

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE NUTRIÇÃO

Liziane da Rosa Camargo

**AVALIAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E SENSORIAL DE BOLOS  
ADICIONADOS DE PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE**

Porto Alegre

2017

Liziane da Rosa Camargo

**AVALIAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E SENSORIAL DE BOLOS  
ADICIONADOS DE PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Medicina.

Orientador: Prof. Dra. Viviani Ruffo de Oliveira

Porto Alegre

2017

CIP - Catalogação na Publicação

Camargo, Liziane da Rosa

Avaliação química, física e sensorial de bolos adicionados de proteínas do soro do leite / Liziane da Rosa Camargo. -- 2017.

50 f.

Orientador: Viviani Ruffo de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Curso de Nutrição, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. proteínas do soro do leite. 2. tecnologia de alimentos. 3. valor nutritivo. I. Oliveira, Viviani Ruffo de, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pela autora.

Liziane da Rosa Camargo

**AVALIAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E SENSORIAL DE BOLOS ADICIONADOS DE  
PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE**

Apresentado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Porto Alegre, 02 de agosto de 2017.

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso Avaliação química, física e sensorial de bolos adicionados de proteínas do soro do leite, elaborado por Liziane da Rosa Camargo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Nutrição.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Janaína Guimarães Venzke (FAMED / UFRGS)

---

Dda. Fernanda Camboim Rockett (ICTA / UFRGS)

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Viviani Ruffo de Oliveira - Orientadora

Aos meus pais e a minha irmã, que sempre me apoiaram e me mostraram que eu podia ir mais longe.

Aos meus mestres, em especial a minha orientadora Viviani Ruffo, por me incentivarem.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois Ele é essencial e me trouxe fé nos momentos de angústia e paz nos momentos de ansiedade.

Também a minha família, pelo apoio, incentivo e amor incondicional. A minha mãe pela sua eterna paciência, ao meu pai pela sua inquebrável persistência e a minha irmã por mostrar que até nos momentos mais difíceis podemos vencer.

A minha orientadora Viviani Ruffo, que foi a minha rocha durante esse período acadêmico, uma verdadeira fada madrinha, que não me deixou perecer e sempre esteve comigo durante as aflições e felicidades com as minhas conquistas.

Agradeço a todos meus amigos que estiveram comigo nessa jornada, em especial a Letícia Moura, que conviveu comigo durante esses anos sendo meu braço direito, acompanhando de perto os momentos de alegrias e desespero.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento a pesquisa por meio do Edital Universal o que resultou no meu trabalho de conclusão de curso, além da minha bolsa de estudo recebida pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

As equipes dos laboratórios da UFRGS de Técnica Dietética na Faculdade de Medicina, de Compostos Bioativos no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) e de Métodos Biofísicos de Análise no Instituto de Biociência. E a todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigada!

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

**José de Alencar**

## RESUMO

As proteínas do soro do leite são uma fonte interessante nutricionalmente e tecnologicamente. A sua adição em bolos melhora textura, sabor e cor. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de se desenvolver bolos com adição de proteínas do soro do leite. Analisando-os física, química e sensorialmente, além de avaliar a sua aceitabilidade e intenção de compra. Foram elaboradas quatro formulações de bolos: 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas de soro do leite. Para a análise física foram avaliados peso, altura, volume, densidade, cor e firmeza. As análises químicas foram realizadas em triplicata, segundo as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz. Para o perfil de aminoácidos foi utilizada a análise cromatográfica. A análise sensorial foi realizada através de teste afetivo e intenção de compra. Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), as médias comparadas pelo teste *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ). Altura e volume pós-forneamento aumentaram de acordo com a quantidade de proteínas do soro, enquanto a densidade pós-forneamento reduziu. O bolo com 30% apresentou tom mais avermelhado. Bolos com adição de proteínas do soro do leite apresentaram aumento proteico quando comparados ao padrão. Houve também aumento progressivo de aminoácidos conforme a adição das proteínas do soro. Os bolos com 20% e 30% apresentaram aumento lipídico, de cinzas e de umidade. Sensorialmente e na intenção de compra não houve diferença entre as amostras, apenas o bolo com 30% adicionado de proteínas do soro se mostrou pouco promissor, comparado aos demais.

**Palavras-chave:** proteínas do soro do leite, tecnologia de alimentos, valor nutritivo.

## ABSTRACT

Whey proteins are an interesting nutritional and technologically interesting source. Its addition in cakes improves texture, flavor and color. The objective of the present study was to evaluate the feasibility of developing cakes with added whey protein. Analyzing them physically, chemically and sensorially, in addition to evaluating their acceptability and purchase intention. Four formulations of cakes were prepared: 0%, 10%, 20% and 30% whey proteins. For physical analysis, weight, height, volume, density, color and firmness were evaluated. The chemical analyzes were performed in triplicate according to the standards described by the Adolfo Lutz Institute. Chromatographic analysis was used for the amino acid profile. Sensory analysis was performed through affective testing and purchase intention. The results were statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA), the means compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Post-delivery height and volume increased according to the amount of whey protein, while the post-delivery density decreased. The 30% cake presented a reddish hue. Cakes with added whey protein showed protein increase when compared to the standard. There was also a progressive increase of amino acids as the addition of the whey proteins. The cakes with 20% and 30% presented lipid, ash and moisture increase. Sensorially and in the intention to buy there was no difference between the samples, only the cake with 30% added of serum proteins showed little promise, compared to the others.

**Keywords:** whey proteins, food technology, nutritive value.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Ingredientes utilizados nas preparações elaboradas a partir de proteínas do soro do leite.	31
<b>Figura 2</b>	Distribuição das frequências relativas de notas atribuídas pelos avaliadores para a intenção de compra.	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Exemplos de propriedades tecnológicas em alimentos adicionados de proteínas do soro do leite.	22
<b>Tabela 2</b>	Formulações das preparações elaboradas a partir de proteínas do soro do leite.	32
<b>Tabela 3</b>	Avaliação física dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.	36
<b>Tabela 4</b>	Avaliação da firmeza e cor dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.	38
<b>Tabela 5</b>	Composição centesimal dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.	39
<b>Tabela 6</b>	Avaliação dos aminoácidos dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.	41
<b>Tabela 7</b>	Avaliação sensorial e de intenção de compra dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.	42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Leite</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Soro do leite</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Processamento do soro do leite</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Produtos derivados do soro do leite</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Propriedades tecnológicas das proteínas do soro</b>	<b>18</b>
2.5.1	Propriedades hidratantes	19
2.5.2	Propriedades de agregação e gelificação	20
2.5.3	Propriedades interfaciais	21
2.5.4	Propriedades sensoriais	21
<b>2.6</b>	<b>Bolo com proteínas do soro do leite</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Materiais e métodos</b>	<b>31</b>
3.2.1	Elaboração dos bolos	31
3.2.2	Análise física	32
3.2.3	Avaliação química	33
3.2.3.1	Determinação da composição centesimal	33
3.2.3.2	Avaliação da composição de aminoácidos	34
3.2.4	Análise sensorial	34
3.2.5	Análise estatística	35
<b>3.3</b>	<b>Aspectos éticos</b>	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Resultados e discussão</b>	<b>35</b>
<b>3.5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BOLOS</b>	<b>48</b>
	<b>ADICIONADOS COM PROTEÍNAS DO SORO</b>	
	<b>APÊNDICE 2 - FICHA PARA AVALIAÇÃO DE INTENÇÃO DE COMPRA</b>	<b>49</b>
	<b>APÊNDICE 3 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É necessária uma alimentação balanceada para o aporte adequado de nutrientes (SBAN, 2015). Neste contexto, o leite é um dos alimentos mais importantes e o primeiro que os mamíferos entram em contato. Ele possui compostos necessários para o funcionamento do organismo, por isso é importante a sua ingestão e de seus derivados (BRESSAN; MARTINS, 2004).

As proteínas do soro do leite (*whey protein*) são provenientes dos laticínios através da caseificação (coagulação da caseína) e vem sendo estudadas, reconhecidas e utilizadas por indústrias que buscam ingredientes funcionais, sendo uma fonte interessante de proteínas de alta qualidade nutricional e funcional (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006; BALDISSERA *et al.*, 2011; TAN *et al.*, 2015). Sua quantidade expressiva de aminoácidos essenciais, alto valor proteico e minerais importantes, como o cálcio, o tornam um alimento com potencial (BALDISSERA *et al.*, 2011).

Vantagens tecnológicas também têm sido observadas nas proteínas do soro do leite, que têm sido acrescidas a alimentos e bebidas, para melhorar a solubilidade, formação de gel e de espuma, poder emulsificante e de tamponamento (ROMAN; SGARBIERI, 2007; LAMMERT *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

No passado este ingrediente já foi considerado um resíduo poluente, devido ao grande teor de matéria orgânica descartada no ambiente, em especial, o alto gasto de oxigênio para o rejeito da lactose, desta forma a indústria alimentícia se interessou em pesquisar como utilizar o soro do leite de maneira sustentável (ZAVAREZE *et al.*, 2010; OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012; BOSI *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015). Devido ao seu valor nutricional e propriedades funcionais, o soro do leite se tornou interessante no final de 1980 (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2014). O desenvolvimento de produtos utilizando o soro de leite como ingrediente, transformou-o de um simples subproduto que era descartado, para um produto valioso na indústria láctea. Os ingredientes lácteos a base de soro pode suprir eficientemente e com baixo custo, os sólidos do leite e originar fórmulas alternativas para vários alimentos (ZAVAREZE *et al.*, 2010).

Por outro lado, o bolo é uma fonte importante de energia, sendo bastante consumido. Aditivos lácteos têm sido adicionados tanto para o benefício nutricional, quanto funcional (GANI *et al.*, 2015; TAN *et al.*, 2015). A adição das proteínas do soro traz o melhoramento da textura, do sabor, da cor, além de um bolo mais emulsificado e estável (ZAVAREZE *et al.*,

2010). Por isso, tem sido investigado como alternativa para a substituição parcial ou total da proteína da clara de ovo na cocção de bolos (TAN *et al.*, 2015).

Os consumidores tem aumentado a preocupação com a alimentação e a saúde constantemente, tornando-se cada vez mais exigentes. Eles têm mostrado uma preferência por alimentos que sejam benéficos de alguma forma à sua saúde em comparação aos produtos tradicionalmente comercializados. Por isso há diversos alimentos com características funcionais sendo desenvolvidos pela indústria alimentícia (MOSCATTO *et al.*, 2004; ZIEGLER; SGARBIERI, 2009; ZAVAREZE *et al.*, 2010; TAN *et al.*, 2015). Além disso, a busca pela alta qualidade sensorial faz com que haja pesquisas de novos ingredientes para se contemplar essas atuais exigências (ZAVAREZE *et al.*, 2010).

Por causa desse novo estilo de vida industrializado da população, o qual requer praticidade, além da crescente procura por saúde e qualidade tecnológica, as proteínas do soro do leite têm sido muito utilizadas, tanto por atletas ou desportistas, quanto por pessoas que buscam por um estilo de vida mais saudável. Por isso, é importante investigar novas alternativas alimentares com melhor aporte nutricional e sensorial.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de desenvolver bolos com adição de proteínas do soro do leite, assim como analisa-los física, química e sensorialmente, além de avaliar sua aceitabilidade e intenção de compra.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Leite

A alimentação variada é uma das recomendações mais antigas já preconizadas, desde 1937 pelas leis escritas por Pedro Escudero. Isso permite o equilíbrio nutricional em diferentes grupos alimentares, permitindo que sejam atingidas as quantidades adequadas de nutrientes para o organismo (SBAN, 2015).

