



DANIEL ALVES CORREA DE AZEVEDO

**PANORAMA ATUAL DO MERCADO DE CONSUMO E
CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES MARCAS DE
CONCENTRADO PROTEICO DE SORO (WPC)**

**LAVRAS-MG
2021**

DANIEL ALVES CORREA DE AZEVEDO

**PANORAMA ATUAL DO MERCADO DE CONSUMO E CARACTERIZAÇÃO DE
DIFERENTES MARCAS DE CONCENTRADO PROTEICO DE SORO (WPC)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Sandra Maria Pinto
Orientadora

**LAVRAS-MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Repositório
Insitucional da Biblioteca Universitária da UFLA**

Azevedo, Daniel Alves Correa de.

Panorama atual do mercado de consumo e caracterização de diferentes marcas de concentrado protéico de soro (*WPC*) / Daniel Alves Correa de Azevedo. - 2021.

66 p. : il.

Orientador(a): Sandra Maria Pinto.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Soro de leite. 2. Lácteos. 3. Proteínas do soro. I. Pinto, Sandra Maria. II. Título.

DANIEL ALVES CORREA DE AZEVEDO

**PANORAMA ATUAL DO MERCADO DE CONSUMO E CARACTERIZAÇÃO DE
DIFERENTES MARCAS DE CONCENTRADO PROTEICO DE SORO (WPC)**

**OVERVIEW ON THE CURRENT WHEY PROTEIN CONSUMER MARKET AND
ANALYSIS OF QUALITY IN DIFFERENT BRANDS OF WHEY PROTEIN
CONCENTRATE (WPC)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 30 de novembro de 2021.

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

UFLA

Dr. Roselir Ribeiro da Silva

IFSEMG

Dr. Cleuber Raimundo da Silva

IFSEMG

Profa. Dra. Sandra Maria Pinto
Orientadora

**LAVRAS-MG
2021**

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). Pela concessão da bolsa de pesquisa, agradeço.

À minha amada mãe, Sueli, pelo amor incondicional, por todo apoio e por estar sempre ao meu lado, em todas as situações, e se esforçar para sempre me proporcionar uma boa educação e estar comigo mesmo que em pensamento. Obrigado!

À minha eterna avó, Maria José, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos (*in memoriam*).

Ao meu amor, que sempre esteve comigo.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, onde adquiri grandes ensinamentos.

À orientadora, professora Sandra, pela disponibilidade, auxílio e apoio nesse caminho da pós-graduação.

Ao professor Luiz Ronaldo, que também sempre esteve presente para sanar as minhas dúvidas durante esse período.

Aos professores Roselir e Cleuber, que me auxiliaram durante o caminho da execução deste projeto, sendo sempre muito solícitos em ajudar com ensinamentos que foram de grande valia para a melhoria deste estudo.

Aos funcionários, em especial à Cleusa, por toda amizade, auxílio e apoio nas pesquisas desenvolvidas por mim.

A todos os meus familiares.

Aos meus amigos, que de maneira direta ou indireta me auxiliaram nessa jornada. Muito obrigado!

RESUMO

O mercado de leite no Brasil cresce ano após ano. Cerca de 40% de toda produção é destinada para a fabricação de queijos, obtendo como coproduto o soro do leite. Este não pode ser despejado em leitos de rios sem tratamento, pois é altamente poluente quando descartado de maneira inadequada e com isso cada vez mais as indústrias buscam formas de aproveitar esse produto que possui um alto valor biológico, com boas propriedades funcionais. O *wpc* é um suplemento em pó obtido a partir da concentração e secagem do soro do leite, resultando em um produto com baixo teor de lactose e gorduras e alto teor de proteína. O presente trabalho avaliou a percepção do consumidor sobre o consumo de *wpc*, por meio da aplicação de um questionário, e visou avaliar oito marcas do suplemento, nacionais e importadas. Foram caracterizadas as diferenças físico-químicas e avaliado o custo por grama de proteínas. Os dados da informação nutricional dos rótulos das embalagens dos suplementos foram correlacionados com os resultados das análises laboratoriais para observar se atendem às normas definidas pela ANVISA. Com os resultados obtidos no questionário, pode-se afirmar que esse suplemento é consumido principalmente por jovens, que a quantidade semanal de consumo é bem variada e o objetivo é o aumento do consumo proteico diário e hipertrofia, sendo que a maioria pratica exercícios físicos. A indicação do suplemento é em sua maioria realizada por nutricionistas, sendo que dois terços têm consciência da quantidade proteica ingerida ao longo do dia e sabem que proteína em excesso é prejudicial. A quantidade de proteínas é um fator determinante para a compra e os consumidores observam a relação entre a quantidade de proteínas e gramas por dose, além da quantidade de carboidratos. Em relação às análises físico-químicas, existiram diferenças entre todos as variáveis ($p < 0,05$), com exceção de higroscopicidade, mostrando uma não padronização na produção desses suplementos. A comparação dos resultados encontrados nas análises físico-químicas com o rótulo mostrou que apenas uma das oito marcas atendeu aos requisitos da legislação brasileira contendo diferença máxima de 20% entre o valor real e o valor declarado no rótulo.

Palavras-chave: Soro de leite. Lácteos. Proteínas do soro.

ABSTRACT

The milk market in Brazil grows year after year. About 40% of all production is destined for the manufacture of cheese, obtaining whey as a co-product. This cannot be dumped into river beds without treatment, as it is highly polluting when improperly disposed of, and with that, industries are increasingly looking for ways to take advantage of this product that has a high biological value, with good functional properties. Wpc is a powdered supplement obtained from the concentration and drying of whey, resulting in a product with low lactose and fat content and high protein content. The present work evaluated the consumer's perception of the consumption of wpc, through the application of a questionnaire and aimed to evaluate eight brands of the supplement, national and imported. The physicochemical differences were characterized and the cost per gram of proteins was evaluated. The nutritional information data from the supplement packaging labels were correlated with the results of laboratory analyzes to see if it meets the standards defined by ANVISA. With the results obtained in the questionnaire, we can say that this supplement is consumed mainly by young people, that the weekly amount of consumption is quite varied and the objective is to increase daily protein consumption and hypertrophy, most of them practice physical exercises. The indication of the supplement is mostly by nutritionists, two thirds are aware of the amount of protein ingested throughout the day and know that excess protein is harmful. The amount of protein is a determining factor for purchase and consumers look at the relationship between the amount of protein and grams per serving, in addition to the amount of carbohydrates. Regarding the physicochemical analyses, there were differences between all variables ($p < 0.05$) with the exception of hygroscopicity, showing a non-standardization in the production of these supplements. The comparison of the results found in the physical-chemical analyzes with the label showed that only one of the eight brands met the requirements of Brazilian legislation containing a maximum difference of 20% between the real value and the value declared on the label.

Keywords: Whey. Dairy. Whey proteins.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Soro do leite	11
2.2	Alimentos funcionais	13
2.3	Tecnologias para o processamento de soro de leite	15
2.3.1	Tecnologias de membranas	16
2.3.2	Osiose reversa	17
2.3.3	Microfiltração	18
2.3.4	Ultrafiltração	19
2.3.5	Nanofiltração	21
2.3.6	Diafiltração	21
2.3.7	Evaporação a vácuo	22
2.3.8	Spray Drying	23
2.4	Diferenças entre a produção de soro em pó e a produção de <i>whey protein</i> concentrado e isolado	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Locais e materiais de experimentação	27
3.2	Aplicação do questionário	27
3.3	Delineamento experimental	28
3.4	Caracterização físico-química	29
3.5	Comparação com o rótulo	30
3.6	Cálculo do custo por grama de proteína	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Percepção do consumidor em relação ao <i>wpc</i>	31
4.2	Análises físico-químicas	43
4.2.1	Proteínas	43
4.2.2	Gorduras	44
4.2.3	Carboidratos	45
4.2.4	Umidade	46
4.2.5	Atividade de água (<i>A_w</i>)	47
4.2.6	Cinzas	48
4.2.7	pH	49

4.2.8	Sódio.....	50
4.2.9	Molhabilidade	51
4.2.10	Higroscopicidade.....	52
4.2.11	Custo por grama de proteína.....	53
4.3	Verificação de adequação dos macronutrientes em relação à legislação.....	54
5	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

O consumo de produtos lácteos está aumentando constantemente. No ano de 2017, a FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) já projetava um crescimento de 1,7% ao ano até 2027. Esse mercado vem em forte expansão, com isso o setor deve buscar por produtos diferenciados para atender também públicos específicos, como os com restrições ao consumo de determinadas substâncias ou os que buscam uma qualidade de vida melhor (FAO, 2017).

A procura por alimentos funcionais ocorre de forma crescente, já que indivíduos buscam cada vez mais produtos que promovam melhorias para a saúde. Esses alimentos possuem a competência de induzir melhoras fisiológicas e metabólicas, gerando benefícios ao indivíduo através de mecanismos não previstos na nutrição convencional (NITZKE, 2012).

O soro do leite é um produto cada vez mais utilizado pela indústria para diversas aplicações, e pode ser definido como o produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, caseína alimentar e produtos similares (BRASIL, 2020b). Contém aproximadamente 20% das proteínas solúveis do leite, quase todo o carboidrato do leite (lactose) e cerca de 50% de todos os nutrientes presentes normalmente no leite. Pode ser considerado como um ingrediente de alto valor agregado, pois possui diversas aplicações funcionais e compostos bioativos, além de nutrientes de alto valor biológico, podendo ser inseridos em formulações de diversos tipos de produtos melhorando suas características relacionadas à saúde e bem-estar (SANTIN, 2020).

Uma das aplicações para o aproveitamento do soro do leite é a produção do suplemento popularmente conhecido como *wpc*. O soro do leite líquido é concentrado através de técnicas de membrana e concentração por calor e em seguida transformado em pó através do *spray dryer*. Possui proteínas de baixo peso molecular com alto valor biológico, além de peptídeos bioativos e de grande capacidade de absorção pelo organismo. O *wpc* pode fornecer de 29% a 89% de proteínas, dependendo do tipo de produto. Quanto menor o nível de proteína concentrada, maiores são os níveis de gordura e lactose (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO, 2014).

O mercado de consumo de *wpc* está em constante desenvolvimento, pois cada vez mais pessoas se tornam adeptas do suplemento devido à praticidade e aos benefícios ofertados para a saúde. Uma pesquisa publicada pela consultoria de mercado estadunidense Zion Market mostrou que o mercado global de Whey Protein valia US\$ 8,2 bilhões (R\$ 27 bilhões) em 2015 e é esperado para atingir US\$ 12,4 bilhões (R\$ 40,9 bilhões) até 2021, com crescimento médio

de 7,2% de 2016 em diante (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES - ABIAD, 2018).

Atualmente existe uma gama de marcas nacionais e importadas presentes no mercado brasileiro, com preços e quantidades de proteínas por porção muito distintos. No presente trabalho visamos obter informações sobre a real concentração desses produtos e adequação às normas vigentes. Realizamos também um questionário com 155 participantes, visando avaliar o conhecimento dos consumidores em relação ao *wpc*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Soro do leite

O soro do leite pode ser considerado um coproduto da fabricação dos queijos. Na produção de um quilo de queijo, é possível se obter cerca de 8,5 a 9,0 litros de soro (BRASIL, 2020a).

O soro do leite é composto majoritariamente por aproximadamente 94% de água, seguido da lactose com 4,5%, proteínas com 0,7%, além de minerais e gorduras com respectivamente 0,05% e 0,5% (BYLUND, 1995). Esse pode ser dividido em soro doce ou soro ácido, dependendo do processamento em que o leite foi submetido. O soro doce é gerado quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, devendo apresentar pH entre 6,0 e 6,8. Já o soro ácido é obtido quando a coagulação se produz principalmente por acidificação, devendo apresentar pH inferior a seis (BRASIL, 2020a).

No Brasil, que tem como principal rota do leite cru a produção de queijos (cerca de 40% da produção), são vastas as possibilidades de aproveitamento do soro para diferentes aplicações de mercado (MILKPOINT, 2021).

Estima-se que a produção nacional de soro de leite alcance volume superior a 8 bilhões de litros anuais (MACALÉ, 2021). Entretanto, em 2013, o Instituto de Economia Agrícola já relatava que os dados brasileiros sobre a disponibilidade do soro de leite poderiam ser maiores, pois parcela significativa do queijo é produzida por pequenas empresas, que, sem estrutura para processar o soro, acabam destinando o coproduto para alimentação animal e descartando o excedente nos rios. Esse é um dos principais problemas ambientais da cadeia de produtos lácteos (SILVA *et al.*, 2013).

O soro do leite, se descartado de maneira inadequada sem tratamento prévio em leitos d'água, pode causar sérios problemas ao meio ambiente, pois aumenta significativamente a demanda bioquímica de oxigênio e com isso pode afetar a vida aquática. As Resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 357, de 17 de março de 2005, e n° 430, de 13 de maio de 2011, dispõem que todo e qualquer resíduo ou elemento que altere as características naturais das águas, no caso incluídos os resíduos da atividade de laticínios, deve ser removido antes do descarte, ou seja, é obrigatório o tratamento para seu descarte antes de ser lançado na natureza (BRASIL, 2005, 2011).

Antes da descoberta das propriedades benéficas, o soro do leite era considerado um refugo do processamento de queijos, entretanto, com o avanço da tecnologia, constatou-se que

as proteínas possuíam um alto valor biológico, além de propriedades tecnológicas que poderiam ser empregadas na indústria de alimentos, podendo ser aplicadas para diversas finalidades. Algumas das propriedades do soro do leite podem ser descritas como a retenção de água, aeração, formação de espuma, emulsificação, potencialização de sabor e da cor e também pode auxiliar na melhora da textura, estabilização e dispersão em misturas secas ao mesmo tempo em que atua como agente antiaglutinante, ampliando a vida útil e conseqüentemente a qualidade de diversos alimentos, como iogurtes, queijos, sorvetes, bebidas, produtos de panificação, embutidos, chocolates e muitos outros preparados em pó (MILKPOINT, 2021).

O valor biológico das proteínas obtidas no soro é elevado quando comparado a alguns outros tipos de proteína, por apresentarem em sua composição alto conteúdo de aminoácidos essenciais, que são aqueles que nosso organismo não é capaz de sintetizar. Além disso, o soro contém mais aminoácidos com enxofre, tais como cisteína e metionina quando comparadas à caseína. Esses são aminoácidos sulfurados que apresentam importância pela sua capacidade de melhorar a função imunológica e seu estado antioxidante (BAUMAN *et al.*, 2006).

A proteína do leite bovino contém cerca de 80% de caseína e 20% de proteínas do soro. As proteínas do soro do leite apresentam uma estrutura globular contendo algumas ligações de dissulfeto, que conferem certo grau de estabilidade estrutural. As frações, ou peptídeos do soro, são constituídas de beta-lactoglobulina (BLG), alfa-lactoalbumina (ALA), albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (Ig's) e glicomacropéptídeos (GMP). Essas frações podem variar em tamanho, peso molecular e função, fornecendo às proteínas do soro características especiais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017a).

A beta-lactoglobulina (BLG) é o maior peptídeo do soro (45,0%-57,0%). É o peptídeo que apresenta o maior teor de aminoácidos de cadeia ramificada, sendo eles leucina, valina e isoleucina. A lactoalbumina (ALA) é o segundo maior peptídeo do soro bovino, representando de 15% a 25% da fração proteica do soro. Essa é de fácil e rápida digestão, contendo o maior teor de triptofano entre todas as fontes alimentares, sendo também rica em lisina, leucina, treonina e cistina. Possui capacidade de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco, aumentando a absorção (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

A albumina do soro bovino (BSA) representa cerca de 10% das proteínas do soro e é rica em cistina, precursora da glutatona, importante agente antioxidante. O glicomacropéptídeos (GMP) é um composto bioativo do soro que está relacionado com a melhora da absorção de minerais além do aumento de resposta imunológica, assim como as imunoglobulinas (Ig's) que também tem como função sua atividade antioxidante. As subfrações das proteínas do soro são assimiladas como lactoferrina, lisozima e lactoperoxidase. Estas

fornecem propriedades antimicrobianas e ações imunomoduladoras (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

As proteínas do soro apresentam quase todos os aminoácidos essenciais em concentrações acima das recomendações nutricionais de consumo, com exceção dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) que, embora não estejam presentes em excesso, atendem às recomendações para todas as idades (SGARBIERI, 2004).

A qualidade ou balanço nutricional de uma proteína alimentar, além de depender do tipo e da quantidade de aminoácidos essenciais, depende da sua digestibilidade, que representa a medida da eficácia com que pode ser utilizada pelo organismo. Portanto, além da concentração de aminoácidos, devemos ter em consideração a sua digestibilidade biológica. As proteínas do soro apresentam elevada qualidade proteica quando comparada a outras proteínas (YADA, 2017).

