

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Gabriel Yamamoto Kawano

Tecnologia e inovação na produção de *whey protein* e *pre-workout* no Brasil

Buri

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Gabriel Yamamoto Kawano

Tecnologia e inovação na produção de *whey protein* e *pre-workout* no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Profa. Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves

Buri

2024

A Deus, aos meus pais, à minha família e à minha namorada. Vocês foram fundamentais para a realização de um dos meus maiores sonhos. E, ao Kyubi, cão, amigo e fiel companheiro em todos os momentos.

Kawano, Gabriel Yamamoto

Tecnologia e inovação na produção de whey protein e pre-workout no Brasil / Gabriel Yamamoto Kawano -- 2024.
46f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Profa. Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves

Banca Examinadora: Profa. Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves, Profa. Dra. Thaís Jordânia Silva, Prof. Dr. Sérgio Henrique Silva

Bibliografia

1. Suplementos alimentares. 2. Whey protein. 3. Pre-workout. I. Kawano, Gabriel Yamamoto. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


GABRIEL YAMAMOTO KAWANO

TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA PRODUÇÃO DE *WHEY PROTEIN* E *PRE-WORKOUT* NO BRASIL


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em: 11/11/2024.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ISABELLE CRISTINA OLIVEIRA NEVES**
Data: 11/11/2024 14:31:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Dr.(a) Isabelle Cristina Oliveira Neves
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Documento assinado digitalmente
 **THAIS JORDANIA SILVA**
Data: 12/11/2024 11:08:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Dr.(a) Thaís Jordânia Silva
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Documento assinado digitalmente
 **SERGIO HENRIQUE SILVA**
Data: 11/11/2024 14:41:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sérgio Henrique Silva
Universidade Estadual Paulista - Campus Ilha Solteira

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me possibilitar a oportunidade de estudar longe de casa, pela força e suporte nos dias difíceis, por abrir as portas de várias oportunidades no decorrer dessa trajetória e por permitir a realização de um sonho.

Aos meus pais, Márcia e Fábio, por terem sido peça fundamental para concretizar os meus estudos na Federal. Eu não teria conseguido chegar até aqui se não fosse por vocês. À minha irmã, Elisa, por todo suporte nos dias difíceis, por sempre atender minhas ligações reclamando das provas e trabalhos infinitos. À minha companheira, Julia, por todo amor, carinho e apoio dedicados a mim durante esse processo. A todos os familiares que torceram por mim e, de alguma forma, fizeram parte dessa etapa.

A todos os amigos que fiz durante essa jornada, em especial, ao Guilherme, Jun e Toshi. Vocês tornaram essa jornada mais leve e divertido. Aos professores e servidores do *campus* por toda troca de experiências, incentivo e dedicação. À Profa. Isabelle por não medir esforços em me ajudar nessa etapa final. À UFSCar por todo suporte, oportunidade e conhecimento.

*“Muitas são as aflições do justo, mas o Senhor
o livra de todas.” Salmos 34:19*

RESUMO

KAWANO, Gabriel Yamamoto. **Tecnologia e inovação na produção de *whey protein* e *pre-workout* no Brasil**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2024.

A noção de que a alimentação pode desempenhar um papel crucial na promoção de uma vida saudável não é nova. Já na antiguidade, Hipócrates fazia correlação de alimentos como forma de medicamentos. Nos últimos anos, o crescente interesse por uma vida saudável tem impulsionado a demanda por suplementos alimentares. Esses produtos têm sido comercializados com diversos propósitos, tal como aumento da massa muscular e diminuição da gordura corporal. O presente trabalho buscou, por meio de uma revisão bibliográfica, realizada de janeiro a outubro de 2024, mediante a pesquisa de descritores em diferentes bases de dados, compreender sobre as tecnologias e inovações envolvidas na produção de suplementos alimentares no Brasil, com destaque para o processamento de *whey protein* e *pre-workout*. A partir disso, verificou-se que a literatura aborda mais aspectos do *whey protein* do que em relação ao *pre-workout*. Além disso, o mercado oferece uma variedade de produtos à base de *whey protein*, como barras proteicas e iogurtes, e cafeína, como *super coffee*. Adicionalmente, foram encontradas poucas informações a respeito da exploração dos suplementos alimentares como ingredientes essenciais para produção de novos produtos alimentícios. Destaca-se que, para o *pre-workout*, não foram verificadas inovações dentre os estudos analisados. Conclui-se que os suplementos alimentares demonstram um elevado potencial para o desenvolvimento de novos produtos, garantindo benefícios à saúde e alta performance. Ademais, verificou-se a necessidade de mais estudos a respeito das novas potencialidades do uso desses produtos como ingrediente alimentício.

Palavras-chave: suplementos alimentares; concentrado proteico; atividade física; potencialidades.

ABSTRACT

KAWANO, Gabriel Yamamoto. **Technology and innovation in the production of whey protein and pre-workout in Brazil**. 2024. Undergraduate Final Project – Federal University of São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2024.

The notion that food can play a crucial role in promoting a healthy life is not new. As far back as ancient times, Hippocrates used food as a form of medicine. In recent years, the growing interest in healthy living has boosted the demand for food supplements. These products have been marketed for various purposes, such as increasing muscle mass and reducing body fat. This study sought to understand the technologies and innovations involved in the production of food supplements in Brazil, with emphasis on the processing of whey protein and pre-workout, through a literature review carried out from January to October 2024, by searching for descriptors in different databases. As a result, it was found that literature covers more aspects of whey protein than pre-workout. In addition, the market offers a variety of products based on whey protein, such as protein bars and yogurts, and caffeine, such as super coffee. In addition, little information was found on the exploitation of food supplements as essential ingredients to produce new food products. It is noteworthy that, for pre-workout, no innovations were found among the studies analyzed. It can be concluded that food supplements have a high potential for developing new products, guaranteeing health benefits and high performance. Furthermore, there is a need for more studies into the new potential of using these products as a food ingredient.

Keywords: food supplements; protein concentrate; physical activity; potentialities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de <i>whey protein</i> : concentrado (A), isolado (B) e hidrolisado (C).....	23
Figura 2. Esquema do processo de filtração do <i>whey protein</i>	26
Figura 3. Três variedades de marcas de <i>pre-workout</i> : Growth Supplements (A), Max Titanium (B) e Dux Human Health (C)	29
Figura 4. Três tamanhos distintos de <i>whey protein</i> disponíveis no mercado: 30 g (A), 450 g (B) e 900 g (C)	33
Figura 5. Três diferentes dosagens de <i>pre-workout</i> comercializadas no mercado: 30 g (A), 150 g (B) e 300 g (C).....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Substâncias bioativas, seus compostos ativos, origem alimentar correspondente e benefícios à saúde associados ao consumo dos compostos ativos.	18
Tabela 2. Lista de limites mínimos e máximos de aminoácidos que podem ser fornecidos pelos suplementos alimentares na recomendação diária de consumo para maiores de 19 anos. NE: não especificado.	22
Tabela 3. Parâmetros físico-químicos para o soro de leite líquido e concentrado.	25
Tabela 4. Componentes do <i>whey protein</i> e suas respectivas funções.	27
Tabela 5. Parâmetros físico-químicos para o soro de leite em pó.	27
Tabela 6. Critérios microbiológicos para o soro de leite em pó.	28
Tabela 7. Principais legislações que regulamentam a comercialização de suplementos alimentares no Brasil.	34
Tabela 8. Propriedades tecnofuncionais conferidas aos alimentos acrescentados de concentrados proteicos de soro de leite.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIAD Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BSA Albumina do Soro Bovino

DBO Demanda Biológica de Oxigênio

ETE Estação de Tratamento de Efluentes

FCA *Food and Drug Administration*

GMP glicomacropéptido

Ig imunoglobulinas

IN Instrução Normativa

MAPA Ministério da Agricultura e Pecuária

PCr Fosfocreatina

RDC Resolução de Diretoria Colegiada

WPC *Whey Protein* Concentrado

WPH *Whey Protein* Hidrolisado

WPI *Whey Protein* Isolado

α -La α -lactoalbumina

β -Lg β -lactoglobulina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 METODOLOGIA.....	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS: CONCEITO E BENEFÍCIOS À SAÚDE	16
4.2 SUPLEMENTOS ALIMENTARES.....	19
4.3 <i>WHEY PROTEIN</i>	20
4.3.1 Matéria-prima	20
4.3.2 Composição química	21
4.3.3 Tipos de <i>whey protein</i>	23
4.3.4 Métodos de obtenção.....	24
4.4 <i>PRE-WORKOUT</i>	28
4.4.1 Definição.....	28
4.4.2 Principais ingredientes.....	29
4.4.2.1 Cafeína.....	29
4.4.2.2 Creatina.....	30
4.4.2.3 β -alanina	30
4.4.2.4 Taurina.....	31
4.4.3 Processo de fabricação	31
4.5 FORMULAÇÃO	32
4.6 COMERCIALIZAÇÃO.....	32
4.7 LEGISLAÇÃO E ROTULAGEM PARA SUPLEMENTOS ALIMENTARES	34
4.8 PERSPECTIVAS FUTURAS E INOVAÇÕES	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de décadas, os atletas têm ingerido determinados alimentos a fim de acentuar seu desempenho durante a prática física. No início de 1990, pesquisas científicas forneceram uma das primeiras evidências de que o momento em que os nutrientes são ingeridos pode impactar no potencial de recuperação e desempenho físico. Kevin Tipton foi o primeiro a sugerir que a ingestão de aminoácidos essenciais e carboidratos antes dos exercícios poderia proporcionar uma taxa mais elevada de síntese proteica muscular, quando comparada ao consumo depois da atividade física (Kerksick; Pugh, 2023).