Pode-se considerar o leite como o primeiro alimento dos mamíferos e um dos mais completos (BRESSAN; MARTINS, 2004). Ele e seus derivados fazem parte de um grupo de alimentos de grande valia, pois possuem importante valor nutricional (SBAN, 2015). O leite é um fluido derivado de vários nutrientes sintetizados na glândula mamária, a partir de precursores provindos da alimentação e metabolismo. Sendo ele composto por elementos essenciais, como água, carboidratos (principalmente lactose), lipídios, proteínas (em especial a caseína e a albumina, como também  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina e imunoglobulinas), vitaminas e minerais (os principais são cálcio e fósforo) (GONZALES, 2001; BRESSAN; MARTINS, 2004). As proteínas do leite são consideradas de alto valor biológico, por serem facilmente absorvidas e digeridas. O aspecto do leite é aquoso, branco e opaco, duplamente mais viscoso que a água, com sabor ligeiramente adocicado e odor pouco acentuado. A sua composição varia de acordo com a espécie, raça, individualidade, alimentação, tempo de gestação e outros (VALSECHI, 2001). Por todos os nutrientes que o compõe, o leite reforça a sua importância como alimento diário de grande valia (BRESSAN; MARTINS, 2004).

O leite é utilizado de duas formas, na sua forma líquida original: “*in natura*”, ou como matéria-prima industrial, se tornando base na produção de outros alimentos lácteos (VALSECHI, 2001). Foi a partir da década 90 que houve um aumento significativo na procura por novos produtos lácteos, o que exigiu uma mudança nesse seguimento alimentar para atender os consumidores cada vez mais exigentes (JANK; FARINA; GALAN, 1999). As transformações podem variar de simples (como uma desidratação do produto), como também transformações mais complexas que alteram todos os seus constituintes, em especial a proteína, gordura e lactose, como ocorre na produção de queijos (VALSECHI, 2001).

## 2.2 Soro do leite

O soro do leite é um derivado da caseificação (FOEGEDING *et al.*, 2002; MELO; BORDONAL, 2009; PAGNO *et al.*, 2009; BATISTA *et al.*, 2015). Ele é composto por lactose (5%), água (93%), proteínas (0,9%), vitaminas e minerais (0,5%) e um baixo teor lipídico (0,4%) (BOSI *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015). A composição e o sabor do soro (ligeiramente ácido ou doce) dependem de como é feito o processo de coagulação do leite, o soro doce tem maior teor de lactose comparado ao soro ácido, sendo o ácido com maior concentração de sais minerais (ALVES *et al.*, 2014). Os nutrientes mais interessantes do soro são as proteínas de alto valor biológico, em especial os aminoácidos essenciais de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina) (ALVES *et al.*, 2014; LAMMERT *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015). Como também,  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina, imunoglobulinas (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; BALDISSERA *et al.*, 2011; BOSI *et al.*, 2013; LAMMERT *et al.*, 2014; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015), vitaminas do complexo B, lactoferrina, glicomacropéptídeos, e o cálcio – um mineral bem importante – (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; BALDISSERA *et al.*, 2011).

Sendo o valor nutricional das proteínas do soro do leite relacionado aos aminoácidos essenciais em associação à sua digestibilidade, que representa o grau da eficácia com que elas podem ser usadas pelo organismo (CARREIRA *et al.*, 2002; ALVES *et al.*, 2014), elas apresentam elevada qualidade quando comparada a outras proteínas, pois são digeridas e absorvidas rapidamente pelo organismo (MELO; BORDONAL, 2009; ALVES *et al.*, 2014).

No Brasil, uma das principais formas de aproveitamento do soro de leite é na fabricação de bebidas lácteas - apesar de apenas 15% serem utilizados para este fim - (BATISTA *et al.*, 2015). Além dos benefícios nutricionais, o soro do leite tem vantagens tecnológicas sendo adicionado a alimentos e bebidas, como melhor solubilidade, gelatinização, formação de espuma, emulsificação e tamponamento (LAMMERT *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

À medida que as proteínas de soro de leite são aquecidas, sofrem desnaturação térmica. Isto ocorre a várias temperaturas devido às diferenças estruturais entre as proteínas individuais no soro. Já na proteína mais abundante no soro de leite,  $\beta$ -lactoglobulina, tem uma temperatura crítica de desnaturação de 70°C, com a agregação ocorrendo quando as temperaturas acima de 70°C são sustentadas (BULL *et al.*, 2017).

### **2.3 Processamento do soro do leite**

Os processos de separação da água presente no soro dos demais componentes podem ser feitos de diversos modos, como: osmose reversa, evaporação e atomização. Na osmose reversa, um solvente é separado de um soluto de baixa massa molecular por uma membrana permeável ao solvente e impermeável ao soluto. Isso ocorre quando se aplica uma grande pressão sobre este meio aquoso, o que contraria o fluxo natural da osmose. Enquanto a evaporação é normalmente usada após a osmose reversa, para concentração do soro a cerca de 50% de sólidos (MIZUBUTI, 1994). E a atomização que é o princípio do processo para secagem por “*spray*”, ele é o mais utilizado atualmente, sendo simples e rápido, sem a formação produtos granulados e higroscópicos. Usa-se o líquido previamente condensado em evaporador a vácuo, contendo em torno de 50% de sólidos. A eficiência do processo depende de alguns fatores, como: umidade do produto a ser processada, tamanho das partículas processadas, umidade do ar e da câmara de secagem, além do sistema de separação do produto final (MIZUBUTI, 1994; ALVES *et al.*, 2014).

Para a recuperação das proteínas do soro a ultrafiltração é a técnica mais utilizada. Os componentes de baixa massa molar como lactose, sais e água permeiam através da membrana de ultrafiltração, a qual retém as moléculas de proteína. Muitas vezes a ultrafiltração é operada no modo de diafiltração e permite uma maior remoção de sais e lactose. O material retido na diafiltração é seco em *spray dryer*, a atomização (MIZUBUTI, 1994; JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; PAGNO *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2014). Também é utilizada a nanofiltração como maneira de melhorar a funcionalidade do hidrolisado de proteína do soro do leite, ela pode ser usada para reduzir o teor sódico e modificar peptídeos do seu conteúdo. A hidrólise enzimática de proteínas de soro de leite pode produzir peptídeos de sabor amargo e pode limitar suas aplicações em alimentos. O controle do grau de hidrólise, combinado com a ultrafiltração, pode ser utilizado para reduzir o amargor dos hidrolisados de proteína de soro de leite (FOEGEDING *et al.*, 2002).

### **2.4 Produtos derivados do soro do leite**

O concentrado proteico de soro do leite possui boa solubilidade e funcionalidade, contém em torno de 30 a 75% de proteína e é considerado produto padrão na indústria alimentícia, panificadoras, indústria de bebidas, e também como suplemento alimentar (MIZUBUTI, 1994). Além de ser usado em confeitarias, processamento de carnes e enlatados

(JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). Os concentrados de proteína do soro e os isolados estão recebendo considerável atenção como ingredientes alimentares potenciais devido ao seu excelente valor nutricional e tecnológico (KAMUL; LUPANO, 2003).

Os produtos obtidos através do processamento do soro do leite podem ser classificados como concentrados proteicos (*whey protein concentrate* - WPC) e isolados proteicos (*whey protein isolate* - WPI). Os concentrados podem variar sua composição de proteínas de 35% a 80%, e os isolados devem apresentar valor superior a 90% de proteínas (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; PAGNO *et al.*, 2009; EVANS *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2014; LAMMERT *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). Também há a proteína do soro do leite hidrolisado (*whey protein hidrolisate* - WPH) (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; SINHA *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2014). O WPH é produto da hidrólise das moléculas de proteínas do soro (se dá pela clivagem das ligações peptídicas), divididas então em peptídeos menores e aminoácidos livres, assim melhorando a digestibilidade (SINHA *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2014; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

Os concentrados que contêm em torno de 53% de proteína terão em média 35% lactose, 5% de gordura e 7% de cinzas. Quando a concentração de proteínas aumenta para 80%, o conteúdo de lactose decresce ficando em média 7%, gordura e cinzas entre 4 e 7% diminuindo gradativamente a medida que aumentam as lavagens com água (pela diafiltração) (PAGNO *et al.*, 2009). Já os isolados possuem em torno de 92% de proteína, 1,6% de cinzas e baixo teor de carboidrato e lipídio (ZIEGLER; SGARBIERI, 2009).

Por melhor que o WPI seja ao comparar com o WPC (menor níveis de lipídio, lactose e sais), sua produção é limitada devido ao custo de produção mais elevado (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005). Sobre o aspecto sensorial, as proteínas do soro do leite deve preferencialmente ter sabor suave para facilitar a aplicação em alimentos, entretanto o sabor pode variar de acordo com a fonte original do soro, o processamento e o armazenamento (EVANS *et al.*, 2010).

## **2.5 Propriedades tecnológicas das proteínas do soro do leite**

As propriedades funcionais das proteínas do soro do leite estão essencialmente ligadas às propriedades físicas, químicas e estruturais que contribuem para obter uma determinada característica no produto alimentar que for adicionada. Os fatores de processamento, método de isolamento e fatores ambientais (pH, temperatura, força iônica, etc.), além de interação com outros componentes alimentares, alteram as propriedades funcionais das proteínas do soro do leite. São moléculas estruturalmente ordenadas e qualquer alteração na conformação

ocorre à desnaturação. Com a desnaturação, ocorre alteração da conformação globular das proteínas para a forma linear, com a perda da estrutura terciária da cadeia peptídica, e a formação de novos enlaces entre moléculas, que tornam as proteínas quimicamente mais reativas (KAMUL; LUPANO, 2003; JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2014; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

As qualidades funcionais das proteínas do soro dependem de quatro itens: hidratação, agregação e gelificação, propriedades interfaciais e sensoriais da proteína alimentar. As propriedades de hidratação têm um efeito importante sobre o inchaço, a adesão, a dispersibilidade, a solubilidade, a viscosidade, a absorção de água e a retenção de água. Por outro lado, as propriedades de agregação e de gelificação estão relacionadas com interações proteína-proteína, enquanto as propriedades interfaciais incluem as características de emulsificação e de formação de espuma. As propriedades sensoriais incluem propriedades de *flavor*, cor e textura da proteína (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). A proteína do soro de leite é a principal fonte de proteínas globulares empregadas na indústria alimentícia por seu papel como agente emulsionante e espumante (MOVAHHED *et al.*, 2016). Sendo as principais propriedades tecnológicas das proteínas do soro do leite utilizadas para melhoramento dos alimentos à solubilidade, gelificação, viscosidade, emulsificação e formação de espuma (FOEGEDING *et al.*, 2002; EVANS *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2014; LAMMERT *et al.*, 2014). Um dos aspectos mais importantes das proteínas do soro é o seu poder emulsificante, porém a sua capacidade de formar géis ao reter água, lipídeos e outros componentes, também proporciona propriedades texturais de suma importância no mercado, visando à aceitação dos consumidores nos produtos adicionados de proteínas do soro do leite (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005).