Em razão do elevado custo de transporte rodoviário e à susceptibilidade à deterioração microbiana durante o armazenamento, o soro do leite fresco fluido pasteurizado é esporadicamente utilizado em alimentos. A solução encontrada para esse problema é utilizar o soro que foi previamente concentrado por evaporação, osmose reversa ou ultrafiltração para produtos condensados ou desidratados por secagem (SANTIN, 2020).

2.2 Alimentos funcionais

O padrão da saúde e nutrição mudou drasticamente no último século. Entende-se que além de oferecer os nutrientes básicos de que precisamos, os alimentos devem ser vistos como uma ferramenta para potencializar o bem-estar (GRANATO *et al.*, 2010). A média da expectativa de vida nos países desenvolvidos e em desenvolvimento vem em uma crescente, o que ocasiona uma elevação nas despesas médicas e gastos com medicamentos. Com isso, ocorre uma busca incessante por uma alimentação saudável, aumentando a demanda por alimentos que promovam a saúde e o bem-estar, como por exemplo aqueles que apresentam propriedades funcionais e que auxiliarão em um envelhecimento sadio, postergando assim a utilização de produtos fármacos (OZER; KIRMACI, 2010).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não define alimento funcional, mas sim alegação de propriedade funcional, descrevendo que é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano (BRASIL, 1999c). Pode se dizer que essas alegações estão associadas com a presença de compostos como

os ácidos graxos (ômega 3), carotenoides, fibras alimentares, peptídeos bioativos, fitoesteróis, polióis, além dos micro-organismos probióticos (BRASIL, 2002).

Alimentos funcionais e nutracêuticos têm sido empregados como semelhantes, porém devemos observar as distinções entre eles. Alimentos funcionais devem estar em sua forma natural, devendo ser utilizados como parte da dieta e promover benefícios, tais como diminuição do risco de doenças e promoção da saúde física e mental. Nutracêuticos são substâncias encontradas nos alimentos, exercendo um impacto positivo sobre a saúde humana pela prevenção ou tratamento de doenças, podendo ser utilizadas como nutrientes isolados e como produto farmacêutico, através de suplementos dietéticos (KWAK; JUKES, 2001).

Com o crescente aumento da atenção do consumidor com uma alimentação mais saudável que além de nutrir promova uma melhora na saúde, ocorre a busca por alimentos com suas propriedades nutricionais intactas. Com isso, as indústrias devem se atentar para a inserção de novas tecnologias a fim de promover a máxima preservação dos nutrientes no alimento, já que um dos maiores desafios é que esse nutriente permaneça em quantidades apropriadas no produto até o fim de sua vida de prateleira (BERTÉ *et al.*, 2011).

No Brasil, a regulamentação dos alimentos funcionais é realizada pelo Ministério da Saúde, por meio da ANVISA, mediante as seguintes resoluções:

- Resolução da ANVISA/MS 16/99: Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e/ou Novos Ingredientes (BRASIL, 1999a).
- Resolução da ANVISA/MS 17/99: Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco de Segurança de Alimentos, que prova se o produto é seguro sob o ponto de risco à saúde ou não, sendo baseado em pesquisas e evidências científicas (BRASIL, 1999b).
- Resolução ANVISA/MS 18/99: Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para a Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e/ou Saúde, alegadas em rotulagem de alimentos (BRASIL, 1999c).
- Resolução ANVISA/MS 19/99: Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e/ou Saúde em sua Rotulagem (BRASIL, 1999d).

2.3 Tecnologias para o processamento de soro de leite

Existem basicamente três tipos de soros, sendo o soro considerado ideal aquele obtido através de filtração por membrana. O soro doce é obtido quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, devendo apresentar pH entre 6,0 (seis) e 6,8 (seis e oito décimos), e existe também o soro ácido, que acontece quando a coagulação se produz principalmente por acidificação, devendo apresentar pH inferior a 6,0 (seis) (BRASIL, 2020b).

Atualmente existem diversas tecnologias que podem ser utilizadas para o processamento do soro, porém, nas fases iniciais do processo, geralmente são utilizadas as mesmas etapas. Quando a massa do queijo é separada, a temperatura do soro permanece cerca de 35 °C a 38 °C e com nutrientes disponíveis para crescimento da cultura lática. Para interromper a conversão da lactose em ácido lático e a interrupção da ação do coalho é necessária a realização da pasteurização e em seguida o resfriamento para cerca de 6 °C (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017b).

O regulamento técnico para soro de leite e soro de leite ácido estabelece que o soro deve permanecer refrigerado a 7 °C caso não seja processado em até no máximo 6 horas, independentemente do tratamento térmico empregado. Caso seja concentrado $\leq 30\%$ sólidos totais pode ser armazenado por até 8 horas. O soro deve ser transportado em tanques isotérmicos com temperatura igual ou inferior a 10 °C, contudo, se possuir um teor de sólidos totais $\geq 30\%$, poderá ser conservado e transportado em outras temperaturas desde que não afete as características físico-químicas do produto. O tempo transcorrido entre a obtenção do soro até o início do processamento não poderá exceder 72 horas caso o soro seja refrigerado e 96 horas caso seja termizado, pasteurizado ou concentrado (BRASIL, 2020b).

O soro então deve ser submetido à centrifugação para promover a remoção dos resíduos de caseína e gorduras dispersas que não ficaram retidas na massa do queijo. Os traços de queijo serão removidos por uma clarificadora e a gordura através de uma separadora. A clarificação normalmente ocorre na mesma temperatura da separação do soro de leite, ou seja, na temperatura do tanque (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017b).

Os passos seguintes serão determinados pela composição e propriedades funcionais e nutricionais que serão almeçadas no final do processamento. Algumas das técnicas que podem ser utilizadas para produção de proteínas do soro do leite são as tecnologias de membrana, como: osmose reversa, ultrafiltração e microfiltração, podendo ocorrer também hidrólise enzimática, concentração e secagem por *spray drying* (BYLUND, 1995).

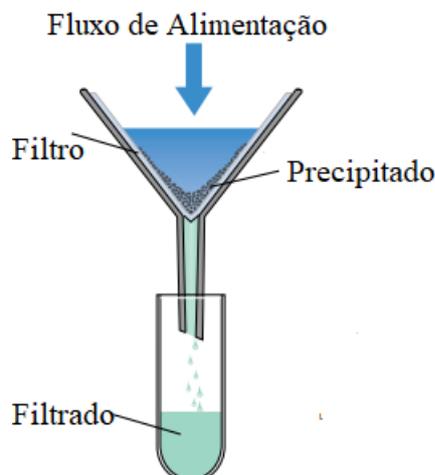
2.3.1 Tecnologias de membranas

Os processos de membrana são utilizados no processamento de alimentos há mais de 25 anos. Na tecnologia de leite e derivados, esses processos permitem a produção de uma infinidade de produtos comerciais, desde o simples leite fluido com vida útil estendida, queijos ultrafiltrados e até o isolamento de componentes lácteos, como caseínas (FAGNANI, 2016b).

Tecnologia de membrana pode ser designada como qualquer processo que envolva separação de componentes de um fluido através de uma membrana semipermeável. O fluido que consegue transpor a membrana é chamado de permeado, já o fluido que fica retido pela membrana recebe o nome de retentado. Esses fluidos podem ser representados conforme a Figura 1. Utilizando membranas com tamanhos de poros diferentes, torna-se possível separar ou concentrar seletivamente os componentes do soro. As forças que direcionam a passagem desse fluido podem ser de dois tipos: pressão ou potencial elétrico (FAGNANI, 2016b).

Esse processo acontece em baixas temperaturas, o que ajuda a preservar os nutrientes naturais do leite. Concentrados de caseína micelar e proteínas de soro de leite podem oferecer propriedades funcionais e de sabor únicas em várias aplicações alimentares. O desejo do consumidor por segurança, alimentos nutritivos e com rótulos limpos pode ser um potencial de crescimento para esses novos ingredientes (FAGNANI, 2016).

Figura 1 - Esquema de filtração de um composto por membranas.

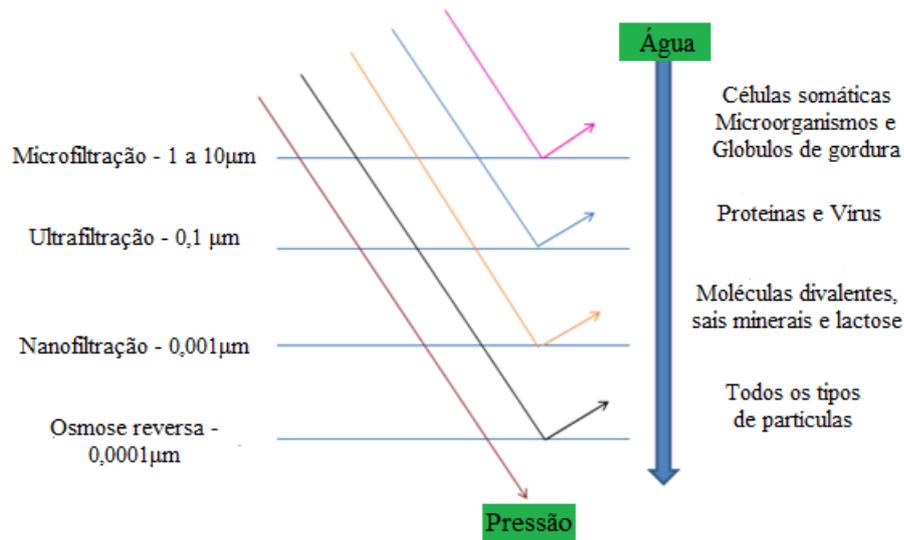


Fonte: Bylund (1995).

Os processos de separação por membranas podem ser classificados quanto ao tipo de membrana utilizada na separação conforme a Figura 2, quanto ao princípio de operação, aos fenômenos envolvidos ou com base na força motriz promotora da separação. O método que

utiliza maior pressão é o de osmose reversa, podendo variar de 15 a 150 bar; a nanofiltração vem em seguida, podendo atingir de 5 até 35 bar; já a ultrafiltração e a microfiltração são as que utilizam menor pressão para filtração, utilizando cerca de 5 e 2 bar de pressão, respectivamente (HABERT, 2006).

Figura 2 - Tamanho de membranas e seus respectivos filtrados.



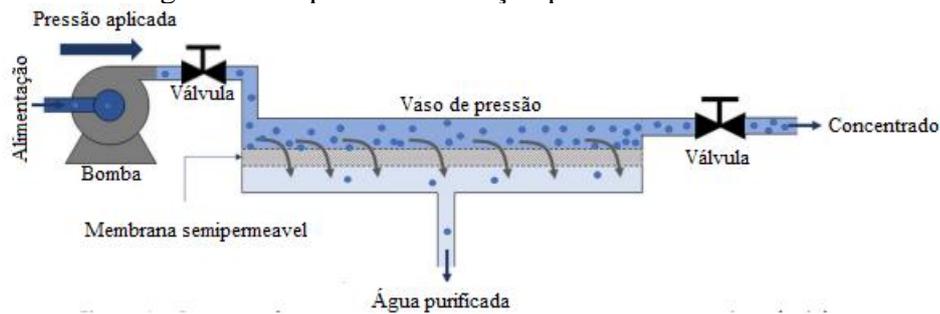
Fonte: Adaptado de Fagnani (2016b).

2.3.2 Osmose reversa

A década de 1960 marcou o início da tecnologia de membrana moderna, quando Loeb e Sourirajan inventaram a membrana de osmose reversa para dessalinização de água na Universidade da Califórnia em Los Angeles. Eles desenvolveram trabalhos em que abordaram a osmose reversa, a partir da pressurização da solução diretamente contra um filme plástico plano. Esses trabalhos levaram ao desenvolvimento da primeira membrana de acetado de celulose assimétrica, em 1960. Nos anos seguintes, um melhor entendimento do mecanismo de transporte foi importante para o desenvolvimento de membranas que exibiam melhores rendimentos de fluxo e rejeição de sais (MUNIEWEG *et al.*, 2018).

A indústria de laticínios adotou a tecnologia de membrana (FIGURA 3) na década de 1970 e, desde então, continua usando essa técnica para agregar valor aos componentes e ingredientes lácteos, avançando ainda mais na adaptação desse método para aplicação em novos produtos (CARTER *et al.*, 2021).

Figura 3 - Esquema de filtração por osmose reversa.



Fonte: Munieweg *et al.* (2018).

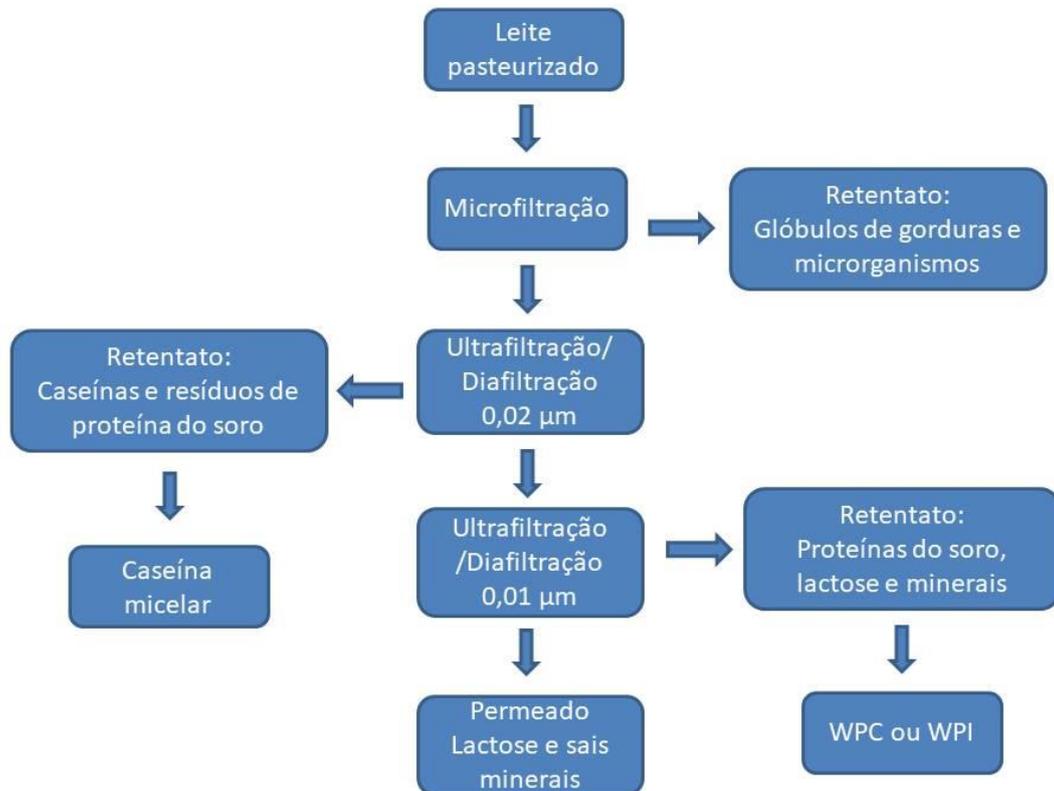
As técnicas de membrana também podem ser úteis às indústrias na redução do consumo de energia. Neste caso, o uso de osmose reversa em vez de evaporação a vácuo para a pré-concentração de soro permite uma grande economia de energia. O consumo de energia por tonelada de água removida através de membrana é de 9 kWh, já para a evaporação a vácuo o consumo está na faixa de 90 a 150 kWh (MILKPOINT, 2012).

As membranas de OR são utilizadas para o processamento de soro, mas cada vez menos encontradas no processamento de *wpc*, pois foram substituídas por membranas de nanofiltração, a fim de realizar simultaneamente concentração (até um teor de sólidos totais de 22% a 25%) e desmineralização parcial (remoção de 25% a 50% dos sais minerais, principalmente as espécies monovalentes). Além desse duplo efeito, o uso da nanofiltração leva a uma economia de energia comparada com osmose reversa, uma redução de efluentes e uma melhoria significativa da secagem de soro devido a uma melhor cristalização da lactose (MILKPOINT, 2012).

2.3.3 Microfiltração

A microfiltração ainda tem espaço para ser explorada na produção industrial, principalmente no setor de lácteos, em que pode ser utilizada na fabricação de queijos e na produção de caseína e *whey protein*. Essa técnica pode auxiliar na separação de proteínas do leite, em uma corrente de caseína e uma corrente de proteína no soro para a fabricação de ingredientes à base de leite, conforme se observa na Figura 4. O tamanho dos poros da membrana é selecionado para reter as grandes micelas de caseína, deixando passar as proteínas séricas menores. Esse processo é frequentemente combinado com uma etapa de lavagem (diafiltração), a fim de refinar ainda mais os fluxos do produto e melhorar o rendimento das proteínas séricas (CARTER *et al.*, 2021).

