

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRO GONÇALVES DE MATTOS

**SUPLEMENTO ALIMENTAR DE *WHEY PROTEIN*: PROPRIEDADES QUÍMICAS E
FÍSICAS DO PRODUTO COM VISTAS À IDENTIFICAÇÃO DE FRAUDES**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

ALESSANDRO GONÇALVES DE MATTOS

SUPLEMENTO ALIMENTAR DE *WHEY PROTEIN*: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO PRODUTO COM VISTAS À IDENTIFICAÇÃO DE FRAUDES

Whey protein food supplement: chemical and physical properties of the product with a view to identifying fraud

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Alessandra Machado Lunkes
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Fabiane Picinin de Castro Cislighi

FRANCISCO BELTRÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ALESSANDRO GONÇALVES DE MATTOS

SUPLEMENTO ALIMENTAR DE *WHEY PROTEIN*: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO PRODUTO COM VISTAS À IDENTIFICAÇÃO DE FRAUDES

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06/dezembro/2023

Alessandra Machado Lunkes
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Maria Helene Giovanetti Canteri
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Neste momento significativo, gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas e instituições que desempenharam um papel fundamental na realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Primeiramente, quero agradecer às minhas orientadoras, Professora Dr^a. Alessandra Machado Lunkes e professora Dr^a. Fabiane Picinin de Castro Cislighi, por sua orientação dedicada, paciência incansável e conhecimento valioso. Sua orientação foi essencial para dar forma a este trabalho e meu crescimento como estudante.

Agradeço as integrantes da banca avaliadora, professora Dr^a. Maria Helene Giovanetti Canteri e professora Dr^a. Vania de Cássia da Fonseca Burgardt, por suas avaliações e contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, expresse meu profundo agradecimento. Seu apoio constante, amor incondicional e encorajamento foram as âncoras que me mantiveram firme ao longo desta jornada acadêmica desafiadora.

Agradecimento especial ao Ruy Rosa pelo total apoio em todos os aspectos e ao meu pai Pedro de Mattos, que embora não esteja fisicamente presente para testemunhar a conclusão deste trabalho, seu espírito e legado continuam a ser uma fonte inesgotável de motivação para mim. Sua sabedoria, conselhos e amor moldaram minha trajetória acadêmica e pessoal de maneira indelével.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por proporcionar um ambiente de aprendizado excepcional e pelo acesso aos recursos que foram essenciais para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A comercialização de suplementos alimentares tem crescido de forma significativa nos últimos anos. Essa demanda deve-se ao aumento dos frequentadores de academias de musculação, que visam uma melhor qualidade de vida e melhoramento físico, além de uma dieta mais equilibrada. Em função desses fatores, os suplementos alimentares, incluindo *whey protein*, são alvos de adulterações frequentes e podem apresentar problemas em sua composição, afetando suas propriedades tecnológicas. Tendo em vista a grande variedade desses produtos no mercado, este trabalho tem por objetivo avaliar as características químicas e físicas (umidade, cinzas, proteínas, carboidratos, viscosidade, granulometria, capacidade de absorção de água, expansão e estabilidade de espuma) de dez marcas diferentes desse suplemento. Ainda, ao quantificar os teores de proteínas e carboidratos, compará-los com o valor declarado no rótulo, e identificar possíveis fraudes pela presença de amido. As dez diferentes marcas (dois lotes independentes de cada) foram codificadas de A a J, e adquiridas de forma aleatória na cidade de Francisco Beltrão - PR. Houve variações nos teores de proteínas (-12,53 a -2,71) e carboidratos (-3,82 a +5,64%), em relação às informações prestadas nos rótulos nas dez amostras. A presença de amido foi detectada nas amostras D, H e J, o que pode afetar negativamente a qualidade do produto. A análise de cor revelou diferenças visuais entre as amostras, mesmo sendo produtos originados da mesma matéria prima e com mesmo método de produção. A capacidade de absorção de água variou de 1,09 a 3,29%. A formação e estabilidade da espuma também mostraram variações entre as amostras, com algumas amostras exibindo maior estabilidade de espuma (I e J). Estas diferenças podem estar relacionadas às características das proteínas presentes nas amostras e aos métodos de produção do *whey protein*. Apesar das variações nos valores analisados de proteínas e carboidratos em relação às informações declaradas nos rótulos para todas as marcas avaliadas, todas as amostras estão em conformidade com a legislação vigente, uma vez que nenhuma amostra demonstrou ultrapassar o limite de 20% de variação estabelecido pela regulamentação.

Palavras-chave: suplementos alimentares; *whey protein*; análises físicas; análises químicas.

ABSTRACT

The commercialization of dietary supplements has grown significantly in recent years. This demand is due to the increase in gym goers, who aim for a better quality of life and physical improvement, in addition to a more balanced diet. Due to these factors, dietary supplements, including whey protein, are targets of frequent adulteration and may present problems in their composition, affecting their technological properties. Given the wide variety of these products on the market, this work aims to evaluate the chemical and physical characteristics (moisture, ash, proteins, carbohydrates, viscosity, granulometry, water absorption capacity, expansion and foam stability) of ten brands different from this supplement. Furthermore, when quantifying the protein and carbohydrate contents, compare them with the value declared on the label, and identify possible fraud due to the presence of starch. The ten different brands (two independent lots of each) were coded from A to J, and acquired randomly in the city of Francisco Beltrão - PR. There were variations in the protein (-12.53 to -2.71) and carbohydrate (-3.82 to +5.64%) contents, in relation to the information provided on the labels in the ten samples. The presence of starch was detected in samples D, H and J, which may negatively affect the quality of the product. Color analysis revealed visual differences between the samples, even though they were products made from the same raw material and with the same production method. The water absorption capacity ranged from 1.09 to 3.29%. Foam formation and stability also showed variations between samples, with some samples exhibiting greater foam stability (I and J). These differences may be related to the characteristics of the proteins present in the samples and the whey protein production methods. Despite variations in the analyzed values of proteins and carbohydrates in relation to the information declared on the labels for all brands evaluated, all samples are in compliance with current legislation, as no sample was shown to exceed the established limit of 20% variation. by regulation.

Keywords: food supplements; whey protein; physical analysis; chemical analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo simplificado da obtenção do soro de leite a partir da produção de queijo coalho.	15
Figura 2 - Processo geral da produção do suplemento <i>whey protein</i> , destacando a obtenção de WPC, WPI e WPH.	20
Figura 3 - Representação da amilose (A) e amilopectina (B), evidenciando as diferenças entre as ramificações.	23
Figura 4 - Médias \pm desvio padrão dos valores analisados do teor de proteínas das amostras de <i>whey protein</i> concentrado (WPC), comparando com os descritos nos rótulos e as variações identificadas.	34
Figura 5 - Médias \pm desvio padrão dos valores analisados do teor de carboidratos das amostras de <i>whey protein</i> concentrado (WPC), comparando com os descritos nos rótulos e as variações identificadas.	34
Figura 6 - Representação visual dos resultados da análise qualitativa de amido.	38
Figura 7 - Médias \pm desvio padrão dos parâmetros de cor avaliados pelo sistema CIEL*a*b* das amostras de <i>whey protein</i> concentrados (WPC).	40
Figura 8 - Diferenças da cor entre as dez amostras de <i>whey protein</i> concentrado (WPC) analisados.	40
Figura 9 - Médias \pm desvio padrão dos valores de viscosidade das amostras de <i>whey protein</i> concentrados (WPC) em temperatura constante de 25°C.	42
Figura 10 - Médias \pm desvio padrão dos valores experimentais da capacidade de absorção da água (CAA) para as amostras de <i>whey protein</i> concentrado.	45
Figura 11 - Correlação entre a capacidade de absorção de água (CAA) em função do tamanho das partículas (MF).	46
Figura 12 – Médias \pm desvio padrão dos valores da expansão de espuma para as amostras de <i>whey protein</i> concentrado.	47
Figura 13 - Médias \pm desvio padrão dos valores da estabilidade de espuma para as amostras de <i>whey protein</i> concentrado.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores mínimos para alguns nutrientes permitidos em suplemento alimentar na recomendação diária de consumo e de acordo com o grupo populacional indicado pelo fabricante.	14
Tabela 2 - Diferenças entre alguns componentes do WPC em função do percentual de proteínas do produto.	19
Tabela 3 - Médias \pm desvio padrão dos parâmetros de umidade e cinzas avaliados das amostras de <i>whey protein</i> concentrados (WPC).	32
Tabela 4 - Médias \pm desvio padrão dos valores de MF obtidos após a análise de granulometria por peneiramento.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	<i>Association of Analytical Chemists</i>
BCAA	<i>Branched-chain amino acids</i>
BLG	Alfa-lactoalbumina
BSA	Albumina do soro bovino
CAA	Capacidade de absorção de água
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
FB	Francisco Beltrão
FE	<i>Foam expansion</i>
FS	<i>Foam stability</i>
GMP	Glicomacropéptídeos
HPLC	<i>High performance liquid chromatography</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INS	Sistema Internacional de Numeração
Lg's	Imunoglobulinas
Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
pH	Potencial Hidrogeniônico
PDCAAS	<i>Protein Digestibility Corrected Amino Acid</i>
PR	Paraná
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RJ	Rio de Janeiro
SNC	Sistema Nervoso Central
TBME	Éter metil terc butílico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WPC	<i>Whey protein concentrate</i>
WPH	<i>Whey protein hydrolyzed</i>
WPI	<i>Whey protein isolate</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	Suplementos alimentares	13
3.2	Soro do leite	15
3.3	<i>Whey protein</i>	17
3.3.1	Classificações do <i>whey protein</i>	18
3.3.2	Tecnologia de produção	19
3.4	Adulterações em suplementos proteicos	20
3.4.1	Amido	22
3.5	Análises físico-químicas e controle de qualidade	24
3.6	Propriedades funcionais do concentrado proteico	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Amostras	26
4.2	Análises químicas	27
4.2.1	Umidade e cinzas.....	27
4.2.2	Proteínas	27
4.2.3	Carboidratos.....	28
4.3	Determinação qualitativa de amido	29
4.4	Análises físicas	29
4.4.1	Determinação de cor	29
4.4.2	Viscosidade	29
4.4.3	Análise granulométrica	30
4.5	Capacidade de absorção de água	30
4.6	Expansão e estabilidade de espuma	31
4.7	Análise estatística	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Pessoas que se exercitam regularmente em busca de uma melhor qualidade de vida e saúde costumam recorrer a suplementos alimentares para complementar sua dieta e aumentar a ingestão de nutrientes. Entre esses suplementos, o *whey protein*, que é derivado das proteínas do soro do leite, destaca-se como o mais popular para esse propósito (Mendes *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, o mercado de suplementos à base de proteínas vem crescendo de forma significativa. Dados indicam que o crescimento anual deve expandir em média 8,3% entre 2021 e 2028. Esse aumento é evidenciado pela preocupação e cuidados com a saúde, aumento dos praticantes de atividade física, avanços técnicos para controle de peso e nutrição médica (Zion Market Research, 2022).

Além de serem usados no contexto esportivo, quando recomendados por um nutricionista, os suplementos à base de proteína do soro do leite podem ser incorporados à dieta de indivíduos considerados saudáveis. Esses suplementos também desempenham um papel importante na melhora da estética corporal, na perda de peso e no combate dos efeitos do envelhecimento (Minj; Anand, 2020).

A alta no mercado, o uso indiscriminado e a fácil aquisição desses produtos, fez com que se tornassem alvos recorrentes de fraudes ou adulterações, mesmo havendo legislações específicas que regulam esta classe de produtos (Mendes *et al.*, 2018). Os principais desafios surgem em relação à precisão das quantidades de nutrientes indicadas no rótulo, bem como a possível presença de substâncias não mencionadas nos ingredientes listados (Andrade *et al.*, 2019).

As diferenças entre a composição real dos produtos e as informações nos rótulos são uma preocupação significativa. Essas disparidades podem não apenas prejudicar o desempenho esportivo devido às oscilações nos componentes, mas também afetar a prática dos profissionais de nutrição, que dependem das informações dos rótulos para orientar o consumo apropriado (Silva; Souza, 2016; Wang *et al.*, 2021).

Frente a essa problemática, algumas investigações estão em curso para realizar a avaliação da qualidade desses suplementos, analisando quantitativamente os teores de macronutrientes (proteínas e carboidratos) e confrontando esses resultados com as informações declaradas nos rótulos. Os achados revelam variações

frequentes entre os valores analisados e os indicados nas informações do rótulo (Silva; Souza, 2016; Farias *et al.*, 2019).

A presença de componentes não declarados nos rótulos de produtos representa uma preocupação significativa para a indústria alimentícia e para os consumidores. Este fenômeno sugere falhas nos processos de produção, rotulagem inadequada ou, em alguns casos, adulteração intencional dos produtos (Brasil, 2014).

A realização de análises físico-químicas é essencial para assegurar que os alimentos atendam aos padrões estabelecidos de qualidade, composição e segurança. A falta de conformidade com esses padrões não apenas coloca em risco a confiança do consumidor, mas também pode resultar em consequências financeiras significativas para as empresas, afetando sua reputação e competitividade no mercado (Brasil, 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as características físicas e químicas do suplemento alimentar *whey protein*, visando identificar variações na concentração dos componentes e presença de amido.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os teores de umidade, cinzas, proteínas e carboidratos em dez diferentes suplementos alimentares *whey protein*;
- Comparar o valor dos componentes químicos declarados no rótulo com os valores encontrados por meio das análises químicas;
- Aplicar teste qualitativo de presença de amido nos suplementos;
- Determinar as características físicas (cor, viscosidade, tamanho das partículas, capacidade de absorção de água, expansão e estabilidade de espuma) do *whey protein*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Suplementos alimentares

Até 2018, os suplementos alimentares eram inclusos na categoria de alimentos para atletas, quando o termo “suplemento alimentar” foi adotado e definido como produto de ingestão oral, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, combinados ou isolados (Brasil, 2018a).

O objetivo dos suplementos alimentares não se destina a prevenir, diagnosticar ou tratar doenças. Estes produtos possuem a finalidade de suplementar a alimentação de pessoas saudáveis. Logo, não podem conter afirmações que são destinadas somente para medicamentos (Brasil, 2018a).

Devido ao aumento de doenças relacionadas ao estilo de vida e mais pessoas focadas em melhorar o condicionamento físico, o consumo de vitaminas e suplementos aumentou exponencialmente. Com a pandemia gerada pelo coronavírus (Covid-19), a indústria de suplementos obteve seu maior crescimento em mais de duas décadas, com aumento de 12,1% em 2020 (Healthline, 2021).

Com base na pesquisa de AGP Pesquisas (2021), o Brasil é o terceiro maior mercado de suplementos alimentares no mundo, sendo que Estados Unidos e Austrália ocupam as primeiras posições, respectivamente. A pesquisa ainda apontou que o Brasil soma mais de 250 marcas distintas deste gênero de produto.

Praticantes de atividade física geralmente utilizam a suplementação para fins de ganho de peso, hipertrofia muscular, rendimento e diminuição da fadiga muscular (Bezerra *et al.*, 2013). Existem controvérsias quanto à efetividade de suplementos se comparados à alimentação regular. Algumas pesquisas apontam que a suplementação de proteínas e aminoácidos é menos efetiva para ganho de massa muscular, defrontado à alimentação propriamente dita (Castanho; Fernandes; Vidual, 2017).

