

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUÍS FELIPE PRIESTER

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES BENÉFICAS DE UM PRODUTO A BASE DE
EXTRATO DE GENGIBRE E CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE**

TOLEDO

2022

LUÍS FELIPE PRIESTER

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES BENÉFICAS DE UM PRODUTO A BASE DE
EXTRATO DE GENGIBRE E CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE**

**Proposal for functional food based on ginger extract and whey protein
concentrate**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre Tecnologias em
Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Viviane da Silva Lobo

TOLEDO

2022



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



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Toledo**



LUIS FELIPE PRIESTER

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES BENÉFICAS DE UM PRODUTO A BASE DE EXTRATO DE GENGIBRE
E CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Biociências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Tecnologias Em Biociências.

Data de aprovação: 10 de Fevereiro de 2022

Prof.a Viviane Da Silva Lobo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Letycia Lopes Ricardo, Doutorado - Instituto Superior de Educação União das Américas (Uniamérica)

Prof Luis Felipe Minozzo Figueiredo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 10/02/2022.

Dedico esse trabalho à minha família, a luz dos meus dias que movimenta tudo que existe em mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus a oportunidade de estar nesse plano, compartilhando experiências, aprendendo, ensinando e evoluindo, para assim poder efetivamente transformar a vida do próximo.

Agradeço infinitamente à minha família, que sempre me quiseram ver “Mestre”, estou no caminho, Pai, Mãe e Arthur. Sem vocês eu não conseguiria enxergar além, obrigado!

Agradeço especialmente ao meu irmão, Arthur Priester Neto, por ser minha fonte de inspiração diária, minha fonte de luz, e meu ponto focal de amor e humanidade, obrigado Arthur!

Agradeço à minha Professora Orientadora Viviane por ser infinitamente paciente e se importar com os trabalhos de seus orientados, assim como com suas vidas. Você não faz ideia o quanto sua inspiração me fez acreditar no que estamos fazendo e me fez acreditar que é possível sim sermos mais que “replicadores de conteúdo”.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por proporcionar a oportunidade de eu perseguir minha carreira na pós-graduação enquanto atuo intensivamente no setor privado durante a semana, em especial ao professor Renato por aceitar o desafio desse programa com tanto apreço e eficiência.

Agradeço ao Parque Tecnológico e Científico Biopark por incentivar seus colaboradores a se especializarem e crescerem profissionalmente. Sem seu apoio seria impossível estar onde estou nesse programa e por isso acredito no potencial transformador infinito que esse parque tem.

Agradeço à Psicanalista Miriam por seu papel crucial no meu desenvolvimento pessoal e estruturação interna, me ajudando a criar um solo fértil onde minhas características pudessem crescer e serem respeitadas.

Agradeço aos meus amigos de coração, Silvana, Giuan, Eliane, Fernando, Alysson, Jhonatan, Rodrigo, Adriana e Victoria. Agradeço especialmente a minha Araceli, sem você esse momento não aconteceria. Sem o apoio de vocês nessas últimas semanas eu não estaria onde estou, vocês foram cruciais para que eu me enxergasse e pudesse evoluir. Muito obrigado!

Agradeço aos professores do Biopark Educação por me apoiarem e me ensinarem tanto nesse caminho da pós-graduação. Professores: Araceli, Letycia, Renato e Joel. Em seus nomes agradeço a Ana Luiza por incentivar diariamente a busca pelo conhecimento e aperfeiçoamento profissional e pessoal.

Por fim, agradeço aos que caminham ao meu lado, mesmo sem eu poder vê-los e senti-los, sei que me inspiram diariamente para um melhor caminho, uma melhor vida, um melhor eu. Obrigado!

“If I have seen further than others, it is by standing
upon the shoulders of giants.”
Isaac Newton.

RESUMO

O aumento na demanda de alimentos em escala global eleva a importância de uma alimentação completa e de qualidade. Além de nutritiva essa alimentação precisa possuir propriedades funcionais que, quando consumida regularmente, proporciona benefícios para o consumidor exercendo propriedades funcionais sobre as células e processos bioquímicos do organismo. Diversos alimentos podem ser caracterizados como funcionais baseando-se em suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas ou de regulação bioquímica de processos do organismo. Entre eles é possível citar o Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) como um alimento com altas propriedades nutricionais e funcionais. Observa-se também as propriedades funcionais de um alimento de origem animal, o isolado proteico de soro de leite (WPI), que é rico em proteínas de soro de leite (α -lactoalbuminas e β -lactoglobulinas), que são principalmente valorizadas pela sua rápida absorção e abundância de aminoácidos essenciais e semi-essenciais. Foram elaboradas duas formulações a base de extrato aquoso e hidroalcolico de gengibre, misturados com concentrado proteico de soro de leite e secas em equipamento *spray-dryer*. O produto obtido foi analisado quanto a sua composição nutricional e a presença de compostos fenólicos capazes de apresentar atividade antioxidante, demonstrando seu potencial como alimento funcional. A mistura de extrato hidroalcolico de gengibre + wpi apresentou maior potencial antioxidativo, 23,82% maior que a mistura com o extrato aquoso + wpi. Em contrapartida o mesmo extrato apresentou 10% a menos de proteína total quando comparado ao extrato aquoso, demonstrando que o processo de mistura e secagem teve impacto no processo produtivo. No entanto, ambas as formulações apresentaram composição nutricional satisfatória e potenciais antioxidantes, demonstrando o potencial desse novo produto ser enquadrado e comercializado como alimento funcional.

.

Palavras-chave: alimentos funcionais; gengibre; concentrado proteico de soro de leite; *whhey protein*.

ABSTRACT

The increase in demand for food on a global scale raises the importance of a complete and high-quality diet. In addition to being nutritious, such food needs to have functional properties that, when consumed regularly, provide benefits to the consumer, exerting functional properties on the cells and biochemical processes of the body. Several foods can be characterized as functional based on their antioxidant, antimicrobial or biochemical regulation properties of the body's processes. Among them, it is possible to mention Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a food with high nutritional and functional properties. It is also observed the functional properties of a functional food of animal origin, the whey protein concentrate (WPI). Such food is rich in whey proteins (α -lactalbumins and β -lactoglobulins) which are mainly valued for their rapid absorption and abundance of essential and semi-essential amino acids. Two formulations based on aqueous and hydroalcoholic extracts of ginger were prepared, mixed with whey protein isolate and dried in a spray-dryer equipment. The product obtained was analyzed for its nutritional composition and the presence of phenolic compounds capable of presenting antioxidant activity, demonstrating its potential as a functional food. The mixture of hydroalcoholic extract of ginger + wpi showed greater antioxidative potential 23.82% higher than the mixture with the aqueous extract + wpi. On the other hand, the same extract showed 10% less total protein when compared to the aqueous extract, demonstrating that the mixing and drying process had an impact on the production process. However, both formulations showed satisfactory nutritional composition and antioxidant potential, demonstrating the potential of this new product to be framed and marketed as a functional food.