Figura 4 - Esquema de concentração de caseína micelar e *whey protein*.



Fonte: Adaptado de Carter *et al.* (2021).

A técnica de microfiltração emprega baixas pressões durante sua operação, com o máximo de 2 bar. Os poros da membrana variam de 0,2 a 5 micrômetros de diâmetro, são propícios para separar partículas entre 0,025 micrômetros e 10 micrômetros. Seu principal benefício está na capacidade em remover bactérias, esporos e células somáticas do fluido em questão, podendo ser leite ou soro.

Uma das principais desvantagens do tratamento por MF é a ocorrência da colmatagem da membrana (*fouling*) devido à deposição de partículas, matéria orgânica e micro-organismos na superfície e poros da membrana filtrante. A formação de torta está relacionada ao acúmulo de partículas presentes na superfície da membrana e precipitação química (MORAVIA; LANGE; AMARAL, 2011).

2.3.4 Ultrafiltração

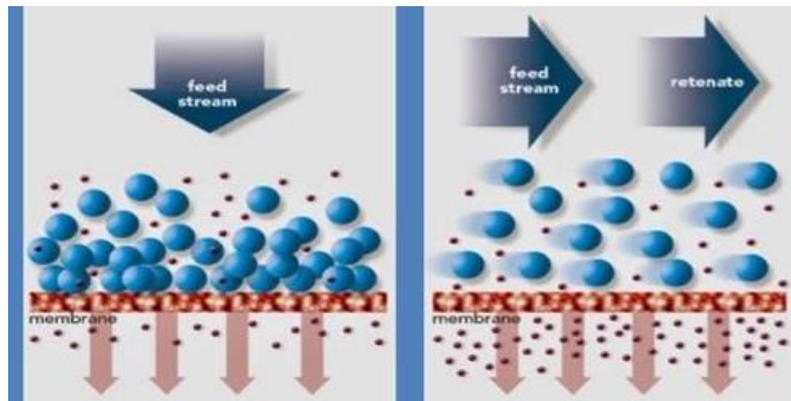
A ultrafiltração (UF) é um processo de membrana acionado por pressão que é amplamente utilizado para processamento de soro de leite. Esse é um atraente método alternativo, uma vez que não usa calor e, como consequência, não envolve uma mudança de

fase, o que torna o processo de concentração mais econômico. A UF é uma técnica de separação por membrana, normalmente utilizada para reter macromoléculas, e tem sido usada na indústria de laticínios na recuperação e fracionamento de componentes do leite, pois permite uma variação na razão de concentração entre o soro e seus componentes, devido à retenção de proteínas e permeação seletiva de lactose, minerais, água e compostos de baixa massa molar, podendo produzir concentrados de proteína de soro de leite de alto valor nutricional e funcional (POULIOT, 2008).

Grandes quantidades de a-lactoalbumina, albumina de soro bovino (BSA) e b-lactoglobulina no soro de leite limitam o uso de ultrafiltração na purificação de fluxos lácteos devido a suas tendências de incrustação. Os principais contribuintes de incrustação são as interações hidrofóbicas e iônicas, que ocorrem devido às interações das proteínas do soro com a superfície da membrana. Ocorrem também interações de proteínas de soro de leite com íons monovalentes e divalentes e interação de proteínas de soro de leite com grupos ativos na superfície da membrana, que também fazem uma contribuição significativa para limitação dessa técnica. Outros fatores, como pH, temperatura, composição da solução de alimentação, e os parâmetros operacionais também influenciam (BÁGUENA; BLANCO; VELA, 2018).

Existem dois tipos de sistemas, conforme a Figura 5. O primeiro é o sistema *dead end*, em que o fluido passa pela membrana em apenas uma direção. Nesse tipo de sistema, entupimentos de membranas são mais frequentes. O segundo é o sistema tangencial ou *cross flow*, no qual existem duas direções de correntes passando pela membrana: uma que flui paralela à membrana arrastando os sólidos retidos, e a outra, purificada, que passa através dela. Nesse caso, o fluxo paralelo ajuda a remover partículas que poderiam entupir os poros da membrana (FAGNANI, 2016).

Figura 5 - Métodos de separação por membrana *dead end* e *cross flow*.



Fonte: Fagnani (2016).

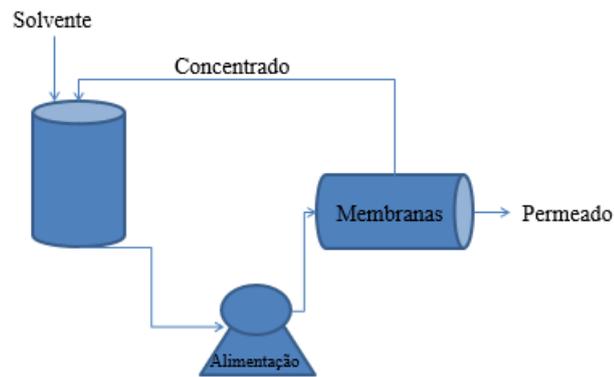
2.3.5 Nanofiltração

A nanofiltração é um processo de filtração com estrutura de membrana relativamente aberta, permitindo, em particular, que pequenos íons monovalentes, tais como sódio e cloretos, passem através da membrana. O processo utiliza pressão em torno de 20 a 30 bar, inferior a que é aplicada em uma planta de osmose reversa. Essa técnica garante que a maior parte dos sais e o mínimo possível da lactose passem através da membrana. A remoção simultânea de água e íons monovalentes sem a perda de importantes componentes orgânicos, como lactose e proteínas, torna a nanofiltração uma ferramenta importante para um processo combinado de concentração e desmineralização. É um processo importante para a produção do leite microfiltrado e do soro ideal, considerado um coproduto de alto valor agregado por não ter “contaminantes” adicionados no processo (CARVALHO *et al.*, 2020).

2.3.6 Diafiltração

A diafiltração trata de uma técnica que purifica a solução desejada através da inserção de um solvente puro ou uma solução tampão na solução a ser processada, com quantidade equivalente ao total do permeado que sai do sistema (FIGURA 6). O componente concentrado anteriormente poderá então ser filtrado novamente removendo impurezas de menores dimensões que ainda permaneceram no filtrado. O método de diafiltração permite obter produtos extremamente concentrados como o isolado proteico do soro do leite com cerca de 90% de proteínas e quantidades mínimas de lactose e sais minerais (YEE; WILLEY; BAO, 2007).

Figura 6 - Esquema de um sistema de Diafiltração.



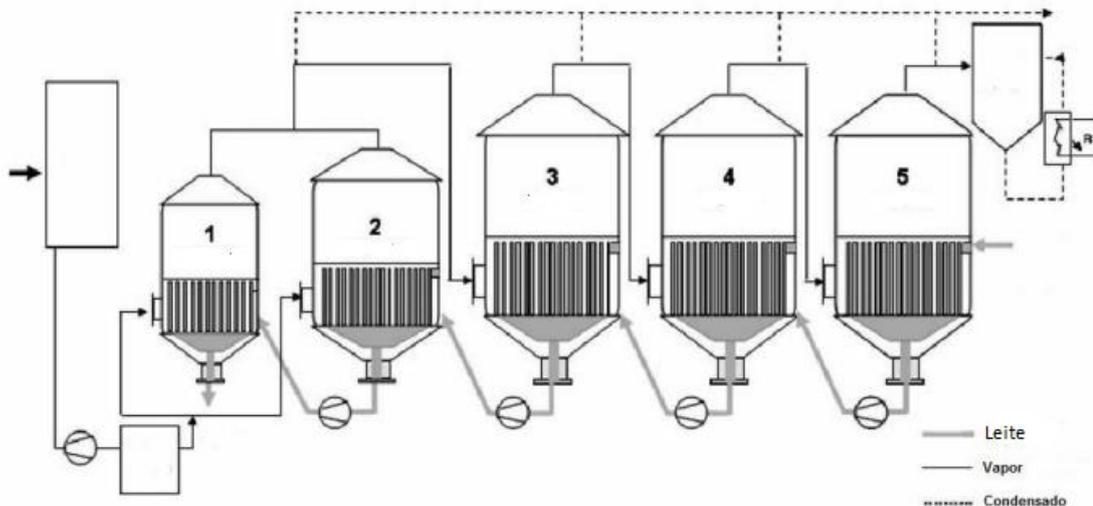
Fonte: Do autor (2021).

2.3.7 Evaporação a vácuo

Para uma melhor secagem do soro em *spray dryer* é necessária uma concentração prévia do líquido. Visando diminuir os danos às proteínas séricas, utiliza-se um evaporador a vácuo (FIGURA 7). Este equipamento tem como vantagem retirar a água do soro com temperaturas mais baixas (40 °C a 75 °C) devido ao emprego de pressões abaixo da atmosférica. Com essa técnica é possível atingir um teor de sólidos totais de 50% a 60% $m \cdot m^{-1}$ no produto final com uma economia energética por quilograma de água evaporada de até 20 vezes quando confrontado à retirada de água pelo processo de *spray drying* (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Para a transformação do soro líquido em pó é primordial obter um produto concentrado com elevado teor de sólidos lácteos (acima de 55%). Isso influenciará diretamente em dois aspectos: diminuição de gastos energéticos na câmara de secagem e viscosidade ideal para que as partículas do pó secas sejam de espessura ideal, reduzindo assim a perda de rendimento e risco de queima do pó (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Figura 7 - Esquema de um sistema de concentração a vácuo de múltiplo efeito.



Fonte: Adaptado de Miranda e Simpson (2005).

2.3.8 Spray Drying

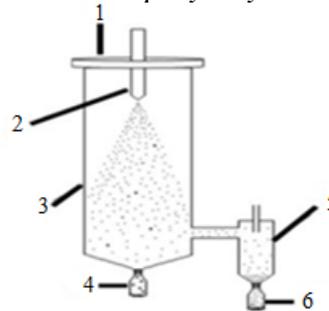
A secagem por atomização, também denominada como *spray drying*, é usualmente utilizada há décadas, com descrições que datam de 1860 e oficialização da primeira patente no ano de 1872. A utilização da técnica *spray drying* possui custo relativamente baixo, o que possibilita sua aplicação na indústria. Esse processo de secagem cada vez mais se difunde dentro da indústria de alimentos, por ser um processo rápido, contínuo, econômico e por não expor o produto a elevados binômios de tempo e temperatura, diminuindo dessa forma as perdas nutricionais nos alimentos. As características do produto são influenciadas por uma série de variáveis que devem ser controladas, como o *design* do equipamento, os parâmetros do processo e o líquido de alimentação utilizado. Estudos demonstraram que em condições controladas, essa técnica é eficaz para diversos tipos de alimentos (ENGEL *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2014).

Dentre as diversas tecnologias que vêm sendo utilizadas na indústria de alimentos, a técnica de secagem em *spray dryer* é amplamente utilizada. Essa técnica é eficaz na conservação de compostos bioativos. Podemos dizer que, apesar do custo relativamente alto do equipamento, a operacionalização é relativamente inferior se comparada a outros tipos de técnicas e é altamente reprodutível. A secagem em *spray dryer* (FIGURA 8) compreende-se na pulverização de uma emulsão, suspensão ou espuma, em uma seção que possui um fluxo de ar quente. Dessa forma, a ligeira evaporação da água possibilita a secagem de produtos sensíveis ao calor, sem atingir demasiadamente a sua qualidade. Os produtos em pó obtidos a partir da secagem podem ser empregados como corantes naturais em alimentos, utilizados como

suplementos alimentares para crianças e atletas, assim como na obtenção de cápsulas, já que essa técnica possibilita menor custo de produção em relação as que já existem no mercado, como no caso da liofilização (O'RIORDAN *et al.*, 2001; TONON; BRABET; HUBINGER, 2013; VOS *et al.*, 2010).

Figura 8 - Esquema de um sistema de *Spray Dryer*.

- 1 = Ar Aquecido
- 2 = Bico Atomizador
- 3 = Câmara de Secagem
- 4 = Pó Grosso
- 5 = Separador
- 6 = Pó fino



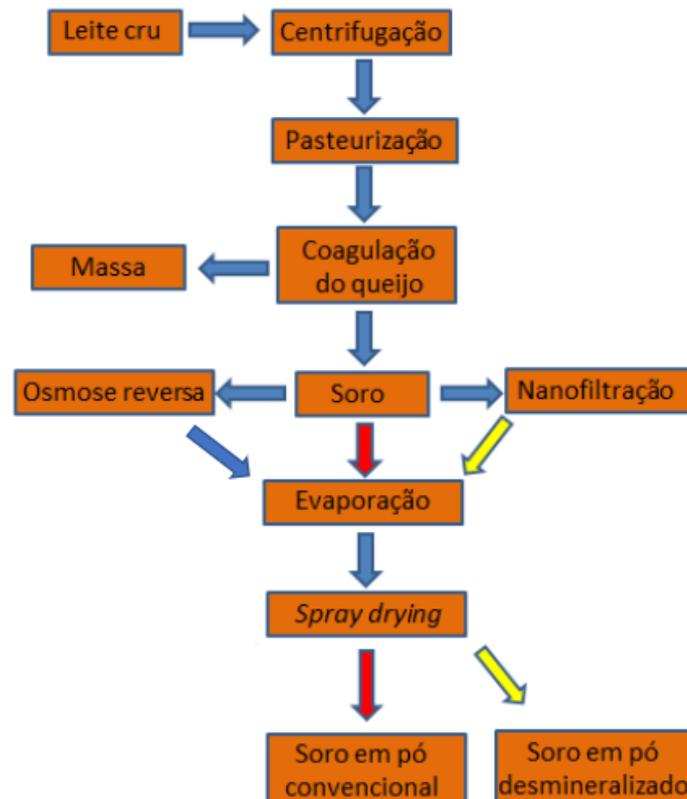
Fonte: Labmaq do Brasil (2003).

Embora a secagem em *spray dryer* utilize um equipamento de alto custo e com elevado requerimento de energia, a técnica permite obtenção de partículas de alta qualidade, de tamanho uniforme e forma esférica, possibilidade de secar produtos à pressão atmosférica, facilidade de produzir grandes volumes em operação, além de ampla aplicabilidade e flexibilidade, por permitir o processamento de diversos tipos de materiais com rapidez e baixa umidade. É importante salientar que o tempo de exposição das partículas ao ar quente é curto e por isso ocorre a evaporação rápida da água e fazendo com que a temperatura do núcleo fique em torno de 40 °C (FANG; BHANDARI, 2012).

2.4 Diferenças entre a produção de soro em pó e a produção de *whey protein* concentrado e isolado

A legislação brasileira não estabelece padrão de identidade e qualidade para o *whey protein* concentrado (WPC), apenas para o soro em pó. A legislação define que o soro pode ser processado com três tipos distintos: soro de leite em pó parcialmente desmineralizado, soro de leite em pó desmineralizado e soro de leite em pó parcialmente deslactosado (BRASIL, 2020b). A produção desses produtos ocorre conforme a Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma de produção de soro em pó.



Fonte: Adaptado de Perrone *et al.* (2016).

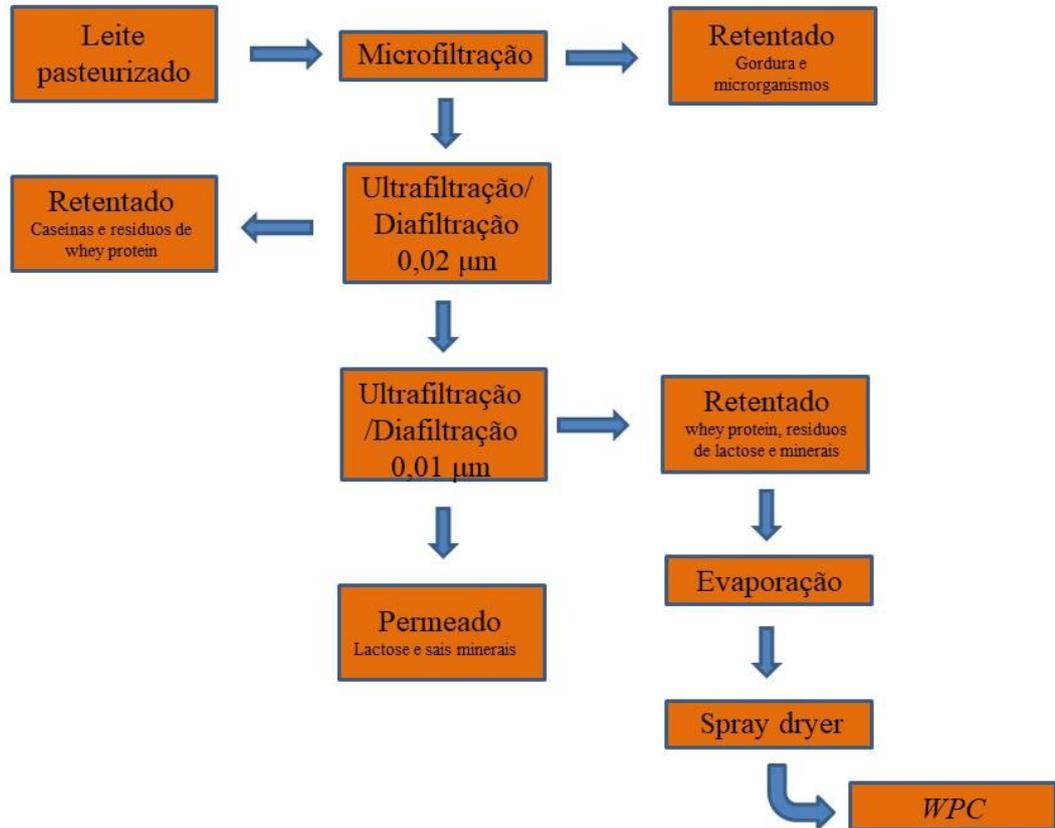
Ambos os processos de concentração e secagem de soro (WPC e soro em pó) possuem características semelhantes, a diferença está no conteúdo final de proteína, lactose e sais minerais. Para produção de *wpc*, a lactose é removida no processo de ultrafiltração (FIGURA 10), já no processamento de soro em pó a lactose permanece no filtrado depois do processo de osmose reversa ou nanofiltração e será atomizada junto às proteínas do soro (CARTER *et al.*, 2021).