Por outro lado, outras pesquisas apontam que em algumas situações a dieta não é capaz de fornecer o aporte de nutrientes diários para um bom funcionamento do organismo, nesse caso a suplementação é recomendada (Hallak; Fabrini; Peluzio, 2007).

A critério de legislação e controle, a Instrução Normativa nº 28, de 26 julho de 2018, em seus Anexos III e IV, estabelece limites mínimos e máximos de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos que devem ser fornecidos pelos suplementos alimentares. Na Tabela 1 são apresentados os limites mínimos de algumas dessas substâncias, de acordo com o grupo populacional (Brasil, 2018b).

Tabela 1 - Valores mínimos para alguns nutrientes permitidos em suplemento alimentar na recomendação diária de consumo e de acordo com o grupo populacional indicado pelo fabricante.

Grupo populacional	Nutriente (g)			
	Proteínas	Carboidratos	Fibras alimentares	Lipídeos totais
0 a 6 meses	NA	NA	NA	NA
7 a 11 meses	NA	NA	NA	NA
1 a 3 meses	NA	NA	NA	NA
4 a 8 anos	2,85	19,5	3,75	NA
9 a 18 anos	7,8	19,5	5,7	NA
≥ 19 anos	8,4	19,5	5,7	5,0
Gestantes	10,65	26,25	4,2	NA
Lactantes	10,65	31,5	4,4	NA

*NA – Não aplicável.

Fonte: Adaptado de Brasil (2018b).

Conforme a RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados, no contexto dos suplementos alimentares, o tamanho da porção declarada deve corresponder à quantidade diária recomendada pelo fabricante para cada um dos grupos populacionais específicos cujo consumo do produto é indicado no rótulo. Além disso, na tabela de informação nutricional é obrigatório incluir a declaração das quantidades de valor energético, bem como de todos os nutrientes, substâncias bioativas e enzimas adicionados aos produtos. As quantidades de valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, sódio e colesterol do alimento não podem exceder 20% do valor declarado no rótulo. Além disso, as quantidades de proteínas, aminoácidos, fibras alimentares, gorduras monoinsaturadas, gorduras poli-insaturadas, vitaminas, minerais e substâncias bioativas não podem ser inferiores a 20% do valor declarado (Brasil, 2020).

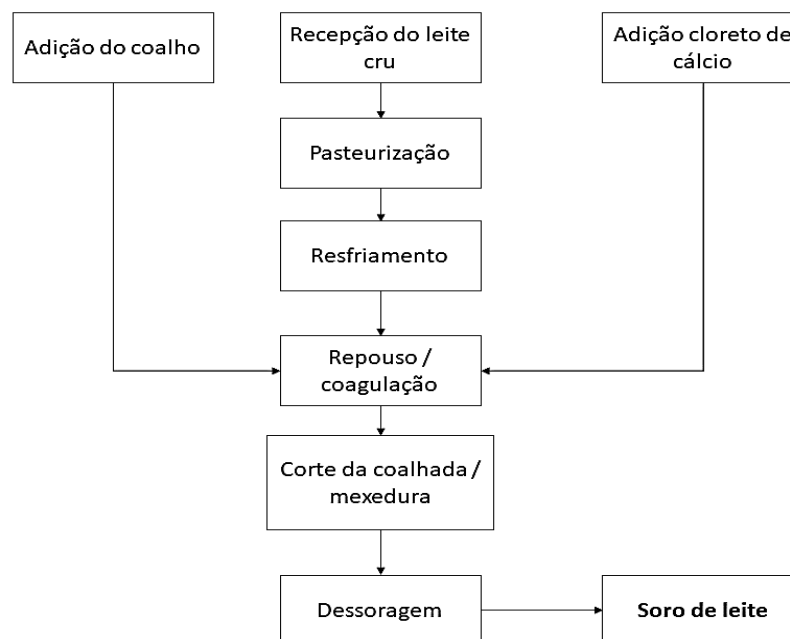
3.2 Soro do leite

Dois grupos principais de proteínas fazem parte da composição do leite, sendo as proteínas do soro de leite, que correspondem a cerca de 20% do total, e o restante (em média de 80%), representado pelas caseínas. Esse percentual é variável e depende de fatores como a raça do animal, manejo, condições ambientais e tipo de ração consumida (Haraguchi; Abreu; Paula, 2006).

Denomina-se soro de leite a porção aquosa obtida após a coagulação do leite durante o processo de produção de queijos ou caseína (Brasil, 2017). Pode ser obtido na indústria ou em laboratório por três diferentes processos principais: precipitação ácida ao atingir o pH isoeletrico da caseína; divisão física por microfiltração de caseína; coagulação enzimática, originando a precipitação de caseína, matéria prima para a produção de queijo (Haraguchi; Abreu; Paula, 2006; Guimarães; Teixeira; Domingues, 2010). Durante a produção de queijo, aproximadamente 90 a 95% do volume total de leite utilizado na produção resulta em soro de leite (Antunes, 2003; Chaves *et al.*, 2010).

A Figura 1 ilustra o processo de obtenção do soro do leite a partir da produção de queijo coalho.

Figura 1 - Processo simplificado da obtenção do soro de leite a partir da produção de queijo coalho.



Fonte: Autoria própria (2023), adaptado de Lira *et al.* (2009).

Segundo Sgarbieri (2005), as principais funções biológicas das proteínas do soro do leite bovino são: construção e reparação de ossos e músculos, processos metabólicos do organismo e reparação celular, sendo considerado essencial para praticantes de atividade física.

O soro é constituído por proteínas, sendo: beta-lactoglobulina (BLG), alfa-lactoalbumina (ALA), albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (Lg 's) e glicomacropéptídeos (GMP) (Tronco, 2013). No leite bovino, em maior quantidade encontra-se a BLG (45% - 50%), representando cerca de 3,2 g/L, além de apresentar o maior teor BCAA, aproximadamente 25% do total; seguida da ALA (15% - 25%) e da BSA, equivalente a 10%. O restante são as Lg's e as GMP (Kelleher *et al.*, 2003).

Em comparação com outras fontes de proteína, o soro de leite apresenta um valor biológico superior devido à presença de aminoácidos essenciais que não são produzidos pelo corpo e devem ser adquiridos por meio da alimentação (Marshall, 2004). Além de conter aminoácidos essenciais, as proteínas do soro de leite têm uma excelente biodisponibilidade, ou seja, são altamente eficazes no que diz respeito à sua utilização pelo organismo. Devido a esses atributos, as proteínas do soro se destacam pela alta qualidade proteica em comparação a outras fontes de proteínas (Yada, 2004).

Outra característica importante é a presença dos aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA - *branched-chain amino acids*), como a isoleucina, valina e leucina (Marshall, 2004). Esses aminoácidos são fonte de nitrogênio para a síntese de alanina e glutamina, além de participarem da regulação do balanço proteico corporal (Rogerio; Tirapegui, 2008). Durante a prática de exercícios físicos e elevado gasto energético, os BCAA são oxidados, supõe-se então que o consumo de BCAA em forma de suplemento contribui como fonte de energia, retardo da fadiga e são substratos para o ciclo de ácido cítrico, auxiliando no desempenho desportivo (Hormoznejad; Zare; Mansoori, 2019).

A elevação das concentrações de glutathione promovida pelas proteínas do soro do leite contribui para a redução de agentes oxidantes nos músculos esqueléticos, auxilia no controle da pressão sanguínea e desempenha um papel relevante na prevenção de problemas cardíacos, demonstrando, dessa forma sua importância para a saúde humana (Haraguchi; Abreu; Paula, 2006).

As proteínas encontradas no soro de leite são de fácil digestão e são absorvidas rapidamente pelo corpo. Sua capacidade de estimular a síntese de

proteínas no sangue e nos tecidos é tão significativa que alguns pesquisadores as classificaram como "proteínas de metabolização rápida" (*fast metabolizing proteins*), tornando-as extremamente adequadas para situações de estresse metabólico em que a reposição de proteínas no organismo se torna uma necessidade emergencial (Palu *et al.*, 2020).

3.3 *Whey protein*

O suplemento proteico para atletas, popularmente conhecido como *whey protein*, nome pelo qual é classificado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), é um produto originado a partir da proteína do soro do leite, de alto valor biológico, baixo peso molecular e com grande capacidade de absorção. Possui elevado teor de aminoácidos essenciais, alto grau de pureza de proteínas, normalmente utilizado por praticantes de atividade física para ganho de massa muscular magra (Brasil, 2014).

Da mesma forma como o *whey protein* é sugerido para indivíduos que praticam atividades físicas com o objetivo de melhorar o desempenho e aumentar a massa muscular, ele também é apropriado para aqueles que desejam enriquecer sua dieta e promover um estilo de vida mais saudável. Essas características fazem com que o *whey protein* seja considerado um produto de uso intensivo e extensivo (Brasil, 2014).

A eficiência do corpo no uso de uma fonte específica de proteína está relacionada ao seu valor biológico. O ovo representa uma escala relativa à referência de absorção natural, sendo de 100%. Algumas proteínas podem superar esse percentual, como é o caso do *whey protein*, com valor biológico entre 106% e 159% (Brasil, 2014).

Em estudo feito por Pellegrini, Nogiri e Barbosa (2017), foram entrevistados 400 frequentadores de uma academia de ginástica da cidade de São Carlos-SP, com faixa etária entre 18 e 60 anos, sendo que 84% eram consumidores do suplemento *whey protein*. A perda de peso, ganho de massa corporal e hipertrofia muscular foram os fatores mais significativos para o consumo.

Com base em estudos e tendo em vista a sua popularidade, o *whey protein* é amplamente reconhecido como um dos suplementos mais consumidos por praticantes de musculação. Prevê-se que o mercado de *whey protein* continue a crescer nos

próximos anos, sustentado pela demanda crescente por produtos que auxiliem no aumento de massa muscular e no aprimoramento do desempenho físico.

3.3.1 Classificações do *whey protein*

Os suplementos a base de *whey protein* se diferenciam de acordo com suas concentrações de proteína e valor biológico. Dependendo da técnica de extração do soro do leite, processamento e teor de proteínas, o *whey protein* é classificado como: concentrado proteico de soro (WPC - *whey protein concentrate*), obtido pelo processo de ultrafiltração; isolado proteico de soro (WPI- *whey protein isolate*), resultado do processo de troca iônica e diafiltração; e hidrolisado proteico de soro (WPH - *whey protein hydrolyzed*), originado do processo de hidrólise da proteína (Brasil, 2014; Oliveira *et al.*, 2015).

Conforme descrevem os mesmos autores, as diferenças entre os produtos se baseiam em:

WPC: é a forma mais comum e econômica no mercado. A quantidade de proteína varia de 35% a 90%, sendo maior em produtos mais puros. Contudo, níveis mais baixos de proteína concentrada têm mais gordura e lactose, não sendo adequados para intolerantes à lactose. O processo de filtragem é mínimo, o que preserva as frações benéficas das proteínas, tornando-o rico em aminoácidos essenciais e BCAA.

WPI: forma mais pura de *whey protein*, com aproximadamente 90% a 100% de proteínas. Ele passa por rigorosos processos de filtragem para eliminar gorduras, colesterol e carboidratos, resultando em um produto de alta pureza. Sendo muito baixo em lactose (menos de 1%), é adequado para intolerantes à lactose e é facilmente digerível.

WPH: passa por um processo de hidrólise, que consiste na quebra das moléculas de proteínas em peptídeos menores, por processos químicos ou enzimáticos, facilitando a absorção pelo organismo. Neste processo, são colocados ingredientes em maior quantidade, fazendo com que alguns produtos contenham carboidratos de absorção lenta, como a maltodextrina, podendo levar a um ganho de peso.

O WPC ainda pode variar de acordo com sua concentração proteica, podendo ser WPC 35, 50, 65 e 80. Estes números representam a porcentagem de proteínas do

produto (Baldasso, 2008). Na Tabela 2 são apresentadas as diferenças entre alguns componentes do WPC de acordo com o percentual de proteínas.

Tabela 2 - Diferenças entre alguns componentes do WPC em função do percentual de proteínas do produto.

Produto	Proteína (%)	Gordura (%)	Lactose (%)	Sais (%)
WPC 35	34 a 36	3,0 a 4,5	46 a 52	6,5 a 8,0
WPC 50	50 a 52	5,0 a 6,0	33 a 37	7,5 a 8,5
WPC 65	63 a 65	5,0 a 6,5	20 a 23	3,0 a 7,0
WPC 80	80 a 82	4,0 a 8,0	4 a 8	3,0 a 4,0

*WPC – *Whey protein* concentrado.

Fonte: A autoria própria (2023) adaptado de Baldasso (2008).

3.3.2 Tecnologia de produção

De modo geral, os concentrados proteicos do soro do leite são originados pela remoção de constituintes não proteicos, a fim de que o produto final, em base seca, apresente no mínimo 35% de proteína (Antunes, 2003).

O processo de extração das proteínas é constituído por filtrações que usam a massa molecular como critério para que as proteínas sejam separadas da gordura, sais minerais e água. Separação por membranas, evaporação a vácuo e secagem em *spray drying* são as operações unitárias mais utilizadas (Alves *et al.*, 2014).

A etapa de centrifugação promove a remoção dos traços residuais de queijo e gordura. Na diafiltração, o sistema é homogeneizado com adição de água, diminuindo a pressão nas membranas de filtração. A ultrafiltração tem a função de concentrar ou fracionar macromoléculas, sendo retiradas de forma parcial ou total pela membrana. São separadas a lactose, água e sais minerais (moléculas menores) e o soro WPC (Alves *et al.*, 2014).

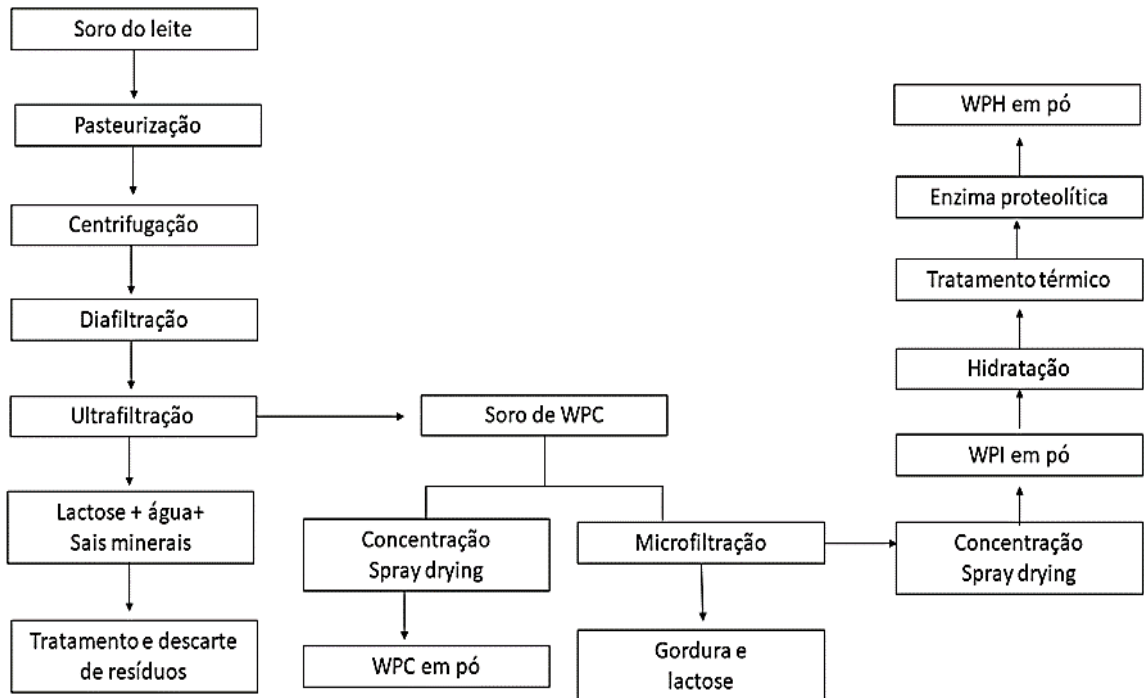
Na microfiltração são removidos os glóbulos grandes e as moléculas de gordura, concentrados e separados dos demais componentes do soro. O WPI é produzido a partir desta etapa, resultando em produto com elevado teor proteico (>90%), com baixos (ou livres) teores de gordura e lactose (Alves *et al.*, 2014).