### 2.5.1 Propriedades hidratantes

A solubilidade em um pH baixo é uma propriedade única que permite a funcionalidade das proteínas do soro em alimentos e bebidas ácidas. Tendo um grande potencial como ingrediente alimentar para o enriquecimento de proteínas de bebidas. O aquecimento pode resultar numa perda de solubilidade das proteínas do soro por causa da desnaturação das proteínas, em especial em um pH de 4,0-6,5. A maioria dos alimentos é processada pelo calor de alguma forma, e as proteínas do soro do leite são suscetíveis a mudanças durante o aquecimento. A desnaturação a pH baixo conduz à agregação e à insolubilidade. Um desafio para as proteínas do soro é manter a solubilidade durante o processamento térmico. A

solubilidade dos concentrados de proteínas do soro diminui à medida que a temperatura aumenta. Entretanto, a hidrólise sofrida pelos hidrolisados de proteínas do soro aumenta a solubilidade, além de aumentar a estabilidade ao calor. O desenvolvimento da viscosidade está intimamente relacionado com a gelificação e outras interações proteína-proteína (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

### 2.5.2 Propriedades de agregação e gelificação

A gelificação é uma funcionalidade importante que é amplamente utilizada em produtos assados, carnes processadas, sobremesas e cremes. Os géis são estruturas intermediárias entre sólido e líquido, que carboidratos ou cadeias de proteínas reticulam para formar uma rede elástica. A gelificação é favorecida por grandes moléculas de proteínas, uma vez que formam extensas redes por reticulação em três dimensões e pela capacidade de desnaturação (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

Os géis da proteína de soro são classificados como: finos, misturados ou em partículas com base nas propriedades reológicas e microestruturais. Fundamentalmente, as proteínas do soro de leite são termopolimerizadas (agregadas) em condições que não produzem um gel (baixa força iônica e pH elevado), então a qualidade do solvente é modificada para formar um gel em condições "frias" (tipicamente 20-37°C). O aumento da concentração de proteína em soluções utilizadas para produzir polímeros de proteínas do soro (aquecido a 80°C por várias vezes) resulta em polímeros maiores de proteína do soro e viscosidade intrínseca. Os polímeros de proteínas do soro são formados principalmente através de ligação dissulfureto com algumas interações não covalentes, e têm propriedades de fluxo semelhantes às gomas. Em geral, quando se produz polímeros de proteínas do soro, quanto maior a concentração de proteína, o tempo de aquecimento e a temperatura, mais viscosa a dispersão e o gel mais rígido (FOEGEDING *et al.*, 2002; KAMUL; LUPANO, 2003).

Dois tipos de géis das proteínas do soro do leite têm sido bastante estudados, o induzido pelo calor e o induzido à temperatura ambiente. Os concentrados proteicos têm diferentes capacidades de gelificação. O concentrado de proteínas do soro é capaz de gelificar a 60-90°C na concentração de 80-120g/L. O processo de gelificação pode ser influenciado pela temperatura, período de aquecimento, pH e força iônica, concentração salina, proteína, açúcar e lipídios (KAMUL; LUPANO, 2003; JOVANOVIĆ *et al.*, 2005). A lactose retarda fortemente a desnaturação de  $\beta$ -lactoglobulina. Além disso, a adição de sacarose retarda a

gelificação e aumenta a temperatura do início da gelificação de  $\beta$ -Lg (KAMUL; LUPANO, 2003).

### 2.5.3 Propriedades interfaciais

A capacidade de emulsificação é usada em fórmulas infantis, bebidas substituintes de refeições, sopas e molhos. As emulsões alimentares do tipo “óleo-em-água” são frequentemente estabilizadas por proteínas. A temperatura, o pH, a força iônica, a concentração proteica, a proporção de proteína para óleo e a fração de volume de óleo estão entre os principais parâmetros que afetam as propriedades físicas da emulsão. Sendo que a desnaturação pelo calor melhora as propriedades emulsificantes, os resíduos dos aminoácidos hidrofóbicos são expostos à medida que as proteínas do soro se desdobram, aumentando a capacidade proteica de se orientar na interface água/óleo (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

As proteínas estabilizam as espumas adsorvendo-se fortemente às interfaces ar-água, formando camadas adsorvidas visco-elásticas e conduzindo a uma rede de proteínas com alta viscosidade. A capacidade das proteínas do soro do leite formarem espuma depende especialmente do grau de desnaturação, elas atuam melhor quando as proteínas do soro não estão desnaturadas (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). Como também dependem do teor de  $\beta$ -lactoglobulina. A capacidade da proteína do soro de leite para estabilizar as espumas, é devido às conexões entre os tipos monomérico e polimérico e as propriedades espumantes e estabilizadoras podem ser derivadas das formas monomérica e polimérica, respectivamente (MOVAHHED *et al.*, 2016).

As propriedades de formação de espuma do conteúdo lipídico das proteínas do soro variam devido ao grau de desnaturação, a concentração de íons de cálcio, a temperatura e o pH (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). Verificou-se que a hidrólise enzimática limitada na WPC era bem sucedida na melhoria das propriedades interfaciais - tanto formação de espuma como emulsificação - (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

### 2.5.4 Propriedades sensoriais

O perfil de sabor para produtos de soro de leite varia de sabor doce (soro de leite doce) a praticamente nenhum sabor perceptível em WPC e WPI (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). O soro ácido é utilizado em produtos lácteos, tais como em pães de queijo, molhos e sorvetes

onde é desejável um sabor picante. Na panificação, o soro ácido é usado em pão, biscoitos e bolachas, pela cor dourada na superfície que as proteínas do soro fornecem. A cor encontrada no soro de leite pode resultar de xantofilas de ocorrência natural, produtos de reação de Maillard e adição de urucum. As proteínas do soro também melhoram o sabor, enriquecendo-o (LAMMERT *et al.*, 2014; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). O *off-flavor* pode estar relacionado ao processamento, como o tempo e a temperatura (LAMMERT *et al.*, 2014). Uma desvantagem importante da hidrólise proteica é a libertação de peptídeos com sabor amargo que limita o uso de WPHs a baixas concentrações nas quais a amargura não é detectada (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

A tabela 1 apresenta o resumo de algumas aplicações tecnológicas usadas pela indústria dos concentrados de proteínas do soro.

**Tabela 1** – Exemplos de propriedades tecnológicas em alimentos adicionados de proteínas do soro do leite.

Propriedade funcional	Setor alimentar	% de proteína	Aplicações
<b>Viscosidade</b>	Sobremesas	35	Chocolates, <i>marshmallow</i> , <i>nougat</i> , barras de cereais, glacê.
<b>Solubilidade, estabilidade coloidal</b>	Bebidas	35	Bebidas fortificadas com proteínas, bebidas isotônicas, <i>pinã colada</i> , bebidas gaseificadas, chás gaseificados, bebidas infantis, sucos, iogurtes, bebidas substituintes de refeições.
<b>Emulsificação</b>	Sopas e alimentos infantis	85	Sopas com baixo teor ou zero gordura, molhos para saladas, queijos fundidos.
<b>Formação de espuma</b>	Confeitaria	35	Glacê, creme de leite UHT, <i>chantilly</i> , chocolates aerados.
<b>Gelificação</b>	Produtos lácteos	65	Iogurte, <i>frozen yogurt</i> , sorvete.
<b>Elasticidade</b>	Panificação	65	<i>Brownie</i> , bolo, <i>cookies</i> , pães, <i>muffins</i> , massa para pizza, biscoitos, <i>waffles</i> .
<b>Absorção de água e gordura</b>	Produtos cárneos	85	Salsicha, bife para hambúrguer, presunto, <i>nuggets</i> e embutidos.

Fonte: ALVES *et al.*, 2014 (In: Adaptado de USDEC, 2014).

## 2.6 Bolo com proteínas do soro do leite

Os produtos de panificação representam uma importante fonte de nutrientes, como energia, proteína, ferro, cálcio e várias vitaminas (GANI *et al.*, 2015; TAN *et al.*, 2015). A suplementação de proteínas é uma maneira de satisfazer a demanda da população por alimentos nutritivos, particularmente produtos de panificação. As proteínas lácteas estão sendo usadas em produtos de panificação, tanto para benefícios nutricionais, incluindo o aumento do teor de cálcio e relação de eficiências proteicas, bem como benefícios funcionais, e sensoriais como sabor e textura (GANI *et al.*, 2015; TAN *et al.*, 2015). As proteínas também são essenciais em muitas formulações de alimentos como ingredientes formadores de espumas (MOVAHHED *et al.*, 2016).

O bolo é o produto final obtido pela mistura, homogeneização e cozimento da massa preparada por farinhas (podendo ser fermentada ou não) e outros ingredientes, como leite, ovos, gorduras (ZAVAREZE *et al.*, 2010; PARASKEVOPOULOU *et al.*, 2015; MOVAHHED *et al.*, 2016). É muito apreciado mundialmente, sendo as características mais marcantes: as migalhas densas e macias, além do sabor doce (PARASKEVOPOULOU *et al.*, 2015). Entre os vários produtos de panificação, o bolo tem se tornado um item de elevado consumo e comercialização no Brasil. Com o melhoramento tecnológico, possibilitou fazer esse produto em grande escala (MOSCATTO *et al.*, 2004; ZAVAREZE *et al.*, 2010). A adição do soro de leite nesse produto oferece vários benefícios, como melhoramento da textura, sabor, cor, maior estabilidade e capacidade emulsificante, além de um melhor aporte nutritivo (ZAVAREZE *et al.*, 2010; PARASKEVOPOULOU *et al.*, 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Maura P.; MOREIRA, Renan de O.; JÚNIOR, Paulo H. R.; MARTINS, Mayra C. de F.; PERRONE, Ítalo T.; CARVALHO, Antônio F. de. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226, mai/jun, 2014.

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

BATISTA, Marina A.; GAMA, Larissa L. A.; ALMEIDA, Lucia P.; ORNELLAS, Cléia B. D.; SANTOS, Luana C.; CRUZ, Larissa L.; SILVESTRE, Marialice P.C. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de formulações alimentares com proteínas do soro de leite ou albumina para crianças. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 31-41, jan/mar, 2015.

BOSI, Mirela G.; BERNABÉ, Bruna M.; LUCIA, Suzana M. D.; ROBERTO, Consuelo D. Bebida com adição de soro de leite e fibra alimentar prebiótica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.339-341, mar, 2013.

BRESSAN, Matheus; MARTINS, Marcelo Costa. Segurança alimentar na cadeia produtiva do leite e alguns de seus desafios. **Revista de Política Agrícola**, Ano XIII, n. 3, p. 27-37, jul/ago/set, 2004.

BULL, Stephanie. P.; Hong, Yuchun; Khutoryanskiy, Vitaliy V.; PARKER, Jane K.; FAKA, Marianthi; METHVEN, Lisa. Whey protein mouth drying influenced by thermal denaturation. **Food Quality and Preference**, v. 56, part B, p. 233–240, 2017.

CARREIRA, Raquel L; BARBOSA, Cristiane M. da S; JUNQUEIRA, Roberto G; MOTTA, Silva da; SILVESTRE, Marialice P. C. Emprego de cromatografia líquida de alta eficiência hidrofílica na determinação dos aminoácidos de hidrolisados de caseína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p.229-232, 2002.

EVANS, J.; ZULEWSKA, J.; NEWBOLD, M.; DRAKE, M. A.; BARBANO, D. M. ; Comparison of composition and sensory properties of 80% whey protein and milk serum protein concentrates. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 5, 2010.

FOEGEDING, E. Allen; DAVIS, Jack P.; DOUCET, Dany; MCGUFFEY, Matthew K. Advances in modifying and understanding whey protein functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, p.151–159, 2002.

GANI, Adil; BROADWAY, A. A.; MASOODI, Farooq A.; WANI, Ali A.; MAQSOOD, Sajid; ASHWAR, Bilal A.; SHAH, Asima; RATHER, Sajad A.; GANI, Asir . Enzymatic Hydrolysis of Whey and Casein Protein- Effect on Functional, Rheological, Textural and Sensory Properties of Breads. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 12, p. 7697-7709, 2015.

GONZALES, Diaz; HILÁRIO, Felix. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. **Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2001.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji; ABREU, Wilson César de; PAULA, Herbert de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 479-488, ago, 2006.

JANK, M. S.; FARINA, E. M. Q.; GALAN, V. B. **O agribusiness do leite**. São Paulo: Milkbuzz, 1999. 108 p.

JEEWANTHI, Renda K. C; LEE, Na-Kyoung; PAIK, Hyun-Dong. Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 35, n. 3, p. 350-359, 2015.