A cristalização é um processo que ocorre quando uma solução está com lactose na forma supersaturada. Esse processo ocorre devido à formação de cristais através de um núcleo primário. O processo de secagem de soro com elevado teor de lactose e sem cristalização pode implicar na formação de lactose no estado gomoso. Este estado pode acarretar problemas como adesão do pó nas paredes do equipamento, aglomeração das partículas ou posterior cristalização durante a vida de prateleira do produto, com o aumento da temperatura ou principalmente da umidade. No intuito de aumentar o prazo de conservação do soro em pó, por exemplo, deve-se realizar a cristalização nesse tipo de produto (CARVALHO *et al.*, 2020).

Para o WPC, objeto deste estudo, não é necessária a realização dessa etapa, uma vez que grande parte da lactose é removida durante o processo de ultrafiltração, garantindo assim que

essa não atinja grau de supersaturação suficiente para promover a cristalização da lactose (PERRONE *et al.*, 2016).

Figura 10 - Fluxograma de produção de *whey protein* concentrado.



Fonte: Adaptado de Carter *et al.* (2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais e materiais de experimentação

O experimento foi realizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Para a realização do experimento foram adquiridas oito marcas diferentes de *whey protein*, sendo quatro nacionais e quatro importadas. As análises foram realizadas no laboratório de produtos lácteos e no laboratório de secagem de alimentos, ambos do departamento de Ciência dos Alimentos (UFLA) e no laboratório de Ciência do Solo do Departamento de Biologia (UFLA).

3.2 Aplicação do questionário

Para observarmos a percepção de consumo do suplemento *whey protein* aplicamos um questionário elaborado através da plataforma *Google Forms*. O questionário constituiu-se de 16 perguntas, conforme Tabela 1, foi respondido *online* e visou obter maiores informações sobre o conhecimento teórico da população e os fatores que interferem na compra.

Tabela 1 - Perguntas do questionário aplicado sobre o consumo de *whey protein*.

Nº de Perguntas	Questionário
1	Qual o seu gênero?
2	Qual a sua idade?
3	Qual a sua frequência de consumo do <i>whey protein</i> ?
4	Qual o seu objetivo com o consumo de <i>whey protein</i> ?
5	Você sabia que o <i>whey protein</i> possui outros benefícios além de auxiliar na construção muscular?
6	Você pratica exercícios físicos?
7	Consumiria <i>whey protein</i> sem realizar exercícios físicos?
8	Quem indicou a suplementação?
9	Tem conhecimento sobre a SUA ingestão diária em gramas de proteínas na alimentação? (excluindo suplementos)
10	Você sabia que proteína em excesso é prejudicial à saúde?
11	O que você considera na hora de comprar o suplemento?
12	Você observa a relação entre a quantidade de gramas por dose e a quantidade de proteínas por dose?
13	Possui preferência por marcas importadas?
14	A quantidade de carboidratos presentes no suplemento é um fator determinante para a sua compra?
15	Você sabe a diferença entre os termos: Concentrado, Isolado e Hidrolisado referentes ao <i>whey protein</i> ?
16	Houve variação no seu consumo de <i>whey protein</i> durante a pandemia?

Fonte: Do autor (2021).

3.3 Delineamento experimental

Foram adquiridas 8 diferentes marcas do suplemento alimentar *whey protein* nacionais e importadas, conforme a Tabela 2. As marcas foram submetidas a análises físico-químicas para identificar possíveis diferenças entre elas, avaliar se o que constava da tabela nutricional do

produto estava em conformidade com o que estabelece a Agência Nacional de Vigilância Sanitária e avaliar o preço da proteína por grama de produto.

Tabela 2 - Delineamento experimental das amostras adquiridas para análises.

Marcas	Origem	Custo	Massa (g)
A	Importada	R\$ 279,90	907
B	Importada	R\$ 150,00	900
C	Importada	R\$ 80,00	837
D	Importada	R\$ 224,20	1000
E	Nacional	R\$ 97,90	900
F	Nacional	R\$ 90,00	900
G	Nacional	R\$ 89,90	1000
H	Nacional	R\$ 130,00	900

Fonte: Do autor (2021).

3.4 Caracterização físico-química

Para a determinação das variáveis físico-químicas, foram realizadas as análises de proteínas totais, umidade, atividade de água (A_w), resíduo mineral fixo (cinzas), carboidratos totais por diferença, lipídeos totais, pH e acidez total titulável, higroscopia e molhabilidade, conforme *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado e os dados das variáveis que atenderam aos pressupostos da ANOVA foram submetidos à análise de variância seguido do Teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis que não atenderam aos pressupostos da ANOVA, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do *post hoc* de Dunn com ajuste de Bonferroni. Em ambos os testes foram utilizadas letras para identificar na figura as amostras com diferença ($p < 0,5$). Os dados, bem como as figuras, foram analisados e elaboradas utilizando o *software R Core Team* (2020), sendo que para a ANOVA foi utilizado o pacote ‘ExpDes.pt’ (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018) e para a análise de Kruskal-Wallis foram usados os pacotes ‘dplyr’ (HADLEY *et al.*, 2021) e ‘rstatix’ (KASSAMBARA, 2020).

3.5 Comparação com o rótulo

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, através da Resolução da Diretoria nº 2.586, de 25 de julho de 2013, é admitida uma tolerância de mais ou menos 20% com relação aos valores de nutrientes declarados no rótulo (BRASIL, 2013), com isso os rótulos das oito marcas foram correlacionados com os resultados encontrados nas análises físico-químicas para observar se os produtos atendiam aos requisitos mínimos exigidos.

3.6 Cálculo do custo por grama de proteína

Para avaliar o melhor custo-benefício procedemos aos cálculos correlacionando o valor do produto adquirido com o teor proteico encontrado na amostra, utilizando as equações 1 e 2:

$$\text{Total de proteínas por pacote} = \frac{\text{Gramas de proteínas por dose} \times \text{Peso total do pacote (g)}}{\text{Gramas da porção por dose}} \quad (1)$$

$$\text{Valor do grama de proteína} = \frac{\text{Valor do produto}}{\text{Total de proteínas por pacote}} \quad (2)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percepção do consumidor em relação ao *wpc*

A pesquisa para avaliar o conhecimento das propriedades do *wpc* foi realizada com 155 participantes, sendo 51,1% mulheres e 43,9% homens. A idade dos participantes foi avaliada conforme a Figura 10.

Figura 10 - Idades dos participantes que responderam a pesquisa.



Fonte: Do autor (2021).

A pesquisa foi direcionada às pessoas que consomem o suplemento, tendo sido excluídos aqueles que não possuem o hábito recorrente ou que nunca consumiram esse tipo de produto. Acreditamos que o consumo de *whey* pelo público jovem foi maior devido ao *marketing* das marcas de suplemento que cresce cada vez mais, principalmente nas redes sociais de empresas nacionais. Deve-se levar em consideração também o grau de atividade física praticada por esse público. Os canais na *internet* dessas empresas possuem milhões de visualizações, principalmente de jovens que se inspiram nos atletas e consomem o suplemento em busca de um físico próximo ao atlético (ABIAD, 2020).

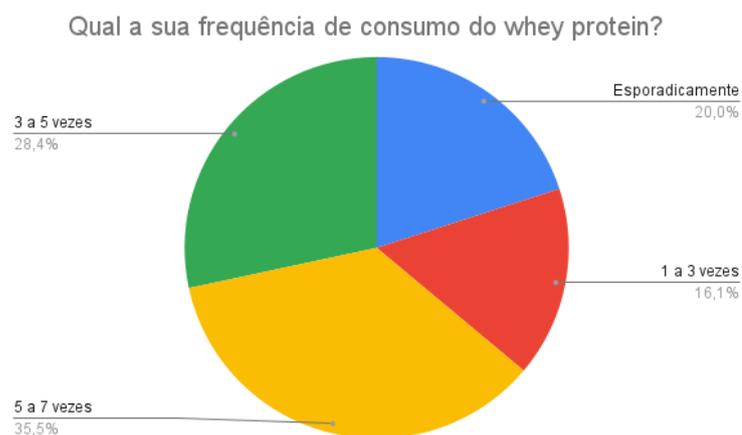
Entretanto, entendemos que essas indústrias devem buscar também atingir o público idoso, já que o suplemento é muito importante nessa idade, uma vez que a mastigação e a digestão já podem estar comprometidas e conseqüentemente o consumo de proteínas por ingestão de produtos cárneos diminui. O *whey protein* é uma alternativa por ser de fácil digestão e excelente absorção. Dietas com proteínas do soro para pessoas que atingiram a maior idade ajudam no aumento da ingestão diária proteica, auxiliando assim no restabelecimento do

sistema imunológico, além de conferir uma carga maior de antioxidante, através do estímulo da produção de glutathione (SOORO, 2016).

As proteínas do soro contribuem para a desaceleração das perdas musculares, seja pelo estímulo anabólico ou pelo equilíbrio catabólico proteico, diminuindo assim a sarcopenia em idosos, que é caracterizada como a perda de massa magra associada à perda progressiva de força. O suplemento também é fonte de fosfato de cálcio, indispensável para a matriz óssea em pessoas com idades propensas, principalmente após os 40 anos (SOORO, 2016).

A frequência do consumo desses suplementos também foi analisada, conforme a Figura 11. Podemos observar que o consumo é bem variado e isso se deve ao fato de que cada pessoa pode possuir uma alimentação distinta da outra, necessitando de um aporte suplementar proteico maior ou menor. A carga de ingestão diária ou semanal do concentrado proteico deverá ser prescrita por um profissional, podendo ser um médico ou nutricionista. Em relação às respostas dos participantes deste estudo, podemos observar que a suplementação pode ocorrer todos os dias da semana como forma de atingir a carga proteica diária, pode ser consumida apenas em dias que o indivíduo não consiga consumir a quantidade de proteínas estipulada através da alimentação ou ser empregada para variar refeições apenas em alguns dias da semana.

Figura 11 - Frequência de consumo de *whey protein* por semana.



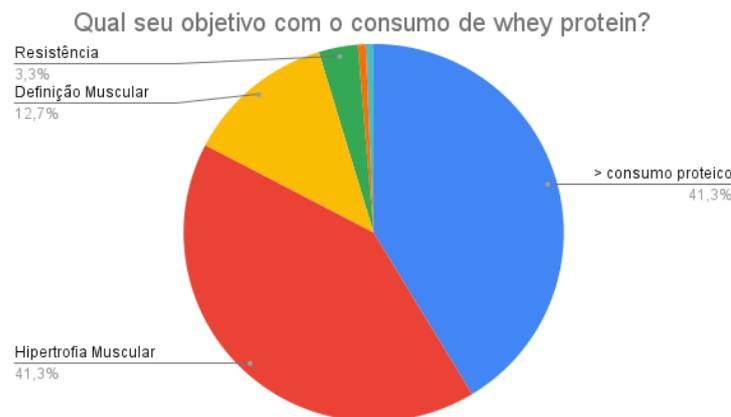
Fonte: Do autor (2021).

O suplemento alimentar pode ser utilizado para diversas finalidades. Conforme a pesquisa, 41,3% das pessoas disseram consumi-lo para auxílio na hipertrofia muscular (FIGURA 12). Esse contém grandes quantidades de aminoácidos de cadeia ramificada que intensificam o ganho de massa magra, pois atuam como fonte de energia muscular durante o

estresse metabólico, estimulando, portanto, a síntese proteica, reduzindo o catabolismo proteico muscular (FOOD INGREDIENTES BRASIL, 2014).

Outros 41,3% disseram consumir o produto como forma de aumentar a ingestão de proteína diária, seguido por 12,7% que buscam definição muscular e 3,3% que almejam um aumento da resistência. O produto pode ser utilizado para diminuir o consumo de proteínas de outras origens, mantendo o consumo proteico normal, já que outras fontes podem conter uma quantidade maior de gorduras e carboidratos e um custo mais elevado quando comparado a uma dose de soro concentrado em pó, tornando o suplemento uma ótima opção para quem busca redução de peso corporal. Estudos também demonstram que as proteínas do soro favorecem o processo de lipólise por mecanismos associados ao cálcio e na atuação deste sobre os hormônios responsáveis pela lipogênese. Outro benefício citado é o aumento da resistência, proporcionando melhoria física e aumento de calorias gastas durante o exercício (SOORO, 2016).

Figura 12 - Objetivo do consumo do suplemento alimentar.



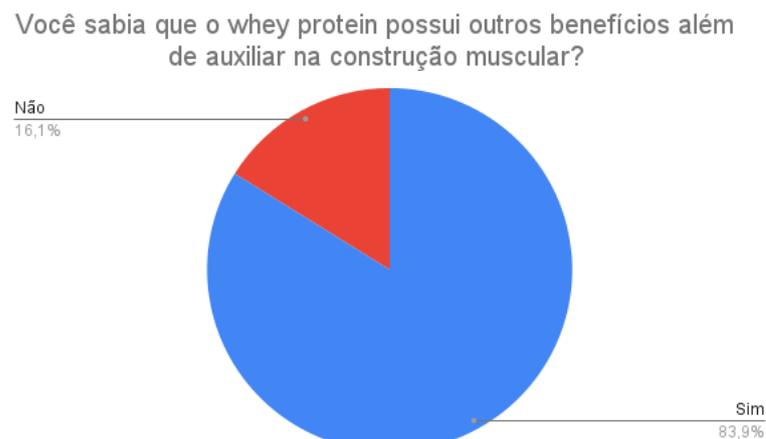
Fonte: Do autor (2021).

Apesar de suplementos proteicos derivados do soro do leite serem descritos na maioria das vezes como excelentes para o aumento e a definição de massa muscular, eles possuem outros benefícios. Os consumidores cada vez mais se interessam e buscam saber sobre os efeitos secundários, visto que 83,9% sabiam desses outros benefícios (FIGURA 13). Uma das propriedades funcionais fisiológicas mais estudadas e importantes das proteínas do soro de leite se relaciona com o seu poder imunomodulador. As imunoglobulinas do leite permanecem quase que integralmente no soro e continuam a desempenhar função importante, não somente no sistema gastrointestinal, mas sistemicamente em todo o organismo (SGARBIERI, 2004).

As proteínas presentes no soro podem exercer atividade antimicrobiana e antiviral. As lactoferrinas, por exemplo, podem sequestrar o ferro no ambiente, evitando a multiplicação dos microrganismos. A lactoperoxidase, por sua vez, é uma enzima que ocorre naturalmente no leite e, em combinação com o íon tiocianato e o peróxido de hidrogênio, forma o sistema lactoperoxidase, gerando íons hipotiocianato, cujo composto apresenta ação antibacteriana (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017b; SGARBIERI, 2004).

Existem aminoácidos específicos do soro do leite que têm uma grande influência no sistema imune. A cisteína está envolvida na produção intracelular de glutathiona, encontrada em altos níveis na proteína do soro do leite. Constituída de ácido glutâmico, cisteína e glicina, é parte central do sistema de defesa antioxidante do corpo, protege as células contra os danos dos radicais livres. A glutamina é um aminoácido não essencial presente no soro do leite que é importante para reparar tecidos musculares, além de servir como principal substrato para as células de defesa do organismo (SANTIN, 2010).

Figura 13 - Conhecimento dos participantes em relação aos benefícios do produto.



Fonte: Do autor (2021).