Keywords: functional foods; ginger; whey protein concentrate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de secagem por <i>spray dryer</i>	26
Figura 2 - Fluxograma de etapas da metodologia experimental.	30
Figura 3 - Formulações testadas	31
Figura 4 - Foto da Formulação líquida 1.....	32
Figura 5 - Planta piloto de secagem por <i>spray-dryer</i>	33
Figura 6 - Carbonização das amostras em pó e matéria-prima para análise de cinzas	35
Figura 7 - Leitura das amostras em espectrofotômetro.....	36
Figura 8 - Placa de leitura das amostras para DPPH	37
Figura 9 - Digestão das amostras	38
Figura 10 - Destilação das amostras	38
Figura 11 - Caracterização Físico-química do Gengibre.....	42
Figura 12 - Caracterização Físico-química do WPI.....	43
Figura 13 - Curva-padrão do ácido gálico.....	44
Figura 14 - Curva de IC50 do DPPH nas amostras	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Compostos bioativos, suas principais fontes alimentares e funções biológicas.....	18
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do potencial poluidor do soro de leite de diferentes agroindústrias.	23
Tabela 2 - Concentração máxima de compostos orgânicos na água.....	23
Tabela 3 - Caracterização físico-química do WPI antes e após a ultrafiltração .	25
Tabela 4 – Composição nutricional e fitoquímica do Gengibre (<i>Z. officinale</i>)...	29
Tabela 5 – Composição nutricional e fitoquímica do Gengibre (<i>Z. officinale</i>)...	40
Tabela 6 - Concentração de compostos fenólicos em mg equivalentes de ácido gálico por grama dos extratos	44
Tabela 7 - Concentração necessária de amostra para redução de 50% de DPPH (potencial antioxidante)	46
Tabela 8 – Caracterização físico-química dos produtos acabados	47
Tabela 9 -	48
Tabela 10 – Concentração necessária de amostra para redução de 50% de DPPH (potencial antioxidante)	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µm	Micrômetros
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATTC	American Type Culture Collection
AVC	Acidente Vascular Cerebral
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNS	3,5-dinitrosalicilato
DPPH	2-difenil-1-picril-hidrazila
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FD	Freeze-drying (liofilização)
IN	Instrução Normativa
kDa	quiloDalton
MH	Mueller-Hinton
Mo	Molibdênio
NF	Nanofiltração
nm	Nanômetros
RDC	Resolução do Colegiado
RP HPLC	Reverse Phase High Performance Liquid Chromatography
rpm	Rotações por Minuto
TSB	Tryptone Soy Broth (Caldo Soja Triptona)
UF	Ultrafiltração
UV	Ultravioleta
WPI	Whey Protein Concentrate (Concentrado Proteico de Soro de leite)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1	Alimentos funcionais	17
3.2	Antioxidantes	20
3.3	Legislação Brasileira de Alimentos Funcionais	20
3.4	Concentrado proteico de soro de leite	22
3.4.1	Proteínas de soro de leite.....	23
3.4.2	Processo de secagem por spray-dryer.....	25
3.5	Gengibre	28
3.5.1	Caracterização físico-química do <i>Z. officinale</i>	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1	Processamento do gengibre	30
4.2	Processamento do concentrado proteico do soro do leite	30
4.3	Extratos de gengibre	31
4.4	Formulações de extrato com concentrado proteico do soro de leite 31	
4.4.1	Formulação 1.....	32
4.4.2	Formulação 2.....	32
4.5	Secagem das formulações por <i>spray-dryer</i>	32
4.6	Formulações do produto acabado em pó	33
4.7	Metodologias analíticas	33
4.7.1	Caracterização físico-química do gengibre	34
4.7.2	Caracterização de compostos bioativos	35
<u>4.7.2.1</u>	<u>Determinação de compostos fenólicos por reagente Folin-Ciocalteau</u> ...	<u>35</u>
<u>4.7.2.2</u>	<u>Determinação de capacidade antioxidante sobre o radical DPPH</u>	<u>36</u>
4.8	Caracterização das propriedades dos produtos em pó	37
4.8.1	Proteína total	37
4.8.2	Sólidos totais	39
4.8.3	Acidez total	39
4.8.4	pH.....	39

4.8.5	Lactose.....	39
4.8.6	Gordura	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	Matéria-prima.....	40
5.2	Extratos	43
5.3	Produtos acabados	47
6	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS.....	52
	ANEXO A - LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS DO CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE EM PÓ	56

1 INTRODUÇÃO

A busca por alimentos, que sejam tanto nutritivos quanto funcionais, cresce anualmente. Enquanto uma parte da comunidade acadêmica e industrial implementa esforços para desenvolver e validar métodos produtivos mais eficientes e que aumentam a produtividade tendo em mente apenas a rentabilidade e produtividade, existe uma frente completamente dedicada às propriedades funcionais de alimentos que se encontram completamente caracterizados.

Novas pesquisas sugerem que alimentos, que compõem a dieta de diversas populações, ainda não estão completamente caracterizados de acordo com suas propriedades nutricionais e principalmente funcionais. Dispendem-se muito tempo e recursos voltados para a caracterização de uma tabela nutricional já estabelecida e fixa, enquanto existem compostos fitoquímicos que carecem de caracterização e estudos de aplicação (SILVEIRA; VIANNA; MOSEGUI, 2009).

Diversos novos estudos vêm demonstrando novas perspectivas sobre as qualidades funcionais de alimentos já muito bem estabelecidos na dieta da população. Devido à presença de compostos bioativos, os chamados “alimentos funcionais” são alimentos que oferecem benefícios à saúde, além de suas funções nutricionais básicas, entre seus vários possíveis benefícios incluem-se: redução do risco de doenças crônicas degenerativas como câncer e diabetes, entre outras (REIS, 2017).

Alimentos funcionais estabelecem-se como uma categoria de alimentos que apresentam propriedades químicas que podem exercer benefícios à saúde e não devem ser confundidos de forma alguma com medicamentos. Silveira, Vianna e Mosegui (2009) destacam que esta é a maior preocupação da legislação brasileira voltada a alimentos funcionais: garantir que não existam “declarações” de efeitos terapêuticos onde existam apenas propriedades benéficas. Ressalta-se também a importância da ingestão regular e apropriada desses alimentos.

Alguns alimentos caracterizados como funcionais de origem vegetal podem sofrer alguns processos de perdas químicas de compostos ativos. Segundo Ghafoor (2020), o cozimento sob altas temperaturas ou a exposição a álcoois ou outros solventes podem remover importantes compostos funcionais como os flavonoides, isoflavonas, taninos, entre diversos outros através da desnaturação desses compostos por reações químicas.

É possível observar a presença de tais compostos funcionais inclusive em alimentos já utilizados na culinária cotidiana como o tomate, pimentão, folhas verdes como o espinafre, a couve e em farelo de cereais como a aveia. Um dos alimentos que compõe essa categoria é o gengibre.

O gengibre (*Zingiber officinale*) é um rizoma originário do sudoeste da Ásia e hoje é um cultivo amplamente difundido em todos os continentes. Suas utilizações variam entre a culinária e a medicina informal tendo efeitos analgésicos, sedativos, anti-inflamatórios e antioxidativos. Seu grande número de compostos biologicamente ativos está associado não somente ao seu sabor peculiar, mas também as suas ações voltadas à saúde. Atualmente a *Z. officinale* é considerada um alimento funcional de acordo com suas propriedades nutricionais e sua composição fitoquímica. Embora ainda existam desafios a serem superados para manter esses compostos em produtos finais processados e comestíveis, a utilização do gengibre como alimento funcional tem um mercado enorme a ser trabalhado (VASCONCELOS et al, 2019).

Em um outro panorama, existe um alimento funcional peculiar de origem animal, o concentrado proteico de soro de leite (WPI). Esse é um produto altamente processado de altíssimo valor agregado. O WPI tem como matéria-prima o soro de leite, que é um subproduto da produção industrial de queijos. Esse subproduto é rico em diversos compostos benéficos a saúde, entre eles as proteínas do soro de leite (α -lactoalbuminas e β -lactoglobulinas) que são uma completa fonte de praticamente todos os aminoácidos essenciais e semi-essenciais, o tornando um alimento completo e ideal para a suplementação proteica (BECKER et al, 2020).

O principal processo de obtenção do WPI para suplementação alimentar é por meio de uma série de processos unitários de concentração e secagem. O soro de leite proveniente da indústria de queijos é submetido a uma sequência de filtrações por membranas que elevam sua concentração de compostos sólidos, diminuindo a presença de água. Por fim, todo o composto filtrado e concentrado é seco e um pó é obtido com altíssima concentração de proteínas do soro de leite (em torno de 80%).

Tendo em vista as características nutricionais e funcionais de ambos os alimentos, é possível conjecturar que um alimento composto tanto do rizoma do gengibre quanto de concentrado proteico de soro de leite possa apresentar uma variada gama de compostos benéficos à saúde. Torna-se necessário, então, desenvolver uma formulação que contenha extratos funcionais do gengibre, contendo o máximo possível de suas propriedades benéficas e, também, uma incorporação com

concentrado proteico de soro de leite e sua abundância de aminoácidos para suplementação alimentar.