O tratamento térmico corrobora com a hidrólise da proteína em peptídeos menores. Na hidrólise enzimática, as proteínas são hidrolisadas formando frações menores, como os dipeptídeos e tripeptídeos, possibilitando a produção do WPH.

Devido à complexidade e custo de produção, esse é o produto com maior valor no mercado (Alves *et al.*, 2014).

O esquema ilustrativo do processo geral de produção de *whey protein* pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Processo geral da produção do suplemento *whey protein*, destacando a obtenção de WPC, WPI e WPH.



WPC – *Whey Protein* Concentrado.

WPI – *Whey Protein* Isolado.

WPH – *Whey Protein* Hidrolisado.

Fonte: Autoria própria (2023) adaptado de Alves *et al.* (2014).

3.4 Adultrações em suplementos proteicos

As adultrações e fraudes na área de produção alimentícia são práticas conhecidas pelos órgãos de fiscalização, sendo consideradas problema de saúde pública, em virtude de levar riscos ao consumidor. Adultraar ou fraudar um produto tem por finalidade a obtenção de maiores lucros, aumentando o volume do produto com a aplicação de substâncias de baixo custo, com difícil detecção, por muitas vezes não permitidas pela legislação (Oliveira *et al.*, 2009; Anjos, 2016).

Em função da grande demanda e o surgimento de novos produtos no ramo, o *whey protein* tem sido um produto com destaque em relação a fraudes ou

adulterações, assim como o leite e seus derivados (Scarlato *et al.*, 2016). Os problemas estão relacionados à quantidade de nutrientes (valores mínimos e máximos) e a substâncias adicionadas intencionalmente e não relatadas no rótulo (Andrade *et al.*, 2019).

Entre as substâncias utilizadas como adulterantes e/ou não declaradas destacam-se os agentes: estimulantes (aumento do estado de alerta, redução da fadiga, como exemplo a cafeína); diuréticos (mascaram a presença de outras substâncias e diminuem os líquidos corporais); anabolizantes (aumento da massa muscular e diminuição da gordura) (Martínez *et al.*, 2017).

Estudos relacionados sobre este tema são realizados para identificar produtos adulterados, de forma intencional, ou não. Em 2014, um importante estudo foi feito pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), sendo investigado potenciais irregularidades em suplementos proteicos, analisando tanto aspectos qualitativos (a origem das proteínas), quanto aspectos quantitativos (os níveis de proteínas e carboidratos) (Brasil, 2014).

Além disso, o estudo investigou a presença de substâncias não mencionadas na composição dos produtos, com especial atenção à cafeína e ao amido. Dentre os quinze produtos analisados, 93% apresentaram algum tipo de não conformidade, como componentes não declarados no rótulo, quantidades de nutrientes acima ou abaixo do declarado (proteínas e carboidratos) e irregularidades na rotulagem. Além do percentual incorreto de nutrientes, a pesquisa identificou a presença de ingredientes de baixo custo, como fécula de mandioca, milho e amido como fontes de carboidratos (Brasil, 2014).

Com o mesmo intuito, Augusto (2019) analisou cinco marcas de *whey protein*. Do total, apenas uma foi considerada conforme, quatro apresentaram discrepâncias na quantidade de carboidratos, proteínas, lipídeos e fibras quando comparados aos rótulos, além da presença de não nutrientes como a cafeína.

Os problemas também são percebidos fora do Brasil. A empresa Labdoor dos Estados Unidos analisou 81 suplementos proteicos, sendo que dezesseis apresentaram teor de proteínas 15% inferior ao mencionado no rótulo, chegando a 40% de diferença em relação ao valor declarado (Labdoor, 2018).

Existem estudos sobre adulteração em suplementos proteicos (*whey protein*) na área farmacêutica, como foi o caso da pesquisa de Roiffé *et al.* (2016), em que as

análises detectaram a presença de substâncias com ação farmacológica, destacando a politiazida (diurético) e benfluorex (agente anorexígeno).

Segundo Scarlato *et al.* (2016), as diferenças entre a quantidade de nutrientes verificada em comparação com a informação presente nos rótulos dos produtos podem prejudicar os consumidores, uma vez que esses produtos são adquiridos com o intuito de aumentar a ingestão desses nutrientes, especialmente as proteínas. Se as quantidades declaradas não corresponderem à realidade, isso pode afetar negativamente os resultados fisiológicos e nutricionais esperados.

3.4.1 Amido

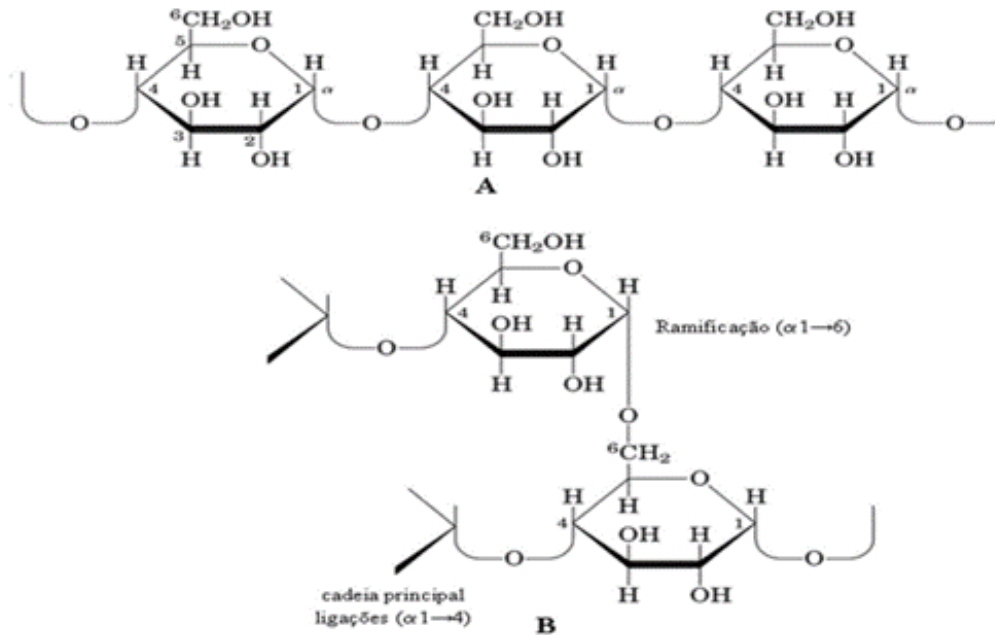
O amido é um polissacarídeo da classe dos carboidratos, encontrado principalmente em raízes, cereais e tubérculos, sendo utilizado como fonte energética desses vegetais. Devido ao seu baixo custo e fácil obtenção, possui aplicações na indústria alimentícia, cosmética, têxtil e farmacêutica (Cereda *et al.*, 2002). Na alimentação humana, proporciona de 70 a 80% das calorias consumidas na dieta (Lacerda, 2006).

Sua estrutura é formada basicamente por amilose e amilopectina (cerca de 98 a 99%), com pequenas quantidades de proteínas e lipídeos (0,6%) e o restante (0,4%) composto por potássio, fosforo, magnésio e cálcio. Amilose e amilopectina possuem cadeias nas quais as unidades de glicose se unem através das ligações α -1-4 (Bruice, 2006).

Em suplementos proteicos, o amido pode ser adicionado como forma de ingrediente de baixo valor para diminuir o custo da produção e, conseqüentemente, maior ganho econômico. O amido também pode estar presente na composição dos suplementos, mas fica obrigatória a declaração na lista de ingredientes e considerando que no mínimo 50% do valor energético total deste alimento deve ser originário de fontes proteicas (Mendes *et al.*, 2018).

A estrutura e diferenças nas ramificações do amido podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3 - Representação da amilose (A) e amilopectina (B), evidenciando as diferenças entre as ramificações.



Fonte: Adaptado de Junior (2008).

As moléculas de amido podem exibir uma variedade de graus de ramificação. A amilose, por exemplo, tende a adotar uma conformação que se assemelha a uma hélice, composta por seis resíduos adjacentes. Quando moléculas de iodo (encontradas no composto Lugol) se inserem nessa estrutura helicoidal, ocorre a formação de um complexo conhecido como amido-iodo, que é reconhecido pela sua marcante coloração azul-escuro (Campbell; Farrell, 2007).

No Quadro 1, são apresentadas as cores resultantes das reações de coloração com iodo que podem ser observadas quando testado em diversos tipos de amidos e seus derivados.

Quadro 1 - Resultados da cor após reação do iodo com vários tipos de amidos e seus derivados.

Amido	Cor resultante
Tapioca	Azul arroxeado
Trigo	Roxo
Amido solúvel	Azul arroxeado
Milho rico em amilose	Vermelho arroxeado
Milho ceroso	Marrom
Batata	Azul arroxeado (mais que a tapioca)
Batata catiônica	Azul arroxeado
Batata acetato	Azul arroxeado
Batata cianoetilada	Azul arroxeado

Fonte: Adaptado de Japan Customs Analysis Methods (2003).

3.5 Análises físico-químicas e controle de qualidade

Além da composição nutricional como teores de proteínas, carboidratos, fibras e lipídios, as análises físico-químicas são ferramentas que garantem um produto de qualidade e que atendam às necessidades dos consumidores. Análises físico-químicas como a verificação dos ingredientes, textura e viscosidade, umidade, cinzas, determinação de valores energéticos, quantidade de vitaminas e minerais, são comumente utilizadas em laboratórios de análises de alimentos (Brasil, 2022).

A saúde também está relacionada com a qualidade dos alimentos; deste modo, a ingestão de um alimento sem procedência comprovada ou com algum tipo de elemento nocivo, pode ser altamente prejudicial ao organismo. Problemas como tonturas, cólicas abdominais, irritações na pele, podem estar relacionados com o consumo de produtos contaminados quimicamente. Logo, as análises prévias podem ser extremamente úteis para evitar tais complicações (Terranalises, 2021).

As análises físico-químicas são importantes no controle de qualidade, como também em todo o processo de produção, incluindo a estocagem, processamento e caracterização dos alimentos. Essas verificações são estabelecidas e exigidas pelos órgãos de fiscalização embasadas por Leis, Instruções Normativas, Resoluções e Portarias. Dentre estes, destacam-se o Ministério de Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (MAPA), ANVISA, institutos estaduais e municipais (Terranalises, 2021).

3.6 Propriedades tecnológicas do concentrado proteico

Os concentrados proteicos do soro do leite são amplamente utilizados pela indústria de alimentos como ingredientes alimentares devido às suas propriedades tecnológicas, como a estabilidade coloidal, viscosidade, emulsificação, formação de espuma e capacidade de absorção de água. Isso deve-se pela sua alta solubilidade em grande faixa de pH, permitindo sua aplicação em bebidas esportivas, sobremesas, sopas e derivados lácteos (Alves *et al.*, 2014).

As propriedades tecnológicas englobam as características físicas e químicas de um componente que desempenham um papel crucial na influência sobre a manipulação, processamento, armazenamento, preparação, embalagem, estabilidade e atributos de qualidade padrão de um produto, tais como cor, odor, sabor e textura (Pollonio, 2023).

Em razão das propriedades tecnológicas, biológicas e características específicas intrínsecas a cada componente presente no soro, tem havido um interesse em constante crescimento no que diz respeito ao seu fracionamento. A β -lactoglobulina, por exemplo, apresenta notáveis propriedades de geleificação, emulsificação e formação de espuma. Por outro lado, é importante notar que o leite humano não contém β -lactoglobulina, o que torna a α -lactalbumina uma escolha mais adequada para a formulação de alimentos infantis, além de sua função como agente emulsificante. Isso se deve às características únicas e benéficas que cada proteína do soro oferece, adaptando-se às necessidades específicas de diversos produtos alimentícios (Antunes, 2003).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostras

Foram analisadas dez marcas de *whey protein* concentrado (WPC), sendo dois lotes de cada. As amostras foram adquiridas aleatoriamente em estabelecimentos comerciais de Francisco Beltrão, Paraná, com base nos preços de mercado entre abril e agosto de 2023, com valores oscilando de baixo, médio e maior custo, variando de R\$ 89,00 a R\$ 154,00.

As amostras foram codificadas de A a J e todas tinham o mesmo sabor (baunilha) para evitar possíveis interferências nas análises. Os lotes foram designados como x e y, e as análises foram conduzidas em quadruplicata. Os produtos foram mantidos fechadas e lacradas até o início das análises, que foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da UTFPR - Campus Francisco Beltrão.

O Quadro 2 apresenta a lista de ingredientes dos rótulos das dez amostras avaliadas.

Quadro 2 - Lista de ingredientes registrados nos rótulos dos produtos.

Amostra	Ingredientes
A	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), espessante goma xantana, edulcorante glicosídeo Steviól (Stévia Rebaudiana) e aroma natural de baunilha.
B	Proteína concentrada do soro de leite (WPC), aromatizante, edulcorante sucralose.
C	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), emulsificante lecitina de soja*, aromatizante, espessantes carboximetilcelulose sódica e goma xantana e edulcorante sucralose.
D	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), aroma idêntico ao natural de baunilha, edulcorantes sucralose e acessulfame de potássio e emulsificante lecitina de soja*.
E	Proteína de soro do leite concentrada (WPC), aromatizante e edulcorante sucralose.

WPC – *Whey protein* concentrado.

* Utilizada na fabricação da proteína do soro do leite com a função de deixar o produto com fácil diluição.

Fonte: Autoria própria (2023).

Quadro 2 - Lista de ingredientes registrados nos rótulos dos produtos.

F	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), aromatizante, emulsificante lecitina de soja* e edulcorante sucralose.
G	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), aroma idêntico ao natural de baunilha, espessante goma xantana, acidulante ácido cítrico, antiemectante dióxido de silício e edulcorante sucralose.
H	Proteína concentrada do soro de leite (WPC), goma xantana e antiemectante dióxido de silício.
I	Proteína do soro de leite concentrada (WPC), espessante goma xantana, edulcorante sucralose e antiemectante dióxido de silício.
J	Proteína concentrada do soro do leite (WPC), emulsificante lecitina de soja*, aromatizantes, espessante goma xantana e edulcorante sucralose.