JOVANOVIĆ, Snežana; BARAC, Mirosljub; MAČEJ, Ognjen. Whey proteins-Properties and Possibility of Application. **Mljekarstvo**, v. 55, n. 3, p. 215-233, 2005.

KAMUL, Diego K.; LUPANO, Cecilia E. Properties of gels from whey protein concentrate and honey at different pHs. **Food Research International**, v. 36, p. 25-33, 2003.

LAMMERT, Amy; OLABI, Ammar; KALACHE, Loulwa; BROOKS, Katie; TONG, Phillip. Characterisation of the sensory properties of whey protein concentrates. **International Journal of Dairy Technology**, v. 67, n. 1, p. 135-141, fev, 2014.

MELO, Fernanda F; BORDONAL, Vanessa C. Relação do uso da whey protein isolada e como coadjuvante na atividade física. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 3, n. 17, p. 478-487, set/out, 2009.

MIZUBUTI, Ivone Yurika. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 15. n. 1, p. 80-94, mar, 1994.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

MOVAHHED, Mohammad Khalilian; MOHEBBI, Mohebbat; KOOCHKEKI, Arash; MILANI, Elnaz. The effect of different emulsifiers on the eggless cake properties containing WPC. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 11, p. 894-3903, nov., 2016.

OLIVEIRA, Débora F. de; BRAVO, Claudia E. C.; TONIAL, Ivane B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. v. 67, n. 385, p. 64-71, mar/abr, 2012.

PAGNO, C. H; BALDASSO, C; TESSARO, I. C; FLORES, S. H; JONG, E. V. Obtenção de concentrados proteicos de soro de leite e caracterização de suas propriedades funcionais tecnológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 20, n. 2, p. 231-239, abr/jun, 2009.

PARASKEVOPOULOU, A.; DONSOUZI, S.; NIKIFORIDIS, C. V.; KIOSSEOGLOU, V. Quality characteristics of egg-reduced pound cakes following WPI and emulsifier incorporation. **Food Research International**, v. 69, p. 72-79, 2015.

ROMAN, Janesca Alban; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Caracterização físico-química do isolado protéico de soro de leite e gelatina de origem bovina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 137-143, abr/jun, 2007.

SBAN. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. **A importância do consumo de leite no atual cenário nutricional brasileiro**. 2015. 28 p.

SINHA, R.; CHERUPPANPULLIL, R.; PRAKASH, J.; KAULTIKU, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p.1484-1491, 2007.

TAN, M. C.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A.; TAIP, F. S.; ABDULLAH, J. Improvement of Eggless Cake Structure Using Ultrasonically Treated Whey Protein. **Food and Bioprocess Technology**, p. 8605-8614, 2015.

VALSECHI, O. A. O leite e seus derivados. **Tecnologia de produtos agrícolas de origem animal**. Araras, São Paulo, 2001.

ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; MORAES, Kessiane Silva; SALAS-MELLADO, Myriam de Las Mercedes. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 100-105, 2010.

ZIEGLER, Fabiane La Flor; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Caracterização químico-nutricional de um isolado protéico de soro de leite, um hidrolisado de colágeno bovino e misturas dos dois produtos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 61-70, fev, 2009.

### 3 ARTIGO CIENTÍFICO

## AVALIAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E SENSORIAL DE BOLOS ADICIONADOS DE PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE

## CHEMICAL, PHYSICAL AND SENSORY EVALUATION OF ADDED CAKES OF WHEY PROTEIN

CAMARGO, Liziane da Rosa<sup>1</sup>; MOURA, Letícia Silva<sup>1</sup>; KIST, Tarso Ledur<sup>2</sup>; RODRIGUES, Carlos Eduardo<sup>2</sup>; RIOS, Alessandro de Oliveira<sup>3</sup>; SILVA, Médelin Marques da<sup>4</sup>; DONEDA, Divair<sup>1</sup>; SCHMIDT, Helena<sup>3</sup>; OLIVEIRA, Viviani Ruffo de<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Curso de Nutrição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 90035-003, Porto Alegre – RS, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Biociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 91501970, Porto Alegre – RS, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 91501-970, Porto Alegre – RS, Brasil

<sup>4</sup>Instituto Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 95690-000, Rolante – RS, Brasil

<sup>5</sup>Departamento de Nutrição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 90035-003, Porto Alegre – RS, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

**RESUMO:** Proteínas do soro do leite são fontes interessantes nutricionalmente e tecnologicamente. A adição dessas em bolos melhora textura, sabor e cor. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de se desenvolver bolos com adição de proteínas do soro, assim como, analisar física, química e sensorialmente. Foram elaborados 4 formulações: 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro. Para a análise física foram avaliados peso, altura, volume, densidade, cor e firmeza. Para as análises químicas foi avaliada análise centesimal e de perfil de aminoácidos. A análise sensorial foi realizada através de teste afetivo e intenção de compra. Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), as médias comparadas pelo teste *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ). Altura e volume pós-forneamento aumentaram conforme a quantidade de proteínas do soro, enquanto a densidade pós-forneamento reduziu. Bolos com adição de proteínas do soro apresentaram aumento proteico quando comparados ao padrão. Houve também aumento progressivo de aminoácidos conforme a adição das proteínas do soro. Os bolos com 20% e 30% apresentaram aumento lipídico, de cinzas e de umidade. Sensorialmente não houve diferença entre as amostras, apenas o bolo com 30% de proteínas do soro se mostrou pouco promissor, comparado aos demais.

**Palavras-chave:** proteínas do soro do leite, tecnologia de alimentos, valor nutritivo.

**ABSTRACT:** Whey proteins are interesting sources of nutritionally and technologically. The addition of these in cakes improves texture, taste and color. The objective of the present study was to evaluate the viability of developing cakes with addition of serum proteins, as well as to analyze physically, chemically and sensorially. Four formulations were elaborated: 0%, 10%, 20% and 30% of whey proteins. For physical analysis, weight, height, volume, density, color and firmness were evaluated. For the chemical analysis, centesimal and amino acid profiles were evaluated. Sensory analysis was performed through affective testing and purchase intention. The results were statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA), the means compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Post-delivery height and volume increased as the amount of whey protein, while post-delivery density decreased. Cakes with added whey proteins showed protein increase when compared to the standard. There was also a progressive increase of amino acids as the addition of the whey proteins. The cakes with 20% and 30% presented lipid, ash and moisture increase. Sensorially, there was no difference between the samples, only the cake with 30% of whey proteins showed little promise, compared to the others.

**Keywords:** whey proteins, food technology, nutritive value.

### 3.1 Introdução

O equilíbrio nutricional é importante para uma boa adequação em nutrientes (SBAN, 2015), além de o leite ser considerado um dos mais essenciais, é também o primeiro alimento na vida dos mamíferos. Possui os principais nutrientes para o funcionamento do nosso corpo, sendo dessa forma imprescindível a ingestão de laticínios na dieta (BRESSAN; MARTINS, 2004).

As proteínas do soro do leite, também conhecidas como *whey protein* (WP), são derivadas do leite pelo meio do processo de caseificação, quando ocorre a coagulação da caseína. Vem sendo amplamente pesquisadas, distinguidas e empregadas industrialmente na busca ingredientes funcionais, constituindo uma fonte importante de proteínas de alta qualidade nutricional e tecnológica (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006; BALDISSERA *et al.*, 2011; TAN *et al.*, 2015). Sua quantidade significativa de aminoácidos essenciais, alto valor proteico e minerais importantes, como o cálcio, o tornam um ingrediente bastante relevante (BALDISSERA *et al.*, 2011). Anteriormente já foi tido como um detrito poluente, por causa do grande teor de matéria orgânica rejeitada no ambiente, especialmente, o alto gasto de oxigênio para o descarte da lactose, assim, a indústria alimentícia se preocupou em

investigar como utilizar o soro do leite de maneira sustentável (ZAVAREZE *et al.*, 2010; OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012; BOSI *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015).

Por causa do seu valor nutricional e atributos funcionais, o soro do leite se tornou importante no final dos anos 80 (JOVANOVIĆ *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2014). O desenvolvimento de produtos empregando o soro de leite como ingrediente, transformou-o de um subproduto simplório, que era rejeitado, em um produto precioso na indústria láctea. Os laticínios a base de soro podem prover eficientemente e com baixo valor, os sólidos do leite e dar origem a fórmulas alternativas para diversos alimentos (ZAVAREZE *et al.*, 2010).

Os benefícios tecnológicos também têm sido analisados nas proteínas do soro, elas têm sido adicionadas a alimentos e bebidas, para melhorar a solubilidade, gelificação, emulsificação, poder espumante, e de tamponamento (LAMMERT *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2015; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

O bolo é uma fonte interessante de energia e de amplo consumo, aditivos lácteos têm sido acrescentados tanto para melhor aporte nutricional, quanto funcionalmente (GANI *et al.*, 2015; TAN *et al.*, 2015). O acréscimo de proteínas do soro traz o melhoramento da textura, do sabor, da cor, além de um bolo mais emulsificado e estável (ZAVAREZE *et al.*, 2010). Dessa forma, as proteínas do soro têm sido mencionadas como ingrediente substituto parcial ou totalmente da proteína da clara de ovo na cocção de bolos (TAN *et al.*, 2015).

Os consumidores tem crescido o cuidado com a alimentação e a saúde constantemente, aumentando a exigência. Cada vez mais eles vêm demonstrando uma maior preferência por alimentos que tragam algum benefício à sua saúde em comparação aos produtos tradicionais que são comercializados. Assim, há uma grande quantidade de alimentos com atributos funcionais que vem sendo desenvolvidos pela indústria alimentícia (MOSCATTO *et al.*, 2004; ZIEGLER; SGARBIERI, 2009; ZAVAREZE *et al.*, 2010; TAN *et al.*, 2015). E, que também tenham alta qualidade sensorial faz com que haja estudos de novos ingredientes para se averiguar essas atuais reivindicações (ZAVAREZE *et al.*, 2010).

Por causa desse novo estilo de vida industrializado da população, o qual requer praticidade, além da crescente procura por saúde e qualidade tecnológica, as proteínas do soro do leite têm sido muito utilizadas, tanto por atletas ou desportistas, quanto por pessoas que buscam por um estilo de vida mais saudável. Por isso, é importante investigar novas alternativas alimentares com melhor aporte nutricional e sensorial.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de desenvolver bolos com adição de proteínas do soro do leite, assim como analisá-los física, química e sensorialmente, além de avaliar sua aceitabilidade e intenção de compra.

### 3.2 Materiais e métodos

#### 3.2.1 Elaboração dos bolos

Trata-se de um estudo experimental realizado no laboratório de Técnica Dietética (LTD) do Curso de Nutrição da Faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Vários testes preliminares foram realizados até a obtenção das formulações finais. Foram elaboradas quatro formulações de bolo com ingredientes e quantidades de proteínas do soro variáveis: T1, T2, T3 e T4, com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite adicionadas respectivamente. A proteína do soro do leite de vaca selecionado é do tipo isolado e hidrolisado, sem sabor.



**Figura 1** – Ingredientes utilizados nas preparações elaboradas a partir de proteínas do soro.

<sup>(A)</sup> farinha de trigo branca, <sup>(B)</sup> aveia em flocos finos, <sup>(C)</sup> açúcar mascavo, <sup>(D)</sup> banana da cultivar ‘prata’ picada, <sup>(E)</sup> ovos brancos homogeneizados, <sup>(F)</sup> leite de vaca integral, <sup>(G)</sup> óleo de soja, <sup>(H)</sup> fermento em pó químico e <sup>(I)</sup> proteína do soro do leite isolada e hidrolisada.