Ainda que o suplemento possa ser consumido sem a prática de atividade física, a atividade física é uma importante aliada na melhoria da saúde. Mais de 90% dos participantes relataram praticar exercícios físicos regularmente (FIGURA 14). A prática regular é capaz de melhorar o fluxo sanguíneo, gerar um fortalecimento do sistema imunológico, reduzir o peso corporal, diminuir o risco de doenças cardíacas e diabetes, além de fortalecer os ossos. O *wpc* é um importante aliado, pois quando consumido antes ou depois pode potencializar todos os benéficos citados anteriormente (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

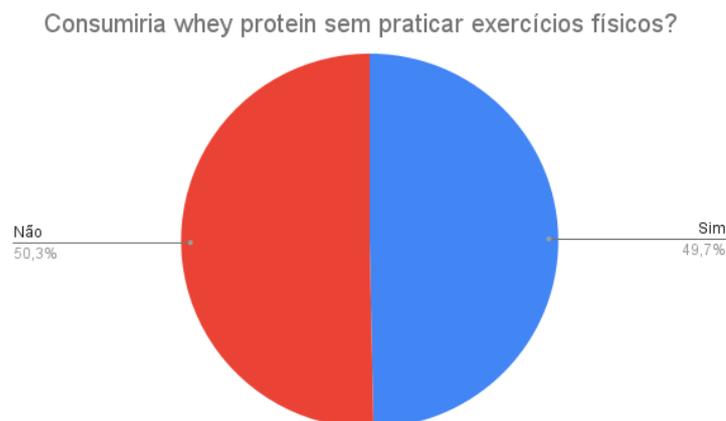
Figura 14 - Percentual de praticantes de atividade física.



Fonte: Do autor (2021).

A prática de exercícios físicos e o consumo de suplementos são uma relação direta para cerca de 50% dos indivíduos que colaboraram com este projeto (FIGURA 15). Conforme já citado, o complemento alimentar pode gerar benefícios mesmo sem a prática da atividade física, pois suas ações vão além do ganho de massa muscular e definição. Consumir o suplemento em períodos em que prática do exercício não é realizada pode ajudar na manutenção da massa magra e óssea, na melhoria do bem-estar e disposição e reestabelecimento da saúde cardiovascular (SANTIN, 2010).

Figura 15 - Relação de consumo proteico e exercícios físicos.



Fonte: Do autor (2021).

O uso de suplementos alimentares está cada vez mais popularizado por praticantes e não praticantes de atividade física. O Conselho Federal de Nutricionistas alega que apenas médicos e nutricionistas podem realizar a prescrição desses compostos. Como podemos observar

(FIGURA 16), 51,9% das pessoas consomem esse produto com acompanhamento, o que é importante para avaliar as doses que o paciente necessita (BRASIL, 2020c).

Entretanto, a expansão do uso da internet no Brasil, possibilitou às pessoas pesquisarem em diversos meios de comunicação sobre os benefícios desses compostos. As empresas nacionais possuem cada vez mais, forte divulgação em *marketing* nas redes sociais, conseguindo cada vez mais atrair a atenção das pessoas para esse tipo de produto, principalmente com vídeos, visto que os conteúdos produzidos por essas empresas alcançam milhões de pessoas, em grande parte consumindo por conta própria (ABIAD, 2020).

Figura 16 - Recomendação de uso de suplemento alimentar.



Fonte: Do autor (2021).

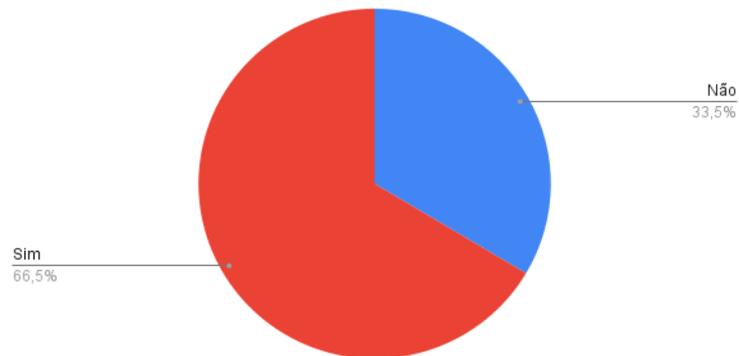
O conhecimento da ingestão diária de proteína é extremamente importante. Podemos inferir que cerca de um terço das pessoas não sabe o quanto de proteína ingere por dia (FIGURA 17). Para a utilização de suplementos é necessário que haja carência do macronutriente, caso o consumo diário em longo prazo seja extrapolado é possível desenvolver problemas crônicos com o uso e, além disso, o excesso de proteína será eliminado e não será absorvido pelo organismo. O alto consumo de proteínas tem sido recomendado por alguns autores como estratégia a ser utilizada no tratamento da obesidade e na melhora da resistência insulínica. No entanto, tal medida não deve ser adotada sem que sejam consideradas as possíveis consequências cardiovasculares e renais associadas a esse maior consumo proteico (NUTTALL; GANNON, 2004).

Estudos observam que a quantidade de proteína recomendada para hipertrofia muscular não deve ultrapassar a 1,8 g/kg/dia, pois uma ingestão superior a essa não provoca uma maior hipertrofia muscular e não tem a possibilidade de apresentar algum benefício aos praticantes de

exercícios físicos. Deve-se, então, aumentar outros macronutrientes para fornecer energia para o corpo, como por exemplo os carboidratos, deixando a proteína apenas para a síntese proteica e realizações de funções metabólicas (FLORES FILHO; RITTER; GARCEZ, 2013).

Figura 17 - Conhecimento sobre a ingestão proteica.

Tem conhecimento sobre a SUA ingestão diária em gramas de proteínas? (excluindo suplementos)

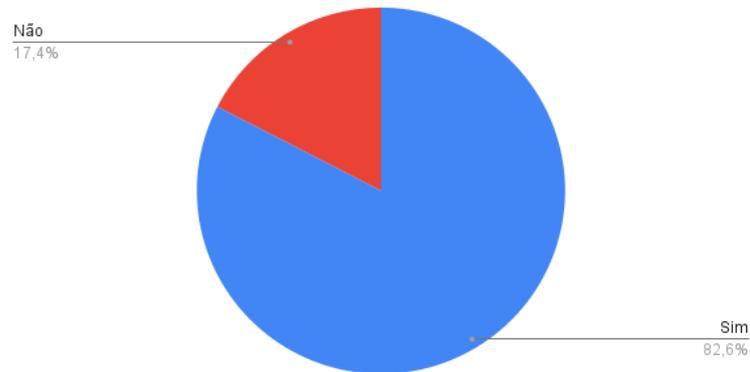


Fonte: Do autor (2021).

As proteínas, quando ingeridas em quantidades corretas, trazem diversos benefícios para a saúde, porém o consumo excessivo pode acarretar problemas para o organismo. Segundo avaliação, 82,6% dos participantes responderam que possuem conhecimento sobre esse problema (FIGURA 18). Uma elevada carga proteica pode ser prejudicial em longo prazo, causando um efeito crônico, podendo afetar o metabolismo hepático e renal, já que muitos subprodutos do metabolismo proteico têm sua síntese e excreção nesses órgãos. A maioria das pessoas que desenvolve esses sintomas de excesso de proteínas, geralmente, apresentam uma predisposição genética, algum problema de saúde ou usou suplementos de forma inadequada (NEIVA; DANIEL, 2010).

Figura 18 - Relação de consumo proteico e saúde.

Você sabia que proteína em excesso é prejudicial à saúde?



Fonte: Do autor (2021).

Diversos fatores devem ser considerados na hora de adquirir um suplemento. Atualmente existem diversas marcas no mercado, dentre elas nacionais e internacionais, com valores muito altos e com uma variedade extremamente distinta de sabores. Além disso, as marcas trazem quantidade de proteínas por dose diferentes, com isso os consumidores devem avaliar qual quesito deve ser priorizado na hora da compra (CARRILLO *et al.*, 2013).

Segundo os dados obtidos (FIGURA 19), 48,7% dos consumidores disseram priorizar a quantidade de proteínas contidas em uma dose do produto. Algumas empresas colocam doses com porções maiores no intuito de passar a impressão que o produto possui mais proteínas e, por isso, o consumidor deve realmente se atentar a essa manobra comercial. Dentre os que citaram que consideram a marca, estão 22,6% dos consumidores. A confiança em uma marca é fator primordial para intenção de compra dos consumidores, marcas que são aprovadas em testes costumam ganhar a confiança do consumidor e com isso ter recorrência de vendas. Já o preço e o sabor corresponderam respectivamente a 17,4% e 11,6%, elementos importantes, pois caso o consumidor não goste do sabor ou não possa adquirir o suplemento sempre por um alto valor ele não irá voltar a consumir (CARRILLO *et al.*, 2013).

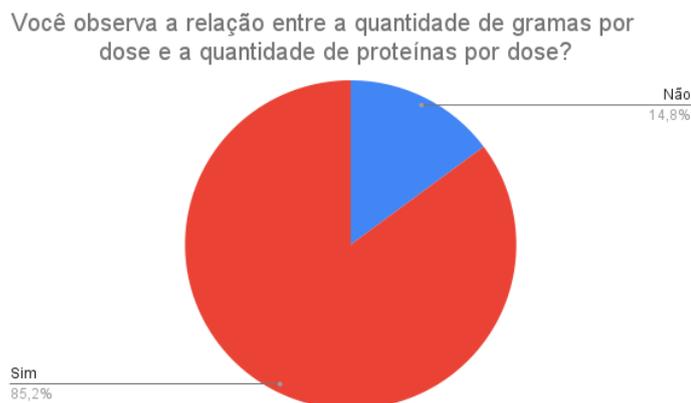
Figura 19 - Influência na decisão de compra do consumidor.



Fonte: Do autor (2021).

No Brasil existe uma legislação para a produção de soro em pó, mas essa legislação não leva em consideração o suplemento produzido a partir do soro com baixo teor de lactose e minerais, que é conhecido como WPC. Com isso, algumas indústrias inserem nos seus rótulos diferentes porções, com valores de 30, 40 ou 50 gramas. O consumidor, então, deve ficar atento já que a porcentagem de proteína por porção será diferente. De acordo com a pesquisa, 85,2% disseram que constatam a quantidade antes da compra (FIGURA 20). Os suplementos com porcentagens proteicas menores na dose devem ter um custo mais baixo em relação aos que possuem um alto nível proteico em doses menores (BRASIL, 2013).

Figura 20 - Relação entre quantidade de gramas por dose e quantidade de proteínas.



Fonte: Do autor (2021).

Os suplementos importados ainda marcam presença no Brasil, durante anos os consumidores acreditavam que esses eram melhores em relação aos nacionais, já que eles estavam inseridos em diversos países, mostrando credibilidade em relação à qualidade de seus produtos. Contudo, com o aumento do *marketing* dos produtos nacionais e o aumento do dólar,

os consumidores começaram a mudar esse pensamento. Todavia, conforme o estudo, cerca de 30% das pessoas ainda preferem marcas importadas (FIGURA 21). Segundo o grupo Kantar (2020), uma empresa internacional com foco em *insights* de *marketing* para o mercado, o contexto macroeconômico que surgiu com a pandemia do novo coronavírus foi determinante para profundas mudanças no comportamento de consumo do cidadão brasileiro, especialmente no que se refere ao crescimento do consumo das marcas nacionais. Eles estimam que essas marcas conquistaram mais de 2,2 milhões de novos compradores, apenas no primeiro trimestre de 2020.

Vale ainda ressaltar que o fato de a marca ser importada não garante qualidade, uma vez que testes realizados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia mostram que existem várias marcas internacionais que foram reprovadas nos laudos técnicos por rotulagem inadequada, teor de carboidratos insatisfatório e/ou substâncias não declaradas no rótulo, por isso devemos analisar a marca em si e não sua origem (INMETRO, 2014).

Figura 21 - Preferência do consumidor por marcas importadas.

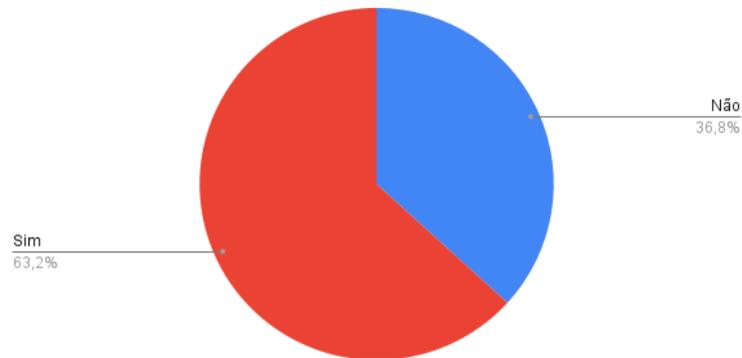


Fonte: Do autor (2021).

Os rótulos sempre trazem informações importantes para o consumidor e o profissional que vai realizar a orientação de consumo daquele produto. A quantidade de carboidratos é observada por 63,2% dos integrantes do estudo (FIGURA 22). A escolha de um suplemento com maior ou menor teor de carboidratos deverá ser feita observando o consumo total desses macronutrientes pelo profissional de saúde para observar qual a melhor opção para inserir na dieta do paciente. Vale ressaltar que o custo de suplementos com maior teor de carboidratos e menores teores de proteínas devem ser menores, uma vez que uma maior concentração de carboidratos implica em um menor custo de produção do produto (BRASIL, 2013).

Figura 22 - Quantidade de carboidratos e a intenção de compra.

A quantidade de carboidratos presente no suplemento é um fator determinante para sua compra?



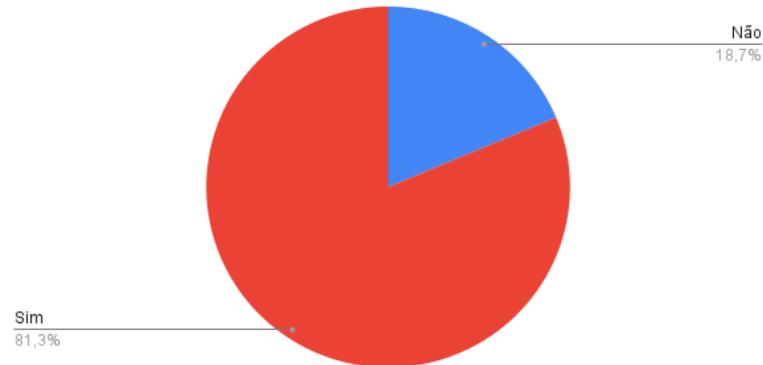
Fonte: Do autor (2021).

Existem três tipos de concentrados proteicos do soro do leite que são utilizados como suplementos, eles podem ser denominados como WPC (*whey protein* concentrado), WPI (*whey protein* isolado) e WPH (*whey protein* hidrolisado) (BYLUND, 1995).

Segundo os dados obtidos através do formulário desta pesquisa, 81,3% dos participantes sabem a diferença entre os três concentrados proteicos do soro do leite (FIGURA 23). No *whey protein* concentrado, a porcentagem de proteína pode variar desde 34% até 80%. À medida em que o teor de lactose diminui, o teor de proteína aumenta proporcionalmente. O *whey protein* isolado é a forma pura de proteínas de soro, que contém entre 90% - 95% de proteína de soro de leite, que deve ser filtrado mais vezes conforme já citado anteriormente para atingir tal grau de pureza. Por fim, no *whey protein* hidrolisado, as longas cadeias de proteínas do produto são quebradas em cadeias menores e peptídeos. Isso faz com que as proteínas de soro sejam mais facilmente absorvidas pelo corpo reduzindo o potencial de reações alérgicas. É importante ressaltar que o grau de hidrólise não é de 100% e pode variar em cada marca, sendo quanto maior a hidrólise pior o sabor, já que peptídeos curtos podem ser responsáveis por causar sabor amargo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Figura 23 - Conhecimento dos tipos de *whey* disponíveis no mercado.

Você sabe a diferença entre os termos: Concentrado; Isolado e Hidrolisado referentes ao *whey* protein?

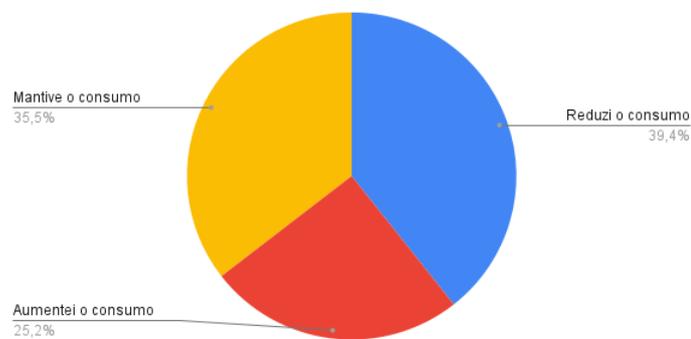


Fonte: Do autor (2021).

