.pdf](http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial_2009_2/v12ne_t0305.pdf). Acesso em: 20 jul. 2017.

PFLANZER, S. B. et al. Perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.391-398, 2010.

PINTADO, M. E.; MACEDO A. C.; MALCATA, S. X. Review: technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. **Food Science Technology International**, London, v.7, n.2, p.105-116, 2001.

POULIOT, Y. Membrane processes in dairy technology-from a simple idea to worldwide panacea. **International Dairy Journal**, v.18, n.7, p.735-740, 2008.

RAMOS, T. M. **Produção de xarope de lactulose a partir do soro de ricota e seu emprego em iogurte e queijo Quark**. 2010. 99 p. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 2010.

REZAEI, H.; ASHTIANI, F.; FOULADITAJAR, A. Effects of operating parameters on fouling mechanism and membrane flux in cross flow microfiltration of whey. **Desalination**, v.274, n.1-3, p.262-271, 2011.

RICHARDS, N. S. P. S. Soro Lácteo: perspectivas industriais e proteção ao meio ambiente. **Food Ingredients**, v.3, n.17, p.20-27, 2002.

SANSONETTI, S.; CURCIO, S.; CALABRO, V.; IORIO, G. Bio-ethanol production by fermentation of ricotta cheese whey as an effective alternative non-vegetable source. **Biomass & Bioenergy**. Oxford, v.33, n.12, p.1687-1692, 2009.

SANTOS, C. T.; FONTAN, G.; COSTA, A.; BONOMO, R. C. F. Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida láctea fermentada com polpa de manga. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p.55-60, 2008.

SGARBIERI, V. C. Revisão: Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v.17, n.4, p.397-409, 2004.

SMITHERS, G. W. Whey and whey proteins – from ‘gutter-to-gold’. **International Dairy Journal**, Alberta, v.18, n.7, p.695-704, 2008.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.589-598, 2006.

VENTURINI FILHO, W.G. (coordenador). **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. v.2. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

VIOTTO, W. H.; MACHADO, L. M. P. Estudo sobre a cristalização da lactose em doce de leite pastoso elaborado com diferentes concentrações de soro de queijo e amido de milho modificado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.62, n.4, p.16-21, 2007.

VOJNOVIĆ D. D. V.; RITZ M.; VAHCIĆ, N. **Sensory evaluation of whey-based fruit beverages**. Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, v.73, p.246-251, 1993.

WALSTRA, P., WOUTERS, J. T. M., & GEURTS, T. J. (2006). **Dairy Science and Technology**. 2. ed. Taylor & Francis Group, Inc. Broken Sound Parkway, New York. 763 p.

WALZEM R. L.; DILLARD C. J.; GERMAN J. B. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.42, p.353-375, 2002.

ZAVAREZE, E. R.; MORAES, K. S.; SALASMELLADO, M. M. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.102-106, 2010.