Para o preparo dos bolos, todos os ingredientes, conforme figura 1, farinha de trigo branca, aveia em flocos finos, açúcar mascavo, banana da cultivar “prata”, ovos brancos, leite

de vaca integral, óleo de soja e fermento químico, além das proteínas do soro, foram adquiridos em estabelecimentos comerciais na cidade de Porto Alegre/RS. Esses ingredientes foram pesados em uma balança digital centesimal (0,01g) *Unibloc* da marca *Shimadzu*<sup>®</sup>. A banana, o leite, o óleo e os ovos foram batidos em liquidificador da marca *Philips*<sup>®</sup> com potência 600W, e então homogeneizado com os ingredientes secos, sendo a proteína do soro do leite e o fermento colocados por último. As massas foram acondicionadas em formas retangulares (33 x 22 x 5cm) untadas com óleo de soja e farinha, levadas ao forno a gás da marca *Dako*<sup>®</sup>, pré-aquecido por 10 minutos, a 220°C por 30 minutos (TEICHMANN, 2009).

**Tabela 2** – Formulações das preparações elaboradas a partir de proteínas do soro do leite.

Ingredientes	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
Farinha branca (g)	95	95	95	95
Aveia em flocos finos (g)	90	90	90	90
Açúcar mascavo (g)	200	200	200	200
Ovos brancos (g)	200	200	200	200
Fermento químico (ml)	12	12	12	12
Óleo de soja (g)	60	60	60	60
Banana 'prata' (g)	130	130	130	130
Leite integral (ml)	100	100	100	100
Proteína do soro do leite (g)	-	18,5	37	55,5

### 3.2.2 Análise física

A avaliação de peso, altura, volume e densidade pré e pós-forneamento, LTD/UFRGS, a coloração foi realizada no Laboratório de Compostos Bioativos no Curso de Engenharia de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos ICTA/UFRGS e a análise de firmeza foi realizada no Laboratório de Análise de Propriedades Físicas dos Alimentos (LAPFA) no Curso de Engenharia de Alimentos do ICTA/UFRGS. Para a mensuração do peso foi utilizada balança digital da marca *Toledo*<sup>®</sup> (GUIMARÃES; FREITAS; SILVA, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2014). Para determinação da altura da massa do bolo, os bolos foram avaliados no centro e em cada lado com uma régua. Estas medidas foram usadas para analisar as extremidades do bolo, a qual foi definida como a diferença entre a altura dos lados e a altura do meio (ARAÚJO *et al.*, 2008; ORNELAS, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2014). Para o volume, foi usada a relação entre a largura, o comprimento e a altura do bolo. Para a

densidade foi utilizada relação do peso do bolo e o volume (ÇELIK *et al.*, 2007; TAN *et al.*, 2015). Todas as avaliações foram realizadas em triplicata.

A avaliação da firmeza das quatro amostras foi realizada em triplicata utilizando analisador de textura da marca *Stable Micro Systems*, modelo *TA.XT plus*, software *Exponent* e "probe" cilíndrico com raio de 36 milímetros (MORR; HOFFMANN; BUCHEHEIM, 2003; GUEMES VERA *et al.*, 2009; ABU-GHOUSH; HERALD; ARAMOUNI, 2010; TAN *et al.*, 2015; DÍAS-RAMÍREZ *et al.*, 2016; LEVIN *et al.*, 2016). A sonda foi inserida sob uma profundidade de 5 mm a uma velocidade de teste de 2 mm/s e em seguida aumentou 5 mm a uma velocidade de teste de 2 mm/s. Este processo foi repetido duplamente para mimetizar 2 mordidas. A força de gatilho de 3 N foi utilizada para iniciar o teste.

A avaliação da cor dos quatro tratamentos foi mensurada em triplicata em Colorímetro *Konica Minolta* (modelo *Chrona Meter CR400*) que é um analisador de cores compacto que registra os parâmetros L,  $a^*$  e  $b^*$ . L é a variável de luminosidade, e  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade para vermelho ao verde e amarelo ao azul, respectivamente. As amostras de bolo foram testadas quanto à cor antes do corte para assegurar que nenhuma alteração foi feita à cor da superfície (ABU-GHOUSH; HERALD; ARAMOUNI, 2010; LEVIN *et al.*, 2016).

### 3.2.3 Avaliação química

#### 3.2.3.1 Determinação da composição centesimal

As amostras de bolos após o forneamento foram preparadas no LTD/UFRGS e avaliadas no Laboratório de Compostos Bioativos no Curso de Engenharia de Alimentos do ICTA/UFRGS. As análises químicas foram realizadas em triplicata, segundo as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação de proteínas foi realizada pelo método *Kjeldahl*, utilizando-se 600mg de amostra para medir o nitrogênio total, e após ser convertido em proteína bruta pelo fator 6,25. Para determinação dos lipídeos, foi realizado o método *Soxhlet*, utilizando 2,5 gramas da amostra submetida à extração com éter de petróleo. As cinzas foram obtidas a partir do método gravimétrico de obtenção da perda de peso do material quando submetido à mufla em temperatura de 550°C. A umidade foi determinada a partir da perda de peso por dessecação de uma mostra de 10g submetida ao aquecimento em estufa a 105°C. Os carboidratos foram avaliados pela diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores a serem

encontrados para proteínas, lipídeos, fibras e cinzas (CARVALHO *et al.*, 2002; ALMEIDA *et al.*, 2014).

### 3.2.3.2 Avaliação da composição de aminoácidos

A avaliação do teor de aminoácidos foi realizada no Laboratório de Métodos Biofísicos de Análise/UFRGS. Para a obtenção dos aminoácidos a partir das amostras das preparações, o material foi submetido a um pré-tratamento. Uma fração da amostra foi colocada num forno a 60 °C durante 24 h à secagem. Após foi feita hidrólise com HCl concentrado sobre refluxo por 24h. Depois foi feita derivatização, amostra de titulação para a reação de derivatização com NDA (2,3-naftaleno dicarboxaldeído) para análise por Fluorescência Induzida por Laser (LIF - *Laser Induced Fluorescence*). Para a quantificação dos aminoácidos foi empregada a análise cromatográfica (HPLC). Foi injetado 10 microlitros (loop) da amostra derivada. Separado por gradiente de eluição com água destilada acidificada com TFA (ácido trifluoroacético) a pH 2 (eluente A) e acetonitrilo (eluente B). Depois de feita a análise por fluorescência induzida por laser (LIF). Foram determinadas as áreas e tempos de retenção de cada aminoácido por comparação com os aminoácidos padrão em concentrações conhecidas (SHAH *et al.*, 1999; SIRI *et al.*, 2006).

Os equipamentos utilizados foram: um sistema de bomba ternário, modelo HPLC *System 525*; Um termostato de coluna, modelo HPLC 582 *Thermostat* de coluna (*Bio Teck Instruments*, Alemanha); Coluna *Hi-Chrom C18* (modelo HI-5C18-250A, *Hi-Crom*, Reino Unido), detector de fluorescência PNA-LIF (ISB Indústria e Comércio Ltda., Brasil); Válvula de injeção *Valco Cheminert*, modelo C1, com 10 µL de ansa (*Valco Instruments Co. Inc.*, USA). Para a análise de dados se utilizou: *CHROMuLAN*, versão 0.90 (*Jindrich Jindrich PIKRON* Ltda, 2002) e *Microsoft Office Excel* (*Microsoft Corporation*, 2007).

### 3.2.4 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada no LTD/UFRGS com 61 indivíduos sadios, os quais possuíam entre 18 a 50 anos que concordaram em participar do teste afetivo, sendo feita a avaliação em um único dia. Os avaliadores eram alunos e funcionários recrutados aleatoriamente na FAMED da UFRGS, mediante convites prévios realizados através de cartazes afixados em murais da faculdade e redes sociais. Para cada avaliador foi oferecida uma amostra de cada formulação (T1, T2, T3 e T4) com aproximadamente 15 gramas de cada

formulação, juntamente com uma ficha de avaliação sensorial (apêndice 1) a qual continha a escala hedônica de 9,0 pontos, variando de 1,0 (desgostei muitíssimo) a 9,0 (gostei muitíssimo) pontos, para avaliar os atributos: aparência, cor, textura, sabor e aceitação global (DUTCOSKY, 2013) além de ofertado aos avaliadores água para a limpeza das papilas gustativas.

Todas as preparações foram avaliadas quanto à intenção de compra dos avaliadores. Cada avaliador também recebeu uma ficha com uma escala de cinco pontos (apêndice 2), variando de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria) para analisar cada uma das amostras (DUTCOSKY, 2013).

### 3.2.5 Análise estatística

Todas as análises dos resultados obtidos foram avaliadas através de análise de variância ANOVA e a comparação das médias foi realizada por teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Todos os resultados foram expressos na forma de média e desvio padrão e as análises foram realizadas no programa estatístico ASSISTAT, versão 7.7.

### 3.3 Aspectos éticos

O presente estudo foi submetido e aprovado pelos Comitês de Pesquisa da FAMED e Ética da UFRGS, sob CAAE: 31060414.6.0000.5347, conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os participantes que decidiram participar do estudo na etapa da análise sensorial assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (apêndice 3).

### 3.4 Resultados e discussão

De acordo com os resultados obtidos na avaliação física descritos na tabela 3, na altura e no volume pós-forneamento foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos conforme se aumentou as quantidades de proteínas do soro nos bolos ( $p \leq 0,05$ ). Além disso, a densidade pós-forneamento apresentou diferença significativa entre os bolos, se observa que quanto maior a quantidade de proteínas do soro, menor foi a densidade. A menor

densidade sugere uma maior incorporação de ar, como se pode perceber ao comparar a densidade e o volume dos bolos (MOTA *et al.*, 2011).

**Tabela 3** – Avaliação física dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.

Aspectos	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
Peso pré-forneamento (g)	848,67 ± 9,6 <sup>a</sup>	877,33 ± 17,6 <sup>a</sup>	852,33 ± 66,7 <sup>a</sup>	874,67 ± 49,7 <sup>a</sup>
Peso pós-forneamento (g)	780 ± 13,0 <sup>a</sup>	819,67 ± 22,1 <sup>a</sup>	792,67 ± 72,9 <sup>a</sup>	815 ± 48,6 <sup>a</sup>
Altura pré-forneamento (cm)	1,39 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,45 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,44 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,54 ± 0,1 <sup>a</sup>
Altura pós-forneamento (cm)	2,14 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,68 ± 0,1 <sup>ab</sup>	2,78 ± 0,04 <sup>ab</sup>	2,88 ± 0,5 <sup>a</sup>
Volume pré-forneamento (cm <sup>3</sup> )	1006,72 ± 37,3 <sup>a</sup>	1055,12 ± 78,3 <sup>a</sup>	1047,86 ± 90,8 <sup>a</sup>	1115,62 ± 41,9 <sup>a</sup>
Volume pós-forneamento (cm <sup>3</sup> )	1556,1 ± 27,5 <sup>b</sup>	1943,3 ± 93,4 <sup>ab</sup>	2015,9 ± 29,3 <sup>ab</sup>	2090,9 ± 363,2 <sup>a</sup>
Densidade pré-forneamento (g/mL)	0,84 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,02 <sup>a</sup>
Densidade pós-forneamento (g/mL)	0,50 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>ab</sup>	0,39 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,4 ± 0,1 <sup>b</sup>

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

No estudo de Jyotsna *et al.* (2007) foi avaliado o efeito da substituição da farinha de trigo com proteína do soro concentrado (WPC) com 10, 20 e 30% como substituto do ovo, e também foi encontrada diferença significativa no volume dos bolos, os autores atribuíram esse resultado a propriedade de espumabilidade e emulsificação das proteínas do soro, sendo significativamente elevado na amostra com 20%. Berry *et al.* (2009) analisaram o efeito nas propriedades físicas em bolos do tipo pão de ló com formulações adicionada de isolado de proteínas do soro (WPI) comparadas com a proteína da clara do ovo e elas combinadas, além disso também observaram uma tendência de aumento no volume dos bolos do tipo pão de ló com 25% de WPI. Mota *et al.* (2011) referem que densidades altas desfavorecem o volume do produto, o que acarreta em um bolo “pesado” com um aspecto visual desagradável, o que demonstra um resultado positivo para os bolos com maior quantidade de proteínas do soro.