Por fim, foi observado o questionamento sobre o consumo e a pandemia (FIGURA 24). Como resultado, percebemos que cerca de 40% das pessoas diminuíram o consumo do suplemento, o que pode ser explicado devido ao fechamento das academias e proibição de exercícios em determinados lugares, fazendo com que para alguns indivíduos não houvesse a necessidade de suplementação. Entretanto, também houve a manutenção do consumo para 35,5% dos indivíduos e outros 25,2% aumentaram o consumo. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD, 2020), a justificativa está relacionada à preocupação dos indivíduos com a melhora do sistema imunológico, intensificando ou mantendo os hábitos saudáveis na alimentação, garantindo assim um bom sistema imunológico.

Figura 24 - Consumo de *whey protein* durante a pandemia.

Houve variação no seu consumo de *whey* protein durante a pandemia?



Fonte: Do autor (2021).

4.2 Análises físico-químicas

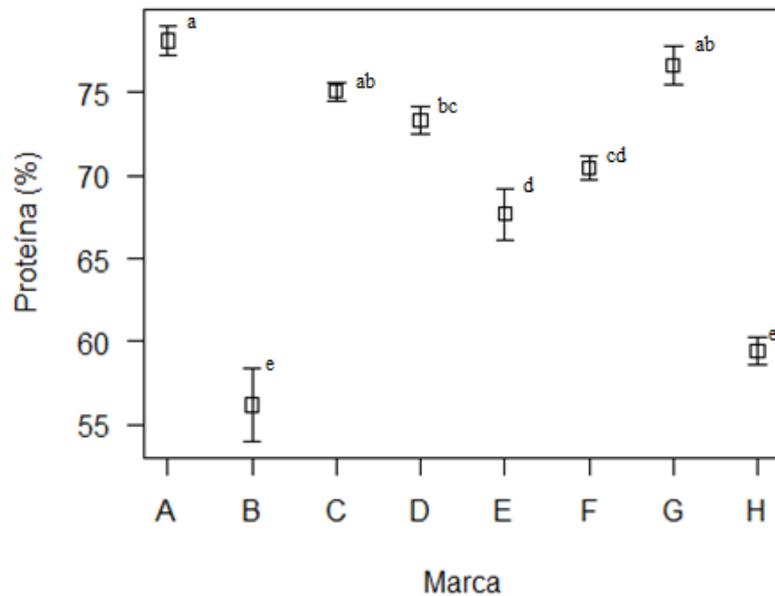
4.2.1 Proteínas

Os resultados obtidos (FIGURA 25) mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). As marcas A, C e G não possuíram diferença entre elas ($p > 0,05$). As marcas C, D e G não diferiram entre si e a marca C também foi igual à marca A ($p > 0,05$). A marca D não se diferiu da marca G, que por sua vez não se diferiu da marca E. Os suplementos das marcas B e H são semelhantes ($p > 0,05$), mas foram inferiores. As demais marcas ($p < 0,05$) apresentaram uma porcentagem proteica abaixo de todas as outras analisadas.

Embora o processo utilizado pelas marcas seja desconhecido por nós, por meio dos resultados obtidos podemos inferir sobre quais metodologias podem ter sido utilizadas durante a produção. As médias da porcentagem de proteínas das marcas A, C e G foram próximas de 80%, indicando que é um produto de boa qualidade e que deve ser passado por etapas de microfiltração e ultrafiltração seguidos de diafiltração para obter um concentrado com elevado grau de pureza proteica e baixa quantidade de lactose e sais minerais.

Os concentrados proteicos das marcas B e H obtiveram uma concentração proteica abaixo de 60%, o que indica que o produto contém uma quantidade maior de outras moléculas. O concentrado com cerca de 60% ainda pode oferecer em torno de 18 gramas de proteína em 30 gramas de porção, o que está dentro do que estabelece a legislação brasileira em termos de quantidade proteica para soro em pó. Com isso, poderíamos concluir que as marcas podem ter produzido propositalmente com essa concentração para diminuir os custos. Todavia, quando analisamos as Tabelas 4 e 10, observamos que a marca B informa no rótulo um teor proteico 27% acima do encontrado, estando fora do permitido pela legislação e indicando que o processamento não foi eficaz para atingir a concentração informada nas características nutricionais do produto. Já a marca H variou apenas 11%, o que é permitido, mostrando que o valor de proteínas era o que a empresa almejava. As marcas D, E e F se aproximaram de 70% de proteínas e estavam de acordo com o que constava na descrição nutricional do produto (BRASIL, 2013).

Figura 25 - Análise de proteína em soro de leite concentrado (WPC).



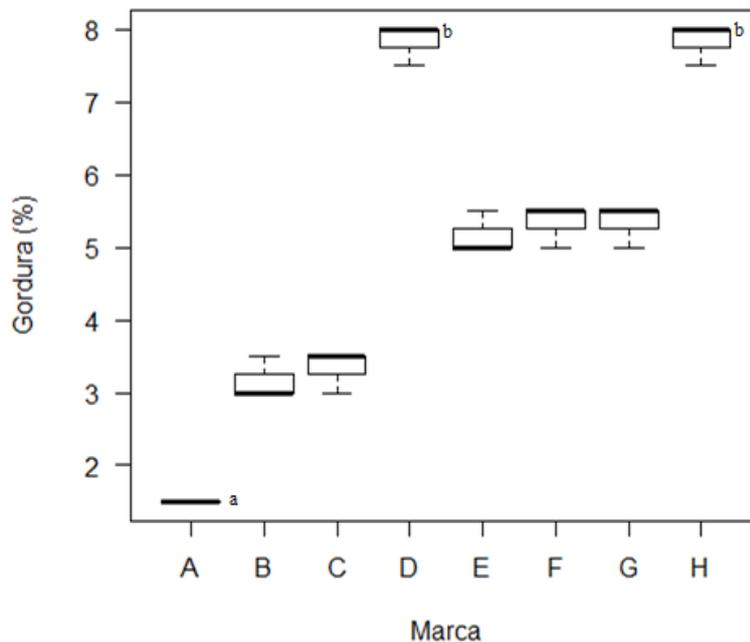
Fonte: Do autor (2021).

4.2.2 Gorduras

A maior parte da gordura do leite é retida na massa, no momento da produção dos queijos, e quanto melhor for o processo produtivo, menor o teor de finos que vão ser perdidos no soro. Considera-se normal, no Brasil, que cerca de 10% a 15% da gordura do leite se percam no soro no momento do corte. O soro, então, pode ou não passar por um desnate e, caso não seja desnatado, o método empregado para reter essas partículas de gordura serão as membranas de microfiltração. O tamanho do poro das membranas e a realização ou não da diafiltração, vão acarretar em uma maior retenção ou permeação dessa gordura (CIÊNCIA DO LEITE, 2008).

Através da análise foi encontrada uma diferença significativa entre os tratamentos A e D e A e H ($p < 0,05$). Os valores variaram entre 1% e 7,5%. Essas diferenças podem estar relacionadas, conforme supracitado, ao não desnate do soro antes do processamento, pois na etapa de desnate antes da microfiltração poderia garantir uma quantidade final de gordura menor nos concentrados, uma vez que seriam dois processos aliados para a retirada desse componente.

Figura 26 - Análise de gordura em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

4.2.3 Carboidratos

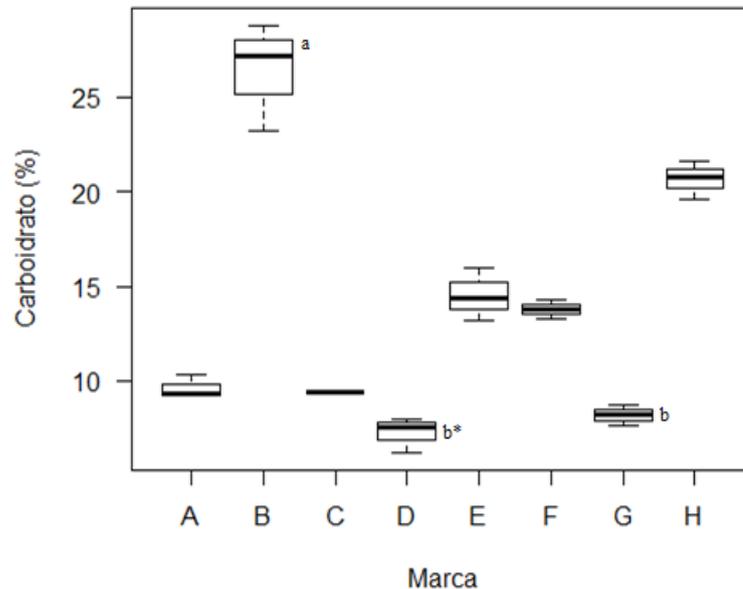
O carboidrato em maior quantidade no leite é a lactose, um dissacarídeo constituído por galactose e glicose que compreende aproximadamente 52% dos sólidos totais do leite desnatado e 70,5% dos sólidos encontrados no soro do leite. Essa molécula é retirada no processamento de WPC e WPI por meio de ultrafiltração. Com os dados obtidos na análise físico-química (FIGURA 27) foi observado que houve diferença significativa ($p < 0,05$), entre a amostra B e G e entre as amostras B e D a diferença foi de ($p < 0,01$).

A diferença de carboidratos nos produtos pode acontecer devido a alguns fatores. A ultrafiltração é um processo essencial para a remoção da lactose, quando se acopla este, ao processo de diafiltração, que é a adição de solvente ao produto e repetição do processo, acontece então o aumento do teor proteico no retentado e conseqüentemente a diminuição no valor de carboidratos. Podemos inferir então que este processo foi eficaz nas amostras B e D, que possuíam no produto menos de 10% de carboidratos (CARVALHO *et al.*, 2020).

Outro quesito que pode ser observado é a adição de maltodextrina, carboidrato que é frequentemente empregado, pois pode ser utilizado como edulcorante. As maltodextrinas também são muito utilizadas como auxiliares no processo de secagem por *spray dryer*, pois atuam como auxiliar de dispersão para evitar a aglomeração dos produtos nas tubulações, auxilia na homogeneidade da granulação e na dispersão do produto final em água. Esse

componente, quando adicionado, pode diminuir o teor de proteínas, já que aumenta significativamente o número de carboidratos, como nas marcas B e H que obtiveram uma concentração maior que 20% no produto final (CARVALHO *et al.*, 2020).

Figura 27 - Porcentagem de carboidratos em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

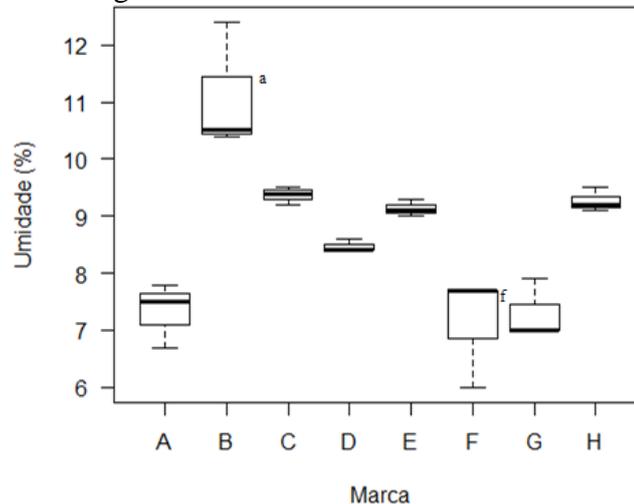
4.2.4 Umidade

A umidade é um importante parâmetro físico-químico e microbiológico, pois a retirada de água do soro é importante para reduzir alterações físico-químicas e deterioração do produto por ação de microrganismos. Porém, todos os constituintes permanecem nas mesmas proporções do soro inicialmente após reidratação. Dessa maneira, aumentam o tempo de vida de armazenamento, a qualidade e o custo de transporte é reduzido, além de facilitar a modificação e/ou mistura para outros produtos específicos (MILLER; JARVIS; McBEAN, 2000).

Conforme os resultados obtidos para essa variável (FIGURA 24), podemos observar que houve diferença significativa entre o tratamento A e F ($p < 0,05$). Durante a secagem por atomização é possível controlar os parâmetros de secagem e então verificar algumas propriedades importantes do produto final. Uma dessas características é o teor de umidade do pó. A atomização do soro concentrado quando em contato com o ar quente e úmido (elevada umidade relativa) acarreta na dificuldade em evaporar a água do líquido, havendo um aumento

na concentração de água no produto final, possivelmente um fator que gerou essa diferença no produto final entre os tratamentos (CARIC *et al.*, 2009).

Figura 24 - Porcentagem de umidade em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

4.2.5 Atividade de água (Aw)

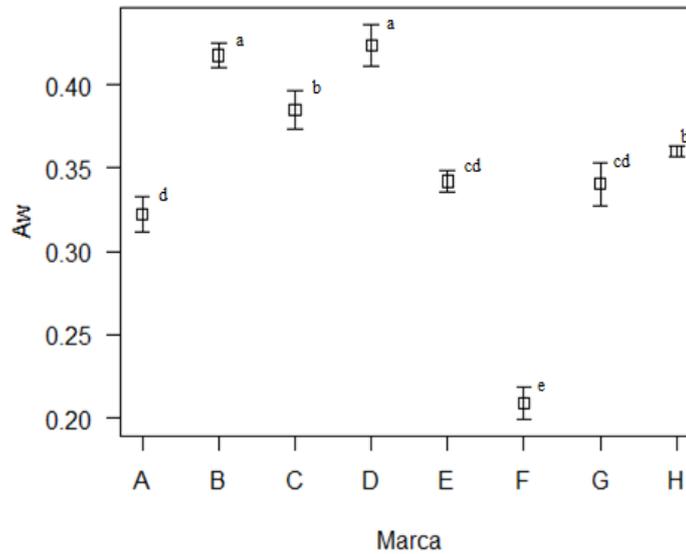
A Aw de um produto é um dado termodinâmico relacionado à umidade relativa do ar que está em equilíbrio com esse produto. Em temperatura fixa, a Aw é algebricamente igual à UR do ar em equilíbrio com produto dividido por 100. Este é um valioso método para identificar diversos tipos de alterações que podem ocorrer em um produto. As faixas de Aw determinam se os produtos podem ou não ter o desenvolvimento de microrganismos, uma alta ou baixa atividade enzimática, oxidação e aceleração ou desaceleração do escurecimento não enzimático. Este deve ser observado em conjunto com a umidade do produto, já que as mesmas não possuem uma relação diretamente proporcional (BALABIN; SMIRNOV, 2011).

Conforme os dados obtidos para a atividade de água (FIGURA 25) e para a umidade (FIGURA 24), podemos observar que a marca B possui uma atividade próxima a 0,4 e o teor de umidade próximo a 10,5%, já a marca D possui atividade também próxima a 0,4, porém um teor de umidade próximo a 9%, indicando que as medidas não são diretamente proporcionais.

Com relação às diferentes marcas, podemos observar que houve diferença significativa entre elas ($p < 0,05$). A marca B e D possuem as maiores atividades de água com médias de 0,41 e 0,42 respectivamente. Produtos nessa faixa de atividade de água podem começar a desenvolver reações não enzimáticas, por isso devem ser observados durante a vida de prateleira, pois caso absorvam umidade e aumentem essa Aw podem ocorrer problemas durante

o armazenamento, como o escurecimento não enzimático. A marca C não diferiu da marca H, que por sua vez não se diferiu das marcas E e G ($p>0,05$). Por fim, a marca F foi a que obteve menor atividade de água próxima a 0,2 ($p<0,05$), o que resulta em um produto altamente estável (CARVALHO *et al.*, 2020).

Figura 25 - Atividade de água (A_w) em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

4.2.6 Cinzas

A determinação do teor de cinzas indica o conteúdo de minerais presentes no alimento, o que implica em seu valor nutricional. Resíduo por incineração ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima entre 550 °C e 570 °C. Nem sempre esse resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, podendo haver alguns sais que sofreram redução ou volatilização no processo (ZENEBO; PASCUET, 2008).

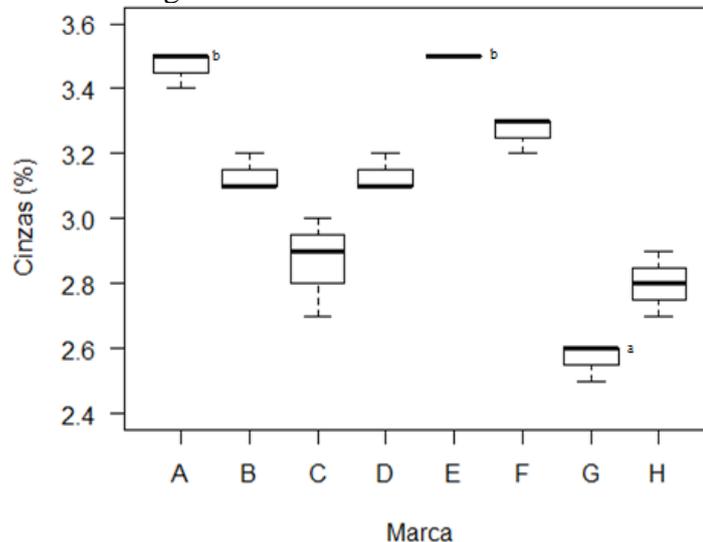
Através das análises físico-químicas realizadas nas amostras e subsequentes tratamentos estatísticos dos dados desta pesquisa, foi observado que houve diferença significativa ($p<0,05$), como podemos verificar na Figura 26. A marca G foi a que alcançou uma menor quantidade de resíduo mineral fixo, já os tratamentos A e F possuíam a maior porcentagem.