WPC – *Whey Protein* Concentrado.

* Utilizada na fabricação da proteína do soro do leite com a função de deixar o produto com fácil diluição.

Fonte: Autoria própria (2023).

4.2 Análises químicas

4.2.1 Umidade e cinzas

Para umidade foi empregado o método gravimétrico em estufa (Deleo A5-SED, Porto Alegre, Brasil) a uma temperatura de 105 °C, até obter massa constante (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Para a determinação de resíduo por incineração (cinzas), foi utilizado o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Primeiramente, foram pesados aproximadamente 5 g de cada amostra em cápsula de porcelana, previamente aquecida em mufla a 550 °C, por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. Posteriormente carbonizada em chapa aquecedora na capela e incinerada em mufla (Zezimaq CLC-200H, Belo Horizonte, Brasil) a 550 °C, por aproximadamente 4 horas. O resíduo foi incinerado até ficar branco ou ligeiramente acinzentado. Em seguida foi resfriado em dessecador e pesado.

4.2.2 Proteínas

O método utilizado foi o Kjeldahl, executado de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), que se baseia na destruição da matéria orgânica com ácido sulfúrico concentrado, em presença de um catalisador por ação do calor, com posterior destilação e titulação do nitrogênio proveniente da amostra, sendo utilizado o fator de conversão de 6,38.

Primeiramente foi pesado 0,2 g da amostra em papel de seda e transferido para o balão de Kjeldahl (papel + amostra). Após, foram adicionados 1 mL de peróxido de hidrogênio, 2 mL de ácido sulfúrico e cerca de 7 g de mistura catalítica. Em seguida, levado para aquecimento em bloco digestor (Solab, Piracicaba, Brasil) de proteínas, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Inicialmente a temperatura foi ajustada em 100°C e aumentada 50 °C a cada meia hora até atingir 350°C. Cerca de 4 horas para a total digestão.

Posteriormente foram adicionados ao balão 20 mL de água destilada e conectado no destilador de nitrogênio (Solab SL-74, Piracicaba, Brasil). No copo dosador do destilador foram adicionados 10 mL de hidróxido de sódio 40%. O conteúdo destilado foi recolhido em erlenmeyer contendo 5 mL de ácido bórico e 2 gotas de indicador misto (vermelho de metila + verde de bromocresol).

Após coletados em média de 35 a 40 mL do destilado, o conteúdo foi destilado com ácido clorídrico 0,1 mol/L previamente padronizado. O volume gasto foi anotado para efetuar o cálculo de nitrogênio total. Para obter o valor de proteína total foi multiplicado o valor de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,38.

4.2.3 Carboidratos

O protocolo utilizado foi o método por ácido dinitrosalicílico (DNS), recomendado por Maldonade *et al.* (2013) por análise em espectrofotômetro (Kasuki IL-593-S, São Paulo, Brasil). O ensaio de DNS fundamenta-se na reação entre o açúcar redutor e o ácido 3,5-dinitrosalicílico (de coloração amarela), o qual sofre redução, resultando na formação de um composto avermelhado denominado ácido 3-amino-5-nitrosalicílico. Este processo implica na oxidação do monossacarídeo redutor.

Inicialmente, procedeu-se à construção da curva padrão de açúcar redutor no espectrofotômetro, abrangendo concentrações de glicose que variavam de 0,10 a 1,00 g/L, utilizando a faixa de absorvância a 540 nm. Para esta etapa, uma amostra

representativa foi convenientemente diluída até atingir a concentração máxima de 1,0 g/L, utilizando 5 g da amostra em um balão volumétrico de 100 mL. Devido à presença de açúcares não redutores na amostra, foi necessário realizar a hidrólise desta antes de efetuar o teste de DNS. Os valores obtidos após o teste DNS devem estar dentro da faixa de absorvância resultante da curva padrão de glicose.

A equação da reta foi derivada a partir da curva padrão de glicose, possibilitando assim o cálculo da concentração de açúcar redutor na amostra. Durante os cálculos, levou-se em consideração a diluição realizada na amostra, multiplicando o resultado por este fator. O valor obtido foi posteriormente comparado com a informação descrita no rótulo do produto.

4.3 Determinação qualitativa de amido

Para o teste qualitativo de amido, 0,5 g de cada suplemento foi adicionado a um tubo de ensaio juntamente com 10 mL de água destilada. Os tubos de ensaio foram submetidos a aquecimento até ebulição e novamente resfriados. Três gotas de solução Lugol (0,67% de iodeto de potássio e 0,33% de iodo) foram adicionadas a cada tubo de ensaio. Foram consideradas negativas, e, portanto, sem amido, as amostras nas quais não houve intensificação da coloração roxa / azulada (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

4.4 Análises físicas

4.4.1 Determinação de cor

A análise de cor foi conduzida em Colorímetro (Chroma Meter CR400-410, Osaka, Japão). Uma quantidade de aproximadamente 50 gramas de amostra previamente homogeneizada acondicionadas em vidro de relógio, foi sujeita à medição de cor, seguindo as orientações de calibração estabelecidas no manual de instruções, fornecido pelo fabricante do equipamento. Cada amostra foi avaliada em três diferentes pontos.

4.4.2 Viscosidade

A viscosidade foi determinada utilizando o viscosímetro (RM 100 PLUS, Champagne au Mont d'Or, França). Cada amostra foi diluída conforme o método de preparação descrito no rótulo pelo fabricante (quantidade em gramas da porção em 200 mL de água). O *spindle* utilizado foi o MS BV1 para soluções com baixa viscosidade. O recipiente utilizado foi um becker de 250 mL e diâmetro de 71 mm, visto que o raio do recipiente tem influência no torque. A análise foi executada em temperatura padronizada de 25°C, para evitar flutuações nas medidas. O equipamento foi previamente calibrado usando a viscosidade da água como referência (0,89 mPa.s⁻¹ a 25°C) (Luz, 2018). Os resultados foram expressos em miliPascal por segundo (mPa.s⁻¹).

4.4.3 Análise granulométrica

O método utilizado foi o descrito por Sampaio e Silva (2007). Foram pesados 30 g do pó do suplemento proteico e colocado para secar em estufa a 105 °C por 3 horas. Em seguida, foram dispostas sobre um conjunto de peneiras da Bertel, padrão ABNT de 30, 45, 50, 60, 140 e 200 mesh. O sistema foi agitado em agitador eletromagnético da Bertel durante 10 minutos. As partículas retidas em cada peneira foram pesadas e anotadas para proceder com os cálculos. Para determinar o tamanho das partículas, foram utilizados dois parâmetros principais: a porcentagem de Retido Acumulado e o Módulo de Finura (MF), obtido pela soma dos percentuais retidos acumulados em todas as peneiras, dividida por 100, representando uma grandeza adimensional.

4.5 Capacidade de absorção de água

A capacidade de absorção de água (CAA) foi realizada segundo Baú (2012), em que uma suspensão de 0,2 g de amostra e 10 mL de água foi colocada em tubo falcon de 15 mL e centrifugada a 5300 g por 20 minutos, em ultracentrífuga (HERMLE Z-326-K, Wehingen, Alemanha). O tubo falcon vazio foi previamente pesado para ser usado nos cálculos posteriores.

O líquido superior do tubo (representando a água não absorvida) foi removido e mensurado. O restante foi submetido a pesagem, resultando na massa da amostra junto com a água absorvida, sendo descontado o peso inicial do tubo sem a amostra

e a água. O resultado foi apresentado como a porcentagem de água absorvida em relação ao peso inicial da amostra.

4.6 Expansão e estabilidade de espuma

A expansão e estabilidade de espuma foi calculada através do método descrito por Leidens (2013). Foi preparada uma solução de 250 mL com 1% de amostra. A solução foi agitada em liquidificador por 5 minutos em velocidade máxima. Em seguida, transferida para uma proveta graduada de 500 mL e deixado em repouso por 30 minutos. Os volumes inicial e final foram medidos e com os dados obtidos foram calculadas a expansão da espuma (FE) e a estabilidade da espuma (FS), utilizando as equações descritas no método.

4.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e, em seguida, realizou-se o teste de Tukey para comparação das médias, com um nível de significância de 95%. Para a realização desses procedimentos estatísticos, utilizou-se o *software* Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2006). Os resultados foram apresentados na forma de médias acompanhadas do desvio padrão (DP).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as amostras usadas neste trabalho eram do sabor baunilha. Esta estratégia buscou minimizar as questões de diferença de coloração em função dos diferentes aditivos de cor que a indústria tem para uso e principalmente, pelo fato dos produtos sabor chocolate terem na sua formulação cafeína, o que pode comprometer os valores de nitrogênio da amostra e conseqüentemente os valores de proteína (Brasil, 2014).

A Tabela 3 exibe os resultados experimentais dos parâmetros físico-químicos de umidade e cinzas referentes às dez amostras que foram submetidas à análise.

Tabela 3 - Médias \pm desvio padrão dos parâmetros de umidade e cinzas avaliados das amostras de *whey protein* concentrados (WPC).

Amostras	Parâmetro	
	Umidade (%)	Cinzas (%)
A	6,04 \pm 0,00d	3,31 \pm 0,00d
B	7,50 \pm 0,07ab	3,15 \pm 0,07de
C	6,61 \pm 0,04c	3,05 \pm 0,01e
D	5,96 \pm 0,05d	3,13 \pm 0,05de
E	7,68 \pm 0,01a	3,24 \pm 0,04de
F	7,69 \pm 0,03a	3,74 \pm 0,05c
G	7,44 \pm 0,11ab	4,19 \pm 0,03b
H	6,65 \pm 0,14c	3,21 \pm 0,00de
I	6,68 \pm 0,24c	4,65 \pm 0,12a
J	7,18 \pm 0,04b	3,21 \pm 0,04de

Letras diferentes na mesma coluna representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

A umidade das amostras variou de 5,96 a 7,69% e houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os produtos. Estes valores são condizentes de produtos desidratados que passam por processos de secagem por aspersão. Simultaneamente, essa baixa umidade resulta em uma menor atividade de água, proporcionando maior estabilidade físico-química, segurança e qualidade microbiológica ao produto (Oliveira *et al.*, 2012).

Valores próximos de umidade foram relatados em outros trabalhos (4,62 a 7,49%) (Santos, 2015; Silva; Souza, 2016). Silva e Souza (2016) atribuem as diferenças nas amostras analisadas em virtude do tipo de embalagem empregado ao produto. As amostras com embalagens de polietileno tereftalato mostraram maior teor de umidade, corroborando com os resultados deste estudo. As amostras F e G, ambas com essa embalagem específica, registraram umidade mais elevada, atingindo 7,69 e 7,44%, respectivamente.

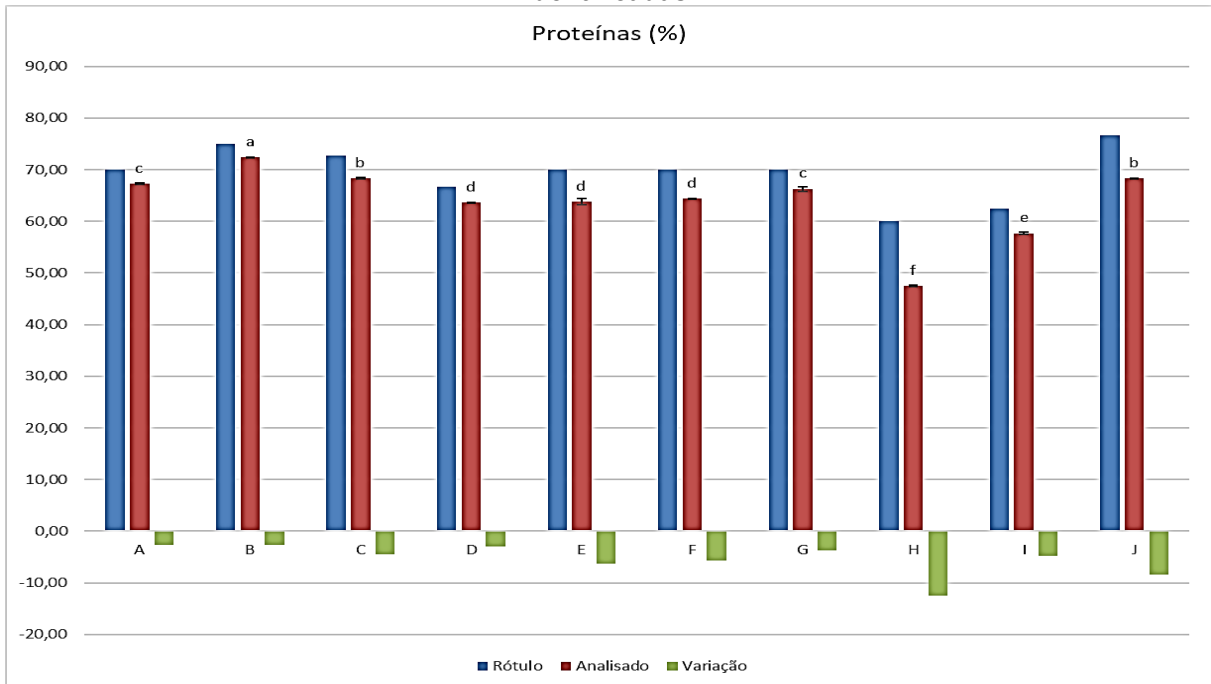
A quantificação do teor de umidade é uma das análises essenciais conduzidas pela indústria com o objetivo de avaliar a conformidade com os padrões de identidade e a qualidade de alimentos. Além disso, desempenha um papel fundamental na orientação de decisões em diversas fases do processamento, incluindo a seleção de embalagens adequadas e a determinação das condições ideais de armazenamento do produto (Furtado; Ferraz, 2007).

Os teores de cinzas variaram de 3,05 a 4,65% e podem ser comparados com os encontrados nas análises de Silva e Souza (2016), em que o mínimo foi de 1,81 e máximo de 4,89%. No estudo do soro concentrado destinado à fabricação de *whey protein*, os teores de cinzas apresentaram uma média global de 3,71% (Zanelatto, 2021), o que se aproximou consideravelmente da média global deste trabalho, a qual foi de 3,48%.

Não há regulamentações ou padrões específicos estabelecidos de cinzas para o *whey protein*. No entanto, como este produto é um derivado do soro do leite, é razoável esperar que os teores de cinzas estejam em conformidade com os padrões aplicados a produtos lácteos (0,7 a 6,0%) sendo assim, as amostras avaliadas estão dentro dessa faixa (Torres *et al.*, 2000).

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os valores de proteínas e carboidratos analisados, respectivamente, efetuando uma comparação entre os valores declarados nos rótulos e aqueles adquiridos por meio de análises experimentais, destacando as variações identificadas.