No estudo de Pernell *et al.* (2002) que compara a qualidade tecnológica de bolos do tipo pão de ló feitos com proteínas da clara do ovo (EWP) ou espuma de proteínas do soro isolada (WPI), nos quais foram analisados o volume e transições reológicas durante o forneamento, também mostraram um aumento do volume nos bolos preparados com WPI, entretanto, não tanto quanto os elaborados com EWP. Os bolos que contêm EWP tornaram-se mais elásticos a 60 a 85 °C do que aqueles que contêm WPI, o que demonstra diferenças na rede de espuma de proteína termostática associada ao tipo de proteína. Apesar disso, as

proteínas de soro e o as proteínas da clara tem habilidades muito semelhantes para incorporar o ar em uma estrutura de espuma (PERNELL *et al.*, 2002; FOEGEGING; LUCK; DAVIS, 2006).

Tan *et al.* (2015) sugere no seu estudo, onde o concentrado de proteínas de soro que teve um tratamento com aplicação de ultrassom como uma substituição total da proteínas da clara do ovo na produção de bolo do tipo pão de ló. Foi comparada a qualidade dos bolos formulados com concentrado de proteínas de soro com ultrassom, proteínas do soro não tratada e também com proteínas da clara de ovo. A aplicação de ultrassom nas proteínas de soro de leite aumentou a viscosidade da massa e produziu menor densidade de massa. Bolos com volumes maiores e densidades mais baixas foram produzidos com o aumento da concentração proteica. Isso se explica pelo aumento da força da rede da massa com mais massa de proteínas, onde a rede de proteínas formada ajuda a reter o ar incorporado no bolo. Com o uso máximo do tratamento com ultrassom, os bolos cozidos cresceram até 18% em volume e 18% mais leves em comparação com as proteínas de soro de leite não tratada.

O estudo de Levin *et al.* (2016) avaliou oito formulações de bolos com diferentes adições de proteínas do soro do leite com fosfolipídios concentrados (WPF) e permeato delactosado (outro derivado lácteo) de diferentes fornecedores, além dos dois ingredientes misturados como substituto total dos ovos. Assim, o volume da amostra do bolo WPF (A) não apresentou diferença estatística significativa em relação ao controle. Os autores sugerem maior capacidade de gelificação comparado às outras amostras de WPF de outros fornecedores. A explicação é que durante o desnaturamento da WPF (A) na cocção, os agregados proteicos foram capazes de formar estruturas para captação do ar durante a elevação do bolo e manter uma estrutura aerada maior. Enquanto os bolos elaborados com WPF (B) e WPF (C) tiveram volumes significativamente menores do que o controle pela falta de funcionalidade de gelificação. Estes géis não foram capazes de manter o ar à medida que o bolo aumentava, pois a estrutura do gel ficava mais fraca. No estudo de Abu-Ghoush; Herald; Aramouni (2010) em que comparou as propriedades físicas e sensoriais de várias alternativas ao ovo, incluindo as proteínas de soro isoladas (WPI). Foram achados resultados semelhantes em que o volume dos bolos com 95% de WPI foram significativamente menores do que os bolos de controle.

No estudo de Zavareze *et al.* (2010) que utilizou soro de leite *in natura*, desidratado e concentrado na elaboração de bolos o qual avaliou a influência deste na composição química, e nas características tecnológicas destacou que de qualquer maneira a adição de soro manteve ou melhorou as características dos bolos, o que um ponto positivo, uma vez que, apesar das

proteínas do soro serem diferentes das proteínas do trigo, não houve perda na qualidade da estrutura do bolo.

Como demonstram os resultados da tabela 4, pode ser observado que não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) na firmeza dos bolos. Dessa forma, não havendo prejudicado as formulações adicionadas de proteínas do soro. Assim como na cor, o parâmetro de luminosidade (L) não teve diferença estatisticamente significativa entre as fórmulas, mesmo o T4, o bolo com 30% não houve escurecimento. Nas nuances entre vermelho a verde da cor avaliada pelo parâmetro  $a^*$ , foi encontrada diferença estatística significativa, o T4 com 30% de proteínas do soro apresentou o maior valor para  $a^*$  que indica tom avermelhado. Produtos com proteínas do soro podem ter cor mais escura, resultado da reação de *Maillard*, onde a lactose reage com os grupos amino livres dos aminoácidos (ZAVAREZE *et al.*, 2010; JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015). Como também, a cor encontrada no soro pode resultar de xantofilas de ocorrência natural e adição de *annatto*, similar ao urucum (JEEWANTHI; LEE; PAIK, 2015).

**Tabela 4** – Avaliação da firmeza e cor dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.

Parâmetros físicos	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
<b>Firmeza (g)</b>	931,65 ± 208,3 <sup>a</sup>	573,86 <sup>a</sup> ± 213,8 <sup>a</sup>	879,14 ± 339,4 <sup>a</sup>	818,75 ± 98,2 <sup>a</sup>
L	30,11 ± 2,2 <sup>a</sup>	33,04 ± 1,6 <sup>a</sup>	31,42 ± 0,8 <sup>a</sup>	29,16 ± 1,8 <sup>a</sup>
<b>Cor</b>	$a^*$	4,92 ± 0,1 <sup>b</sup>	4,67 ± 0,5 <sup>b</sup>	5,92 ± 0,7 <sup>b</sup>
	$b^*$	4,59 ± 2,3 <sup>a</sup>	7,14 ± 0,3 <sup>a</sup>	6,29 ± 1,5 <sup>a</sup>

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

No estudo de Levin *et al.* (2016), também não foi observada diferença estatística significativa na textura e na cor entre as amostras comparadas ao controle.

Todavia, no estudo de Abu-Ghoush; Herald; Aramouni (2010) foram encontrados que o valor L do bolo tipo pão de ló formulado com proteína da clara do ovo exibiu um valor L significativamente maior em comparação com a WPI. Os valores  $a^*$  e  $b^*$  do bolo tipo pão de ló formulado com proteína da clara do ovo tiveram um valor menor em comparação com 95% de WPI.

Entretanto no estudo de Abu-Ghoush; Herald; Aramouni (2010) a textura foi afetada pela substituição de ovos por outros ingredientes, o parâmetro de dureza apresentou valores significativamente maiores para o tratamento com 95% de WPI que o controle.

O estudo de Díaz-Ramírez *et al.* (2016) em que comparava as mudanças da densidade, viscosidade da massa, volume, textura, entre outros parâmetros em bolos do tipo pão de ló com substituição parcial a proteína da clara de ovo com proteínas do soro isoladas em diferentes porcentagens. A firmeza, parâmetro textural mais estudado associado à percepção humana do frescor, mostrou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) com 25% de substituição de WPI, enquanto seu valor não aumentou significativamente ( $p > 0,05$ ) em 50% e 100%.

Na tabela 5, que apresenta os resultados para a composição centesimal, é possível verificar que as proteínas de todos os tratamentos apresentaram diferença estatística significativa entre si. Conforme se aumentou a quantidade de proteínas do soro, o valor das proteínas dos tratamentos também aumentou como era esperado. Enquanto nos lipídios, nas cinzas e na umidade, T1 e T2 não tiveram diferença significativa entre si, nem entre T3 e T4, houve diferença estatística significativa entre T1 e T2 em relação à T3 e T4. Os tratamentos que apresentaram maior teor lipídico, maior conteúdo de cinzas e mais umidade foram T3 e T4, de acordo com maior quantidade de proteínas do soro. Contudo, nos carboidratos, houve diferença estatística significativa entre todos os tratamentos. Quanto maior o percentual de proteínas do soro, menor o teor glicídico, provavelmente pelo maior teor proteico nos bolos.

**Tabela 5** - Composição centesimal dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.

Parâmetros químicos (%)	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
<b>Proteínas</b>	8,41 ± 0,8 <sup>d</sup>	12,15 ± 0,4 <sup>c</sup>	18,06 ± 0,3 <sup>b</sup>	20,93 ± 0,7 <sup>a</sup>
<b>Lipídios</b>	12,22 ± 1,2 <sup>b</sup>	12,42 ± 0,1 <sup>b</sup>	15,71 ± 0,2 <sup>a</sup>	14,56 ± 0,6 <sup>a</sup>
<b>Cinzas</b>	2,23 ± 0,1 <sup>b</sup>	2,17 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,78 ± 0,1 <sup>a</sup>	2,84 ± 0,2 <sup>a</sup>
<b>Umidade</b>	35,57 ± 0,4 <sup>b</sup>	35,58 ± 0,4 <sup>b</sup>	40 ± 0,5 <sup>a</sup>	40,78 ± 0,5 <sup>a</sup>
<b>Carboidratos</b>	41,58 ± 0,2 <sup>a</sup>	37,67 ± 0,7 <sup>b</sup>	23,45 ± 0,2 <sup>c</sup>	20,88 ± 0,4 <sup>d</sup>

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelos resultados em base úmida no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O estudo de Alves *et al.* (2014) confirma que quanto mais se adiciona proteínas do soro do leite, maior é o aumento progressivo de proteína, como pode ser observado no T4. Zavareze *et al.* (2010) também encontraram um aumento proteico conforme adição de

proteínas do soro, assim como também aumentou a quantidade de cinzas comparados ao bolo padrão. Além disso, o estudo de Levin *et al.* (2016) menciona a capacidade de retenção de água das proteínas do soro, o que pode explicar a maior umidade do T3 e T4.

Conforme os resultados da avaliação dos aminoácidos (tabela 6), no total de aminoácidos e no detalhamento de cada um deles observou-se um aumento progressivo da quantidade, conforme o aumento de proteínas do soro do leite nas preparações. A histidina (Hist), a asparagina (Asx), a glutamina (Glx), a treonina (Thr), a tirosina (Tyr), a alanina (Ala), a valina (Val), leucina e isoleucina (Leu + Ile) e a lisina (Lys) apresentaram diferença significativa entre todos os tratamentos. Semelhante à arginina (Arg), com exceção do T3 e T4 que não tem diferença significativa entre si. Já a serina (Ser) apresentou diferença estatística significativa apenas entre T1 e T4. A glicina (Gly) e a fenilalanina (Phe) tem diferença estatística entre os tratamentos, mas não foi observado diferença entre T2 e T3.

No estudo de Alves *et al.* (2014) também confirma que as proteínas do soro tem elevada quantidade de aminoácidos, como está demonstrado em todos os tratamentos. Incluindo leucina, isoleucina e valina, importantes aminoácidos de cadeia ramificada.

O estudo de Roman e Sgarbieri (2007) avaliou a composição físico-química de um isolado proteico do soro do leite (WPI), de uma gelatina bovina (GB) e a mistura dessas duas proteínas na proporção de 60:40 WPI/GB. Além disso, esses mesmos autores observaram que o perfil de aminoácidos do WPI atendeu o padrão da FAO/WHO (*Food and Agriculture Organization*) que determina as recomendações nutricionais, e GB se mostrou deficiente em relação a todos os aminoácidos. Dessa forma, esses autores concluíram que o WPI apresentou excelente composição de aminoácidos, incluindo para crianças na faixa etária de 2,5 a 5 anos, que possuem uma necessidade de aminoácidos superior aos adultos.