Tamine (2009) relatou em seus estudos que a composição média do resíduo mineral fixo em *whey protein* concentrado ficou entre 2,6 e 6,5, o que corrobora com os resultados encontrados em nosso trabalho, já que foram encontrados valores médios entre 2,6 e 3,5.

A legislação brasileira não traz recomendações específicas para *whey protein* concentrado, apenas para soro de leite em pó no geral. O requisito para atender essa norma é que o produto tenha concentração menor que 9,6%, então dizemos que todas as amostras analisadas se adequam ao que é prescrito (BRASIL, 2020b).

A etapa crucial para retirar o resíduo mineral fixo é a ultrafiltração, já que esses compostos irão permear a membrana juntamente com a lactose. Para a obtenção de um produto mais puro com menores teores destes é realizado uma diafiltração, etapa que consiste no recírculo do retentado por no mínimo 5 vezes. Pelos resultados obtidos podemos inferir que todas estas marcas devem realizar este procedimento (CARTER *et al.*, 2021).

Figura 26 - Porcentagem de cinzas em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

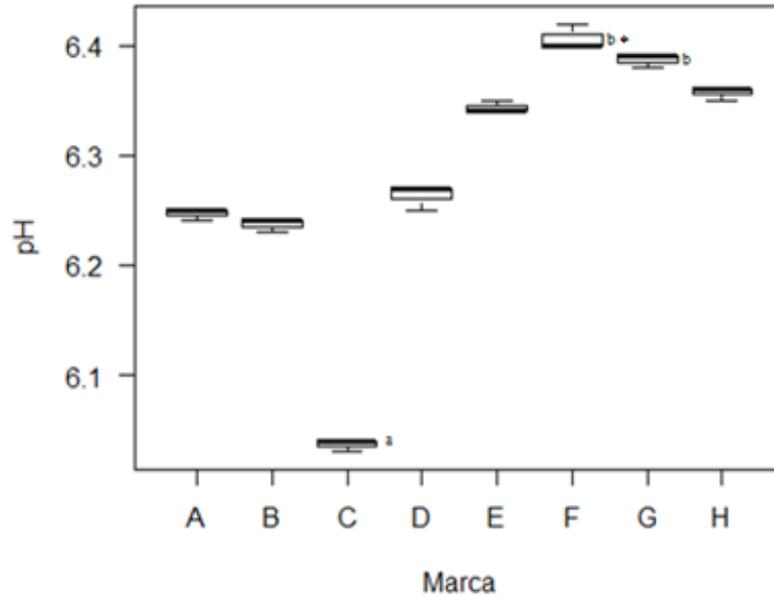
4.2.7 pH

O pH significa "Potencial Hidrogeniônico", uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. As análises procedidas nas diferentes marcas indicam que há diferença significativa ($p < 0,05$) entre as marcas C e G, já para as amostras C e F a diferença foi de ($p < 0,01$). Os parâmetros exigidos para legislação de soro líquido ou em pó determinam que o pH deve estar compreendido entre 6,0 a 6,8, com isso podemos dizer que a amostra C (FIGURA 26) está em desacordo com a legislação vigente, pois obteve pH inferior a esse valor (BRASIL, 2020b).

O *whey protein* concentrado obtido a partir do soro ideal (microfiltração do leite), tende a ser mais solúvel, já que o pH é maior do que os concentrados obtidos a partir de soro doce ou

soro ácido, uma vez que no soro doce é utilizado cloreto de cálcio e no soro ácido é utilizado um ácido para coagulação, abaixando assim o pH do produto. Segundo diversos autores, os resultados para solubilidade foram alcançados em valores de pH 6 e 7, concluindo que apenas a amostra da marca C seria mais insolúvel em relação às demais (LUCK *et al.*, 2013; SIKAND; TONG; WALKER, 2013).

Figura 26 - Determinação de pH em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

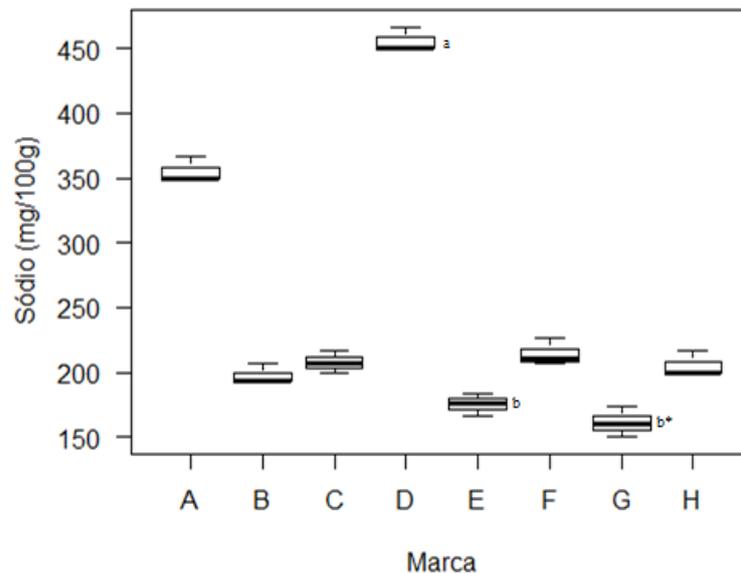
4.2.8 Sódio

O sódio é um micronutriente naturalmente presente no leite. Quando ocorre o processamento de queijos, o sódio presente no leite, por ser muito solúvel, migra para o soro, fazendo com que o soro fluido tenha uma quantidade significativa desse mineral. As análises realizadas no soro do leite mostraram que ocorreu uma diferença significativa entre a amostra D e E ($p < 0,05$) e entre a amostra D e G ($p < 0,01$). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2016), os valores médios desse mineral encontrados em soro de leite concentrado é de 255 mg/100 g de produto. Outros autores dizem na literatura que esse valor médio é de 170 mg/100 g. Por meio da comparação dos resultados obtidos (FIGURA 28) podemos observar que as marcas A e D obtiveram níveis elevados desse mineral (LEE; BARBANO; DRAKE, 2017).

A nova regra sobre rotulagem de alimentos embalados foi aprovada, por unanimidade, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e visa a modificação da apresentação

de alguns componentes no rótulo do produto. Ao fim do prazo de adequação das empresas, os alimentos que possuírem mais de 600 mg de Na por 100 g para alimentos sólidos e 300 mg de Na por 100 mL para alimentos líquidos, serão obrigados a possuírem na embalagem uma informação de que o produto é rico em sódio. Conforme demonstrado na Figura 28, todas as marcas ficaram dentro do que estabelece a legislação (BRASIL, 2020c).

Figura 28 - Determinação de sódio em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

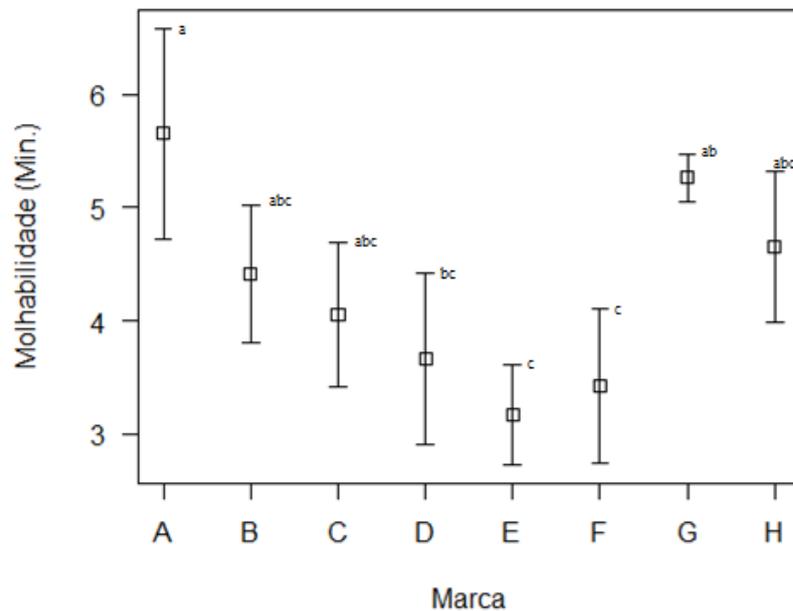
4.2.9 Molhabilidade

A molhabilidade pode ser definida como o tempo em que uma determinada quantidade de sólido é completamente molhada por um líquido. Embora o tempo máximo para o produto molhar seja variável, se 90% do produto mergulhar no líquido em 5 minutos pode ser um bom parâmetro para uma boa dissolução. A boa molhabilidade é pré-requisito para uma ótima reconstituição de pós, e esse fator pode ser influenciado pela porosidade, composição e condições do processo, principalmente a etapa de secagem (LUZ *et al.*, 2009).

Considerando os resultados obtidos (FIGURA 29), podemos dizer que as marcas B, C, D, E, F e H não possuíram diferença significativa no tempo de molhabilidade ($p < 0,05$). No entanto, as marcas A e G possuíram diferença significativa das marcas E e F ($p < 0,05$), que foram as com menor tempo de molhabilidade, com tempos de 3,2 e 3,4 minutos respectivamente.

As condições de secagem influenciam as propriedades dos produtos lácteos proteicos desidratados. Uma dessas propriedades é a molhabilidade. Para obter uma boa instantaneidade do produto, a temperatura do processo deve possuir um rígido controle, principalmente na evaporação e na temperatura de saída da câmara de secagem, para que não haja a desnaturação das proteínas, o que causaria uma maior insolubilidade do pó, já que proteínas desnaturadas tendem a ser menos solúveis (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Figura 29 - Determinação de molhabilidade do soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

4.2.10 Higroscopicidade

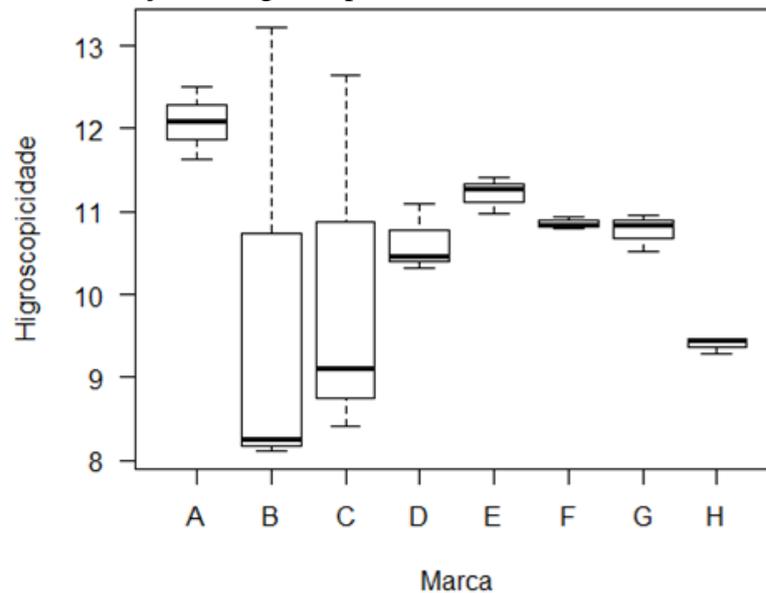
Basicamente, podemos definir higroscopia como a capacidade de um material de absorver água: quanto maior sua capacidade de absorção de água, mais higroscópico. Produtos à base de soro requerem específicas técnicas de embalagem. A secagem em *spray dryer* de um produto sem pré-cristalização resulta em um pó de alta higroscopicidade, pois possui lactose no estado amorfo que, com aumento de temperatura ou umidade, pode ganhar mobilidade e cristalizar, causando empedramento no produto (ISLAM; LANGRISH, 2010).

Os WPCs com menor concentração de proteínas oferecidos no mercado, tais como os produtos para praticantes de atividade física, são frequentemente comercializados em embalagens com barreira de umidade e luz, alguns usando gases inertes para obtenção de atmosfera modificada. Vale ressaltar que os concentrados proteicos em torno de 80% de

proteína não possuem esse problema, já que a lactose foi retirada durante a ultrafiltração e a diafiltração (TAMIME, 2009).

Realizando a estatística nos dados obtidos (FIGURA 30) não foi encontrada diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). A higroscopicidade do soro em pó com alto teor proteico é menor em relação ao soro doce concentrado, pois a lactose é a principal responsável pela absorção de água no produto.

Figura 30 - Determinação de higroscopicidade em soro de leite concentrado (WPC).

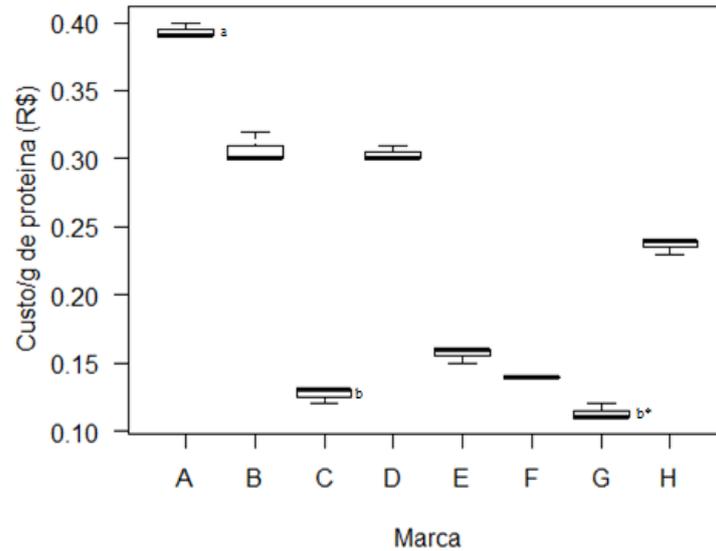


Fonte: Do autor (2021).

4.2.11 Custo por grama de proteína

O cálculo do custo de proteína por grama de produto foi realizado levando em consideração três fatores: preço do suplemento; quantidade em gramas de suplemento por pacote; e quantidade em gramas de proteínas por dose. Os resultados (FIGURA 31) mostram que houve diferença significativa entre as amostras A e C ($p < 0,05$) e A e G ($p < 0,01$). Apesar da marca A possuir uma excelente porcentagem proteica, ela possui o custo mais elevado dentre todas as marcas, fazendo com que sua proporção de custo por grama seja alta. As marcas C e G possuem também uma excelente quantidade proteica, porém o custo delas é aproximadamente três vezes menor, fazendo com que o custo por dose de proteína fique muito abaixo. Esse custo deve ser observado pelo consumidor, pois dependendo dessa relação pode-se optar pelo suplemento mais barato e consumir uma dose maior para atingir a quantidade proteica necessária, obtendo um melhor custo-benefício.

Figura 31 - Determinação do custo de proteína por grama em soro de leite concentrado (WPC).



Fonte: Do autor (2021).

4.3 Verificação de adequação dos macronutrientes em relação à legislação

Para avaliar se os suplementos estão de acordo com o preconizado pela legislação brasileira, comparamos os resultados de macro e micronutrientes encontrados nas análises físico-químicas com o descrito no rótulo fornecido pelas empresas, conforme as Tabelas 3 a 10. Para que os rótulos estejam de acordo é necessário que o produto possua uma diferença máxima de 20% em relação ao que está descrito na embalagem (BRASIL, 2013).

Tabela 3 - Variação dos componentes da marca A em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	A	(%)
Valor energético	110 kcal	117 kcal	5,98
Carboidratos	2,9 g	3 g	3,33
Proteínas	23,4 g	24 g	2,5
Gorduras totais	0,5 g	1,5 g	66,6
Sódio	107 mg	60 mg	78

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 4 - Variação dos componentes da marca B em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	B	(%)
Valor energético	108 kcal	123 kcal	12,2
Carboidratos	7,9 g	3,9 g	50,6
Proteínas	16,8 g	23 g	27
Gorduras totais	1 g	1,7 g	66,6
Sódio	59 mg	62 mg	4,8

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 5 - Variação dos componentes da marca C em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	C	(%)
Valor energético	110 kcal	120 kcal	8,3
Carboidratos	2,8 g	5,0 g	44
Proteínas	22,5 g	23 g	2,2
Gorduras totais	1 g	1,9 g	47,4
Sódio	62 mg	62 mg	0

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 6 - Variação dos componentes da marca D em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	D	(%)
Valor energético	126 kcal	120 kcal	5
Carboidratos	2,2 g	2,0 g	10
Proteínas	22 g	24 g	8,3
Gorduras totais	2,3 g	2,0 g	15
Sódio	137	62 mg	121

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 7 - Variação dos componentes da marca E em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	E	(%)
Valor energético	109 kcal	120 kcal	9,2
Carboidratos	5,4	4,0 g	26
Proteínas	20 g	21 g	4,8
Gorduras totais	0,8 g	2,6 g	69
Sódio	53 mg	51 mg	3,9

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 8 - Variação dos componentes da marca F em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	F	(%)
Valor energético	115 kcal	120 kcal	4,2
Carboidratos	4,1 g	4,8 g	14,6
Proteínas	21 g	21 g	0
Gorduras totais	1,6 g	2,0 g	20
Sódio	64 mg	72 mg	11

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 9 - Variação dos componentes da marca G em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	G	(%)
Valor energético	116 kcal	122 kcal	5
Carboidratos	2,4 g	4,0 g	40
Proteínas	23 g	23 g	0
Gorduras totais	1,6 g	1,6 g	0
Sódio	48 mg	53 mg	4

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 10 - Variação dos componentes da marca H em relação ao rótulo.

Informação nutricional	Análises	Marca	Variação
	físico-químicas	H	(%)
Valor energético	118 kcal	124 kcal	4,8
Carboidratos	6,2 g	3,6 g	72
Proteínas	17,8 g	20 g	11
Gorduras totais	2,4 g	2,7 g	11
Sódio	62 mg	60 mg	3,3

Fonte: Do autor (2021).

Através da comparação dos resultados das análises físico-químicas com o rótulo, constatamos que apenas a marca F está de acordo com os padrões vigentes. Todas as outras sete marcas tiveram diferença acima de 20% em pelo menos um macronutriente ou micronutriente em relação ao que consta do rótulo como informação para o consumidor. Entendemos que as empresas devem observar melhor as etapas do processo para garantir uma eficiência de filtração desses compostos por meio das técnicas citadas neste trabalho, garantindo assim uma confiabilidade maior nas descrições informadas no rótulo do produto (BRASIL, 2013).

5 CONCLUSÃO

O consumo de *whey protein* está cada vez mais difundido entre praticantes de atividade física e deve-se buscar atingir ao público que não pratica exercícios físicos mostrando os benefícios do suplemento para a saúde.

Com as análises físico-químicas, observamos a falta de padronização desse produto, uma vez que todos os atributos, exceto higroscopicidade, apresentaram diferenças.

A comparação dos rótulos com as análises físico-químicas mostrou que 87,5% das marcas analisadas não atenderam aos requisitos da legislação brasileira para a rotulagem, indicando, assim, a necessidade de uma maior fiscalização desses suplementos pelos órgãos competentes para que a legislação seja cumprida.

REFERÊNCIAS

- ABIAD - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES. **Mercado de Whey Protein**. 2018. Disponível em: <https://abiad.org.br/com-crescimento-de-72-mercado-de-whey-protein-deve-chegar-a-r-409-bi-em-2021-diz-pesquisa/>. Acesso em: 05 out. 2021.
- ABIAD - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES. **Pesquisa ABIAD aponta crescimento de 10% no consumo de suplementos alimentares no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of AOAC International**. 21st ed. Washington: AOAC, 2019.
- BÁGUENA, M. J. C.; BLANCO, S. A.; VELA, M. C. V. Evaluation of fouling resistances during the ultrafiltration of whey model solutions. **Journal of Cleaner Production**, [England], v. 172, p. 358-367, Jan. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320795629_Evaluation_of_fouling_resistances_during_the_ultrafiltration_of_whey_model_solutions. Acesso em: 05 out. 2021.
- BALABIN, R. M.; SMIRNOV, S. V. Melamine detection by mid- and near-infrared (MIR/NIR) spectroscopy: A quick and sensitive method for dairy products analysis including liquid milk, infant formula, and milk powder. **Talanta**, [Amsterdam], v. 85, n. 1, p. 562-568, July 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914011003407>. Acesso em: 05 out. 2021.
- BAUMAN, D. E. *et al.* Major advances associated with the biosynthesis of milk. **Journal of Dairy Science**, [North Carolina], v. 89, n. 4, p. 1235-1243, Apr. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030206721920>. Acesso em: 08 out. 2021.
- BERTÉ, K. A. S. *et al.* Desenvolvimento de gelatina funcional de erva-mate. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 354-360, fev. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/r5vCQLKqQNFtqLPBJHYtbR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2021.
- BRASIL. Entidades de Fiscalização do Exercício das Profissões Liberais/Conselho Federal de Nutricionistas, Resolução n.º 656, de 15 de junho de 2020. Dispõe sobre a prescrição dietética, pelo nutricionista, de suplementos alimentares e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 18 jun. 2020c.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 80, de 13 de agosto de 2020. Dispõe sobre o regulamento técnico que fixa os padrões de identidade e qualidade para o soro do leite e soro do leite ácido. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 13 ago. 2020b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 2, de 7 de janeiro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, Poder Executivo, 9 jan. 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 16, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 17, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 1999b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 1999c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 1999d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Rótulos de alimentos vão informar consumidor sobre alto teor de açúcar e sódio. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 2020a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 17 mar. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. Resolução - RE n.º 2.586, de 25 de julho de 2013. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 26 jul. 2013. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=32&data=26/07/2013>. Acesso em: 25 out. 2021.

BYLUND, G. **Dairy processing handbook**. Sweden: Tetra Pak Processing Systems, 1995. 442 p. Disponível em: <https://bit.ly/3HAp9ew>. Acesso em: 17 out. 2021.

CARIC, M. *et al.* **Technology of evaporators, membrane processing and dryers**. In: Dairy powders and concentrated products. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009. p. 99-148.

CARRILLO, E. *et al.* Why buying functional foods? Understanding spending behaviour through structural equation modelling. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 50, n. 1, p. 361-368, Jan. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996912004656>. Acesso em: 05 out. 2021.

CARTER, B. G. *et al.* Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. **Journal of Dairy Science**, North Carolina, v. 104, n. 3, p. 2465-2479, Mar. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030221000126>. Acesso em: 05 out. 2021.

CARVALHO, A. F. *et al.* **Química e tecnologia do soro de leite**. 1. ed. Innóvite, 2020. p. 174.

CIÊNCIA DO LEITE. **O rendimento na fabricação de queijos: Métodos para avaliação e comparação - Parte I**. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3nMfc5U>. Acesso em: 22 nov. 2021.

ENGEL, B. *et al.* Emprego de *Spray Dryer* na indústria de alimentos: Uma breve revisão. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 7, n. 2, p. 2-11, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/9824>. Acesso em: 05 out. 2021.

FAGNANI, R. **Da ultrafiltração à osmose reversa**. 2016a. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/rafael-fagnani/da-ultrafiltracao-a-osmosereversa-99854n.aspx>. Acesso em: 18 nov. 2021.

FAGNANI, R. **Microfiltração em produtos lácteos: Princípios e aplicações**. 2016b. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/rafael-fagnani/microfiltracao-em-produtos-lacteos-principios-e-aplicacoes-99178n.aspx>. Acesso em: 18 nov. 2021.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Spray drying, freeze drying and related processes for food ingredient and nutraceutical encapsulation. *In*: GARTI, N.; MCCLEMENTS, D. T. (eds.). **Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals**. Oxford: WP, 2012. cap. 4, p. 73-109.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. World Health Organization. **Perspectivas agrícolas 2017-2026**. Paris: Edição OCDE, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7465s.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2021.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 10 out. 2021.

FLORES FILHO, J. A.; RITTER, A. L. da S.; GARCEZ, A. da S. Quantidade de proteína recomendada para hipertrofia muscular: uma breve revisão. **Revista Digital**, Buenos Aires, n. 185, out. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3DRJXMn>. Acesso em: 21 nov. 2021.

FOOD INGREDIENTS BRASILEL. **Proteínas do soro do leite**. 2017a. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201707/2017070501642001500897382.pdf. Acesso em: 08 nov. 2021.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Proteínas do soro do leite**. 2017b. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201708/2017080411181001502910420.pdf. Acesso em: 08 nov. 2021.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Proteínas do soro do leite concentrado proteico (wpc) aplicações e funcionalidades**. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3Hvihzg>. Acesso em: 17 out. 2021.

GRANATO, D. *et al.* Probiotic dairy foods as functional foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [Malden], v. 9, n. 5, p. 455-470, Aug. 2010. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>. Acesso em: 07 out. 2021.

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

HADLEY, W. *et al.* **Dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. R package version 1.0.6. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 05 out. 2021.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C. de; PAULA, H. 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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/PRpChxDqt3YYYvkN8KFRDmS/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2021.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Relatório final sobre a análise em suplementos proteicos para atletas – whey protein**. Rio de Janeiro, 2014. 48 p.

ISLAM, M. I. U.; LANGRISH, T. A. G. An investigation into lactose crystallization under high temperature conditions during spray drying. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 43, n. 1, p. 46–56, Jan. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996909002579>. Acesso em: 07 out. 2021.

KANTAR. **Cresce consumo de marcas locais e próprias no Brasil**. São Paulo: Kantar Group and Affiliates, 2020. Disponível em: <https://www.kantar.com/brazil/inspiration/consumo/cresce-consumo-de-marcas-locais-e-proprias-no-brasil>. Acesso em: 22 nov. 2021.

KASSAMBARA, A. **rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests**. R package version 0.7.0. 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>. Acesso em: 10 out. 2021.

KWAK, N.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 2: the impact on current regulatory terminology. **Food Control**, [England], v. 12, n. 2, p. 109-117, Mar. 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248511564_Functional_foods_Part_2_The_impact_on_current_regulatory_terminology. Acesso em: 06 out. 2021.

LABMAQ DO BRASIL LTDA. **Manual de operações do Mini Spray Dryer MSD 1.0.**

Depto de Engenharia. 2003. Disponível em:

<http://www.labmaqdobrasil.com.br/index.php/spray-dryer/>. Acesso em: 16 out. 2021.

LEE, A. P.; BARBANO, D. M.; DRAKE, M. A. The influence of ultra-pasteurization by indirect heating versus direct steam injection on skim and 2% fat milks. **Journal of Dairy Science**, [North Carolina], v. 100, n. 3, p. 1688-1701, Mar. 2017. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28088421/>. Acesso em: 06 out. 2021.

LUCK, P. J. *et al.* Comparison of functional properties of 34% and 80% whey protein and milk serum protein concentrates. **Journal of Dairy Science**, [North Carolina], v. 96, n. 9, p. 5522–5531, Sept. 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213005134>. Acesso em: 06 out. 2021.

LUZ, M. P. *et al.* Efeito da Concentração de *Propionibacterium freudenreichii* PS-1 na fermentação de permeado de soro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS, 17., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal, 2009. p. 1-6.

MACALÉ. **Mercado de soro de leite**: Entenda melhor as oportunidades. Juiz de Fora, 2021.

Disponível em: <https://macale.com/eventos/2021/04/30/rascunho-automaticomercado-de-soro-de-leite/>. Acesso em: 05 out. 2021.

MILKPOINT. **Aplicações de tecnologias de membranas na indústria de laticínios**. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3cp3cRz>. Acesso em: 17 nov. 2021.

MILKPOINT. **Porque o mercado de soro de leite é importante?** São Paulo, 2021.

Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/conceitos-de-mercado/porque-o-mercado-de-soro-do-leite-soro-e-importante-224757/>. Acesso em: 05 out. 2021.

MILLER, G. D.; JARVIS, J. K.; McBEAN, L. D. **Handbook of dairy products and nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. p. 448.

MIRANDA, V.; SIMPSON, R. Modelling and simulation of an industrial multiple effect evaporator: tomato concentrate. **Journal of Food Engineering**, [England], v. 66, n. 2, p. 203-210, Jan. 2005. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877404001232>. Acesso em: 06 out. 2021.

MORAVIA, W. G.; LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. Avaliação de processo oxidativo avançado pelo reagente de Fenton em condições otimizadas no tratamento de lixiviado de aterro sanitário com ênfase em parâmetros coletivos e caracterização do lodo gerado. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 8, p. 1370-1377, jun. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/ssb8TQWW8hzGVgQhvQRnvvM/?lang=pt>. Acesso em: 08 out. 2021.

MUNIEWEG, F. R. *et al.* Dimensionamento de sistema de osmose reversa para purificação de águas contaminadas por resíduos minerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 1., 2018, Porto Alegre. **Anais eletrônicos [...]**. Porto Alegre, 2018. p. 1-8. Disponível em:

<https://bit.ly/3p94175>. Acesso em: 19 nov. 2021.

NEIVA, C. M.; DANIEL, M. F. Avaliação da ingestão proteica e do balanço nitrogenado em universitários praticantes de musculação. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 8, p. 21-39, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/134543>. Acesso em: 09 out. 2021.

NITZKE, J. A. Alimentos funcionais – uma análise histórica e conceitual. *In: Agronegócio: panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados*. Curitiba: Appris, 2012. p. 11-23.

NUTTALL, F. Q.; GANNON, M. C. Metabolic response of people with type 2 diabetes to a high protein diet. **Nutrition & Metabolism**, London, v. 1, n. 1, p. 6, Sept. 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC524031/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

O'RIORDAN, K. *et al.* Evaluation of microencapsulation of a Bifidobacterium strain with starch as an approach to prolonging viability during storage. **Journal of Applied Microbiology**, [Malden], v. 91, n. 6, p. 1059–1066, Dec. 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11851814/>. Acesso em: 12 nov. 2021.

OZER, B. H.; KIRMACI, H. A. Functional milks and dairy beverages. **International Journal of Dairy Technology**, [Malden], v. 63, n. 1, p. 1-15, Feb. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1471-0307.2009.00547.x>. Acesso em: 25 out. 2021.

PERRONE, I. T. *et al.* Soro de leite em pó: the whey to do it. **Revista Laticínios**, n. 121, p. 66-70, jul./ago. 2016. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01578284/document>. Acesso em: 12 out. 2021.

POULIOT, Y. Membrane processes in dairy technology - From a simple idea to worldwide panacea. **International Dairy Journal**, [England], v. 18, n. 7, p. 735-740, July 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694608000460>. Acesso em: 06 out. 2021.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 09 out. 2021. SANTIN, J. **Resumo dos principais benefícios para a saúde do soro do leite**. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3qZ40EX>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SANTIN, J. **Soro do leite: O que é e benefícios para saúde**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>. Acesso em: 05 out. 2021.

SANTOS, A. A. C. *et al.* Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 508-514, jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v45n3/v45n3a10.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 397-409, out./dez. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/kQ9Wndcg9kRT6dpZkbywkXt/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2021.

SIKAND, V.; TONG, P. S.; WALKER, J. Effect of adding salt during the diafiltration step of milk protein concentrate powder manufacture on mineral and soluble protein composition. **Dairy Science & Technology**, [France], v. 93, n. 4, p. 401–413, Feb. 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13594-013-0110-0>. Acesso em: 15 out. 2021.

SILVA, R. de O. P. *et al.* **Aspectos das importações de soro de leite no Brasil**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2013. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12703>. Acesso em: 05 out. 2021.

SOORO. Concentrado proteico de soro de leite 60% e 80%. Benefícios em nutrição esportiva e suplementos para maior idade. **Food Ingredients Brasil**, n. 37, p. 64-66, 2016. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060301537001466684591.pdf. Acesso em: 21 nov. 2021.

TAMINE, A. Y. **Dairy powders and concentrated products**. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2009. 408 p.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 70-76, jan./jun. 2013. Disponível em: <http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1742>. Acesso em: 04 out. 2021.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Whey protein concentrate commodity fact sheet**. 2016. Disponível em: <https://www.usaid.gov/what-we-do/agriculture-and-food-security/food-assistance/resources/whey-protein-concentrate>. Acesso em: 21 nov. 2021.

VOS, P. de *et al.* Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. **International Dairy Journal**, [England], v. 20, n. 4, p. 292-302, Apr. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694609002167>. Acesso em: 15 out. 2021

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy Science and Technology**. 2nd ed. United Kingdom: Taylor & Francis, 2006. p. 808.

YADA, R. Y. **Protein in food processing**. 2nd ed. England: Woodhead Publishing, 2017. p. 674.

YEE, K. W. K.; WILLEY, D. E.; BAO, J. Whey protein concentrate production by continuous ultrafiltration: operability under constant operating conditions. **Journal of Membrane Science**, [Amsterdam], v. 290, n. 1-2, p. 125-137, Mar. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376738806008490>. Acesso em: 21 out. 2021.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.