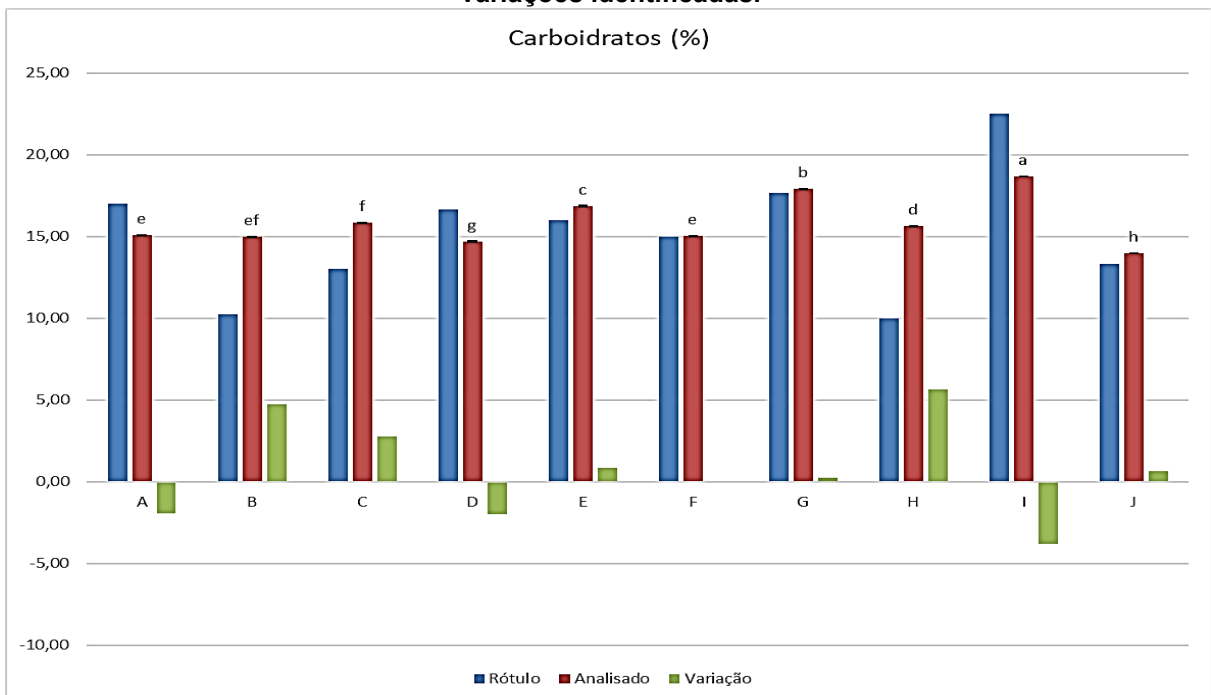
Figura 4 - Médias \pm desvio padrão dos valores analisados do teor de proteínas das amostras de *whey protein* concentrado (WPC), comparando com os descritos nos rótulos e as variações identificadas.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 5 - Médias \pm desvio padrão dos valores analisados do teor de carboidratos das amostras de *whey protein* concentrado (WPC), comparando com os descritos nos rótulos e as variações identificadas.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Ao examinar os dados apresentados na Figura 4, observa-se que nenhuma das amostras demonstrou conformidade com os valores de proteínas declarados nos rótulos dos produtos. Todas as amostras exibiram quantidades inferiores às indicadas pelo fabricante. Os valores apresentaram uma variação média de -2,59%, ao passo que a maior variação registrada atingiu -12,53%.

Comparando os resultados com outros estudos que compartilham o mesmo objetivo, é notável que variações substanciais são comumente observadas quando confrontadas com as informações declaradas nos rótulos. No estudo realizado por Andrade *et al.* (2022), que avaliaram dezesseis produtos, incluindo nove amostras de WPC, foram identificadas variações que oscilaram entre -2,30 e -17,60% em sete das amostras analisadas. Adicionalmente, em duas amostras, os valores superaram as declarações nos rótulos, registrando +2,20 e +8,30% acima do teor indicado.

Na pesquisa realizada por Oliveira *et al.* (2016), foi executada uma análise do teor de proteínas em seis amostras de *whey protein* concentrado coletadas na região de Brasília, no Distrito Federal. Os resultados obtidos revelaram uma discrepância significativa quando comparados com as informações contidas nas embalagens. As variações encontradas nas quantidades de proteínas oscilaram de maneira notável, indo de -9,70 até -60,21%, quando comparadas às informações nutricionais declaradas nas embalagens dos produtos.

A determinação do teor de nitrogênio total, seguida da conversão subsequente para proteína bruta, pode representar um fator limitante nos resultados obtidos, contribuindo para a explicação das variações identificadas (Silva; Queiroz, 2002).

Além das variabilidades de natureza analítica, é importante observar que as diferenças nos resultados podem ser influenciadas por uma série de fatores adicionais. Dentre esses fatores, destacam-se a marca dos produtos analisados, bem como a origem e qualidade da matéria-prima utilizada na fabricação dos suplementos alimentares (Andrade *et al.*, 2022).

Em contraste com os valores das proteínas, os valores de carboidratos das amostras (Figura 5) apresentaram variações tanto negativas quanto positivas, variando de -3,85 a +5,64%.

Scarlato *et al.* (2016) relataram valores distintos em seu estudo, envolvendo suplementos de *whey protein* disponíveis no mercado do Rio de Janeiro-RJ, com variações significativas na faixa de 6,70% a 45,06% em relação aos teores de

carboidratos. O estudo avaliou quinze amostras de proteína concentrada de soro de leite, sendo que apenas quatro amostras estavam em conformidade com os rótulos em termos de teor total de carboidratos.

Frozza (2020) identificou uma variação notável de carboidratos (entre 11,97 e 25,52%) ao realizar a análise centesimal comparando as informações presentes nos rótulos e os dados nutricionais de diversos suplementos alimentares derivados do soro do leite.

No ano de 2018, a Proteste analisou a quantidade de proteínas e carboidratos em trinta diferentes marcas de *whey protein*. Um dos fabricantes, em particular, chamou a atenção devido ao alto teor de carboidratos detectado. Neste caso, a quantidade identificada foi 114% superior à informada no rótulo do produto (Dall'orto, 2018).

Essas variações podem ser atribuídas à composição e à qualidade da matéria-prima utilizada, às técnicas empregadas na filtração do soro do leite e à presença ou ausência de adição de carboidratos na formulação final. Tais variáveis tornam desafiadora a padronização do produto (Frozza, 2020).

Outras hipóteses consideradas por pesquisadores que podem desempenhar um papel relevante na explicação da variabilidade dos dados incluem divergências na metodologia de amostragem, variação na quantidade de amostra utilizada nas análises, bem como aspectos relacionados ao controle de qualidade, desde a aquisição da matéria-prima até o armazenamento dos produtos pelos fabricantes. Esses fatores podem influenciar significativamente os resultados obtidos nas análises, acrescentando complexidade ao entendimento das diferenças observadas (Andrade *et al.*, 2022).

De acordo com as disposições da Resolução RDC nº 429/2020, fica estipulado que as quantidades mínimas de carboidratos não podem ultrapassar 20% do valor declarado no rótulo. No que diz respeito às proteínas, não podem ser inferiores a 20% do valor declarado (Brasil, 2020). Diante desse cenário, é importante ressaltar que todas as amostras analisadas estão em total conformidade com a legislação em vigor.

Apesar de os resultados desta pesquisa estarem em conformidade com as normativas legais, é evidente a falta de uniformidade entre os produtos. Esta diferença pode ser atribuída à composição variável da matéria-prima, que é influenciada pelo

tipo específico de queijo utilizado como base, o que possivelmente pode explicar as divergências nos resultados observadas.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), quando se constata uma diferença entre a composição real dos produtos e as informações fornecidas nos rótulos, especialmente no que diz respeito à quantidade de carboidratos e proteínas, essa situação é considerada como uma fraude contra o consumidor e uma prática desleal de comércio (Veronesi, 2014). A Proteste sustenta que, mesmo se a diferença entre a quantidade indicada no rótulo e a quantificada em laboratório não representar um risco à saúde, essa diferença pode afetar o resultado desejado ao consumir o produto (Dall'orto, 2018).

É importante enfatizar que, mesmo quando as quantidades de proteínas estão dentro da faixa limite de variação de 20%, isso não constitui, por si só, um indicativo de qualidade do produto. A avaliação da qualidade do produto depende, em grande parte, da análise do tipo de proteína utilizada, a qual pode ser determinada por meio do cálculo do *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* - Escore Químico de Aminoácidos Corrigido pela Digestibilidade (PDCAAS). Portanto, a qualidade de um suplemento de proteína não se resume apenas às suas quantidades, mas também à sua composição e ao valor nutricional que ele oferece, conforme indicado pelo PDCAAS (Schaafsma, 2005).

Conforme observado por Silva *et al.* (2018), as disparidades nas quantidades em relação às informações fornecidas nos rótulos dos produtos podem acarretar desafios significativos para os consumidores. Estes desafios abrangem a complexidade associada ao cálculo dos valores nutricionais, o que, por sua vez, pode gerar dificuldades quando se busca recomendar o produto para atender a necessidades específicas de ingestão nutricional. Essa diferença nas informações pode comprometer a capacidade dos consumidores em fazer escolhas e pode impactar diretamente na eficácia do produto em atender aos requisitos nutricionais individuais.

A avaliação do amido foi conduzida de maneira qualitativa, com o objetivo de identificar a presença ou ausência desse componente nos produtos. Os detalhes dos resultados obtidos podem ser encontrados no Quadro 3.

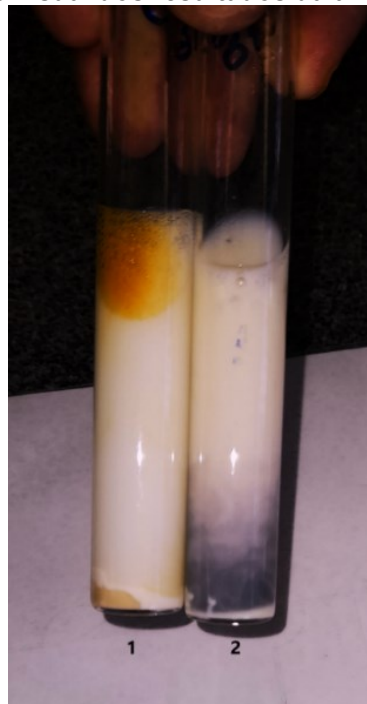
Quadro 3 - Resultado da análise qualitativa de amido para as dez amostras de *whey protein* concentrado (WPC).

Amostra	Resultado	Cor predominante
A	Negativo	Laranja
B	Negativo	Laranja
C	Negativo	Laranja
D	Positivo	Azul arroxeado
E	Negativo	Laranja
F	Negativo	Laranja
G	Negativo	Laranja
H	Positivo	Azul arroxeado
I	Negativo	Laranja
J	Positivo	Azul arroxeado

Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 6 fornece uma representação visual de um dos resultados da análise. No tubo 1, localizado à esquerda, é possível observar que a amostra resultou em uma coloração laranja, indicando um resultado negativo para a presença de amido. Por outro lado, no tubo 2, à direita, a coloração obtida foi azul arroxeado, o que aponta um resultado positivo para a presença de amido.

Figura 6 - Representação visual dos resultados da análise qualitativa de amido.



Fonte: Autoria própria (2023).

Como indicado no Quadro 3 e visualmente representado na Figura 6, como exemplo, as amostras que apresentaram resultado positivo para a presença de amido exibiram uma coloração azul arroxeada.

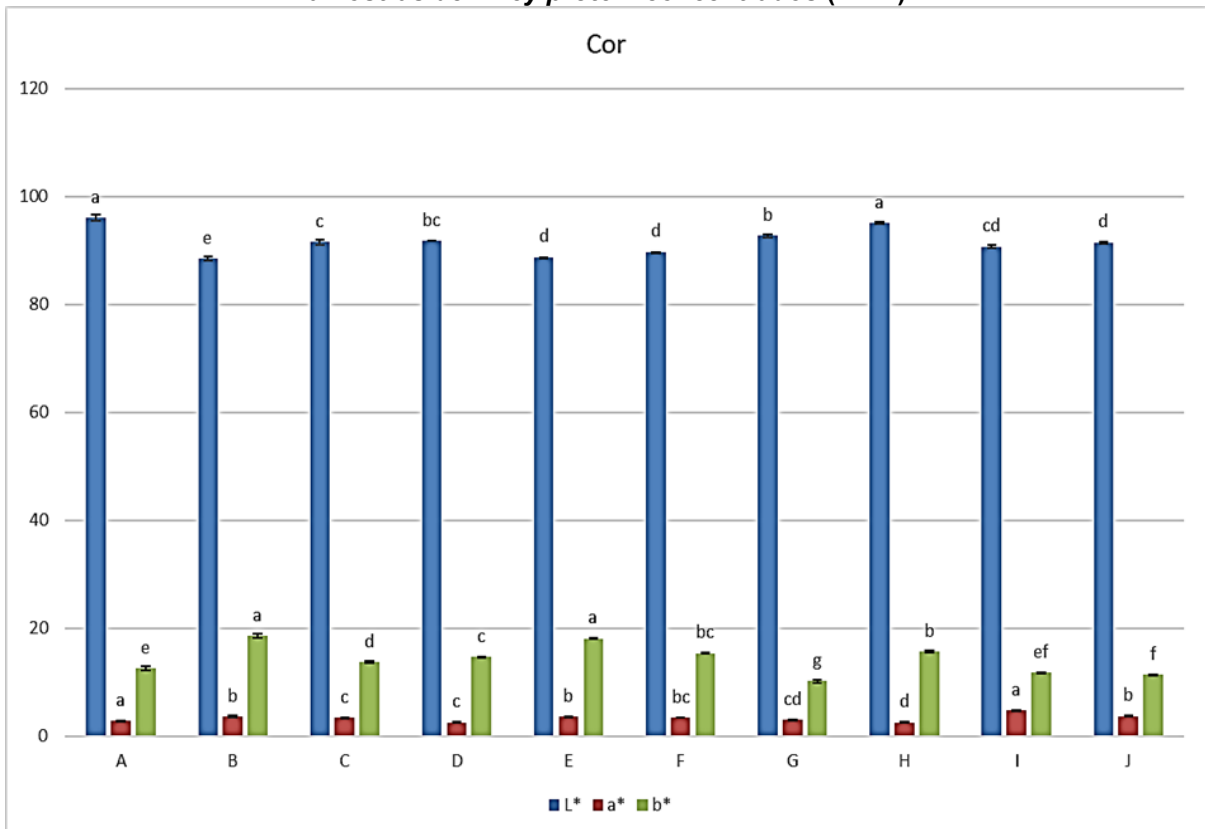
Os suplementos podem incluir amido em sua formulação, no entanto, é de extrema importância que essa informação seja devidamente declarada na lista de ingredientes. Além disso, é essencial garantir que a presença de amido não comprometa o requisito de que pelo menos 50% do valor energético total do suplemento seja proveniente de fontes proteicas, conforme destacado por Mendes *et al.* (2018).

A adição de amido na formulação do produto tem como intuito o aumento do volume e reduzir o custo de fabricação quando adicionados de forma intencional. Nas amostras que apresentaram resultado positivo para a presença de amido, as embalagens exibem informações indicando a possibilidade da presença de derivados de trigo e centeio em sua composição, o que as coloca em conformidade com as normas regulatórias aplicáveis por não serem adicionadas de forma intencional e estarem identificadas na rotulagem.