Tendo em vista que o processo de obtenção de um produto com uma vida de prateleira considerável e baixa atividade de água demanda etapas de secagem, existe a possibilidade da perda de compostos bioativos nesses processos. Portanto, é necessária a avaliação da disponibilidade de tais compostos após os produtos in natura serem submetidos a tais processos.

Serão propostas diferentes formulações com diferentes concentrações de uma mistura funcional de extrato de gengibre e WPI para que se obtenha o produto com as maiores características funcionais possíveis, sendo avaliados principalmente seus potenciais antioxidativos e antimicrobianos. Esse mix de extrato de gengibre e concentrado proteico de soro de leite será avaliado quanto a suas propriedades funcionais, tanto em suas partes quanto no todo, e uma pesquisa sensorial será desenvolvida para avaliação da aceitação do produto pelo público.

Por fim, será proposto um alimento funcional resultante de uma formulação com o extrato de gengibre e WPI. Esse produto final será avaliado quanto às suas propriedades funcionais, tanto em suas partes quanto no todo, e uma pesquisa sensorial será desenvolvida para avaliação da aceitação do produto pelo público.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar um produto baseado em uma mistura de extrato de gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) e concentrado proteico de soro de leite.

2.2 Objetivos específicos

- Obter um extrato de gengibre através de diferentes processos (aquoso e hidroalcolico);
- Avaliar as propriedades funcionais desse extrato;
- Propor uma formulação baseada em uma mistura de um extrato de gengibre e concentrado proteico de soro de leite;
- Avaliar as propriedades nutricionais e funcionais de uma mistura de um extrato de gengibre e concentrado proteico de soro de leite

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Alimentos funcionais

O termo “alimentos funcionais” foi utilizado pela primeira vez no Japão em meados dos anos 80, no entanto sua definição não é muito bem delimitada, principalmente por apresentarem regulamentos específicos diferentes dos produtos de origem vegetal ou animal e dos produtos terapêuticos. Granato et al (2017) propuseram a seguinte definição para alimentos funcionais: “Alimentos funcionais são alimentos processados industrialmente ou alimentos naturais que, quando consumidos regularmente e dentro de uma dieta diversa, apresenta potenciais efeitos positivos na saúde do consumidor além de apenas os seus efeitos nutricionais básicos”.

Diferentes fontes alimentares são utilizadas para a nutrição humana: animais, vegetais, compostas, entre outras. No entanto, grande parte de todas essas fontes nutricionais já estão muito bem caracterizadas há muitos anos, sendo assim, os estudos voltados a alimentos para propósitos dietéticos específicos (light, diet, etc) e alimentos funcionais vêm crescendo de maneira significativa nos últimos 20 anos. (GRANATO et al, 2020).

Adicionado ao seu valor nutricional, alimentos funcionais auxiliam na promoção de saudabilidade e podem inclusive diminuir riscos de uma ou mais doenças sociais crônicas, como alto nível de colesterol, câncer, diabetes tipo 2, acidente vascular cerebral (AVC) e doenças cardiovasculares (BROWN, 2018). Ademais, para uma correta classificação de um alimento como sendo funcional, é necessário que o mesmo apresente alguns pré-requisitos como: serem manufaturados sob regulamentações de segurança alimentar, livre acesso a esse alimento sem a necessidade de uma prescrição médica e que sejam apresentadas evidências dos benefícios a saúde de um consumo regular desse alimento (LENSSSEN et al, 2018).

No entanto, existe um equívoco no que diz respeito as propriedades benéficas dos alimentos funcionais, sendo que tais propriedades não podem ser declaradas como “terapêuticas” ou como agentes de “prevenção de doenças”. Tendo em vista que as principais doenças sociais crônicas têm origem em fatores intrínsecos e extrínsecos como: inatividade física, densidade e variedade calórica, hormônios, idade ou fatores genéticos. Portanto, é essencial destacar que alimentos funcionais não

apresentam propriedades terapêuticas e não curam ou previnem doenças, porém apresentam em sua composição compostos bioativos. (CHIBISOV et al, 2019).

Compostos bioativos nos alimentos são constituintes extranutricionais que ocorrem tipicamente em pequenas quantidades. Desses compostos, diversos são reportadamente benéficos à saúde, apresentando através dos seus potenciais antioxidativos e antimicrobianos, resultados favoráveis a saudabilidade dos alimentos. Fitoquímicos como gingeróis, polifenóis, shoagóis, são exemplos de compostos bioativos. (TEODORO, 2019)

Segundo um estudo desenvolvido por Yeung et al (2018), os alimentos funcionais mais pesquisados e citados na literatura nas últimas três décadas são principalmente das classes dos prebióticos, probióticos e antioxidantes. Tais compostos podem ser caracterizados como compostos bioativos que apresentam um benefício à saúde do consumidor. O Quadro 1 apresenta os principais compostos bioativos presentes nesses alimentos funcionais segundo o autor (YEUNG et al, 2018).

Quadro 1 - Compostos bioativos, suas principais fontes alimentares e funções biológicas

Compostos bioativos	Matriz alimentar	Benefícios à saúde
Carotenoides		
β -caroteno	Vegetais foliares verdes, amarelos e alaranjados e frutas (cenoura, manga, laranja, etc.)	Antioxidante, auxilia em doenças de visão, antimutagênico.
Luteína	Vegetais foliares verdes (couve, etc.)	Antioxidante, antiinflamatório, anti-hipertensivo, antidiabético.
Licopeno	Tomate, melão, pêssego, etc.	Antioxidante, auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, diminui risco de câncer
Zeaxantina	Gema de ovos, espinafre, couve, etc.	Antioxidante, auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, diminui risco de câncer
Curcumina	Cúrcuma, açafrão	Antioxidante, antidiabético, auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares
Clorofilas		
Clorofila A e B	Algas marinhas	Antioxidante, diminui risco de câncer

Compostos bioativos	Matriz alimentar	Benefícios à saúde
Fibras		
β -glucano	Leveduras, aveia, etc.	Auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, estimula o sistema imune
Inulina	Aspargo, alho, chicória, cebola, etc.	Efeitos prebióticos, auxilia na prevenção da arteroesclerose
Organosulfurados		
Glucosinolatos	Couve-de-bruxelas, repolho, couve-flor	Diminui risco de câncer e metástase, auxilia com doenças inflamatórias
Isotiocianatos	Couve-de-bruxelas, repolho, couve-flor	Diminui risco de câncer
Fitoesteróis		
Esterol e estanol	Gérmen de trigo, óleo de colza, nozes	Auxilia com colesterol e doenças inflamatórias
Polifenóis		
Antocianinas e proantocianidinas	Lichia, uva, mirtilo, cacau	Antioxidante, auxilia na prevenção de hiperuricemia
Isoflavonas	Soja, tofu	Auxilia com doenças cardiovasculares, colesterol, osteoporose e doenças hepáticas
Lignonas	Brócolis, morango, couve-de-bruxelas, azeitonas	Auxilia com doenças cardiovasculares e risco de câncer hormonal
Resveratrol	Uvas vermelhas, mirtilo, amora, cacau	Auxilia com doenças cardiovasculares, colesterol
Prebióticos		
Frutooligossacarídeos ou xilooligossacarídeos	Chicória, cebola, alho, brocolis, aspargo	Efeitos bifidogênicos, auxilia no tratamento de arteroesclerose
Galactooligossacarídeos	Derivados lácteos	Efeitos bifidogênicos, auxilia no tratamento de arteroesclerose
Probióticos		
<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium lactis</i>	Leites fermentados, alimentos não-lácteos suplementados com probióticos	Gestão da microbiota intestinal, auxilia na perda de peso, controle de insulina, colesterol, biomarcadores de inflamação, hiperglicemia

Fonte: Adaptado de Yeung et al (2018)

3.2 Antioxidantes

Por muitos anos na indústria alimentícia em geral, antioxidantes eram utilizados como insumos para prevenir a oxidação de óleos alimentícios que apresentavam altos teores de lipídios. Com o passar dos anos, observou-se através de estudos clínicos que uma dieta rica em antioxidantes inibia alguns processos oxidativos nocivos no corpo, e também inibia o estresse oxidativo em algumas doenças relacionadas. A partir desse momento, alimentos ricos em compostos antioxidantes começaram a ser empregados em larga escala na indústria alimentícia, não apenas como aditivo industrial, mas também pelos seus efeitos benéficos em humanos (GRANATO, 2019).