Além disso, nos últimos anos, a busca por uma vida mais saudável tem aumentado, refletindo-se em um maior interesse por alimentos com propriedades nutricionais e funcionais (Almeida *et al.*, 2013). Associado a isto, evidenciou-se o aumento do consumo de suplementos alimentares por usuários que desejam obter um condicionamento físico cada vez melhor (Mendes *et al.*, 2018). Nesse contexto, os produtos suplementares têm sido comercializados com diversos propósitos, como aumento da massa muscular e diminuição da gordura corporal (Maughan; Depiesse; Geyer, 2007).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 243, de 26 de julho de 2018, regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define suplementos alimentares como “*produtos para a ingestão oral, apresentado em formas farmacêuticas, destinados a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados*” (Brasil², 2018). Dentre os mais variados suplementos alimentares comercializados no mercado, em particular, destaca-se neste estudo, dois principais: *whey protein* e *pre-workout*.

O *whey protein* tem despertado consideravelmente o interesse da população graças às suas propriedades nutricionais (INMETRO, 2014). Esse suplemento alimentar é rico em aminoácidos essenciais, tornando-se uma ótima opção para atletas (Alves *et al.*, 2014; INMETRO, 2014). É comumente encontrado em três formas: concentrada, isolada e hidrolisada. A tecnologia envolvida no processamento do *whey protein* possibilita com que este produto contenha altas concentrações de proteínas (Alves *et al.*, 2014).

Os concentrados proteicos podem ser diretamente ingeridos ou utilizados como ingredientes para melhorar as propriedades nutricionais e tecnofuncionais dos alimentos (Baldissera *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2014). Essa característica possibilita o uso dos produtos proteicos para fornecer as quantidades de proteínas ideais a cada indivíduo, associado à melhoria das propriedades tecnológicas destes produtos, como aumento da viscosidade,

capacidade de formação de emulsão e gelificação, tornando-os mais agradáveis sensorialmente (Alves *et al.*, 2014).

O pré-treino (traduzido do inglês, *pre-workout*) também é classificado como suplemento alimentar, mas, no geral, é composto por uma combinação de ingredientes, incluindo cafeína, creatina, β -alanina e taurina (Eudy *et al.*, 2013). Acredita-se que o *pre-workout* possa aumentar o desempenho atlético, reduzir a fadiga muscular e promover uma recuperação mais rápida após o exercício físico (Smith *et al.*, 2010).

Diante desse cenário, verifica-se que a compreensão das inovações empregadas na fabricação dos suplementos alimentares torna-se essencial para entender as novas potencialidades na produção e comercialização de diversos produtos alimentícios. Além disso, a investigação das diferentes formas de processamento do *whey protein* e as estratégias de formulação dos *pre-workouts* torna-se uma oportunidade para melhorar a qualidade e eficácia desses suplementos alimentares.

Destarte, o presente estudo consiste em uma revisão bibliográfica detalhada e análise dos dados encontrados a respeito das perspectivas futuras e inovações para uso de *whey protein* e *pre-workouts* no Brasil, a fim de compreender os desafios e as novas potencialidades de consumo destes produtos. Assim, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento científico e fornecer *insights* valiosos para indústria alimentícia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Efetuar uma pesquisa bibliográfica abrangente sobre as principais tecnologias e inovações empregadas na produção de suplementos alimentares no Brasil, com ênfase no processamento de *whey protein* e *pre-workout*, visando à compreensão de seu consumo e novas potencialidades derivadas do uso desses produtos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir o que são suplementos alimentares, de acordo com a legislação, além de suas aplicações, destacando-se o consumo de *whey protein* e *pre-workout*;
- Detalhar os métodos de obtenção e formulação de *whey protein* e *pre-workout*;
- Investigar as inovações no processo de produção de *whey protein*;
- Apresentar os ingredientes do *pre-workout*, bem como suas funcionalidades;

- Abordar as novas potencialidades na produção e consumo de suplementos alimentares no Brasil.

3 METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico foi efetuado, de janeiro a outubro de 2024, mediante a pesquisa dos descritores: suplementos alimentares, suplementos proteicos, proteínas do soro de leite, *whey protein*, *pre-workout*, pré-treino, cafeína, creatina, β -alanina e taurina, nas bases de dados Periódicos Capes, *Research Gate*, *Pubmed*, BDTD, *Science Direct*, *SciELO* e Google Acadêmico. A revisão englobou diferentes tipos de documentos como capítulos de livro, artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e simpósios. Não houve restrição temporal. A busca incluiu a língua portuguesa e inglesa.

Inicialmente, os trabalhos encontrados foram filtrados por meio da leitura prévia do título e resumo, selecionando-se somente aqueles que mais se alinhavam com a temática de interesse. Por fim, as informações mais relevantes apresentadas em cada texto foram compiladas e organizadas para escrita deste trabalho.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS: CONCEITO E BENEFÍCIOS À SAÚDE

Nos últimos anos, a nutrição alimentar tem ganhado destaque no estabelecimento de uma boa qualidade de vida, destoando do sentido inicial de somente evitar déficits de nutrientes. A alimentação tem adquirido cada vez mais visibilidade para a prevenção de doenças e promoção da saúde. Essa visão tem fomentado o surgimento de pesquisas preocupadas em compreender cientificamente os benefícios da ingestão de certos alimentos à saúde (Vizzotto; Krolow; Teixeira, 2010).

Esta ideia de que os alimentos poderiam ser benéficos para manter uma vida mais saudável não surgiu agora. Hipócrates já tinha feito a correlação do alimento como medicamento a cerca de 2500 anos atrás (Duarte, 2007; Raud, 2008). Além do mais, em 1991, no Japão, já se tinha conhecimento de alguns alimentos que produziam um efeito específico sobre a saúde graças à presença de determinados bioativos, não alergênicos, e por serem ausentes de risco para o bem-estar (Vizzotto; Krolow; Teixeira, 2010).

A busca por hábitos alimentares mais saudáveis tem impulsionado o interesse pelos alimentos funcionais. Isso se deve ao aumento das descobertas sobre a relação positiva existente entre nutrição e saúde, do aumento das evidências científicas sobre suas funcionalidades e da

necessidade de se prevenir doenças (Moraes; Colla, 2006; Baldissera *et al.*, 2011; Vidal *et al.*, 2012).

A Resolução RES nº 18, de 30 de abril de 1999, da ANVISA, dispõe sobre as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Essa regulamentação estabelece que:

“O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (Brasil, 1999).

Em suma, os alimentos funcionais são aqueles que podem propiciar benefícios adicionais aos obtidos através da alimentação convencional (Baldissera *et al.*, 2011). Estes alimentos são constituídos de substâncias bioativas, nutrientes ou não nutrientes, capazes de agir como moduladores dos processos metabólicos (Vizzotto; Krolow; Teixeira, 2010; Brasil², 2018). Dentre uma variedade de bioativos, destacam-se os fitoquímicos, ácidos graxos poli-insaturados, vitaminas antioxidantes, prebióticos, probióticos e proteína de soja (Vizzotto; Krolow; Teixeira, 2010; Henrique *et al.*, 2018).

Conforme indicado na **Tabela 1**, o consumo continuado dos alimentos funcionais pode proporcionar diversos benefícios à saúde, como a redução dos níveis de colesterol, conseqüentemente, atenuando os riscos de aterosclerose, efeito hipotensivo e até mesmo hipoglicêmico. Assim, a ingestão diária desses alimentos contribui para a prevenção e/ou diminuição dos sinais e sintomas de várias enfermidades (Basho; Bin, 2010).

Além da definição já citada para o termo alimentos funcionais, existem diversas outras, a depender da legislação de cada país. Por exemplo, a *Food and Drug Administration* (FDA) regulamenta esse tipo de alimento com base no uso dado ao produto, na descrição dos rótulos ou nos ingredientes que constituem o alimento. A partir desses critérios, a FDA estabeleceu 5 categorias para os alimentos funcionais: alimento, suplementos alimentares, alimento para usos dietéticos especiais, alimento-medicamento ou droga (Moraes; Colla, 2006). Utilizando essa classificação como referência, a classe dos suplementos alimentares será discutida neste texto de forma mais abrangente.

Tabela 1. Substâncias bioativas, seus compostos ativos, origem alimentar correspondente e benefícios à saúde associados ao consumo dos compostos ativos.

Substância bioativa	Composto ativo	Fonte alimentar	Benefícios à saúde
Fitoquímicos	Compostos fenólicos	Frutas cítricas, cereja, uva, ameixa, pera, maçã e mamão, pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate	Atividade antioxidante e anti-inflamatória
	Alcaloides	Vegetais	Propriedades terapêuticas, como ação antiespasmódica e antidepressiva
	Compostos organosulfúricos	Alho, cebola, castanha e nozes	Ajuda a prevenir doenças cardiovasculares e reduzir a pressão arterial, o nível sérico de lipídeo, a glicemia e o estresse oxidativo
	Carotenóides	Verduras folhosas, verde-escuras, hortaliças e frutas	Reduz o risco de degeneração da retina e doenças crônicas. Apresenta ação antioxidante
	Fitosteróis	Óleos vegetais, frutas, sementes, folhas e talos	Auxilia na diminuição da absorção de colesterol. Ajuda a prevenir e tratar doenças cardiovasculares. Possui propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas
Probióticos	Bifidobactérias e lactobacilos	Iogurte, produtos lácteos fermentados e suplementos alimentares	Ajuda a manter o equilíbrio da microbiota intestinal. Tem atividade anti-inflamatória, anti-alergênica e estimula a resposta imunológica
Prebióticos	Fibras e oligossacarídeos	Frutas, aveia, vegetais, grãos integrais, tubérculos e bulbos, bem como mel e açúcar mascavo	Auxilia na proliferação e atividade da microbiota intestinal, bem como na inibição do crescimento de patógenos
Ácidos graxos poli-insaturados	Ômega 3	Óleos de soja, canola, germe de trigo, linhaça, nozes e peixes de água fria	Redução dos níveis de triglicerídeos, lipoproteínas plasmáticas e colesterol. Ação anti-inflamatória, anticoagulante, vasodilatadora e anti-agregante
	Ômega 6	Óleos vegetais	
Vitaminas antioxidantes	A	Produtos de origem animal	Ação antioxidante, antibacteriana, anti-inflamatória, anticarcinogênica, estrogênica e antialérgica
	C	Frutas e hortaliças	
	E	Óleos vegetais, germe de trigo, sementes oleaginosas, vegetais folhosos verde-escuro e alimentos de origem animal	
Proteína de soja	Peptídeos bioativos	Soja	Ação anticancerígena. Ajuda na redução dos níveis de colesterol

Fonte: Adaptado de Henrique *et al.* (2018); Baldissera, *et al.* (2011).

4.2 SUPLEMENTOS ALIMENTARES

Inicialmente, a RDC nº 18, de 27 de abril de 2010, da ANVISA, incluía os suplementos alimentares como alimentos destinados à atletas (Brasil, 2010). Em virtude das atualizações da legislação, estabeleceu-se a RDC nº 243, de julho de 2018, da ANVISA, que dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Essa resolução implementa a categoria de suplementos alimentares e os define como “*produto para ingestão oral, apresentado em formas farmacêuticas, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados*” (Brasil², 2018). Com essa mudança, os produtos anteriormente classificados como alimentos para atletas, alimentos para gestantes e suplementos vitamínicos e minerais foram agrupados na categoria de suplementos alimentares.

Em síntese, suplementos alimentares são produtos alimentícios e incluem qualquer substância ingerível na forma oral que possa complementar a dieta convencional. Originalmente, foram criados para suprir as necessidades nutricionais daquelas pessoas que não conseguiam obter todos os nutrientes apenas com a alimentação. Além disso, foram feitos para serem ingeridos na forma de cápsulas de gel, tabletes, farinhas, géis ou gotas líquidas, fornecendo vitaminas, minerais, substrato botânico, aminoácidos ou outra substância dietética (Mendes *et al.*, 2018).

Como destacado anteriormente, nos últimos anos, a população tem buscado por uma vida mais saudável. Esse movimento resultou no aumento da demanda por alimentos com propriedades nutricionais e funcionais (Almeida *et al.*, 2013). Paralelamente, verificou-se um crescimento no consumo de suplementos alimentares por indivíduos que buscam aprimorar seu condicionamento físico (Mendes *et al.*, 2018).

Nesse contexto, os produtos suplementares têm sido comercializados com diversos propósitos. Em geral, podem ser procurados essencialmente para aumentar a massa muscular, diminuir a gordura corporal, aumentar a capacidade aeróbica, estimular a recuperação e/ou promover alguma característica que contribua na performance esportiva (Maughan; Depiesse; Geyer, 2007). Entre os suplementos alimentares mais recentes, serão abordados nos tópicos subsequentes desta pesquisa acadêmica, o *whey protein* e o *pre-workout*.

4.3 WHEY PROTEIN

4.3.1 Matéria-prima

O soro de leite é a porção aquosa residual extraída na etapa de coagulação do leite durante a fabricação de queijos ou da caseína. Representa cerca de 80 a 90% do volume total de leite utilizado na fabricação de queijos. Além disso, contém em torno de 55% dos nutrientes contidos no leite, incluindo proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e gordura. Na sua forma original, pode ser usado para produção de bebidas lácteas. No entanto, quando concentrado, dispõe de diversas aplicações no setor alimentício, como concentrado e isolado proteico, graças às suas características nutricionais (Alves *et al.*, 2014).

As proteínas do soro do leite são subdivididas em duas frações principais: β -lactoglobulina (β -Lg) e α -lactoalbumina (α -La). Além dessas, encontram-se a albumina sérica bovina (BSA), imunoglobulinas (Ig), glicomacropéptido (GMP) e subfrações: lactoferrina, lisozima, lactoperoxidase, entre outras (Haraguchi; Abreu; De Paula, 2006). Estas proteínas apresentam elevada concentração de aminoácidos essenciais, obtidos apenas por meio da alimentação, assim como alta qualidade proteica (Capitani *et al.*, 2005). Atuam principalmente na reparação celular, síntese de energia, construção e reparo de músculos e ossos, além de outros benefícios relacionados aos processos metabólicos do corpo (Almeida *et al.*, 2013). Trata-se de proteínas facilmente digeridas e absorvidas pelo organismo, tornando-as ideais para atletas e pessoas que buscam uma rápida recuperação muscular (Boirie *et al.*, 1997).

O soro de leite, atualmente, considerado como um coproduto do processamento de queijos, pode ser obtido por três processos principais: coagulação enzimática, precipitação ácida e microfiltração (Almeida *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2014). O soro doce é obtido pela coagulação enzimática do leite e resulta na produção de queijos, como Cheddar ou Emmental. Em contrapartida, o soro ácido, resultante da precipitação ácida do leite, é utilizado para a produção da caseína ou de queijos, tal como Cottage. De acordo com o tipo de processamento do soro, obtém-se diferentes produtos, podendo ser classificados como soro líquido, soro em pó, isolados proteicos de soro e concentrados proteicos de soro (Sgarbieri, 2004; Almeida *et al.*, 2013).

No geral, o processamento do soro do leite requer a utilização de instalações industriais complexas (Alves *et al.*, 2014). Somado a isso, a implantação de uma planta voltada para o processamento do soro de leite requer um alto custo (Silva; Bueno; Sá, 2017). De acordo com Alves *et al.* (2014), no Brasil, a maior parte do soro de leite é gerado em pequenas e médias queijarias, tornando o cenário pouco propício para o investimento na transformação do soro

líquido em pó. Assim, o país tinha a necessidade de importar um alto volume desse produto devido à falta de tecnologias aplicáveis à realidade nacional.

Somente, em 2021, a produção de leite no Brasil foi de 35,30 bilhões de litros (IBGE, 2023). Contudo, nos últimos 10 anos, o Brasil importou cerca de 160 mil litros por ano de produtos lácteos, sendo o leite em pó, soro de leite e queijos, os itens importados de maior volume. Isso devido aos preços dos lácteos no mercado interno serem relativamente mais elevados do que os produtos importados (EMBRAPA, 2023).

Apesar dos diversos usos do soro de leite como insumo, algumas indústrias ainda enquadram esse material como um efluente. Essa questão provoca um grave problema ambiental quando o composto descartado não é tratado da forma correta, devido à presença de uma alta carga orgânica na sua composição (Alves *et al.*, 2014).

A partir da criação de novas tecnologias, verificou-se a possibilidade do surgimento de outras potencialidades utilizando soro do leite como matéria-prima, graças aos atributos nutricionais e físico-químicos de suas proteínas (Alves *et al.*, 2014). Dentre as inovações, compreende-se a fabricação de bebidas lácteas, energéticas e proteicas, produção do soro em pó, obtenção de concentrados e isolados proteicos, bem como o fracionamento das proteínas. Em destaque, tem-se os suplementos à base da proteína do soro do leite bovino (Almeida *et al.*, 2013).

4.3.2 Composição química

Diversas pesquisas que avaliam os suplementos alimentares mais consumidos apontam o *whey protein* como o mais escolhido pelos consumidores (Mendes *et al.*, 2018; Salem *et al.*, 2021). O *whey protein* consiste em um produto à base da proteína do soro do leite com pequenas concentrações de gordura e proteínas de eminente grau de pureza (INMETRO, 2014). Esse produto é obtido do processo de coagulação do leite durante a fabricação de queijos (Capitani *et al.*, 2005; Haraguchi; Abreu; De Paula, 2006). As proteínas do soro do leite dispõem de baixo peso molecular, elevado valor biológico, alta capacidade de absorção pelo organismo e grande teor de aminoácidos essenciais (INMETRO, 2014).

A composição aminoacídica do *whey protein* é constituída pelos seguintes aminoácidos essenciais e não essenciais: histidina, isoleucina, lisina, metionina, cisteína, fenilalanina, tirosina, triptofano, valina, treonina, alanina, arginina, aspartato, glutamina, ácido glutâmico, glicina e prolina (**Tabela 2**) (Ziegler *et al.*, 2012; Haraguchi; Abreu; De Paula, 2006). As quantidades de aminoácidos utilizadas na formulação do *whey protein* variam de

acordo com o fabricante. Contudo, a Instrução Normativa (IN) nº 28, de 26 de julho de 2018, da ANVISA, é responsável por estabelecer as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares (Brasil², 2018). Portanto, essa legislação é utilizada como parâmetro das quantidades ideais de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos que podem estar contidas nos suplementos alimentares.

Tabela 2. Lista de limites mínimos e máximos de aminoácidos que podem ser fornecidos pelos suplementos alimentares na recomendação diária de consumo para maiores de 19 anos. NE: não especificado.

Aminoácido	Limite mínimo (mg)	Limite máximo (mg)
Histidina	105	2.120
Isoleucina	210	3.240
Leucina	409,5	5.660
Lisina	315	4.940
Metionina	105	1.530
Cisteína	42	830
Fenilalanina	262,5	2.820
Tirosina	262,5	2.750
Triptofano	42	860
Valina	273	3.600
Treonina	157,5	2.720
Alanina	NE	3.320
Arginina	NE	3.810
Aspartato	NE	5.320
Glutamina	NE	5.000
Ácido glutâmico	NE	15.880
Glicina	NE	2.980
Prolina	NE	5.360

Fonte: Brasil² (2018).

Em adição, a IN nº 28/2018, define que a recomendação diária de consumo de proteínas é de no mínimo 8,4 g para o grupo populacional de pessoas saudáveis acima de 19 anos. Não foram estabelecidos limites máximos de dose individual diária de proteínas para essa faixa etária. Caso o suplemento alimentar esteja dentro dos parâmetros definidos pela legislação, autoriza-se alegar na rotulagem que o alimento apresenta alto teor proteico, é uma fonte proteica e tem proteínas que ajudam na formação dos músculos e ossos (Brasil², 2018).

De acordo com alguns autores, o *whey protein* age por meio de estímulos à síntese proteica em decorrência do elevado aporte de aminoácidos essenciais (Almeida *et al.*, 2013). Além disso, evidencia a capacidade de aumentar o valor nutricional dos alimentos utilizados na dieta alimentar humana (Alves *et al.*, 2014; Hoffmann; Falvo, 2004). O consumo deste produto também favorece a recuperação e síntese proteica muscular após atividades físicas (Mendes *et*

al., 2018), bem como a redução da gordura corporal (Haraguchi; Abreu; De Paula, 2006). À vista disso, o *whey protein* tem sido amplamente utilizado para ganho de massa muscular magra por atletas e praticantes de exercícios físicos (INMETRO, 2014).

4.3.3 Tipos de *whey protein*

No mercado de suplementos alimentares são encontradas três variações do *whey protein*: concentrado, isolado e hidrolisado (**Figura 1**). Esses se diferenciam de acordo com a técnica de obtenção do soro do leite, forma de processamento, digestibilidade, velocidade de absorção e a concentração de proteínas, gordura, carboidratos, lactose e substâncias bioativas (Carrilho, 2013; Alves *et al.*, 2014). A literatura destaca que dentre os três tipos de *whey protein* consumidos, o isolado é o mais citado, seguido do concentrado (Bittencourt *et al.*, 2021).



Figura 1. Tipos de *whey protein*: concentrado (A), isolado (B) e hidrolisado (C). Fonte: Growth Supplements (2024).

O *whey protein* concentrado (WPC) exibe uma variação na concentração de proteínas entre 29% a 89% m/m. Contém pequenas quantias de carboidratos e gorduras. É obtido por meio da retirada de constituintes não proteicos e pela redução de lactose do soro de leite. O nível de proteína concentrada estabelece relação direta com a quantidade de gordura e lactose. Assim, quanto menor a concentração de proteína concentrada, maior será o nível de gordura e lactose no produto, podendo evidenciar elevadas quantias de imunoglobulinas e lactoferrinas. Portanto, o WPC corresponde à forma mais barata de suplemento proteico à base do soro de leite (INMETRO, 2014; Palu *et al.*, 2020).

Em contrapartida, o *whey protein* isolado (WPI) é a forma comercial mais pura do *whey protein*, contendo cerca de 90% a 95% m/m de proteínas. Essa elevada concentração proteica é resultado de filtrações adicionais, a fim de remover gorduras, lactose e outros compostos indesejáveis, os quais podem permanecer no produto em mínima proporção ou inclusive nem estar presentes (Carrilho, 2013; Alves *et al.*, 2014). O WPI inclui todas as vitaminas e minerais do leite, bem como os aminoácidos essenciais e não essenciais das proteínas do soro (INMETRO, 2014).

Por último, o *whey protein* hidrolisado (WPH) é obtido pelo processamento da fração isolada ou concentrada. Nessa forma, o *whey protein* sofre hidrólise enzimática, promovendo a quebra das cadeias de proteínas em peptídeos menores de alto valor nutricional. Isso garante ao produto uma boa digestibilidade e baixo potencial alergênico (Carrilho, 2013; Alves *et al.*, 2014).

4.3.4 Métodos de obtenção

Anterior ao processamento, o soro de leite é recebido pelo estabelecimento, onde será processado em uma temperatura máxima de 10 °C (Brasil¹, 2020). Em seguida, é submetido à análise físico-química, a fim de verificar se o pH, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais e suspensos, demanda biológica de oxigênio (DBO), óleos e graxas estão de acordo com padrões estabelecidos pela IN nº 94, de 18 de setembro de 2020, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a qual aprova o regulamento técnico e fixa os padrões de identidades e qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido (Brasil¹, 2020).

A IN nº 94/2020 (MAPA) define o soro de leite como “*produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, caseína alimentar e produtos similares*”. Além disso, classifica quanto a acidez: “*soro de leite, quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, devendo apresentar pH entre 6 e 6,8*” e “*soro de leite ácido, quando a coagulação se produz principalmente por acidificação, devendo apresentar pH inferior a 6*”. Quanto à concentração, a legislação categoriza “*soro de leite concentrado, quando submetido à desidratação parcial por processo tecnologicamente adequado seguido por refrigeração*” e “*soro de leite em pó, quando submetido à desidratação por processo tecnologicamente adequado*” (Brasil¹, 2020).

Na **Tabela 3**, verifica-se os valores estabelecidos por esta legislação para os parâmetros físico-químicos do soro de leite. Vale destacar que os valores especificados na tabela são

válidos para os soros de leite e soros de leite concentrado, com redução de sais minerais e lactose.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos para o soro de leite líquido e concentrado.

Requisitos	Soro de leite	Soro de leite ácido	Soro de leite concentrado e soro de leite ácido concentrado
pH	6,0 a 6,8	Inferior a 6	5,8 a 6,9
Acidez titulável em ácido láctico (g/100g)	0,08 a 0,14	-	-
Sólidos totais (g/100mL)	Mínimo 5	Mínimo 5	Mínimo 11

Fonte: Brasil¹ (2020).

Em caso de não conformidade com os critérios físico-químicos estabelecidos pela IN nº 94/2020 (MAPA), conforme apresentado na tabela anterior, o soro do leite é destinado à estação de tratamento de efluentes (ETE). Por outro lado, se estiver de acordo com a legislação, o soro do leite é sujeito ao processo de evaporação em evaporador de simples efeito, com intuito de concentrar o soro e reduzir a quantidade de água, diminuindo significativamente a atividade microbiológica e a deterioração do produto (Oliveira *et al.*, 2018).

A tecnologia de separação por membranas é uma das técnicas utilizadas para a recuperação das proteínas solúveis do soro do leite. Basicamente, os componentes do soro de baixa massa molar permeiam através da membrana de ultrafiltração, como lactose, sais e água, ao passo que as proteínas ficam retidas. Assim, inicialmente, procede-se à microfiltração em um sistema de membranas com poros de cerca de 1 µm para remover o excesso de gordura, bactérias e esporos (Boschi, 2006), a fim de evitar a obstrução/entupimento do ultrafiltrador.

Os componentes retidos consistem essencialmente de gorduras, portanto, devem ser tratados e descartados corretamente. Em contrapartida, o material filtrado segue para a etapa de ultrafiltração (**Figura 2**) (Correia *et al.*, 2019). Nessa fase, utiliza-se a filtração tangencial, por meio de membranas com 0,01 µm de diâmetro, cuja finalidade é reter as proteínas do leite e eliminar a maior parte da lactose, sais minerais e água, com eficiência máxima de cerca de 50 a 65% da concentração de sólidos totais (Oliveira *et al.*, 2018; Palu *et al.*, 2020).

Posteriormente, ocorre a divisão em duas correntes de produção para a fabricação de *whey protein* concentrado (70% do volume) e *whey protein* isolado (30% do volume). No caso do WPI, faz-se necessário realizar uma segunda filtração (diafiltração) para remoção significativa de lactose e água, a fim de obter um produto com uma alta concentração de proteínas (**Figura 2**). Para isso, é imprescindível a diluição em água do primeiro filtrado antes de realizar a nova ultrafiltração, visto que esse sistema funciona com duas ultrafiltrações

dispostas em série, removendo assim as menores impurezas. Já para o WPC, realiza-se a máxima remoção de lactose para evitar o entupimento do conjunto de pulverização do *spray dryer* (Luz, 2016).

A fase final para obtenção do produto desejado é o *spray drying* em que se utiliza a secagem por atomização para evaporação da água com perdas nutricionais mínimas (**Figura 2**). Essa técnica consiste na pulverização de pequenas gotículas do produto no interior de uma câmara de secagem com uma alta temperatura e baixa umidade relativa (Alves *et al.*, 2014). Os atributos de secagem do soro de leite consistem no teor de sólidos totais antes da secagem entre 40 a 60 % m/m, a temperatura do ar de entrada da câmara de 180 a 250 °C e a temperatura de saída do ar de 80 a 95 °C (Perrone *et al.*, 2011).

Nessa etapa utiliza-se o mesmo equipamento para a produção de WPI e WPC, priorizando o WPI para evitar contaminação de gorduras e lactose. Somente após finalizar o processamento de WPI que é realizada a fabricação de WPC. Assim, as soluções de WPI e WPC são transformadas em um produto em pó com baixa atividade de água, aumentando a vida útil do *whey protein* (em torno de 6 a 12 meses), além da otimização do transporte devido à redução do volume, agregando valor ao produto (Oliveira *et al.*, 2018).



Figura 2. Esquema do processo de filtração do *whey protein*. Fonte: Adaptado de Nelson (2020).

Após a obtenção do concentrado proteico em pó, o produto apresenta-se como um pó branco ou creme, com odor e sabor característicos (Brasil¹, 2020). Em seguida, realiza-se o acréscimo de edulcorantes, emulsificantes, corantes e aromatizantes, bem como de outros aditivos dependendo do fabricante e sabor do produto (Correia *et al.*, 2019). À vista disso, ao final do processo, obtém-se o *whey protein* composto basicamente por aditivos alimentares e proteínas (**Tabela 4**).

Tabela 4. Componentes do *whey protein* e suas respectivas funções.

Componente	Funções	Fonte
Proteínas	Desempenha várias funções biológicas das células, provendo energia, transportando e armazenando moléculas	Morris; Black; Stollar (2022)
Aromatizante	Conferir ou reforçar o aroma ou sabor dos alimentos	Brasil ³ (2023)
Corante	Confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento	Brasil ³ (2023)
Edulcorante	Confere gosto doce ao produto alimentício	Brasil ³ (2023)
Emulsificante	Formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento	Brasil ³ (2023)

Fonte: Autoria própria (2024).

A adição de edulcorantes é feita com intuito de adoçar e manter uma quantidade reduzida de calorias por tratar-se de um tipo de agente de dulçor. Em contrapartida, o emulsificante anfífilo garante com que se obtenha uma mistura homogênea entre as proteínas do soro do leite com a água, a qual será utilizada para o preparo do produto anteriormente à sua ingestão. Essa é uma característica essencial, visto que facilita a dissolução do produto na hora do consumo e evita a formação de grumos. Já os corantes e aromatizantes são adicionados para melhorar a aparência, padronizar a cor e conferir ou realçar o aroma e/ou sabor do produto alimentício, respectivamente (Correia *et al.*, 2019; Boscaini *et al.*, 2023; Brasil³, 2023).

Por último, antes de ser empacotado e comercializado, o produto é submetido a uma nova análise físico-química para verificar se as faixas pré-determinadas pela legislação para cada tipo de produto foram atingidas (**Tabela 5**) (Oliveira *et al.*, 2018). Adicionalmente, é feita a avaliação dos parâmetros microbiológicos do soro de leite em pó conforme os critérios determinados na IN nº 94/2020 (MAPA) (**Tabela 6**) (Brasil¹, 2020).

Tabela 5. Parâmetros físico-químicos para o soro de leite em pó.

Requisitos	Soro de leite em pó	Soro de leite ácido em pó
Lactose (g/100 g)	Mínimo 61	Mínimo 61
Proteína láctea (g/100 g)	Mínimo 10	Mínimo 7
Umidade (g/100 g)	Máximo 5	Máximo 4,5
Cinzas (g/100 g)	Máximo 9,5	Máximo 15
Acidez titulável em ácido láctico (g/100 g)	Máximo 0,35	Mínimo 0,35
pH solução a 10%	Mínimo 5,1	Máximo 5,1

Fonte: Brasil¹ (2020).

Tabela 6. Critérios microbiológicos para o soro de leite em pó.

Microrganismos	Especificação
Aeróbios mesófilos viáveis / g	n = 5; c = 2; m = $3,0 \times 10^4$; M = $1,0 \times 10^5$
Coliformes totais a 30 - 35 °C / g	n = 5; c = 2; m = 10; M = 100
Coliformes termotolerantes a 45 °C / g	n = 5; c = 2; m < 3; M = 10
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positivo	n = 5; c = 1; m = 10; M = 100
<i>Salmonella spp.</i> / 25 g	n = 5; c = 0; m = 0

Fonte: Brasil¹ (2020).

4.4 PRE-WORKOUT

4.4.1 Definição

Os *pre-workouts* são suplementos alimentares vendidos, especialmente, para praticantes de exercícios físicos. No geral, constituem-se pela mistura de diversos ingredientes, incluindo cafeína, creatina, β -alanina e taurina (Machado, 2015). Também podem ser compostos por dimetilamina, arginina, fosfatos (Eudy *et al.*, 2013), aminoácidos, nitratos (Harty *et al.*, 2018), citrulina, tirosina e vitaminas do complexo B (Jagim; Harty; Camic, 2019). Essa combinação de ingredientes pode promover um efeito sinérgico no desempenho da atividade física em comparação ao uso isolado desses compostos (Harty *et al.*, 2018).

O consumo usual desse tipo de suplementação é voltado para a ingestão antes da prática de exercícios físicos (Harty *et al.*, 2018). Isso se deve ao entendimento de que a ingestão de determinados nutrientes, sejam isolados ou em combinação, pode aumentar a disponibilidade de substrato energético e reduzir a fadiga, beneficiando o ganho de massa muscular após a atividade física (Spradley *et al.*, 2012).

Os pré-treinos são comercializados como um único produto resultante da combinação destes diversos componentes (**Figura 3**). A formulação desse suplemento alimentar varia de acordo com o fabricante, porém a mistura mais comum inclui o uso de cafeína e creatina. Dessa forma, a proposta é que o indivíduo possa atingir rapidamente os resultados desejados, como maior ganho de força, resistência ou massa muscular, a partir do consumo de apenas um suplemento alimentar (Smith *et al.*, 2010).



Figura 3. Três variedades de marcas de *pre-workout*: Growth Supplements (A), Max Titanium (B) e Dux Human Health (C). Fonte: Growth Supplements (2024); Max Titanium [s.d.]; Dux Human Health [s.d.].

4.4.2 Principais ingredientes

4.4.2.1 Cafeína

A cafeína, quimicamente conhecida como 1,3,7-trimetilxantina, é um derivado da xantina e está presente em diversos produtos, como café, refrigerantes, chás, chocolates, guaraná e medicamentos (Alternamn *et al.*, 2008; Pereira; Buzzo; Mathias, 2021). Também é encontrada em suplementos, diuréticos e produtos voltados ao emagrecimento e manutenção do estado de alerta (Aguiar *et al.*, 2012).

A cafeína é um ingrediente rapidamente absorvido pelo corpo. No geral, atinge o ápice na corrente sanguínea em cerca de 60 minutos após a ingestão (Harty *et al.*, 2018). A ação da cafeína no corpo humano ocorre por sua ligação aos receptores de adenosina no Sistema Nervoso Central, bloqueando a ação do neurotransmissor (adenosina) e impedindo o estímulo da sonolência e fadiga. Dessa maneira, atua como estimulante, aumentando o estado de vigília, alerta e atenção (Benjamin *et al.*, 2021). Além disso, esse composto dispõe do potencial de liberação de dopamina, noradrenalina e adrenalina — neurotransmissores que regulam o humor, a cognição e o desempenho físico. Assim, promove sensações de euforia, aumento da concentração e energia (Aguiar *et al.*, 2012).

O consumo de cafeína, antes do desempenho físico, pode resultar no aumento dos níveis de energia e retardo da sensação de fadiga, possibilitando a execução de treinos mais longos e intensos. Além disso, a cafeína pode ser benéfica para melhorar a resistência, a força muscular e a performance em atividades físicas esportivas de alta intensidade (Grgic, 2022; Pereira; Buzzo; Mathias, 2021).

De acordo com a IN nº 28/2018 (ANVISA), os limites mínimo e máximo desta substância bioativa que devem ser fornecidos pelos suplementos alimentares na recomendação diária de consumo indicado pelo fabricante, para o grupo populacional acima dos 19 anos, é de 75 a 200 mg. Além do mais, é permitido a recomendação de 400 mg de consumo para o caso de atletas, contanto que não ultrapasse a dose individual de 200 mg (Brasil¹, 2018).

4.4.2.2 Creatina

A creatina é um composto nitrogenado naturalmente presente no corpo humano e em alimentos como carnes e peixes (Machado, 2015; Mendes; Tirapegui, 2002). Cerca de 1 g de creatina é sintetizada diariamente no fígado, rins e pâncreas, a partir dos aminoácidos arginina, glicina e metionina (Machado, 2015).

Ao ser transportada para o sangue, é armazenada na forma de fosfocreatina (PCr), principalmente nos músculos esqueléticos (Peralta; Amancio, 2002). A creatina na forma fosforilada desempenha uma importante função na contração muscular, pois age como um reservatório de energia (Mendes; Tirapegui, 2002). Dessa forma, fornece a energia necessária para execução de exercícios físicos de alta intensidade e curta duração (Balsom *et al.*, 1993; Gualano *et al.*, 2010).

Níveis reduzidos de creatina podem ser supridos pela dieta alimentar ou suplementação (Peralta; Amancio, 2002). Segundo a IN nº 28/2018 (ANVISA), a recomendação para o grupo populacional acima dos 19 anos é que o consumo diário não exceda a dose individual de 3.000 mg de creatina (Brasil¹, 2018).

4.4.2.3 β -alanina

A β -alanina é um aminoácido não essencial sintetizado no fígado. Também está presente em produtos de origem animal. Esse composto desempenha um papel essencial no metabolismo muscular, podendo melhorar a performance de esportes de elevada intensidade (Carvalho *et al.*, 2023).

A β -alanina atua como precursor da carnosina — um dipeptídeo presente nos músculos esqueléticos. A carnosina age como um tampão intracelular de ácido lático. É justamente a síntese de ácido lático que leva à fadiga muscular. Portanto, ao mitigar a produção de acidose durante o exercício, ocorre o retardamento da exaustão da musculatura, permitindo com que o atleta possa exercer um esforço físico maior por um período mais longo ou um maior número de repetições (Matos *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2023).

Conforme a IN nº 102, de 15 de outubro de 2021, da ANVISA, a β -alanina pode ser consumida por pessoas acima de 19 anos com limite máximo de 2 g por dia para adultos saudáveis com doses divididas de, no máximo, 300 mg, com intervalo de duas horas entre as ingestões (Brasil, 2021).

O consumo de β -alanina é considerado seguro em doses moderadas. No entanto, existem estudos em que indivíduos relatam sobre a sensação de formigamento, após a ingestão de β -alanina, bem como a elevada excitação e energia durante o treinamento (Hoffman *et al.*, 2008; Silva; Santos; Siqueira, 2023).

4.4.2.4 Taurina

A taurina é um aminoácido não-essencial relatado por apresentar efeito antioxidante, metabólico e ergogênico (Harty *et al.*, 2018). De acordo com a IN nº 28/2018 (ANVISA), a taurina pode ser consumida por pessoas acima de 19 anos, sendo o limite máximo de 2000 mg por dia para adultos saudáveis. É importante destacar que gestantes, lactantes e crianças não devem consumir este produto (Brasil¹, 2018).

Esse composto aumenta os níveis de creatina intracelular, otimizando a produção de energia e a contração dos músculos, resultando em maior força muscular durante a execução dos exercícios físicos (Dall’Agnol; Souza, 2009). Além disso, apresenta ação antioxidante, combatendo os radicais livres que causam fadiga, possibilitando treinos mais intensos e duradouros (Powers; Jackson, 2008). Em adição, contribui para o aumento da capacidade de tamponamento de ácido nos músculos, retardando a acidose e prolongando o exercício físico até atingir fadiga muscular (Pereira *et al.*, 2012).

4.4.3 Processo de fabricação

Basicamente, a produção dos pré-treinos consiste na mistura de vários ingredientes na forma liofilizada. No geral, as empresas realizam a compra desses ingredientes já processados. Depois, selecionam as concentrações e quantidades a serem utilizadas com base na legislação e na finalidade de cada produto. Por último, preparam o mix, acrescentam os aromatizantes, empacotam o produto e disponibilizam no mercado. Vale ressaltar que as quantias específicas usadas pelas indústrias alimentícias não são divulgadas para o consumidor (Harty *et al.*, 2018; Jagim; Harty; Camic, 2019).

4.5 FORMULAÇÃO

De acordo com o Ministério da Saúde (2023), as empresas de suplementos alimentares são obrigadas a fornecer aos consumidores informações sobre os ingredientes e a dosagem de seus produtos, mediante tabela de informação nutricional (RDC nº429/2020), mas não a esclarecer suas quantidades na formulação e interação de tecnologias. Detalhes específicos a respeito das quantidades adicionadas ao concentrado proteico não são informados e variam de acordo com cada empresa. Da mesma forma, a formulação dos pré-treinos também não está disponível para consulta pública e os rótulos não divulgam a composição completa com todos os ingredientes e quantias precisas (Eudy *et al.*, 2013).

A indústria de suplementos é altamente competitiva e as empresas se diferenciam por meio de suas fórmulas e ingredientes exclusivos. A inovação no mercado de suplementos contribui para agregar valor aos seus produtos. Portanto, as empresas guardam a formulação de seus *pre-workouts* e *whey protein* como segredos valiosos. Essa prática é compreensível, visto que a fórmula representa um investimento significativo em pesquisa e desenvolvimento, e a indústria de suplementos não deseja que seus concorrentes se beneficiem desse trabalho sem esforço (Cano, 2019).

4.6 COMERCIALIZAÇÃO

As principais marcas do mercado de suplementos alimentares são: Max Titanium, Probiótica, Growth Supplements, Integralmédica, Black Skull e Dux Human Health (Correia *et al.*, 2019). No geral, os suplementos alimentares são comercializados na forma de comprimidos, líquidos, géis, barras e pós (Mendes *et al.*, 2018).

O *whey protein* é comercializado em sachês de dose única com 30 g e em potes de 450 g, 600 g, 900 g, 1 kg ou 1,8 kg, com variações dependendo do fabricante (**Figura 4**). Diversos sabores de *whey protein* são encontrados no mercado, incluindo chocolate, morango, baunilha, *cookies and cream* e beijinho (Cano *et al.*, 2019). É comumente ingerido após a diluição em água ou leite e até mesmo com frutas antes ou depois dos treinos.



Figura 4. Três tamanhos distintos de *whey protein* disponíveis no mercado: 30 g (A), 450 g (B) e 900 g (C).
Fonte: Dux Human Health [s.d.].

O *pre-workout* é vendido em potes de 150 g, 200 g, 300 g ou 600 g, em sachês de 10 g e na versão em gel de 30 g (Figura 5). As quantidades podem variar de acordo com a empresa responsável pelo produto. Os sabores de *pre-workout* disponíveis no mercado englobam limão, frutas vermelhas, açaí com guaraná, melancia, laranja, maçã verde, dentre outros. Em geral, é consumido com água antes da atividade física para dar energia.



Figura 5. Três diferentes dosagens de *pre-workout* comercializadas no mercado: 30 g (A), 150 g (B) e 300 g (C).
Fonte: Max Titanium [s.d.].

4.7 LEGISLAÇÃO E ROTULAGEM PARA SUPLEMENTOS ALIMENTARES

A rotulagem dos alimentos é uma importante fonte de comunicação entre o consumidor e o fornecedor, possibilitando a transmissão de informações a respeito do produto e auxiliando na seleção de alimentos de forma mais saudável e consciente. Dessa maneira, os rótulos alimentares devem atender às exigências da legislação e conter informações verídicas sobre o produto, a fim de promover um consumo seguro e de qualidade dos alimentos (Pinheiro; Navarro, 2008; Lobanco *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2013).

Com a intenção de promover o uso responsável dos suplementos alimentares, instituiu-se no Brasil diversas legislações para regulamentar a comercialização e rotulagem desse produto alimentício (Mendes *et al.*, 2018). Dessa forma, as principais resoluções e instruções estabelecidas para os suplementos alimentares estão destacadas na **Tabela 7**.

Tabela 7. Principais legislações que regulamentam a comercialização de suplementos alimentares no Brasil.

Legislação	Órgão legislador	Ementa
RDC 243/2018	ANVISA	Requisitos sanitários dos suplementos alimentares
RDC 429/2020	ANVISA	Rotulagem nutricional dos alimentos embalados
RDC 839/2023	ANVISA	Comprovação de segurança e autorização de uso de novos alimentos e novos ingredientes
RDC 778/2023	ANVISA	Princípios gerais, as funções tecnológicas e as condições de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em alimentos
IN 211/2023	ANVISA	Funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos
IN 28/2018	ANVISA	Lista de constituintes, de limite de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares
IN 76/2020	ANVISA	Atualização das listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares
IN 102/2021	ANVISA	Altera a IN 28/2018
IN 275/2024	ANVISA	Altera a IN 28/2018
IN 284/2024	ANVISA	Altera a IN 28/2018

Fonte: ANVISA (2024).

A RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, da ANVISA, aborda sobre os aspectos gerais da rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Essa regulamentação caracteriza a rotulagem nutricional como “*toda declaração destina a informar ao consumidor as propriedades nutricionais do alimento, compreendendo a tabela de informação nutricional, a rotulagem nutricional frontal e as alegações nutricionais*”. Além disso, estabelece a obrigatoriedade da declaração da tabela de informação nutricional nos rótulos dos alimentos embalados (Brasil³, 2020).

A RDC nº 429/2020 (ANVISA) ainda informa que a tabela de informação nutricional deve conter: valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, proteínas, gorduras totais, saturadas e *trans*, fibras alimentares, sódio, nutriente ou substância bioativa que seja objeto de alegações nutricionais, de propriedades funcionais ou de saúde, assim como nutriente essencial e/ou substância bioativa adicionada ao alimento. No caso dos suplementos alimentares, a tabela deve incluir as quantias de valor energético e todos nutrientes, substâncias bioativas e enzimas acrescentados ao produto (Brasil³, 2020).

A RDC nº 778, de 1 de março de 2023, da ANVISA, define aditivo alimentar como:

“todo ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento” (Brasil³, 2023).

A IN nº 211, de 1 de março de 2023, estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para utilização em diversos alimentos, incluindo os suplementos alimentares, bem como suas funções tecnológicas, limites máximos e condições ideais de uso (Brasil², 2023).

Apesar da implementação dessas legislações, estudos relevam divergências entre as informações fornecidas nas embalagens dos suplementos alimentares com as exigências especificadas na lei, englobando dados de quantidade de aminoácidos essenciais, proteínas, carboidratos e fibras, além de irregularidades na rotulagem (Machado, 2015; Salem *et al.*, 2021; Bittencourt *et al.*, 2021; Oliveira, 2022; Silva *et al.* 2022; Matto, 2023). É importante destacar que nenhum dos trabalhos analisados contempla todas as legislações em vigor, pois a atualização das leis ocorreu após a publicação destas pesquisas.

No estudo realizado por Salem *et al.* (2021), foram analisadas 20 marcas de *whey protein*, comercializados em Maringá, Paraná, em relação à conformidade das informações contidas nos rótulos com a RDC nº 243/2018, RDC nº 259/2002, RDC nº 429/2020, IN nº 28/2018 e Lei nº 10.674/2003. Após realizar as devidas análises, verificaram uma elevada incidência de inconsistências nos rótulos das amostras avaliadas, incluindo ausência de identificação da origem do produto e designação como suplemento alimentar, bem como falta de indicativo do valor energético, carboidratos, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras *trans*, fibra alimentar e sódio.

Bittencourt *et al.* (2021) analisaram se as informações sobre densidade energética, carboidratos, proteínas, sódio e aminoácidos essenciais de 75 rótulos de *whey protein* estavam em conformidade com a IN nº 28/2018. Os autores observaram que apenas 7 produtos estavam de acordo com o padrão de aminoácidos essenciais estabelecido pela legislação. De modo similar, Silva *et al.* (2022) avaliaram 51 rótulos de *whey protein*, de Fortaleza, Ceará, a fim de verificar sua conformidade com as normas: RDC nº 243/2018, IN nº 28/2018, RDC nº 259/2002, RDC nº 45/2010, RDC nº 360/2003, RDC nº 269/2005. Nesse estudo, a maioria das amostras estavam de acordo com a lei. As principais inadequações identificadas foram referentes à denominação do produto, descritivo dos cuidados de armazenamento e conservação, bem como a formatação dos rótulos.

Oliveira (2022) averiguou a composição nutricional, lista de ingredientes e aminograma contidos nos rótulos de 12 *whey protein* acerca da conformidade à RDC nº 259/2002, RDC nº 136/2017, RDC nº 727/2022, RDC nº 429/2020, IN nº 75/2020, IN nº 76/2020 e IN nº 28/2018. O autor concluiu que os teores de aminoácidos e proteínas dos produtos analisados estavam em conformidade com a legislação. Todavia, algumas amostras tinham rótulos com unidades de medidas despadronizadas e ausência do aminograma.

Diferente dos outros autores, Mattos (2023) examinou as características físico-químicas de dez marcas de *whey protein* concentrado, obtidos de estabelecimentos de Francisco Beltrão, Paraná, e comparou com os valores declarados nos rótulos. O autor concluiu que os valores de proteínas e carboidratos apresentados nos rótulos não foram compatíveis com as quantidades obtidas na análise química. Apesar disso, todas as amostras estavam de acordo com o percentual mínimo estabelecido pela RDC nº 429/2020. Esse mesmo resultado foi constatado por Pessoa *et al.* (2021), ao verificar que 100% das amostras de *whey protein* isolado apresentaram diferenças no teor de proteínas mensurado comparado ao informado nos rótulos, embora estivessem em concordância com a lei.

Mendes *et al.* (2018) investigaram sete amostras de *whey protein* vendidos em Belo Horizonte, Minas Gerais, quanto à adequação da rotulagem, conteúdo proteico e adição de amido não declarado conforme exigido pela RDC nº 259/2002, RDC nº 360/2003. Todas os rótulos das amostras estavam de acordo com os parâmetros analisados. Além disso, do mesmo modo que nos trabalhos de Mattos (2023) e Pessoa *et al.* (2021), os valores de proteínas apresentados foram inferiores aos indicados nos rótulos, ainda que estivessem de acordo com o disposto na legislação.

Enquanto para o suplemento alimentar *whey protein* foram encontrados vários trabalhos sobre a adequação da rotulagem quanto à legislação, para o *pre-workout* encontrou-se apenas a investigação de Machado (2015). Esse estudo consistiu na análise de 30 rótulos de pré-treinos compostos por creatina e/ou cafeína, comercializados no Distrito Federal, em relação à adequação ao disposto na RDC nº 18/2010. Todos os produtos avaliados apresentaram alguma irregularidade, como valores inferiores de creatina e cafeína, ausência da frase de uso obrigatório: “*Este produto não substitui uma alimentação equilibrada e seu consumo deve ser orientado por um nutricionista ou médico*”, quantidade de creatina não declarada e acréscimo de substâncias não nutrientes não previstas pela legislação (Machado, 2015).

4.8 PERSPECTIVAS FUTURAS E INOVAÇÕES

A pesquisa de mercado realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD) indica um crescimento de 10% no consumo de suplementos alimentares no Brasil entre os anos de 2015 e 2021. Em 2020, o mercado desse setor foi avaliado em 140,3 bilhões de dólares, com uma taxa de expansão de 8,6% para os anos de 2021 a 2028. É a maior preocupação do consumidor com a saúde que tem impulsionado tanto o mercado de suplementos (FISA, 2021; ABIAD, 2021).

Atualmente, a indústria de alimentos tem buscado por ingredientes que possam fornecer propriedades funcionais e nutricionais para a formulação de diversos produtos alimentícios de valor agregado. Diante desse cenário, as proteínas do soro do leite, em particular, merecem destaque por apresentarem um alto potencial de melhorar a qualidade dos produtos alimentícios (Kumar *et al.*, 2018).

Os produtos proteicos provenientes da concentração do soro do leite, como *whey protein*, têm uma ampla aplicabilidade na indústria alimentícia devido às características físico-químicas de suas proteínas. Esses produtos podem ser utilizados como ingredientes para melhorar diversas características sensoriais e estruturais dos alimentos, incluindo viscosidade, solubilidade, capacidade de emulsificação, formação de espuma, absorção de água e gordura, gelificação e elasticidade (**Tabela 8**) com propriedades semelhantes às aquelas produzidas com os ingredientes clássicos, tal como gelatina, lectina, amido e gomas (Alves *et al.*, 2014; Castro *et al.*, 2017).

É graças à alta solubilidade em grande faixa de pH que permite a aplicação do *whey protein* em bebidas esportivas, sobremesas, sopas e alimentos infantis, na confeitaria, panificação, em derivados lácteos e produtos de carne (Alves *et al.*, 2014). Em adição, o

acréscimo desse produto aos alimentos pode fornecer quantidades de proteínas similares àquelas contidas em uma refeição diária (Alves *et al.*, 2014).

Tabela 8. Propriedades tecnofuncionais conferidas aos alimentos acrescentados de concentrados proteicos de soro de leite.

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

Fonte: Adaptado de Alves *et al.* (2014).

A descoberta das propriedades do *whey protein* é algo crucial para a viabilidade da aplicação bem-sucedida desse composto como um ingrediente versátil e ativo. Dentre os possíveis empregos, destaca-se o desenvolvimento de filmes comestíveis, revestimentos, hidrogéis, nanopartículas e produção de peptídeos com atividade anti-hipertensiva, antioxidante e antimicrobiana (Castro *et al.*, 2017).

A *Incorpore Foods* foi responsável pelo desenvolvimento de um suplemento alimentar proteico pronto para o consumo com elevado teor de proteínas isoladas do soro do leite. Outras companhias criaram uma bebida proteica pronta para ser consumida composta de WPI e chá verde. Desse modo, permitiu com que se integrasse as propriedades antioxidantes do chá verde (fenóis) com as proteínas do *whey protein* (Baldissera *et al.*, 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme discutido ao longo deste trabalho, nos últimos anos, houve um aumento significativo no interesse da população por um estilo de vida mais saudável, resultando em uma maior procura por suplementos alimentares, especialmente entre os usuários que buscam aprimorar seu condicionamento físico. Nesse contexto, este estudo, buscou por meio de uma

pesquisa bibliográfica discutir sobre a produção dos suplementos alimentares no Brasil, com ênfase no processamento e formulação de *whey protein* e *pre-workout*, bem como expor sobre as novas potencialidades derivadas do uso desses produtos como ingrediente alimentício.

Dessa forma, constatou-se que a literatura exhibe uma gama de informações a respeito do *whey protein*, desde conceitos básicos até métodos de obtenção. Em contrapartida, o *pre-workout* carece de mais referências. Adicionalmente, ambos suplementos alimentares apresentam diferentes tamanhos, sabores e estados físicos de comercialização, bem como não têm suas formulações disponíveis ao consumidor graças à prática de sigilo das empresas. Além disso, verificou-se que alguns dos trabalhos analisados sobre a rotulagem de *whey protein* e *pre-workout* já não estão totalmente em conformidade com a legislação vigente, devido a recentes modificações. Ademais, poucas informações sobre as perspectivas futuras para os suplementos alimentares foram encontradas. Vale destacar que não foram encontradas inovações para *pre-workout*.

Isso só reforça a necessidade de mais estudos focados nas novas potencialidades do uso dos suplementos alimentares. Há uma infinidade de novos produtos disponíveis no mercado que tem como princípio o uso de *whey protein*, a fim de garantir uma elevada quantidade de proteínas, que não são tratados na maioria dos artigos científicos, como barras proteicas, pasta de amendoim, iogurtes, salgadinhos, sopas, *brownie*, brigadeiro, panqueca, alfajor, *whey coffee* e refrigerantes. Da mesma forma que novos produtos à base de cafeína, como *super coffee*, também não são discutidos na literatura.

Sob este viés, os suplementos alimentares exibem um alto potencial para o desenvolvimento de novos produtos. No caso do *whey protein*, trazendo benefícios à saúde da população graças à possibilidade de incorporar na dieta humana uma maior quantidade de proteínas com produtos que antes não tinham essa propriedade. O *pre-workout*, por sua vez, oferece alta performance para pessoas que buscam treinos mais intensos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES (ABIAD). **Pesquisa de mercado: suplementos alimentares**. 2021.
- AGUIAR, R. A. de *et al.* Efeito da ingestão de cafeína em diferentes tarefas de tempo de reação. **Revista Brasileira de Ciência e Esporte**, v. 34, v. 2, p. 465-476, 2012.
- ALMEIDA, R. M. *et al.* Obtenção de peptídeos bioativos a partir do soro de leite bovino. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, n. 33, v. 2, p. 315-322, 2013.
- ALTERNAMN, L. C. *et al.* Efeitos da cafeína no desempenho de força e resistência muscular em homens adultos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 6, p. 453-457, 2008.
- ALVES, S. P. *et al.* Soro de leite: potencial de aplicação na obtenção de bioprodutos. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 8, v. 1, p. 1-14, 2014.
- BALDISSERA, A. C. *et al.* Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas proteicas a base de soro de leite. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, v. 4, p. 1497-1512, 2011.
- BALSOM, P. D. *et al.* Creatine supplementation and dynamic high-intensity exercise performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 3, n. 3, p. 143-149, 1993.
- BASHO, S. M.; BIN, M. C. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na prevenção e controle da hipertensão e diabetes. **InterBio**, v. 4, n. 1, p. 48-58, 2010.
- BENJAMIN, C. J. R. *et al.* Ação da cafeína no sistema nervoso central e na variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**. v. 14, n. 54, p. 405-409, 2021.
- BITTENCOURT, M. M. *et al.* Rotulagem de suplementos de whey protein disponíveis no mercado brasileiro: análise conforme legislação vigente. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 15, n. 93, p. 248-254, 2021.
- BOIRIE, Y., *et al.* Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94, n.26, 1997.
- BOSCAINI, S. *et al.* The ‘whey’ to good health: whey protein and its beneficial effect on metabolism, gut microbiota and mental health. **Trends in Food Science and Technology**, v. 133, p. 1-14, 2023.
- BOSCHI, J. R. **Concentração e purificação das proteínas do soro de queijo por ultrafiltração**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de

Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 102, de 15 de outubro de 2021. Altera a Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL¹. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 839, de 14 de dezembro de 2023. Dispõe sobre a comprovação de segurança e autorização de uso de novos alimentos e novos ingredientes. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 18, de 27 de abril de 2010. Dispõe sobre alimentos para atletas. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL². Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 211, de 1 de março de 2023. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL³. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 778, de 1 de março de 2023. Dispõe sobre os princípios gerais, as funções tecnológicas e as condições de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RES nº 18 de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL¹. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 94, de 18 de setembro de 2020. Aprova o regulamento técnico que fixa os padrões de identidade e qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL¹. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 28, de 26 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**: Brasília, DF.

BRASIL¹. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 275, de 21 de fevereiro de 2024. Altera a Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL². Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 76, de 5 de novembro de 2020. Dispõe sobre a atualização de listas

de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL². Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN nº 284, de 21 de março de 2024. Altera a Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL². Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Aprovar o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

BRASIL³. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF.

CANO, F. C. S. **A inovação das indústrias de suplementos alimentares: whey protein**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA DO CONHECIMENTO E DA INOVAÇÃO, III., 2019, Campinas. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2019, p. 219-230.

CAPITANI, C. D. *et al.* Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1123-1128, 2005.

CARRILHO, L. H. Benefícios da utilização da proteína do soro de leite whey protein. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 7, n. 40, 2013.

CARVALHO, J. C. R. de *et al.* Efeitos da beta-alanina durante a prática de exercícios físicos: revisão da literatura. **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 10, n. 2, 2023.

CASTRO *et al.* Whey protein as a key component in food systems: physicochemical properties, production technologies and applications. **Food Structure**, v. 14, p. 17-29, 2017.

CORREIA, L. *et al.* **Estudo da viabilidade técnico-econômica para implantação de uma indústria de whey protein isolado**. 2019. Projeto de Pesquisa (Bacharelado em Engenharia Química), Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019.

CUNHA, E. F.; ARAÚJO, V. R. do E. **Avaliação dos rótulos de whey protein comercializados no município de Recife, Pernambuco**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição) – Faculdade Pernambucana de Saúde, Recife, 2019.

DALL'AGNOL, T.; SOUZA, P. F. A. de. Efeitos fisiológicos agudos da taurina contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 2, 2009.

DUARTE, V. **Alimentos funcionais: faça do alimento seu medicamento e do medicamento, seu alimento**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Artes e ofícios, 2007.

DUX HUMAN HEALTH. Esporte e fitness. [s.d.]. Disponível em: <https://www.duxhumanhealth.com>. Acesso em 11 ago. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário leite 2023**. 61 p. 2023.

EUDY, E. A. *et al.* Efficacy and safety of ingredients found in pre-workout supplements. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 70, n. 7, p. 577-588, 2013.

FOOD INGREDIENTS SOUTH AMERICA (FISA). **Panorama do mercado de suplementos**. 16 p. 2021.

GRGIC, J. Effects of caffeine on resistance exercise: a review of recent research. **Sports Medicine**, v. 51, n. 11, p. 2281-2298, 2022.

GROWTH SUPPLEMENTS. Produtos, 2024. Disponível em: <https://www.gsuplementos.com.br>. Acesso em: 08 ago. 2024.

GUALANO, B. *et al.* Efeitos da suplementação de creatina sobre força e hipertrofia muscular: atualizações. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 3, 2010.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C. de; DE PAULA, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para saúde humana. **Revista Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 479-488, 2006.

HARTY, P. S. *et al.* Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implication, and performance outcomes: a brief review. **Journal of the Internacional Society of Sport Nutrition**, v. 15, n. 41, 28 p., 2018.

HENRIQUE, V. A. *et al.* **Alimentos funcionais**: aspectos nutricionais na qualidade de vida. Aracaju: IFS, 2018. 57 p.

HOFFMAN, J.R. *et al.* Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutrition research**, v. 28, n. 1, 2008.

HOFFMANN, R.; FALVO, M. J. Protein – Which is best? **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 3, n. 3, p. 118-130, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção de leite: Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>. Acesso em: 18 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Programa de análise de produtos**: relatório final sobre a análise em suplementos proteicos para atletas – *why protein*. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 54 p. 2014.

JAGIM, A. R.; HARTY, P. S.; CAMIC, C. L. Common ingredient profiles of multi-ingredient pre-workout supplements. **Nutrients**, v. 11, n. 254, 8 p., 2019.

KERKSICK, C. M.; PUGH, J. N. Editorial: pre-workout nutrition. **Frontiers in Sports and Active Living**, 2023.

KUMAN *et al.* Whey protein: a potential ingredient for food industry – a review. **Asian Journal of Dairy & Food Research**, v. 37, n. 4, p. 283-290, 2018.

LOBANCO, C. M. *et al.* Fidedignidade de rótulos de alimentos comercializados no município de São Paulo, SP. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 3, p. 1-6, 2009.

LUZ, G. Processo de extração das proteínas de soro de leite para produção de concentrado proteico. **Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 137–150, 2016.

MACHADO, V. H. de S. **Avaliação da adequação da rotulagem de suplementos pré-treino para atletas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição) – Faculdade de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MATOS, V. A. F. *et al.* A carnosina diminui os efeitos da acidose muscular durante o exercício. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 50, p. 164-171, 2015.

MATTOS, A. G. de. **Suplemento alimentar de whey protein: propriedades químicas e físicas do produto com vistas à identificação de fraudes**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2023.

MAUGHAN, R. J.; DEPIESSE, F.; GEYER, H. The use of dietary supplements by athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 1, p 103-113, 2007.

MAX TITANIUM. Produtos. [s.d.]. Disponível em: <https://www.maxtitanium.com.br>. Acesso em: 11 ago 2024.

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

MENDES, R. R.; TIRAPEGUI, J. Creatina: o suplemento nutricional para atividade física – conceitos atuais. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 52, n. 2, supl. 2, 2002. Disponível em: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000200001. Acesso em: 10 ago. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Regulamentação de suplementos alimentares**. Portal da ANVISA, Brasília, DF, 2023.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MOREIRA, S. S. P. *et al.* Avaliação da adequação da rotulagem de suplementos esportivos. **Corpus et sciential**, v. 9, n. 2, p. 45-55, 2013.

MORRIS, R.; BLACK, K. A.; STOLLAR, E. J. Uncovering protein function: from classification to complexes. **Essays in Biochemistry**, v. 66, p. 255-285, 2022.

NELSON, C. **Whey protein isolate vs. concentrate**: everything you need to know. Levels Protein, 2020.

OLIVEIRA, G. *et al.* MDLGV – **Indústria Ltda**: processo produtivo de whey protein. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018.

OLIVEIRA, L. C. **Estudo comparativo da composição nutricional e análise da rotulagem de whey protein concentrado, isolado e hidrolisado**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnológica do Leite e Derivados) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.

PALU, C. de S. *et al.* Tecnologia de produção de whey protein. **Pubvet**, v. 14, n. 4, a. 552, p. 1-4, 2020.

PERALTA, J.; AMANCIO, O. M. S. A creatina como suplemento ergogênico para atletas. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 83-93, 2002.

PEREIRA, A. P. H.; BUZZO, D. do N.; MATHIAS, M. G. Benefícios do consumo de cafeína como pré-treino por praticantes de musculação: uma revisão bibliográfica. **Journal of the Health Sciences Institute**, v. 39, n. 4, 2021.

PEREIRA, J. C. *et al.* Efeito da ingestão de taurina no desempenho físico: uma revisão sistemática. **Revista Andaluz de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 4, p. 156-162, 2012.

PERRONE, I. T. Processo para a secagem de soro integral em equipamento semi-industrial, **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n. 381, p. 21-27, 2011.

PESSOA, J. G. *et al.* Teor de proteína em suplementos a base de whey protein isolado. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 15, n. 92, p. 181-185, 2021.

PINHEIRO, M. C.; NAVARRO, A. C. Adequação da rotulagem nutricional de repositores energéticos comercializados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 2, n. 9, p. 106-118, 2008.

POWERS, S. K.; JACKSON, M. J. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. **Physiological reviews**, v. 99, n. 4, p. 1234-1276, 2008.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar análise das estratégias da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia Política**, v. 16, n. 31, p. 85-100, 2008.

SALEM, A. C. A. *et al.* Rotulagem de suplementos alimentares do tipo whey protein: análise de conformidade de acordo com as legislações brasileiras. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia-
GO, v. 18, n. 38, 13 p, 2021.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 307-409, 2004.

SILVA, A. T. da; SANTOS, C. S. P. dos; SIQUEIRA, E. R. **A suplementação de beta alanina na prática de exercícios resistidos**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição) – Centro Universitário IBMR, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

SILVA, C. C. da *et al.* Avaliação da adequação da rotulagem de suplementos alimentares whey protein. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 25, 9 p., 2022.

SMITH, A. E. *et al.* The effects of a pre-workout supplement containing caffeine, creatine, and amino acids during three weeks of high-intensity exercise on aerobic and anaerobic performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 10, 2010.

SOUSA, D. M. **Adequabilidade da rotulagem de suplementos alimentares proteicos à legislação brasileira**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição) – Faculdade de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SPRADLEY, B. D. *et al.* Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and beta-alanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, n. 28, 2012.

VIDAL, A. M. *et al.* Ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1, n. 15, p. 43-52, 2012.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA, F. C. **Alimentos funcionais: conceitos básicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 20 p.

ZIEGLER, F. La F. *et al.* Partial chemical and functional characterization of milk whey products obtained by different processes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 56-64, 2012.