No entanto, o propósito do consumo de suplementos é adquirir uma fonte de proteína da mais alta pureza possível, e a presença desse componente pode afetar negativamente a qualidade do produto, sendo percebida de forma desfavorável pelos consumidores. Além disso, a presença desse componente pode impactar negativamente a experiência sensorial ao consumir o produto.

Na Figura 7, são apresentados os valores dos parâmetros de cor dos suplementos proteicos, permitindo uma análise detalhada das variações nos parâmetros L^* , a^* e b^* entre as dez amostras examinadas. A representação visual das cores reais das amostras pode ser encontrada na Figura 8. Essas representações oferecem uma visão mais aprofundada das características cromáticas específicas de cada suplemento, contribuindo para uma compreensão mais precisa das diferenças entre as cores das amostras analisadas.

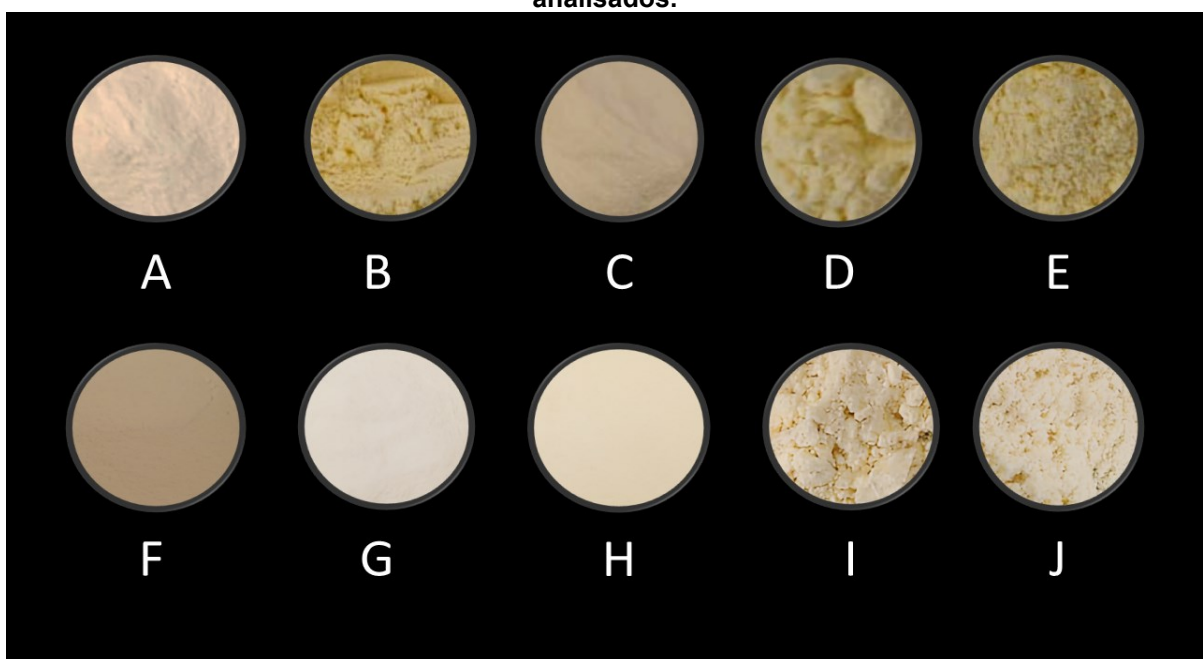
Figura 7 - Médias \pm desvio padrão dos parâmetros de cor avaliados pelo sistema CIEL*a*b* das amostras de *whey protein* concentrados (WPC).



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias para os parâmetros L*, a* e b* de cada amostra pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 8 - Diferenças da cor entre as dez amostras de *whey protein* concentrado (WPC) analisados.



Fonte: Autoria própria (2023).

Todas as amostras de *whey protein* analisadas foram de sabor idêntico (baunilha), portanto, naturalmente se esperaria que elas apresentassem a mesma tonalidade ao serem observadas sem o uso de equipamentos. Porém, ao examinar os dados coletados pelo colorímetro (Figura 7) e a Figura 8, torna-se claro que existem diferenças de cor entre as marcas.

No que diz respeito ao parâmetro L^* , a amostra A registrou o valor mais elevado, atingindo 96,02, o que a caracteriza como a mais clara, visto que valores próximos a 100 indicam maior luminosidade. Por outro lado, a amostra B se destacou como a mais escura, com o menor valor de L^* (88,40).

O parâmetro a^* apresentou uma faixa de variação entre 2,50 e 4,70. Este parâmetro é responsável por indicar a variação entre as cores verde e vermelha. A amostra que registrou o valor mais baixo, sugere uma tonalidade mais próxima do verde. Por outro lado, a amostra que obteve o valor mais alto, indica uma proximidade maior com a cor vermelha.

O parâmetro b^* desempenha o papel de avaliar a variação entre as cores azul e amarelo. Neste contexto, os valores oscilaram de 10,13 a 18,40. Quanto mais elevado o valor de b^* , mais próxima está a tonalidade da coloração amarela. Geralmente, produtos relacionados ao sabor de baunilha são associados a uma coloração ligeiramente amarelada. Portanto, pode-se inferir que a amostra B exibiu uma maior tendência a essa coloração em comparação com as outras amostras.

As diferenças notadas nos valores dos parâmetros podem ser atribuídas às distintas abordagens tecnológicas empregadas no processo de fabricação do *whey protein*. Diversos fatores e variantes podem desempenhar um papel significativo na cor de um produto, incluindo a maneira pela qual a matéria-prima é obtida, a inclusão de corantes ou a incorporação de substâncias na formulação do suplemento (Santos, 2015).

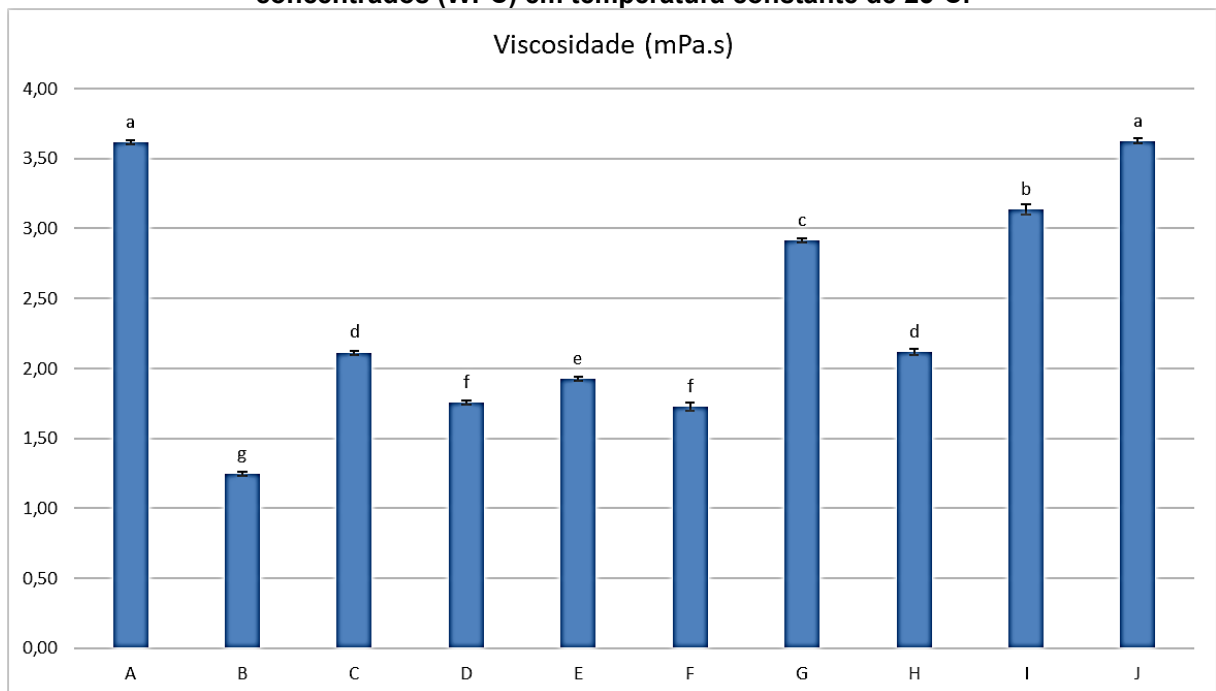
Conforme estabelecido pela RDC nº 243/2018, é permitido o uso de ingredientes na formulação de suplementos alimentares com a finalidade de conferir cor, sabor, capacidade de dissolução, diluição ou dispersão. No entanto, essa permissão está condicionada ao cumprimento de determinados requisitos, tais como: o uso tradicional desses ingredientes na fabricação de alimentos; a conformidade com os requisitos mínimos de identidade e qualidade; a não classificação desses ingredientes como aditivos alimentares ou coadjuvantes de tecnologia; a não constituição como fontes de aminoácidos, vitaminas, minerais ou substâncias

bioativas; e a não alteração da finalidade de uso ou da apresentação dos produtos como suplementos alimentares (Brasil, 2018).

Muitos fabricantes optam por não adicionar corantes artificiais aos seus suplementos de proteína, especialmente quando se trata de produtos de baunilha, que naturalmente têm uma coloração clara. Nenhuma das amostras avaliadas apresentou na lista de ingredientes o uso de algum corante. Caso houvesse, a RDC nº 727 de 1º de julho de 2022, determina que os aditivos alimentares devem ser declarados com seu nome completo ou número de INS (Sistema Internacional de Numeração) (Brasil, 2022). Além disso, nos rótulos dos alimentos contendo corante artificial é obrigatória a declaração “Colorido artificialmente” (Brasil, 1969).

Os valores da análise de viscosidade são apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Médias \pm desvio padrão dos valores de viscosidade das amostras de *whey protein* concentrados (WPC) em temperatura constante de 25°C.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Observando os dados da Figura 9, verifica-se que os valores de viscosidade variaram de 1,25 a 3,61 $\text{mPa}\cdot\text{s}^{-1}$. As diferenças de viscosidade podem ser explicadas pela composição do produto, como açúcares, proteínas e outros sólidos dissolvidos. Bebidas com maior teor de açúcar tendem a ser mais viscosas. Além disso, o modo como a bebida é agitada pode influenciar em mudanças de viscosidade. Outro fator

importante é a temperatura, sendo que a viscosidade diminui com o aumento desta (Alves *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 1999).

Um fator importante que pode afetar o comportamento e as diferenças na viscosidade encontradas neste trabalho está relacionado à presença de espessantes. As amostras sem espessantes (B, D, E e F) foram as que apresentaram menor viscosidade.

A análise do comportamento da viscosidade em soluções proteicas, amplamente empregadas na indústria alimentícia, é fundamental, pois essa característica está diretamente ligada aos atributos do produto final após processamento (Alves, 2014b).

No estudo realizado por Silva *et al.* (2018) em bebidas do tipo *shake*, foi constatado que, em relação aos atributos sensoriais, a presença de uma viscosidade significativamente alta é considerada indesejável pelos consumidores. Essa observação ressalta a importância de avaliar não apenas os aspectos nutricionais, mas também as características sensoriais dos produtos.

Após a análise de granulometria, os valores de Módulo de Finura (MF) foram calculados e estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Médias \pm desvio padrão dos valores de MF obtidos após a análise de granulometria por peneiramento.

Amostra	MF (%)
A	0,67 \pm 0,01h
B	3,45 \pm 0,01b
C	0,63 \pm 0,01i
D	0,58 \pm 0,01j
E	2,81 \pm 0,01e
F	0,78 \pm 0,02g
G	3,41 \pm 0,00b
H	0,81 \pm 0,01f
I	3,34 \pm 0,01d
J	3,48 \pm 0,01b

MF – Módulo de Finura.

Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Ao examinar os dados da Tabela 4, nota-se que o Módulo de Finura varia significativamente entre as amostras, refletindo nas diferentes texturas esperadas para cada produto final. Amostras como B, G e J, com valores mais elevados de MF, sugerem uma textura mais grossa, enquanto amostras como C e D, com valores mais baixos, podem indicar uma textura mais fina.

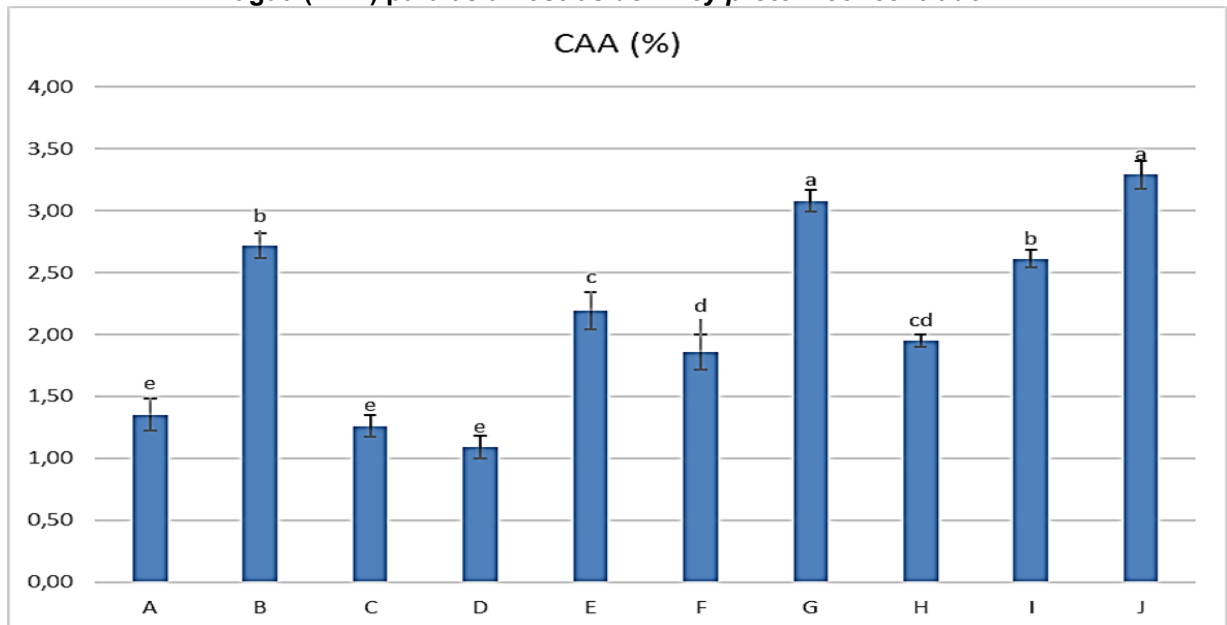
A partir dos dados coletados, observa-se a falta de uniformidade nas distribuições de partículas, o que sugere que mesmo processos de produção idênticos não garantem consistência nas características das amostras. Isso pode impactar a qualidade do produto final, especialmente em termos de textura, aparência e outros atributos sensoriais.

A análise granulométrica constitui o procedimento de avaliação cujo objetivo é categorizar as partículas presentes em uma amostra de acordo com seus tamanhos correspondentes, enquanto mensura as características associadas a cada dimensão. A homogeneidade na granulometria, por sua vez, desempenha um papel crucial na produção de um produto final com qualidade sensorial aprimorada, influenciando positivamente a textura, o sabor e o aspecto visual, além do produto absorver água de forma homogênea durante o preparo (Silva *et al.*, 2008).

A avaliação do tamanho de partículas em produtos em pó é significativa, uma vez que o tamanho da partícula tem um impacto direto na capacidade de absorção de água, no tempo de mistura e nas características sensoriais, incluindo aparência, cor, sabor e textura (Borges *et al.*, 2003).

Os resultados da análise de capacidade de absorção de água (CAA) estão representados na Figura 10, onde a absorção de água está expressa em porcentagem de absorção em relação à amostra seca.

Figura 10 - Médias \pm desvio padrão dos valores experimentais da capacidade de absorção da água (CAA) para as amostras de *whey protein* concentrado.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

A análise da CAA teve como propósito examinar como as amostras se comportam no que se refere à sua capacidade de reter água e à sua habilidade de se dissolver no líquido. Essa análise forneceu informações sobre a capacidade de hidratação das amostras em um ambiente aquoso.

De acordo com os dados apresentados na Figura 10, pode-se observar que os valores de capacidade de absorção de água variaram de 1,09 a 3,29%. Esses resultados destacam claramente as diferenças na capacidade de retenção de água entre as amostras analisadas.

O entendimento do processo de reidratação de produtos na forma de pó desempenha um papel fundamental na melhoria dos procedimentos em termos de qualidade. Isso ocorre porque a reidratação é um elemento crítico para a preservação da integridade desses produtos, que requerem ser reconstituídos antes de serem consumidos (Mulet *et al.*, 2006).

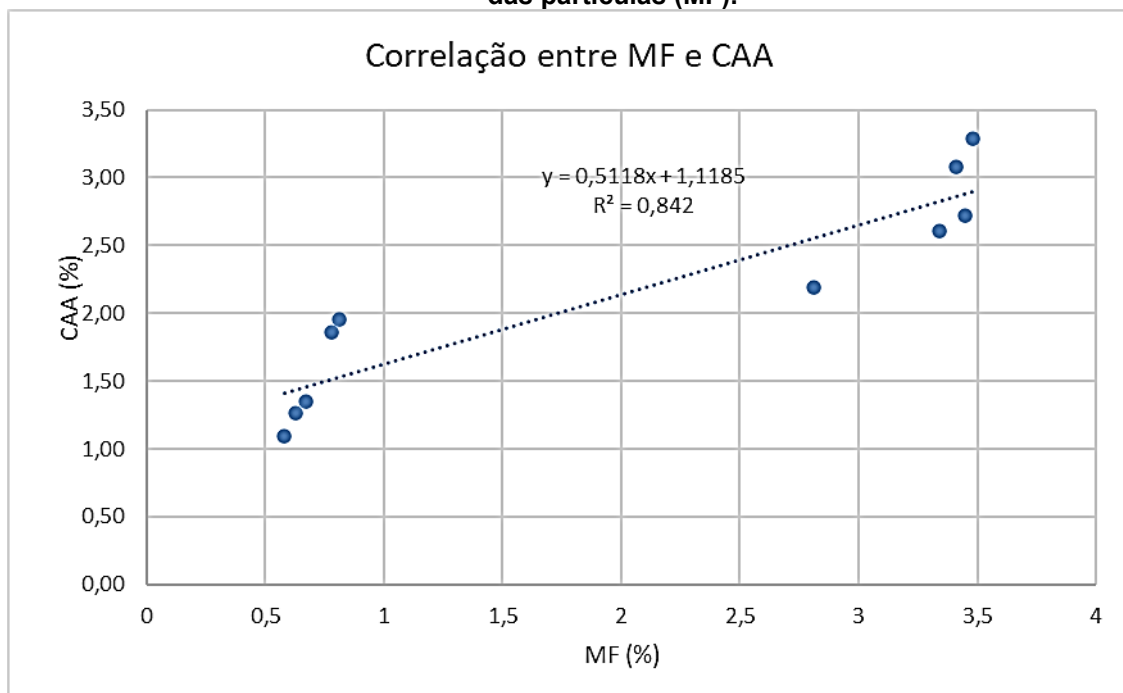
Segundo Naczki *et al.* (1986) a capacidade de absorção de água está intrinsecamente ligada ao grau de interação do produto em pó com a água. Isso significa que a capacidade de absorção de água de um produto está intimamente relacionada à sua habilidade de interagir e se misturar com a água quando entram em contato.

Adicionalmente, de acordo com Porto (2021), para alcançar um rendimento máximo em produtos instantâneos, é de suma importância que a absorção de água ocorra de maneira rápida e que envolva volumes substanciais de água. Isso significa que a capacidade do produto de absorver água prontamente e em grande quantidade desempenha um papel fundamental na obtenção de resultados eficientes e de alta qualidade na produção de produtos instantâneos.

A absorção de água e a reconstituição do pó podem ser influenciadas por vários fatores, incluindo o tamanho das partículas. Em pós com partículas pequenas, a área específica é ampliada, mas essas partículas não são facilmente molháveis, o que pode afetar o processo de absorção e reconstituição (Sharma *et al.*, 2012).

Com o objetivo de avaliar a possível influência do tamanho das partículas, (Tabela 4) na capacidade de absorção de água, realizou-se a análise de correlação de Pearson. Os resultados são apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Correlação entre a capacidade de absorção de água (CAA) em função do tamanho das partículas (MF).



MF – Módulo de Finura.

CAA – Capacidade de Absorção de Água.

Fonte: Autoria própria (2023).

A análise de correlação de Pearson resultou em um coeficiente de determinação (R^2) de 0,842 ou 84,20% e um coeficiente de correlação (R) de 0,9176. Ao comparar esses resultados com a tabela de Pearson, observa-se que o tamanho

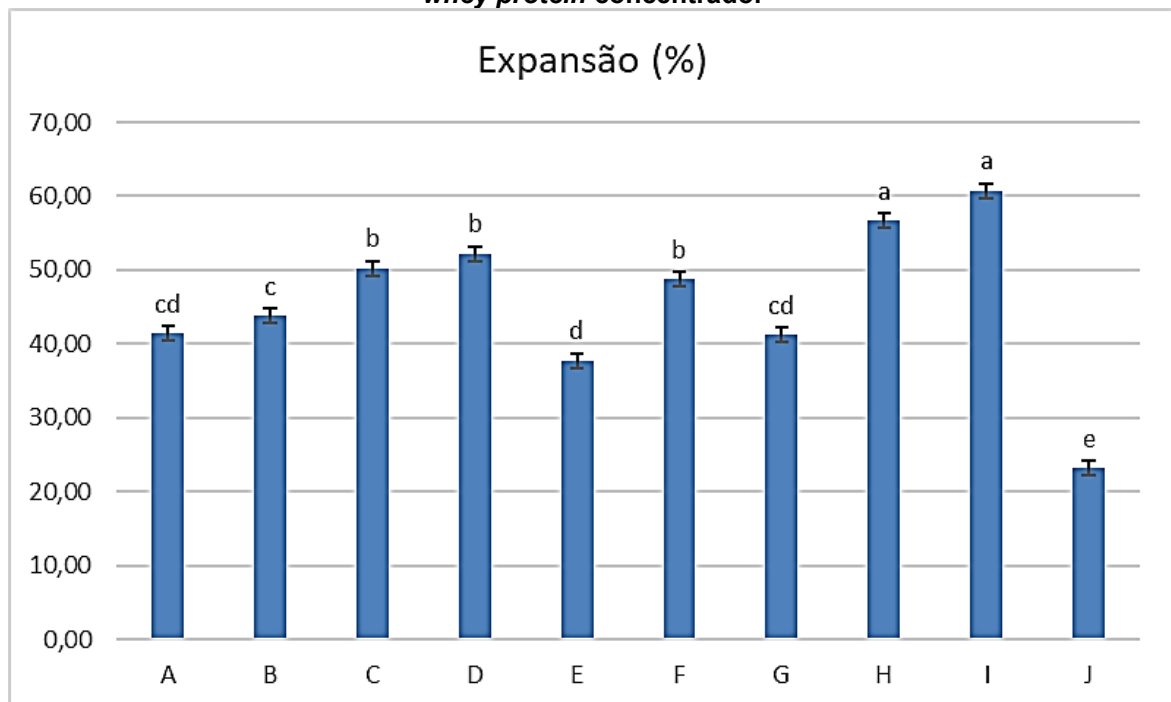
das partículas, expresso pelo Módulo de Finura, exerceu uma influência significativa na absorção de água, indicando uma interação positiva entre essas variáveis.

As amostras A, C, D, F e H têm valores relativamente baixos de MF, indicando texturas mais finas. Em geral, partículas mais finas têm uma área de superfície maior, o que pode resultar em uma capacidade de absorção de água inferior. Essas amostras podem ser mais propensas a absorver água de maneira menos homogênea durante processos como mistura e reidratação.

As amostras B, E, G, I e J, com valores mais altos de MF, sugerem uma textura mais grossa. Partículas mais grossas podem ter uma área de superfície menor em comparação com as partículas mais finas, o que pode resultar em uma capacidade de absorção de água de forma mais eficiente.

A análise da expansão (FE) e estabilidade da espuma (FS) foi realizada para avaliar as variações dessas propriedades entre as amostras, com os resultados detalhados nas Figuras 12 e 13.

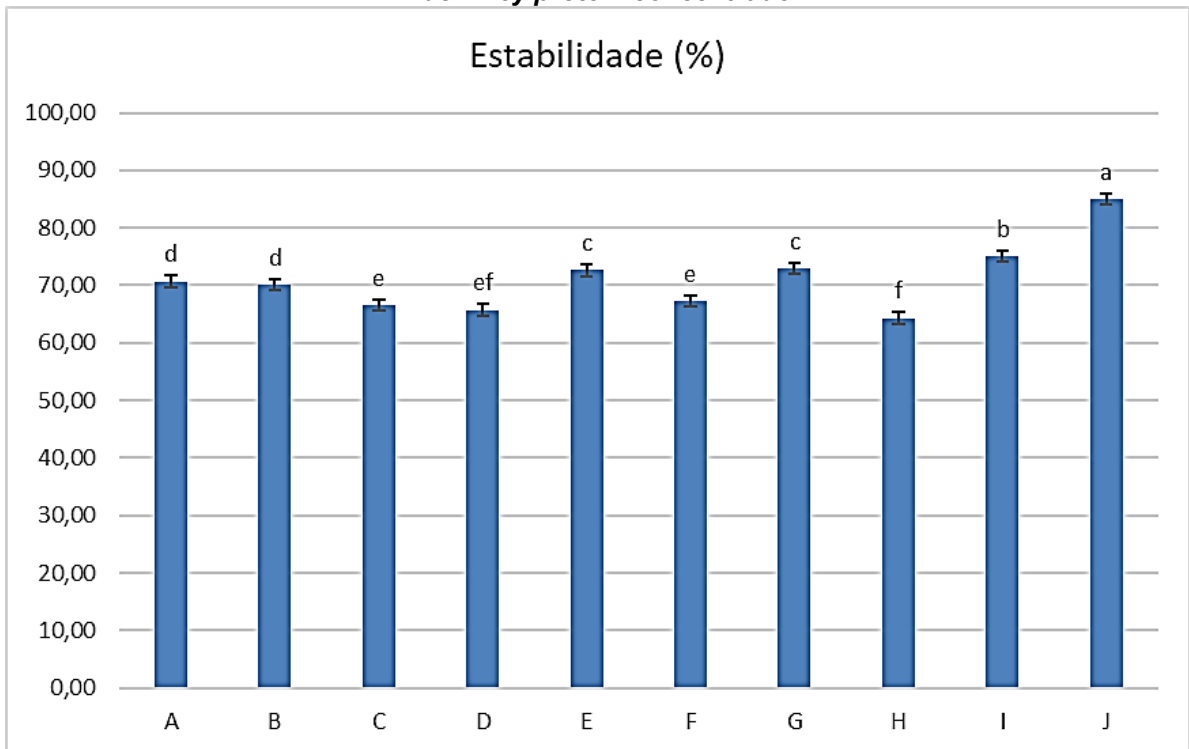
Figura 12 – Médias \pm desvio padrão dos valores da expansão de espuma para as amostras de *whey protein* concentrado.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 13 - Médias \pm desvio padrão dos valores da estabilidade de espuma para as amostras de *whey protein* concentrado.



Letras diferentes nas colunas representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Ao examinar os dados exibidos nas Figuras 12 e 13 é possível observar que a amostra com a maior expansão atingiu 60,75%, obtendo a segunda maior estabilidade da espuma com 75,11%. Por outro lado, a amostra que registrou a menor taxa de expansão, atingindo 23,25%, demonstrou a maior estabilidade de espuma, alcançando 84,99%.

A concentração de proteínas desempenha um papel significativo na firmeza e estabilidade da espuma. À medida que a concentração de proteínas aumenta, a estabilidade da espuma tende a ser maior (Garcia, 2020).

A presença de açúcares em soluções proteicas tende a inibir a formação de espuma, mas ao mesmo tempo, promove o aumento da sua estabilidade (Damodaran *et al.*, 2010). Um outro fator relevante é que os açúcares promovem um aumento na interação entre as proteínas, resultando na formação de uma camada coesiva na interface entre o ar e a água. Essa camada atua como um impedimento para o colapso da espuma, possibilitando a formação de espumas de maior estabilidade (Herceg *et al.*, 2007).

No estudo de Leidens (2013), foram realizadas análises das propriedades funcionais de três concentrados proteicos do soro de leite de ovelha e observou-se que a amostra com maior teor de lactose apresentou uma maior estabilidade de espuma, porém uma taxa de expansão menor.

No estudo conduzido por Jambrak *et al.* (2008), foram avaliadas as características relacionadas à formação de espuma em um isolado proteico de soro e em um concentrado proteico de soro, sendo este último caracterizado por um teor mais elevado de lactose. Os resultados indicaram que o isolado proteico apresentou uma formação de espuma superior em comparação ao concentrado, porém, a estabilidade da espuma foi maior no concentrado.

Em termos gerais, as proteínas que possuem uma boa capacidade de formação de espuma geralmente não são eficazes na estabilização da espuma. Por outro lado, aquelas que conseguem produzir espumas estáveis tendem a ter uma baixa capacidade de formação de espuma (Damodaran *et al.*, 2010).

Conforme mencionado por Sgarbieri (2005), é possível que os métodos de produção exerçam influência sobre a integridade estrutural das proteínas, o que, por consequência, afeta suas propriedades funcionais, incluindo a habilidade de formar espuma.

De acordo com o que foi destacado por Antunes (2003), é importante ressaltar que a presença da β -lactoglobulina no soro desempenha um papel significativo na formação de espuma, e essa característica pode estar relacionada às variações observadas nas diferentes amostras analisadas.

Alguns consumidores tem preferência por *whey protein* que resultem em uma maior ou menor formação de espuma, o que pode estar relacionado às características sensoriais do produto.

6 CONCLUSÃO

As amostras não demonstraram conformidade com os valores declarados nos rótulos dos produtos, apresentando quantidades inferiores de proteínas e os carboidratos variaram para mais e para menos quando comparados às quantidades indicadas pelo fabricante.

Algumas amostras apresentaram resultado positivo para a presença de amido, o que pode ser uma preocupação para os consumidores que buscam produtos de alta pureza. No entanto, a presença de amido pode ser justificada se não for adicionado intencionalmente e estiver identificada na rotulagem.