Segundo Halliwell e Gutteridge (2015), uma substância antioxidante é aquela que, mesmo quando presente em baixas quantidades comparadas ao substrato oxidável, inibe a oxidação de tal substrato. Sob tal classificação, os compostos fenólicos, carotenoides, terpenos e inclusive alguns lipídios são considerados agentes antioxidantes.

Múltiplas publicações associam que um maior consumo de vegetais e frutas ricos em agentes antioxidantes implica em um menor risco de mortalidade por causas diversas, principalmente cardiovasculares (PAROHAN, 2019), corroborando com o apontamento de que compostos bioativos exercem benefícios nutricionais e fisiológicos aos consumidores.

Granato (2019) deixa claro que um dos maiores problemas na ciência de alimentos funcionais é encontrar e padronizar a utilização de antioxidantes de forma que seja possível mensurar sua real efetividade tanto *in vitro* quanto *in vivo*. O autor também constata que existe a necessidade de otimizar as condições de extração desses compostos para manutenção dos compostos bioativos e suas propriedades.

3.3 Legislação Brasileira de Alimentos Funcionais

Para que um produto seja considerado um “alimento” deve estar de acordo com o decreto 986/69, que define alimento como “alimento singular ou mistura que oferece os elementos básicos para a formação, manutenção e desenvolvimento do organismo humano” (BRASIL, 1969). No entanto, em 1999, a ANVISA criou uma regulamentação para produtos designados como “novos produtos alimentícios” sendo

estes alimentos ou ingredientes que não eram previamente consumidos no Brasil ou ainda compostos alimentares que possam ser adicionados a outros alimentos para aumentar a disponibilidade de certos nutrientes (ANVISA, 1999).

Devido principalmente à dificuldade de estabelecer um conceito único sobre a definição de alimentos funcionais, diversos países regulamentam etapas críticas de alimentos funcionais como sua rotulagem e possíveis declarações de propriedades que o produto possa ter. No Brasil, não existe na legislação uma definição para alimentos funcionais, no entanto é possível para os produtores alegarem que certos alimentos ou produtos alimentícios apresentem propriedades benéficas à saúde, porém tais alimentos podem acabar não sendo considerados alimentos funcionais. Existe então uma certa divergência na legislação no que diz respeito às legislações de alimentos e plantas medicinais (SILVEIRA; VIANNA; MOSEGUI, 2009).

Desde 1999, é possível que um alimento seja declarado como funcional através de uma legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que delibera sobre “políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais em alimentos”. Neste caso, a alegação de propriedade funcional de um alimento deve constar na descrição do mesmo (ou de seus compostos ativos) que exerce ação sobre o metabolismo de crescimento, desenvolvimento ou manutenção das funções normais do corpo humano (ANVISA, 1999).

Na sequência, em 2002, a ANVISA aprovou a RDC 02/2002 de 07 de janeiro de 2002, que delibera sobre o Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos concentrados com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde. Define-se então que probióticos são microorganismos vivos que exercem efeitos benéficos na saúde de um consumidor, enquanto substâncias bioativas são definidas como compostos não-nutrientes que apresentam ações metabólicas ou fisiológicas específicas (ANVISA, 2002).

Tais deliberações dificultam o processo de caracterização de um produto bioativo obtido através de nutrientes ou não-nutrientes de um alimento, pois tal conceito intersecta ambas as legislações citadas acima. Tem-se como exemplo o licopeno, composto bioativo do tomate. O tomate é considerado um alimento por atender as exigências mínimas do decreto 986/69, fornecendo os elementos básicos para a formação, manutenção e desenvolvimento do corpo humano. No entanto, o licopeno de maneira isolada, não pode ser caracterizado como alimento por não cumprir o pré-requisito anterior. Atualmente produtos à base desse composto bioativo

são conhecidos por exercerem propriedades benéficas sobre a saúde do consumidor, principalmente pela sua ação antioxidante e atuando na proteção das células contra radicais livres. Por tais propriedades, tais produtos podem ser registrados sob a classificação de uma “substância bioativa com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde” (SILVEIRA; VIANNA; MOSEGUI, 2009).

Desde 2013, a ANVISA circula o Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes, atualizado em 2019 (ANVISA, 2019) que define o alimento funcional como sendo “todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido na dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumo, sem supervisão médica”.

3.4 Concentrado proteico de soro de leite

A indústria de produtos lácteos está em uma ascensão considerável no Brasil, sendo que aproximadamente 50% do leite utilizado em laticínios hoje é transformado em queijo, como produto final. Esse processo de fabricação do queijo por coagulação enzimática resulta na produção de um dos mais abundantes subprodutos da indústria alimentícia atualmente. Para cada quilo de queijo produzido na indústria, aproximadamente 9 litros de soro de leite são obtidos como subproduto. Quando não destinado ao processamento industrial, o soro é um efluente industrial altamente poluente devido à sua elevadíssima carga orgânica (BECKER et al, 2020).

A produção leiteira e indústrias de laticínios, em todo o país, são responsáveis por um elevado consumo de água e também pela consequente produção de resíduos líquidos com alta carga orgânica como, por exemplo, o soro de leite. Esse subproduto possui uma elevada demanda bioquímica de oxigênio, sendo que uma indústria que produz cerca de 10.000 litros de soro de leite por dia polui o equivalente a uma cidade de 5.000 habitantes (SMITHERS, 2008).

Segundo Leifeld (2013), o potencial poluidor do soro de leite pode ser mensurado a partir de análises físico-químicas de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total e fósforo total. Segundo a Tabela 1, é possível observar os resultados do potencial poluente de diferentes soros de agroindústrias em diferentes localidades (LEIFELD, 2013).

Tabela 1 - Resultados do potencial poluidor do soro de leite de diferentes agroindústrias.

Amostra	Sólidos Totais (%)	DQO (mgO ₂ L ⁻¹)	DBO (mgO ₂ L ⁻¹)	Nitrogênio Total (mg L ⁻¹)	Fósforo Total (mg L ⁻¹)
A	6,70±0,42	101274±0,027	284064±0,4	1400	168,56±0,025
B	6,88±0,16	92267±0,017	169728±0,3	1500	151,60±0,174
C	6,92±0,01	101824±0,051	255408±0,5	1400	157,57±0,019
D	6,14±0,16	136170±0,008	148512±0,5	1700	92,31±0,079
E	6,58±0,27	107975±0,073	155856±0,2	1500	79,83±0,067
F	7,32±0,87	94464±0,039	155040±0,4	1400	88,14±0,069

Fonte: Leifeld (2013)

De acordo com os parâmetros estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução nº357/2005, os efluentes industriais ou domiciliares precisam atender parâmetros máximos de carga orgânica para serem lançados novamente ao meio-ambiente. No caso de efluentes industriais, eles precisam apresentar os seguintes parâmetros para serem considerados seguros (Tabela 2) (BRASIL, 2005).

Tabela 2 - Concentração máxima de compostos orgânicos na água

Parâmetro	Limite máximo
DQO (mgO ₂ L ⁻¹)	6
DBO (mgO ₂ L ⁻¹)	3
Nitrogênio Total (mg L ⁻¹)	3,7
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	0,02

Fonte: Resolução nº357/2005

Realizando uma comparação entre os resultados obtidos de amostras de laticínios e o limite máximo exigido pela legislação para que esses efluentes retornem à natureza, é possível perceber nitidamente como é dispendioso o processo de adequação à legislação ambiental (LEIFELD, 2013). No entanto, existe uma alternativa para esse processo de tratamento de efluentes, que não apenas viabiliza economicamente um subproduto extremamente desvalorizado, como também gera uma fonte de receita considerável.