**Tabela 6** – Avaliação dos aminoácidos dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.

Aminoácidos	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
<b>Total de aminoácidos</b>	204,47 ± 0,1 <sup>d</sup>	304,11 ± 0,1 <sup>c</sup>	322,33 ± 0,1 <sup>b</sup>	370,55 ± 0,1 <sup>a</sup>
Histidina (Hist)	4,36 ± 0,1 <sup>d</sup>	5,94 ± 0,1 <sup>c</sup>	7,02 ± 0,1 <sup>b</sup>	7,92 ± 0,1 <sup>a</sup>
Arginina (Arg)	11,03 ± 0,1 <sup>c</sup>	12,58 ± 0,1 <sup>b</sup>	13,45 ± 0,1 <sup>a</sup>	13,67 ± 0,1 <sup>a</sup>
Serina (Ser)	12,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	18,1 ± 0,1 <sup>ab</sup>	16,78 ± 2,8 <sup>ab</sup>	23,9 ± 5,3 <sup>a</sup>
Asparagina (Asx)	23,1 ± 0,1 <sup>d</sup>	37,84 ± 0,1 <sup>c</sup>	40,11 ± 0,1 <sup>b</sup>	45,03 ± 0,1 <sup>a</sup>
Glutamina (Glx)	39,61 ± 0,1 <sup>d</sup>	59,07 ± 0,1 <sup>c</sup>	60,37 ± 0,1 <sup>b</sup>	65,91 ± 0,1 <sup>a</sup>
Treonina (Thr)	14,93 ± 0,1 <sup>d</sup>	22,41 ± 0,1 <sup>c</sup>	25,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	29,97 ± 0,1 <sup>a</sup>
Glicina (Gly)	8,36 ± 0,1 <sup>c</sup>	10,32 ± 0,1 <sup>b</sup>	9,59 ± 0,1 <sup>b</sup>	40,41 ± 0,1 <sup>a</sup>
Tirosina (Tyr)	8,15 ± 0,1 <sup>d</sup>	9,44 ± 0,1 <sup>c</sup>	10,79 ± 0,1 <sup>b</sup>	12,79 ± 0,1 <sup>a</sup>
Alanina (Ala)	12,16 ± 0,1 <sup>d</sup>	17,64 ± 0,1 <sup>c</sup>	18,13 ± 0,1 <sup>b</sup>	20,84 ± 0,1 <sup>a</sup>
Valina (Val)	13,62 ± 0,1 <sup>d</sup>	20,19 ± 0,1 <sup>b</sup>	19,92 ± 0,1 <sup>c</sup>	21,53 ± 0,1 <sup>a</sup>
Fenilalanina (Phe)	13,01 ± 0,1 <sup>c</sup>	17,95 ± 0,1 <sup>b</sup>	17,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	19,51 ± 0,1 <sup>a</sup>
Leucina e Isoleucina (Leu + Ile)	30,82 ± 0,1 <sup>d</sup>	49,7 ± 0,1 <sup>c</sup>	50,04 ± 0,1 <sup>b</sup>	56,47 ± 0,1 <sup>a</sup>
Lisina (Lys)	0,0 ± 0 <sup>d</sup>	9,98 ± 0,1 <sup>c</sup>	19,51 ± 0,1 <sup>b</sup>	32,59 ± 0,1 <sup>a</sup>

\*Média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Na avaliação sensorial (tabela 7), não foram encontradas diferenças significativas para os atributos: aparência, cor, sabor e aceitação global ( $p > 0,05$ ). Somente no atributo textura foi observada diferença estatística significativa no T4, sugerindo menor aceitação da amostra com maior quantidade de proteínas do soro quando comparada aos outros tratamentos. Não houve diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) para a intenção de compra entre os tratamentos. Vale ressaltar que todos os atributos nos quatro tratamentos tiveram notas acima de (6,62) que pela escala hedônica de 9 pontos apresentada, que é o equivalente a “gostei ligeiramente”. Além disso, nos atributos sabor e aceitação global, todos os tratamentos atingiram nota acima de 7, o que equivale a “gostei moderadamente”. O que significa pelas notas que no geral houve uma boa aceitação.

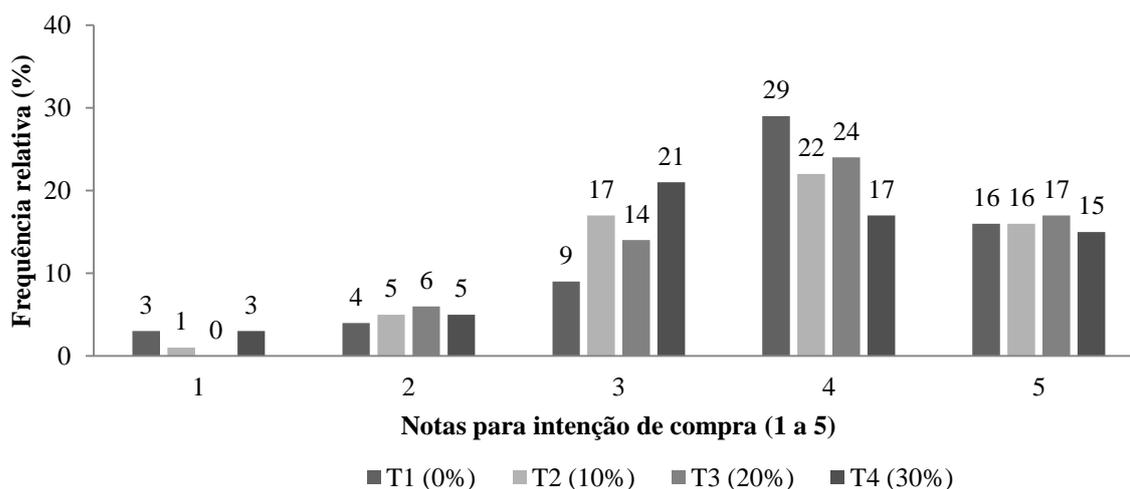
**Tabela 7** - Avaliação sensorial e de intenção de compra dos tratamentos dos bolos com 0%, 10%, 20% e 30% de proteínas do soro do leite.

Atributos	Tratamentos			
	T1 (0%)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
Aparência	6,67± 1,8 <sup>a</sup>	6,67± 1,7 <sup>a</sup>	7,03 ± 1,4 <sup>a</sup>	7,30 ± 1,8 <sup>a</sup>
Cor	6,62 ± 1,8 <sup>a</sup>	6,67 ± 1,6 <sup>a</sup>	6,89 ± 1,5 <sup>a</sup>	7,34 ± 1,8 <sup>a</sup>
Textura	7,41 ± 1,5 <sup>a</sup>	7,62 ± 1,4 <sup>a</sup>	7,41 ± 1,2 <sup>a</sup>	6,69 ± 1,6 <sup>b</sup>
Sabor	7,48 ± 1,6 <sup>a</sup>	7,15 ± 1,6 <sup>a</sup>	7,38 ± 1,2 <sup>a</sup>	7,16 ± 1,5 <sup>a</sup>
Aceitação global	7,44 ± 1,4 <sup>a</sup>	7,34 ± 1,3 <sup>a</sup>	7,39 ± 1,1 <sup>a</sup>	7,05 ± 1,5 <sup>a</sup>
<b>Intenção de compra</b>	<b>3,84 ± 1,1<sup>a</sup></b>	<b>3,77 ± 1,0<sup>a</sup></b>	<b>3,85 ± 0,9<sup>a</sup></b>	<b>3,59 ± 1,0<sup>a</sup></b>

\*Média dos avaliadores ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A figura 2 demonstra a quantidade de notas baseada na escala de 5 pontos de intenção de compra a qual possui nota máxima de 5. A nota 4 “provavelmente compraria” foi a que mais apareceu nos tratamentos T1, T2 e T3. As notas 1 “certamente não compraria” e 2 “provavelmente não compraria” apareceram com baixa frequência relativa para todos os tratamentos avaliados.

**Figura 2** – Distribuição das frequências relativas de notas atribuídas pelos avaliadores para a intenção de compra.



**Notas:** 1 – certamente não compraria; 2 – provavelmente não compraria; 3 – tenho dúvida se compraria; 4 - provavelmente compraria; 5 – certamente compraria.

O estudo de Díaz-Ramírez *et al.* (2016) também não encontrou diferença significativa no sabor, aparência e aceitação global das amostras de 12,5% e 25% WP comparado com o

padrão. No estudo de Zavareze *et al.* (2010) foi encontrado na soma de pontos da avaliação sensorial que a adição da mesma quantidade de proteína dos diferentes tipos de soro de leite em bolos apareceu que os bolos com soro desidratado e concentrado apresentaram maior preferência comparando ao bolo com soro *in natura*, mesmo este apresentando as melhores características tecnológicas. Os autores também observaram que o sabor foi um atributo bem aceito em todos os tipos de soros de leite, e pode ser relacionada às propriedades funcionais das proteínas do soro e à presença de lactose.

Entretanto, no estudo de Abu-Ghoush; Herald; Aramouni (2010) o bolo tipo pão de ló controle que foi formulado com a proteína da clara do ovo superou significativamente todos os outros bolos preparados com ingredientes alternativos, incluindo as proteínas do soro do leite em todas as categorias sensoriais avaliadas, que foram aroma, sabor, textura e aceitabilidade geral na escala hedônica de 9 pontos.

### **3.5 Conclusão**

Foi viável a elaboração de bolos adicionados de proteínas do soro em diferentes concentrações.

Em relação aos parâmetros físicos, a altura e o volume pós-forneamento aumentaram conforme se aumentou a quantidade de proteínas do soro. Já a densidade pós-forneamento reduziu conforme adicionadas as proteínas do soro. A quantidade adicionada de proteínas do soro não alterou a firmeza, nem a luminosidade (L) e o valor  $b^*$  entre os tratamentos. Enquanto que no valor de  $a^*$  na cor, a amostra de 30% de proteínas do soro apresentou tom mais avermelhado.

Todas as amostras tiveram aumento proteico conforme se aumentou as proteínas do soro. Os bolos com 20% e 30% de proteínas do soro tiveram aumento de lipídios, cinzas e umidade no parâmetro químico. Conseguiu-se aumentar a quantidade de aminoácidos progressivamente conforme a adição de proteínas do soro nos bolos, apresentando um excelente perfil de aminoácidos.

Na análise sensorial os tratamentos se demonstraram semelhante ao padrão na maioria dos atributos, assim como na intenção de compra. Apenas o bolo com 30% de proteínas do soro não se mostrou promissor no atributo textura.

Portanto, as proteínas do soro do leite podem ser adicionadas em bolos sem perder a qualidade física, química e sensorial, visando melhoria tecnológica e nutricional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-GHOUSH, Mahmoud; HERALD, Thomas J.; ARAMOUNI, Fadi M. Comparative study of egg white protein and egg alternatives used in an angel food cake system. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 34, p. 411-425, 2010.

ALMEIDA, Natália Todeschini; SCHMIDT, Helena; OLIVEIRA, Viviani Ruffo. Physicochemical profile and sensory evaluation of cakes with flaxseed and yacon flour associated to sweeteners. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 135-144, jan/jun, 2014.

ALVES, Maura P; MOREIRA, Renan de O; JÚNIOR, Paulo H. R; MARTINS, Mayra C. de F; PERRONE, Ítalo T; CARVALHO, Antônio F. de. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226, mai/jun, 2014.

ARAÚJO, Wilma M. C; MONTEBELLO, Nancy di P; BOTELHO, Raquel B. A.; BORGIO, Luiz A. **Alquimia dos alimentos**. Brasília: Senac, 2008.

BALDISSERA, Ana C.; BETTA, Fabiana D; PENNA, Ana L. B; LINDNER, Juliano de 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.