Houve variações na cor das amostras, o que pode ser resultado das diferentes abordagens tecnológicas no processo de fabricação do *whey protein*, além da variabilidade da composição da matéria-prima. Nenhuma marca indicou o uso de corantes na formulação.

As amostras apresentaram variações na capacidade de absorção de água, com algumas amostras demonstrando maior capacidade do que outras. Isso pode ser influenciado pelo tamanho das partículas dos suplementos, de acordo com a correlação entre o tamanho da partícula e os percentuais de absorção de água.

As amostras exibiram variações expressivas em relação à viscosidade. Em produtos desse tipo, uma alta viscosidade pode não ser tão bem recebida pelos consumidores, especialmente considerando que são consumidos predominantemente diluídos em água. As discrepâncias observadas podem ser atribuídas à origem da matéria-prima utilizada e aos métodos de produção empregados, o que também pode explicar a variação do tamanho das partículas na análise granulométrica.

Houve variação na formação e estabilidade da espuma. A concentração proteica e a presença de açúcares, como lactose, pode ter um efeito benéfico na estabilidade da espuma. Além disso, é importante notar que proteínas com alta capacidade de formação de espuma podem não ser eficazes na sua estabilização, e vice-versa.

Embora os produtos estejam de acordo com a legislação, em termos de quantidade, os resultados deste estudo destacam a importância da análise criteriosa de suplementos alimentares, para garantir que os produtos atendam às expectativas dos consumidores em termos de composição e qualidade. Além disso, destacam a necessidade de padronização e regulamentação mais rigorosa na indústria de

suplementos para garantir a transparência e a qualidade dos produtos disponíveis no mercado.

O foco principal deste estudo não abordou a investigação da procedência das proteínas utilizadas na produção do *whey protein*, as quais devem ser estritamente de fontes animais. Portanto, análises posteriores podem ser realizadas com o intuito de verificar a origem das proteínas utilizadas nos produtos.

REFERÊNCIAS

- AGP PESQUISAS. **O Mercado de Suplementos Alimentares no Brasil**. Disponível em: <https://www.agppesquisas.com.br/pesquisa/o-mercado-de-suplementos-alimentares-no-brasil/#:~:text=O%20Mercado%20de%20>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- ALVES, M. P. *et al.* Soro De Leite: Tecnologias Para O Processamento De Coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212–226, 2014.
- ALVES, M. P. *et al.* Estudo da viscosidade de soluções proteicas através do analisador rápido de viscosidade (rva). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 2, p. 77-88, 2014b.
- ANDRADE, J. *et al.* Determinação do teor de proteína por FTIR-ATR para avaliar a adulteração de concentrado proteico de soro de leite. **Food Science and Technology**, v. 99, p. 166-172, 2019.
- ANJOS, O. Desenvolvimento de metodologias e análise rápida em alimentos por espectroscopia de infravermelho (NIR, FTIR, RAMAN). **III Ciclo de Conferências: Conselho Técnico-Científico**, Castelo Branco, p. 33-38, 2016.
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas de soro de leite bovino**. 1.ed. Barueri, SP: Manole, 2003.
- AUGUSTO, C. C. **Estudo e análise constitucional do suplemento alimentar whey protein concentrado**. 2019. 98p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro. 2019.
- BALDASSO, C. **Concentração, Purificação e Fracionamento das Proteínas do Soro Lácteo através da Tecnologia de Separação por Membranas**. 2008. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- BEZERRA, C. *et al.* Consumo de suplementos a base de proteína e o conhecimento sobre alimentos proteicos por praticantes de musculação. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 7, n. 40, 2013.
- BORGES, J.T.S. *et al.* Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Wild) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. do **Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.21, n.2, p.303-322, jul./dez. 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Análises Laboratoriais e Anuários dos Programas Oficiais**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/analises-laboratoriais-anuarios-programas>. Acesso em 22 mai. 2022.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**, 27 de jul. 2018a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 28, de julho de 2018. Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**, 28 jul. 2018b.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, 9 de out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 727, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Edição 126, Seção 1, pag. 213, Brasília – DF 06 jul. 2022.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, 30 mar. 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. **Programa de análise de produtos: Relatório final sobre a análise em suplementos proteicos para atletas – *Whey protein***, 2014. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/relatorio_whey_final.pdf. Acesso em: 14 abr. 2023.

BRASIL. Decreto Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. **Institui normas básicas sobre alimentos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCIVil_03/Decreto-Lei/Del0986.htm. Acesso em: 12 dez. 2023.

BORGES, J. T. *et al.* Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, 2003.

BRUCE, P.Y. **Química orgânica**. v. 2. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CAMPBELL, M.K; FARRELL, S.O. **Bioquímica**, 5ª Edição. Editora Thomson. 2007

CASTANHO, G. K. F.; FERNANDES, P. T.; VIDUAL, M. B. P. Motivação para o consumo de suplementos nutricionais por praticantes de exercícios físicos. **Conexões**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 92-108, 2017.

CEREDA, M. P. *et al.* Propriedades gerais do amido. **Série Culturas de Tubérculos Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 204p. 2002.

CHAVES, K. F.; CALLEGARO, E. D.; SILVA, V. R. O. Utilização do soro de leite nas indústrias de laticínios da região de Rio Pomba-MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 27., 2010, Juiz de Fora. **Anais do Congresso Nacional de Laticínios**. Juiz de Fora: EPAMIG/ ILCT, 2010.

DALL'ORTO, S. C. **Proteste encontra irregularidades em 10 marcas de whey protein**. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/vida-e-estilo/nutricao/proteste-encontra-irregularidades-em-dez-marcas-de-whey-protein>>. Acesso em 17 de out. de 2023.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERREIRA, D. F. Software Sisvar, Análise Estatística. Versão 5.6. 28 abr. 2006. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FROZZA, I. **Análise centesimal da rotulagem e informação nutricional de diferentes suplementos alimentares provenientes do soro do leite**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2020.

FURTADO, M.; FERRAZ, F. O. **Determinação de Umidade em Alimentos por Intermédio de Secagem em Estufa Convencional e Radiação Infravermelha—Estudo Comparativo Em Alimentos Com Diferentes Teores De Umidade**. UFJF- Juiz de Fora-MG, 2007.

GARCIA, V. A. **Química dos Alimentos: Proteínas**. Universidade de São Paulo – USP, 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5770804/mod_resource/content/1/Aula%2011%20%2820-10%29.pdf. Acesso em 25 nov. de 2023.

GUIMARÃES, P. M. R., TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 3, 2010.

HALLAK, A.; FABRINI, S.; PELUZIO, M. C. G. Avaliação do consumo de suplementos nutricionais em academias da zona sul de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.7, 2007.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W.C.; PAULA, H. *Whey protein*: composition, nutritional properties, applications in sports and benefits for human health. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 1, n.4, 2006.

HEALTHLINE. **Top 10 Food and Nutrition Trends on the Horizon for 2021**. Disponível em: <https://www.healthline.com/nutrition/food-and-nutrition-trends>. Acesso em: 30 abr. 2022.

HERCEG, Z. *et al.* Effect of carbohydrates on the emulsifying, foaming and freezing properties of *whey protein* suspensions. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 279-286, 2007.

HORMOZNEJAD, R.; ZARE, J. A.; MANSOORI, A. Effect of BCAA supplementation on central fatigue, energy metabolism substrate and muscle damage to the exercise: a systematic review with meta-analysis. **Sport Sciences for Health**, v. 15, n. 2, p. 265-279, 2019.

JAMBRAK, A. R. *et al.* Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of *whey protein* suspensions. **Journal of Food Engineering**. v. 86, p. 281-287, 2008.

JAPAN CUSTOMS. **Quantitative Analysis Methods for Starch Derivatives**. Nº. 403. (Issued in June 1999; Updated in June 2003). Disponível em: https://www.customs.go.jp/ccl_search/e_analysis_search/a_403_e.pdf. Acesso em: 09 dez. 2023.

JUNIOR, W.E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 8-13, 2008.

KELLEHER, S. L. *et al.* Glycomacropeptide and α -lactalbumin supplementation of infant formula affects growth and nutritional status in infant rhesus monkeys. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 5, p. 1261-1268, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2.ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008.

LABDOOR. **Top 10 Protein Supplements**. Disponível em: <https://labdoor.com/rankings/protein>. Acesso em: 28 abr 2022.

LACERDA, L. G. **Uso de técnicas termoanalíticas na caracterização da hidrólise enzimática parcial de amidos de matérias-primas tropicais**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

LEIDENS, N. **Concentração das proteínas do soro de leite de ovelha por ultrafiltração e determinação das propriedades funcionais dos concentrados proteicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LIRA, H. L. *et al.* Microfiltração do soro de leite de búfala utilizando membranas cerâmicas como alternativa ao processo de pasteurização. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 33-37, 2009.

LUZ, G. **Viscosidade da Água (Tabela)**. **Materiais por Gelson Luz**. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/12/viscosidade-da-agua-tabela.html>. Acesso em: 07 dez. 2023.

MALDONADE, I. R.; DE CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, Nathalie A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. 2013.

MARSHALL, K. Therapeutic applications of *whey protein*. **Alternative Medicine Review: a journal of clinical therapeutic**, v. 9, n. 2, p. 136-156, 2004.

MARTÍNEZ, J. M. *et al.* ¿ Doping intencional o involuntario? Una revisión de la presencia de sustancias dopantes en los suplementos dietéticos utilizados en los deportes. **Nutrientes**, v. 9, 2017.

MENDES, *et al.* Avaliação de rotulagem e determinação de proteínas e amido em *whey protein* comercializado no Brasil. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 12. n. 76. p.1061-1068, 2018.

MINJ, S.; ANAND, S. *Whey proteins* and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, v. 1, n. 3, p. 233-258, 2020.

MULET, A. *et al.* Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 346–353, 2006.

NACZK, M.; RUBIN, L. J.; SHAHIDI, F. Functional properties and phytate content of pea protein preparations. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 5, p. 1245-1247, 1986.

OLIVEIRA, L. C. B. P. *et al.* Análise centesimal e comparativa de suplementos de proteínas do soro do leite bovino: *Whey protein*. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 9, n. 51, p. 223-231, 2015.

OLIVEIRA, R. C. S. *et al.* Evaluation of the potential of SPME- GC – MS and chemometrics to detect adulteration of ground roasted coffee with roasted barley. **Journal of Food Composition and Analysis**, Belo Horizonte, v. 22 n. 1, p. 257-261, 2009.

OLIVEIRA, D.M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J.M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.1, p.1-7, 2012.

OLIVEIRA, E. R. *et al.* Avaliação do teor de proteína em amostras de *whey protein* em Brasília-DF. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, 2016.

PALU, C. S. *et al.* Tecnologia de produção de *whey protein*. **PUBVET**, v. 14, n. 4, a552, p. 1-4, 2020.

PELLEGRINI, A.; NOGIRI, F. S.; BARBOSA, M. R. Consumo de suplementos nutricionais por praticantes de musculação da cidade de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 11, n. 61, p. 59-73, 2017.

POLLONIO, M. A. R. Técnicas de preservação na produção de alimentos. **Editora Senac**, São Paulo, 2023.

PORTO, P. S. S.; **Cinética da secagem de cebola (*Allium cepa* L.) em camada delgada**. 2001. 103 p. Dissertação de Mestrado – Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande – RS. 2001

ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 4, p. 563-575, 2008.

ROIFFÉ, R. R. *et al.* Determinação de adulterantes em proteína de soro de leite por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução do tipo Orbitrap. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

SAMPAIO, J. A.; SILVA, F. A. N. G. Análise granulométrica por peneiramento. Tratamento de minérios. 4a ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007., p.197-240.

SANTOS, R. F. **Propriedade Protéica e Calórica de Suplementos Alimentares à Base de *Whey protein***. Monografia (Curso de Especialização em Gestão da Qualidade em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão-PR, 2015.

SCARLATO, R. C. *et al.* Determinação do teor de proteínas e carboidratos totais em suplementos tipo *Whey protein*. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, Rio de Janeiro, v. 75, p. 01-07, 2016.

SGARBIERI, V.C., Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1, p. 43-56, 2005.

SCHAAFSMA, G. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)—A Concept for Describing Protein Quality in Foods and Food Ingredients: A Critical Review. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 3, p. 988–994, 2005.

SHARMA, A.; JANA, A. H.; CHAVAN, R. S. Functionality of Milk Powders and MilkBased Powders for End Use Applications—A Review. **Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety**, v.11, p. 518-528, 2012.

SILVA, B. C. C.; CAMARGOS, B. M. C.; FUJII, J. B.; DIAS, E. P. & SOARES, M. M. S. Prevalência de deficiência e insuficiência de vitamina D e sua correlação com PTH, marcadores de remodelação óssea e densidade mineral óssea, em 41 pacientes ambulatoriais. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 52, n. 3, abr. 2008.

SILVA, L. V.; SOUZA, S. C. Qualidade de suplementos proteicos: avaliação da composição e rotulagem. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 75, p. 01-17, 2016.

SILVA, R. R. *et al.* Efeito da utilização de gomas na viscosidade e nas características sensoriais de shake à base de farinha de banana verde. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2016052, 2018.

SILVA, D. J; QUEIROZ A. C. **Análise De Alimentos: Métodos Químicos E Biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV; 2002.

SOARES, L. M. D. *et al.* Avaliação do grau de hidrólise e da rotulagem de suplementos proteicos à base de *whey protein*. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 1, p. 55-61, 2021.

TERRANALISES. **Importância das análises físico-químicas dentro da agroindústria de laticínios**, 2021. Disponível em: <https://terranalises.com.br/novidade-detahes/35/importancia-das-analises-fisicoquimicas-dentro-da-agroindustria-de-laticinios#:~:text=So%20brevedo%20as%20an%C3%A1lises%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas%20dos%20alimentos%20servem%20para%3A,produtor%20garante%20a%20confiabilidade%20daquilo%20que%20est%C3%A1%20vendendo.> Acesso em: 22 mai. 2022.

TORRES, E. A. *et al.* Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Food Science and Technology**, v. 20, p. 145-150, 2000.

TRONCO, V. M. **Manual para Inspeção da Qualidade do Leite**. Santa Maria: UFSM, 5 ed. 2013.

VERONESI, B. L. **Anvisa proíbe 20 marcas de *whey protein* que podem até fazer mal à saúde**. 2014. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/anvisa-proibe-20-marcas-de-whey-protein-que-podem-ate-fazer-mal-a-saude/>. Acesso em: 17 de out. 2023.

WANG, X. *et al.* Development of Chemometric Models Using Vis-NIR and Raman Spectral Data Fusion for Assessment of Infant Formula Storage Temperature and Time. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.11, p.1380-1389, 2021.

WANG, S. *et al.* Características sensoriais de leites de soja reconstituídos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 467-472, 1999.

YADA, R. Y. **Protein in food processing**. England: Woodhead Publishing, 2004.

ZANELATTO, J. **Avaliação bromatológica do soro do leite para formulação do *Whey protein***. 2021. Relatório de estágio (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

ZION MARKET RESERARCH. ***Whey protein* market to expand sumptuously With USD 15.1. Bn Earnings By 2028**. Disponível em: <https://www.zionmarketresearch.com/news/whey-protein-market>. Acesso em: 01 mai. 2022.