3.4.1 Proteínas de soro de leite

Ainda segundo Smithers (2008), o avanço tecnológico tem oferecido alternativas às indústrias para a utilização do soro de leite. Essa matéria-prima possui

alto valor nutritivo, sendo rico em aminoácidos essenciais e proteínas do soro de leite. Os componentes do soro de leite são importantes nos aspectos da bioatividade, principalmente no que diz respeito a ação antimicrobiana, estimulação do sistema imunológico e afins.

As principais proteínas do soro de leite são as α -lactoalbuminas e as β -lactoglobulinas que se apresentam em baixas concentrações no soro de leite *in natura* diretamente proveniente das indústrias de laticínios. São proteínas ricas em aminoácidos essenciais, especialmente aminoácidos sulfurados e ramificados, reguladores do metabolismo (MADUREIRA, 2010). Devido a essas características nutricionais, as proteínas do soro de leite se tornam um produto de interesse para indústrias de processamento, tornando um resíduo um insumo.

Existem procedimentos para o isolamento e obtenção das proteínas de soro de leite que têm sido desenvolvidos e otimizados desde os anos 80, sendo os principais processos de filtração por membranas (nanofiltração, ultrafiltração, osmose reversa, entre outras), processos de evaporação por método falling film e processos de secagem por método de atomização (spray-drying) (BIERGER, 2009).

Através do processo de concentração por filtração por membranas, é possível a obtenção do concentrado proteico de soro de leite (Whey Protein Concentrate/WPI) que possui variadas concentrações de proteínas de soro de leite (de 34 a 80%) (SGARBIERI, 2012)

Tais produtos resultantes do processamento do soro de leite nas indústrias podem ser comercializados de diversas maneiras. O soro de leite líquido ou seus subprodutos na forma líquida são amplamente utilizados como aditivos na alimentação animal. Porém, esse modo de aplicação dos produtos lácteos derivados do soro apresenta desvantagens relacionadas à sua curta vida-de-prateleira e necessidade de extensiva logística para lidar com todo o volume de produto líquido e sua destinação (KUMAR, 2018), justificando a necessidade de um método para diminuição ou retirada da umidade.

Segundo Becker et al (2020), a partir da operação unitária de filtração por membranas, é possível concentrar os compostos presentes na formulação do soro de leite *in natura* por meio da diferença do peso e tamanho molecular dos componentes do soro de leite. Moléculas maiores (>10kDa) são retidas no processo de filtração e finalizam a linha como um “retentado” (concentrado proteico), já moléculas menores como a lactose e sais minerais permeiam as membranas sob alta pressão, criando

um subproduto denominado “permeado”. A Tabela 3 ilustra uma comparação da caracterização físico-química de um soro de leite *in natura* com o retentado obtido do processo de ultrafiltração (WPI):

Tabela 3 - Caracterização físico-química do WPI antes e após a ultrafiltração
Soro de leite *in natura* vs soro de leite concentrado por UF

Parâmetro	<i>In natura</i>	WPI
pH	6,19±0,005	6,43±0,001
Acidez °D	16,38±0,06	20,03±0,01
Sol. Totais (g/100g)	6,85±0,30	15,41±0,10
Umidade (g/100g)	93,6±0,02	84,59±0,01
Gordura (g/100g)	0,77±0,24	1,23±0,11
Proteínas (g/100g)	0,21±0,02	12,62±0,17
Cinzas (g/100g)	0,47±0,08	0,2±0,01
Sódio (g/100g)	8,4±0,09	2,66±0,02
Lactose (g/100g)	4,42±0,11	2,38±0,26

Fonte: Adaptado de Becker et al (2020)

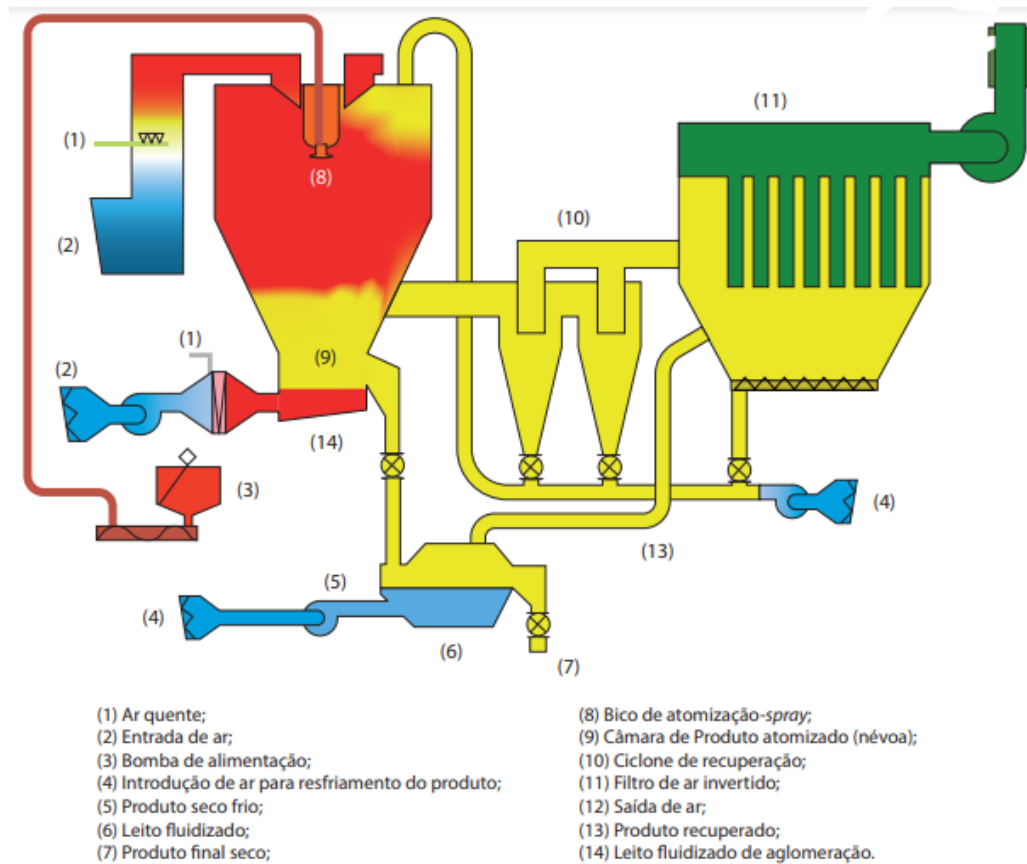
Ainda segundo Becker et al (2020), posteriormente ao processo de concentração do soro de leite por ultrafiltração, é obtido um produto rico em proteínas do soro de leite e gordura. Porém esse produto ainda apresenta uma concentração de água entre 65 e 80%, sendo necessário mais uma operação unitária para essa conversão desse concentrado em um produto em pó.

3.4.2 Processo de secagem por spray-dryer

O processo de secagem por spray-dryer é comumente utilizado na indústria de laticínios para a produção de produtos como o leite integral, semidesnatado ou desnatado em pó. O mesmo processo pode ser empregado em uma indústria de soro de leite para obtenção do concentrado proteico de soro de leite em pó. (BECKER, 2020)

O processo de secagem por spray dryer é dividido em três etapas, ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Processo de secagem por *spray dryer*



Fonte: Adaptado de Rosa, Tsukada e Freitas (2006)

1. Na primeira, o soro de leite é disperso em pequenas gotículas por meio de um processo de atomização o que dá origem a uma maior área de superfície. A cada um metro cúbico de um líquido atomizado em partículas de $100\mu\text{m}$ de tamanho médio, produz-se uma área de superfície total de 60.000 m^2 . Tal superfície de contato permite uma troca de calor muito mais eficiente com o ar quente dentro do equipamento, permitindo com que o solvente seja evaporado em segundos ocasionando uma transferência de massa para a fase gasosa do sistema. Tal rapidez na troca de massa e consequente evaporação do concentrado proteico de soro de leite líquido permite com que esse seja um método muito eficiente para a secagem de compostos termolábeis (como os compostos bioativos). Compostos termolábeis são substâncias sujeitas a destruição ou decomposição em mudança ao calor, perdendo assim suas propriedades. (CAL, 2010).