BATISTA, Marina A.; GAMA, Larissa L. A.; ALMEIDA, Lucia P.; ORNELLAS, Cléia B. D.; SANTOS, Luana C.; CRUZ, Larissa L.; SILVESTRE, Marialice P.C. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de formulações alimentares com proteínas do soro de leite ou albumina para crianças. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 31-41, jan/mar, 2015.

BERRY, Tristan K.; YANG, Xin; FOEGEDING, E. Allen. Foams Prepared from Whey Protein Isolate and Egg White Protein: 2. Changes Associated with Angel Food Cake Functionality. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 5, p. 269-277, 2009.

BOSI, Mirela G.; BERNABÉ, Bruna M.; LUCIA, Suzana M. D.; ROBERTO, Consuelo D. Bebida com adição de soro de leite e fibra alimentar prebiótica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 3, p.339-341, mar, 2013.

BRESSAN, Matheus; MARTINS, Marcelo Costa. Segurança alimentar na cadeia produtiva do leite e alguns de seus desafios. **Revista de Política Agrícola**, Ano XIII, n. 3, p. 27-37, jul/ago/set, 2004.

CARVALHO, Heloisa H.; JONG, Erna V. de; BELLÓ, Ricardo M.; SOUZA, Roberval B. de; TERRA, Mariângela F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

ÇELIK, Ilyas; YILMAZ, Yusuf; ISIK, Fatma; ÜSTÜN, Özlem. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 907–911, 2007.

DÍAZ-RAMÍREZ, Mayra; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, Georgina; GARCÍA-GARIBAY, Mariano; JIMÉNEZ-GUZMÁN, Judith; VILLANUEVA-CARVAJAL, Adriana; SALGADO-CRUZ, Ma. de la Paz; ARIZMENDI-COTERO, Daniel; MORAL-RAMÍREZ, Elizabeth Del. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 633-639, 2016.

DUTCOSKY, Silvia Deboni. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

FOEGEGING, E. A.; LUCK, P. J.; DAVIS, J. P. Factors determining the physical properties of protein foams. **Food Hydrocolloids**, v. 20, p. 284–292, 2006.

GUEMES VERA, Norma; TOTOSAUS, Alfonso; HERNANDEZ, Juan F; SOTO, Sergio; BOLANÕS, Elia N. A. Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo "concha" fortificados con proteínas de suero de leche. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 70-75, 2009.

GUIMARÃES, Renata R.; FREITAS, Maria C. J. de; SILVA, Vera L. M. da. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji; ABREU, Wilson César de; PAULA, Herbert de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 479-488, ago, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e Determinações Gerais. In: **Métodos físicos químicos para análise de alimentos**, 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 83-160

JEEWANTHI, Renda K. C; LEE, Na-Kyoung; PAIK, Hyun-Dong. Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 35, n. 3, p. 350-359, 2015.

JOVANOVIĆ, Snežana; BARAĆ, Miroljub; MAĆEJ, Ognjen. Whey proteins-Properties and Possibility of Application. **Mljekarstvo**, v. 55, n. 3, p. 215-233, 2005.

JYOTSNA, R.; MANOHAR, R. Sai; INDRANI, D.; RAO, G. Venkateswara. Effect of whey protein concentrate on the rheological and baking properties of eggless cake. **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 599-606, 2007.

LAMMERT, Amy; OLABI, Ammar; KALACHE, Loulwa; BROOKS, Katie; TONG, Phillip. Characterisation of the sensory properties of whey protein concentrates. **International Journal of Dairy Technology**, v. 67, n. 1, p. 135-141, fev, 2014.

LEVIN, M. A.; BURRINGTON, K. J.; HARTEL, R. W. Whey protein phospholipid concentrate and delactosed permeate: Applications in caramel, ice cream, and cake. **Journal of Dairy Science**. v. 99, n. 9, p. 6948-6960, 2016.

MORR, C. V.; HOFFMANN, W.; BUCHEHEIM, W. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 36, p. 83-90, 2003.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

MOTA, Maria Carliana; CLARETO, Silvia Silveira; AZEREDO, Eveline Monteiro C. de; ALMEIDA, Dione Moreira de; MORAES, Ana Lúcia L. Bolo light, diet e com alto teor de fibras: elaboração do produto utilizando polidextrose e inulina. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, 2011.

OLIVEIRA, Débora F. de; BRAVO, Claudia E. C.; TONIAL, Ivane B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, mar/abr, 2012.

ORNELAS, Lieselotte Hoeschl. **Técnica dietética seleção e preparo de alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

PERNELL, C. W.; LUCK, P. J.; FOEGEGING, E. A.; DAUBERT, C. R. Heat-induced changes in angel food cakes containing egg-white protein or whey protein isolate. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 8, p. 2945-2951, 2002.

ROMAN, Janesca Alban; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Caracterização físico-química do isolado protéico de soro de leite e gelatina de origem bovina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 137-143, abr/jun, 2007.

SBAN. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. **A importância do consumo de leite no atual cenário nutricional brasileiro**. 2015. 28 p.

SHAH, A. J.; BIASI, V. de; TAYLOR, S. G.; ROBERTS, C.; HEMMATI, P.; MUNTUN R.; WEST, A.; ROUTLEDGE, C.; CAMILLERI, P. Development of a protocol for the automated analysis of amino acids in brain tissue samples and microdialysates. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, v. 735, n. 2, p.133-140, dez, 1999.

SIRI, N.; LACROIX, M.; GARRIGUES, J. C.; POINSOT, V.; COUDERC, F. HPLC fluorescence detection and MEKC-LIF detection for the study of amino acids and catecholamines labelled with naphthalene-2,3-dicarboxyaldehyde, **Electrophoresis**, v. 27, p. 4446-4455, 2006.

TAN, M. C.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A.; TAIP, F. S.; ABDULLAH, J. Improvement of Eggless Cake Structure Using Ultrasonically Treated Whey Protein. **Food and Bioprocess Technology**, p. 8605-8614, 2015.

TEICHMANN, I. M. **Tecnologia culinária**. 2.ed. Caxias do Sul, RS: Educs, 2009. 364p

ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; MORAES, Kessiane Silva; SALAS-MELLADO, Myriam de Las Mercedes. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 100-105, 2010.

ZIEGLER, Fabiane La Flor; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Caracterização químico-nutricional de um isolado protéico de soro de leite, um hidrolisado de colágeno bovino e misturas dos dois produtos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 61-70, fev, 2009.

## APÊNDICE 1 - Ficha de avaliação sensorial de bolos adicionados com proteínas do soro

### Ficha de avaliação sensorial de bolos adicionados com proteínas do soro

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Você está recebendo amostras de preparações com adição de proteínas do soro. Por favor, avalie cada um dos produtos separadamente e atribua notas na tabela para cada atributo avaliado de acordo com o seguinte critério:

- (1) Desgostei muitíssimo
- (2) Desgostei muito
- (3) Desgostei moderadamente
- (4) Desgostei ligeiramente
- (5) Indiferente
- (6) Gostei ligeiramente
- (7) Gostei moderadamente
- (8) Gostei muito
- (9) Gostei muitíssimo

#### ATRIBUTOS A SEREM AVALIADOS

Característica	Amostra n°	Amostra n°	Amostra n°	Amostra n°
Aparência				
Cor				
Textura				
Sabor				
Aceitação global				

## APÊNDICE 2 - Ficha para avaliação de intenção de compra

### Ficha para avaliação de intenção de compra

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Você está recebendo amostras de preparações com adição de proteínas do soro. Por favor, avalie cada um dos produtos separadamente e atribua notas na tabela para avaliação de intenção de compra.

- (1) Certamente não compraria
- (2) Provavelmente não compraria
- (3) Tenho dúvida se compraria
- (4) Provavelmente compraria
- (5) Certamente compraria

### INTENÇÃO DE COMPRA

Amostra n°	Amostra n°	Amostra n°	Amostra n°

## APÊNDICE 3 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Projeto: Avaliação química, física e sensorial de bolos adicionados com proteínas do soro  
Pesquisadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Viviani Ruffo de Oliveira, Nutricionista Dra. Divair Doneda e Acadêmica de Nutrição Liziane da Rosa Camargo

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**I. Justificativa e Objetivos:** As proteínas do soro do leite são extraídas durante o processo de transformação do leite em queijo. Elas apresentam relevante teor de cálcio e aminoácidos essenciais, especialmente os de cadeia ramificada. Algumas pessoas não toleram as características sensoriais das proteínas do soro isoladamente, mas poderão aceitar alimentos enriquecidos com ela. Dessa forma, foram estabelecidos para essa pesquisa os seguintes objetivos: desenvolver alimentos com adição de proteínas do soro em diferentes concentrações, a fim de dinamizar seu consumo; avaliar as características físicas e bioquímicas dos mesmos; comparar os dados obtidos através de análises laboratoriais com as provenientes de tabelas de composição de alimentos e realizar a análise sensorial das preparações mais promissoras.

**II. Os procedimentos a serem utilizados:** Esse consentimento está relacionado com a avaliação sensorial de preparações com adição de proteínas do soro. Os sujeitos serão convidados por cartazes a participar da avaliação sensorial no Laboratório de Técnica Dietética da Faculdade de Medicina/UFRGS. Os participantes receberão as amostras simultaneamente, codificadas com 3 dígitos aleatórios, um copo de água para limpeza das papilas gustativas e uma ficha sensorial com uma escala hedônica de 9 pontos para se julgar os atributos: aparência, cor, sabor, textura e aceitação global. Também será analisada a intenção de compra do produto, a qual será avaliada através de uma escala de 5 pontos. Para o teste de preferência das amostras será utilizada uma escala hedônica de nove pontos para avaliar os atributos aparência, textura, cor, sabor e aceitação global.

**III. Desconfortos e riscos:** Esses procedimentos de avaliação serão realizados com pacientes sadios e somente procederá com a concordância do sujeito em participar do estudo, caso contrário será prontamente respeitado. Acredita-se, assim, que esse estudo seja de risco reduzido, pois não será realizada análise sensorial

com pacientes com intolerância a lactose ou com alergia a qualquer outro ingrediente da formulação. Esses procedimentos de avaliação somente serão realizados se os participantes tiverem disponibilidade e concordância em participar deste estudo. Caso o participante tenha alergia alimentar a algum dos componentes da formulação, não poderá participar do estudo. A pesquisadora fica responsável ainda de prontamente encaminhar o participante ao serviço de saúde se o mesmo apresentar qualquer problema relacionado a essa análise sensorial. Os participantes terão direito de abandonar este estudo, caso se sintam prejudicados ou tenham se arrependido de participar, e em qualquer momento terão liberdade de solicitar novas informações. Este trabalho terá total sigilo quanto aos resultados que venham a envolver o avaliador.

**IV. Os benefícios que se pode obter:** Será avaliada a melhor forma de processamento em relação ao aspecto sensorial pelo grupo em questão, associando adições maiores e menores de proteínas do soro com as propriedades sensoriais.

**V. Garantia de privacidade:** Os seus dados de identificação serão mantidos em sigilo e as informações colhidas serão analisadas estatisticamente, e podem ser publicadas posteriormente em alguma revista científica. Afirmo que a sua participação poderá ser suspensa a qualquer momento caso você deseje, sem prejuízo para a sua pessoa.

**VI. Garantia de resposta a qualquer pergunta e liberdade de abandonar a pesquisa:** Eu, \_\_\_\_\_ fui informado dos objetivos do estudo realizado pelas pesquisadoras Viviani Ruffo de Oliveira, Divair Doneda e a acadêmica de Nutrição Liziane da Rosa Camargo, portanto concordo em participar deste projeto. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim eu desejar. Caso tiver novas perguntas sobre este estudo, posso recorrer à pesquisadora Dra. Viviani Ruffo de Oliveira no telefone (51) 3308-5610. Declaro que tenho conhecimento do presente Termo de Consentimento.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador