

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^a Janaína Guimarães Venzke (FAMED / UFRGS)

Dda. Fernanda Camboim Rockett (ICTA / UFRGS)

Prof. Dr^a 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 TABELAS

Tabela 1 Exemplos de propriedades tecnológicas em alimentos adicionados de 21 proteínas do soro do leite.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Leite	14
2.2	Soro do leite	15
2.3	Processamento do soro do leite	16
2.4	Produtos derivados do soro do leite	16
2.5	Propriedades tecnológicas das proteínas do soro	17
2.5.1	Propriedades hidratantes	18
2.5.2	Propriedades de agregação e gelificação	19
2.5.3	Propriedades interfaciais	20
2.5.4	Propriedades sensoriais	21
2.6	Bolo com proteínas do soro do leite	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

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 β -lactoglobulina, α -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, β -lactoglobulina, α -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, β -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 β -lactoglobulina. Além disso, a adição de sacarose retarda a gelificação e aumenta a temperatura do início da gelificação de β -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 β -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 liberação 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
Viscosidade	Sobremesas	35	Chocolates, <i>marshmallow</i> , <i>nougat</i> , barras de cereais, glacê.
Solubilidade, estabilidade coloidal	Bebidas	35	Bebidas fortificadas com proteínas, bebidas isotônicas, <i>pinã colada</i> , bebidas gaseificadas, chás gaseificados, bebidas infantis, sucos, iogurtes, bebidas substituintes de refeições.
Emulsificação	Sopas e alimentos infantis	85	Sopas com baixo teor ou zero gordura, molhos para saladas, queijos fundidos.
Formação de espuma	Confeitaria	35	Glacê, creme de leite UHT, <i>chantilly</i> , chocolates aerados.
Gelificação	Produtos lácteos	65	Iogurte, <i>frozen yogurt</i> , sorvete.
Elasticidade	Panificação	65	<i>Brownie</i> , bolo, <i>cookies</i> , pães, <i>muffins</i> , massa para pizza, biscoitos, <i>waffles</i> .
Absorção de água e gordura	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; BARAĆ, Miroljub; MAĆEJ, 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; KOOCHEKI, 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.