O principal aparato para a atomização são atomizadores rotacionais, mas o processo também pode ser realizado por atomizadores em bico sob alta pressão. O processo de transporte do líquido do tanque de armazenamento até o atomizador é usualmente realizado com a utilização de bombas peristálticas, principalmente devido a viscosidade do concentrado proteico de soro de leite (CAL, 2010).

2. Na segunda etapa, as gotículas do concentrado proteico de soro de leite líquido são expostas a ação do ar em alta temperatura. Usualmente para essa etapa, o ar atmosférico é direcionado por meio de uma série de filtros físicos e microbiológicos e pré-aquecido. A temperatura do ar utilizado para secagem de produtos com o WPI é normalmente em torno dos 195°C, no entanto a distribuição da temperatura e umidade dentro da câmara pode variar em diferentes pontos, não sendo possível padronizar o processo de troca de calor das gotículas com esse ar quente, após a atomização (CAL, 2010).

O formato da câmara de secagem e também a direção da corrente de ar quente também define as características do produto final obtido após a secagem no equipamento spray dryer. Para a secagem de produtos lácteos é usualmente utilizada a câmara em formato cilíndrico em sua extensão e cônico em sua extremidade inferior. E a corrente de ar é posicionada de maneira oposta direcionada a saída do atomizador criando assim uma “contra corrente” de ar quente (CAL, 2010).

3. Por fim o produto seco é coletado por ciclones ou filtros de bolsas e envasado conforme a necessidade do fabricante (CAL, 2010).

Em modelos pilotos é mais comum a utilização de atomização por bicos em uma câmara em escala piloto cilíndrica com extremidade inferior cônica e posicionamento contra corrente da alimentação de ar quente (CAL, 2010).

É importante ressaltar a importância da propriedade tecnológica da secagem por *spray dryer* que permite que ocorra a secagem eficiente e completa de produtos líquidos sem que esses percam suas características funcionais ou ativas por exposição ao calor (BECKER et al, 2020).

3.5 Gengibre

O gengibre é o rizoma da planta *Zingiber officinale* Roscoe da família das zingibráceas. É uma planta originária do sudeste asiática e atualmente é uma cultura amplamente distribuída principalmente nos trópicos da Ásia, África, Américas e Austrália (KIZHAKKAYIL, 2011). Ele tem sido utilizado como um tempero, ingrediente e até remédio por mais de dois mil anos e recentemente tem sido utilizado como suplemento alimentar ou alimento funcional.

O nome *Z. officinale* foi atribuído a planta pelo botânico William Roscoe em 1807, que o atribuiu a palavra grega Zingiberis derivada do sânscrito “shringravera” que significa “no formato da gahada de um veado” (VASCONCELOS et al, 2019).

O autor Vasconcelos et al (2019), ainda, definem que o gengibre possui um odor e sabor pungente principalmente devido à presença de óleos voláteis em sua composição, que são os principais agentes causais de suas propriedades analgésicas, sedativas antipiréticas e antibacterianas. O gengibre também é um vegetal rico em diversos fitoquímicos, incluindo: polifenóis, flavonoides e antocianidinas (TRINIDAD, 2012) e cinco ácidos orgânicos, sendo eles: cítrico, málico, oxálico, succínico e tartárico.

Apresenta alto potencial antioxidante e termogênico, evidenciado que sua cultura e suas propriedades devem ser pesquisadas e aplicadas em diferentes produtos que proporcionem benefícios a saúde humana.

Os compostos fitoquímicos presentes e disponíveis no rizoma do gengibre estão diretamente ligados à forma de consumo/preparação do gengibre, sendo possível consumi-lo fresco ou seco. Por sua composição nutricional e fitoquímica, o gengibre é considerado um alimento funcional, e seus constituintes nutricionais incluem: carboidratos, proteínas, gordura, fibras alimentares, ferro, cálcio, vitamina C e carotenoides (KUMARI, 2016).

Grzanna et al (2005) conduziram um estudo químico para caracterização da composição fitoquímica do gengibre e definiu que os principais compostos são o zingibereno, beta-bisaboleno, alfa-farneseno e o alfa-curcumeno, assim como os compostos fenólicos paradol, shogaol e o gingerol, sendo esse último o composto em maior abundância e responsável pelo sabor e odor pungente do gengibre.

3.5.1 Caracterização físico-química do *Z. officinale*

Observa-se, na Tabela 4, uma caracterização físico-química do gengibre. O processo de secagem é uma técnica vital de processamento do gengibre fresco para sua utilização em diferentes produtos finais e sua manutenção de vida-de-prateleira. O teor de umidade em um gengibre fresco varia entre 85 a 95% em base úmida, o que implica em uma vida-de-prateleira curta, suscetível a contaminação microbiana devido a sua alta atividade de água, portanto é apenas natural que processos de secagem sejam utilizados para manutenção das propriedades aromáticas e funcionais do gengibre (GHAFOOR, 2020).

Tabela 4 – Composição nutricional e fitoquímica do Gengibre (*Z. officinale*)

Composição do rizoma do gengibre		Concentração (amostra/100g)
Composição Nutricional	Carboidratos	39,35
	Proteína	6,08
	Gordura	3,6
	Fibra alimentar	20,1
	Ferro	9,8 mg
	Cálcio	88,7mg
	Vitamina C	9,2 mg
	Carotenoides	76,7µg
	Composição Fitoquímica	Polifenóis totais
Flavonoides		37 mg
Antocianidinas		22 mg

Fonte: Vasconcelos et al, 2019

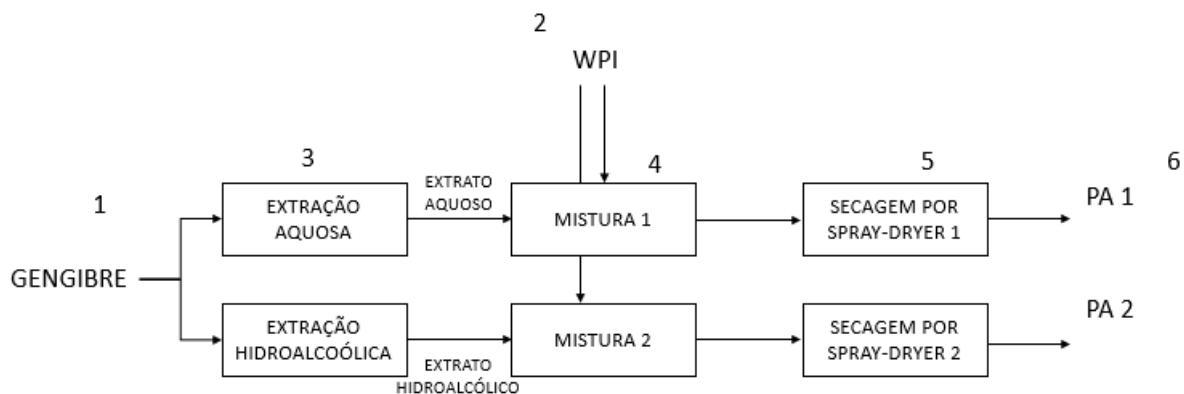
Um dos métodos mais antigos para secagem do rizoma do gengibre é sua exposição ao sol em uma caixa, no entanto esse método implica em uma exposição prolongada do produto ao sol em uma condição não-controlada, podendo resultar em contaminações microbianas diversas (WANG, 2019).

Para obtenção de um produto com um menor teor de umidade, outros processos industriais são utilizados para a secagem do gengibre. Procedimentos convencionais como a secagem sob ar quente é muito utilizada, no entanto esse método pode resultar em um produto final com qualidade nutricional inferior. A secagem do rizoma sob micro-ondas pode resultar em um produto com melhor qualidade nutricional devido principalmente a menor temperatura empregada (temperatura ambiente) e maior precisão e controle do processo. (LV et al, 2016). Vankar et al (2006) explicita que a exposição do rizoma a calor excessivo e prolongado pode afetar diretamente as propriedades funcionais do mesmo, diminuindo suas propriedades antioxidantes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são mostradas as etapas contempladas na metodologia experimental. Para facilitar o entendimento do desenvolvimento do trabalho, este foi ilustrado, de acordo com o fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma de etapas da metodologia experimental.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.1 Processamento do gengibre

Para a padronização do gengibre *in natura* para a caracterização e formulações, foram obtidos 1000 gramas de rizomas de gengibre fresco no mercado local.

Os rizomas foram lavados extensivamente com água destilada para remoção de qualquer sujidade, fatiados e triturados em um liquidificador industrial Marca Indshop Moedlo 4AR em sua potência máxima por 1 minuto sob rotação de 18000 RPM até a obtenção de partículas não maiores que 5 mm.

A matéria-prima obtida foi armazenada em refrigerador em embalagens do tipo *ziploc* até sua utilização no processo de extração.

4.2 Processamento do concentrado proteico do soro do leite

O concentrado proteico de soro de leite (WPI) líquido foi obtido através do processo de ultrafiltração do soro de leite *in natura* em uma indústria de derivados lácteos em pó da região oeste do Paraná.

O retentado da ultrafiltração (WPI líquido) teve suas características nutricionais e funcionais analisadas conforme metodologias descritas abaixo. Foi realizada sua caracterização físico-química e nutricional.

4.3 Extratos de gengibre

Para seleção do extrato mais apto para ser utilizado na formulação com o concentrado proteico de soro de leite, serão analisadas duas proporções de extratos hidroalcológicos, o primeiro apenas utilizando água para a extração, e o segundo com uma proporção de 30% H₂O e 70% álcool etílico, como solvente. Tal proporção foi proposta por Dalgê (2014).

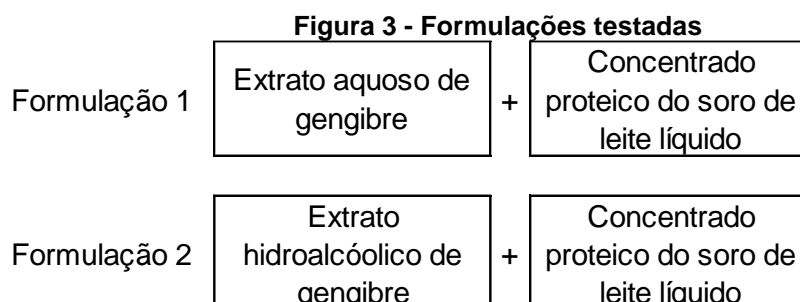
Cerca de 1 grama da matéria-prima previamente preparada foi adicionada à 20 mL de solvente (H₂O ou mistura hidroalcolica (30:70)), homogeneizada em vórtex por 2 minutos, colocadas em gelo sobre uma mesa agitadora por 1 hora por a uma rotação de 75 rpm.

Posteriormente os extratos foram centrifugados por 15 minutos a 4.000 rpm, o volume sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL e completado seu volume com água destilada e filtrado em papel qualitativo. Os extratos obtidos foram armazenados em congelador a -18°C até o momento das análises.

A matéria-prima foi analisada pelos seus conteúdos fenólicos, e capacidade antioxidante sobre DPPH.

4.4 Formulações de extrato com concentrado proteico do soro de leite

Com o objetivo de avaliar qual mistura do rizoma do gengibre preparado com WPI apresentou os melhores resultados nutricionais e funcionais, foram propostas duas formulações conforme a Figura 3.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.4.1 Formulação 1

A primeira formulação (Formulação 1) foi desenvolvida tendo como matéria-prima o extrato de gengibre em solução aquosa e o concentrado proteico de soro de leite líquido.

Em um béquer de 2000 mL, foram adicionados 1000 mL do WPI líquido obtido através do processo de ultrafiltração do soro de leite *in natura* e 1000 mL do extrato aquoso de gengibre obtido previamente. A mistura foi submetida a agitação por um agitador mecânico de pás por 30 minutos sob uma rotação de 75 rpm.

Figura 4 - Foto da Formulação líquida 1.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.4.2 Formulação 2

A segunda formulação foi desenvolvida de maneira idêntica a Formulação 1, porém utilizando o extrato hidroalcolólico de gengibre obtido previamente.

Em um béquer de 2000 mL, foram adicionados 1000 mL do WPI líquido obtido através do processo de ultrafiltração do soro de leite *in natura* e 1000 mL do extrato hidroalcolólico de gengibre obtido previamente. A mistura foi submetida a agitação por um agitador mecânico de pás por 30 minutos sob uma rotação de 75 rpm.

4.5 Secagem das formulações por *spray-dryer*

As formulações 1 e 2 foram submetidas a um processo de secagem por *spray dryer* em um equipamento piloto localizado em uma indústria de ingredientes lácteos em pó da região oeste do Paraná.

O equipamento foi configurado com os seguintes parâmetros para maior eficiência energética do processo: atomização por bicos pneumáticos, processo de ventilação quente contracorrente com temperatura de entrada de ar de 95°C, temperatura da câmara de 195°C e temperatura de saída de ar de 85°C.

Figura 5 - Planta piloto de secagem por *spray-dryer*



Fonte: A autoria própria (2022)

4.6 Formulações do produto acabado em pó

Os produtos em pó obtidos foram armazenados em embalagens laminadas vedadas, corretamente identificadas e armazenadas em temperatura ambiente até análises. Os produtos das formulações foram analisados quanto à sua composição nutricional e propriedades antioxidantes.

4.7 Metodologias analíticas

Primeiramente, foi realizada a caracterização físico-química completa das matérias-primas utilizadas (gengibre *in natura* e concentrado proteico de soro de leite), formulações desenvolvidas e produto final para que fossem definidas suas composições nutricionais.

As análises de composição centesimal: umidade, cinzas, proteína total, gordura e carboidratos serão padronizadas para todos os ensaios de caracterização físico-química.

Fez-se necessária também a caracterização das propriedades funcionais das matérias-primas (gengibre *in natura* e concentrado proteico de soro de leite), formulações desenvolvidas e produto final para que sejam definidos seus respectivos potenciais funcionais. Para essa caracterização foram realizadas análises de: determinação do conteúdo fenólico total e determinação do potencial antioxidante por DDPH.

É importante ressaltar que todas as matérias-primas (*in natura* e secas), todas as formulações desenvolvidas (mistura gengibre+whey, seca ou líquida) foram submetidas a todas as análises descritas abaixo. Por meio dessa análise extensiva, foi possível estabelecer um padrão de características físico-químicas e funcionais que permitiram definir qual formulação obteve a melhor manutenção de compostos bioativos e nutricionais em sua composição.

4.7.1 Caracterização físico-química do gengibre

Todas as análises físico-químicas de composição do gengibre foram realizadas conforme a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005), em triplicata.

A análise de umidade foi realizada em estufa sob 105°C durante 5 horas até peso constante. O teor de cinzas foi determinado através da carbonização completa da amostra em mufla (JUNG) a 550°C durante cinco horas, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Carbonização das amostras em pó e matéria-prima para análise de cinzas



Fonte: Autoria própria (2022)

O teor de proteína foi determinado através do nitrogênio total obtido pelo método Kjeldahl, aplicando-se o fator de conversão para proteína de 6,25 conforme o método AOAC 955.04C (AOAC, 2005). O extrato etéreo (gordura) foi determinado através de extração com éter etílico em aparato Soxhlet conforme a metodologia AOAC 920.39C (AOAC, 2000). Os carboidratos totais serão por fim determinados através do cálculo (1).

$$(1) \%Carboidratos = 100 - \%(proteína + gordura + umidade + cinzas)$$

4.7.2 Caracterização de compostos bioativos

4.7.2.1 Determinação de compostos fenólicos por reagente Folin-Ciocalteu

Para a quantificação do potencial redutor de compostos fenólicos em uma determinada amostra, é possível utilizar o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. Esse método se baseia em uma mistura de ácidos (fosfomolibídicos, e fosfotúngstico) em que o molibdênio (Mo) se encontra em um estado de oxidação com uma coloração amarela. Quando exposto a agentes redutores, como os compostos fenólicos, o Mo pode receber um elétron, alterando seu estado de oxidação e produzindo um complexo de coloração azul (HUANG et al, 2005).

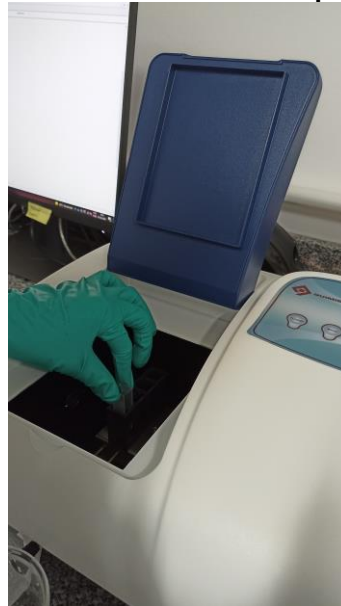
Para determinação dos compostos nas amostras em pó diluiu-se o produto em água destilada em uma proporção 1:50 (m/v), já as amostras líquidas foram aplicadas em sua formulação original. A amostra foi incubada em uma proporção 1:10 com o

reagente de Folin-Ciocalteu 10% durante 2 minutos. Posteriormente a solução foi alcalinizada com carbonato de sódio 7,5% e os tubos incubados em banho maria a 50°C por 15 minutos. A amostra teve sua absorbância mensurada em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 760 nm, como mostra a Figura 7.

Como parâmetro de comparação, também foram analisados brancos de água destilada e da amostra sem a adição de do reagente de Folin-Ciocalteu. Os resultados das absorbâncias foram comparados a uma curva-padrão de ácido gálico previamente analisada com concentrações entre 0,5 a 6 mg/mL.

Todos os ensaios serão realizados em triplicata e os resultados serão expressos em média \pm desvio padrão.

Figura 7 - Leitura das amostras em espectrofotômetro



Fonte: Autoria própria (2022)

4.7.2.2 Determinação de capacidade antioxidante sobre o radical DPPH

O DPPH é um radical muito estável, extensivamente utilizado em pesquisas para verificar a capacidade antioxidante de extratos vegetais e consiste em avaliar a atividade “sequestrante” do radical livre 2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) pela ação antioxidante ou por uma espécie radicalar (R-) o que acarreta em sua redução para 2,2-difenilpicril-hidrazina (DPPH-H) cuja absorbância é passível de ser mensurada a 515nm por espectrofotometria (MORAES et al, 2008).

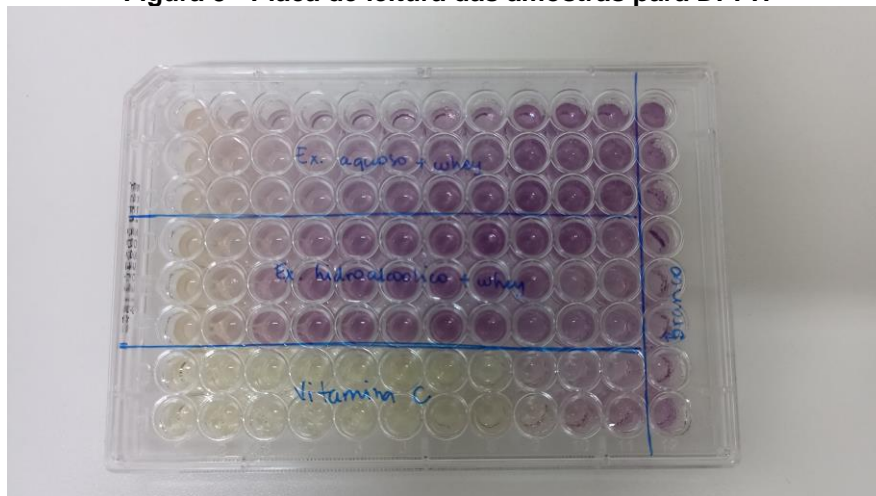
O ensaio com DPPH foi realizado conforme Rufino et al. (2007). Quatro diluições de cada extrato ou formulação serão preparadas (150, 250, 350 e 450 μ g/mL) Alíquotas de 0,1 mL de cada diluição são adicionadas a 3,9 mL da solução de

DPPH em metanol (0,06 mM), agitando o tubo em vórtex até completa homogeneização e posteriormente deixando em repouso por 30 minutos ao abrigo da luz. Ao final do tempo, a amostra foi levada ao espectrofotômetro onde tem sua absorbância mensurada sob um comprimento de onda de 515 nm. A capacidade de sequestrar o radical é expressa em percentuais, e seu resultado é calculado a partir da seguinte fórmula em relação ao controle (branco, sem adição do antioxidante):

$$(1) \% \text{ de sequestros} = \frac{\text{Absorbância do controle} - \text{Absorbância da amostra}}{\text{Absorbância do Controle}} \times 100\%$$

A partir de uma equação da reta utilizando as quatro diluições de cada extrato/formulação, é possível calcular a concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH. Para obtenção de uma curva-padrão, submete-se uma solução de Trolox sob as mesmas condições de diluição para medição de sua absorbância.

Figura 8 - Placa de leitura das amostras para DPPH



Fonte: Autoria própria (2022)

4.8 Caracterização das propriedades dos produtos em pó

Nesta seção são apresentadas as metodologias utilizadas na caracterização físico-química e nutricional dos produtos em pó obtidos através do processo de secagem.

4.8.1 Proteína total

O nitrogênio total nas amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, segundo metodologia n° 920.123 da AOAC (2005), conforme ilustrado na Figura 7.

Para obter o resultado final de proteína total foi necessário multiplicar o teor de nitrogênio pelo fator de conversão em proteína de 6,38.

Figura 9 - Digestão das amostras



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 10 - Destilação das amostras



Fonte: Autoria própria (2022)

4.8.2 Sólidos totais

Os sólidos totais das amostras de WPI foram determinados por método gravimétrico em estufa de recirculação (Quimis – Modelo Q317M32) a 105°C por aproximadamente 4 horas ou até peso constante, segundo metodologia descrita por IAL (2005).

4.8.3 Acidez total

A acidez total foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença do indicador fenolftaleína (AOAC 2005). A acidez total será expressa em % de ácido láctico.

4.8.4 pH

O pH será determinado pelo método potenciométrico, segundo metodologia nº 4022 descrita pela AOAC (2005), utilizando pHmetro (Digimed DM-22), realizando-se leituras diretamente na amostra em triplicata.

4.8.5 Lactose

O teor de lactose foi mensurado segundo metodologia descrita por Miller (1959) pelo método de DNS (3,5-dinitro salicilato). Os glicídios redutores serão quantificados por espectrofotometria em espectrofotômetro UV-Visível (Agilent Technologies) a 570 nm. Para quantificação foi preparada uma curva padrão de lactose de cinco pontos (0,5 a 5,0 g L⁻¹).

4.8.6 Gordura

A determinação do teor de gordura das amostras foi realizada seguindo procedimentos descritos na Norma FIL-IDF 5B (1986) pelo método butirométrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes às caracterizações físico-químicas e de compostos bioativos das matérias-primas (gingibre e concentrado proteico do leite), dos extratos e dos produtos acabados.

5.1 Matéria-prima

A Tabela 5 mostra os parâmetros físico-químicos do gengibre *in natura* e do WPI. O gengibre foi obtido fresco em comércio local. O concentrado proteico de soro de leite (WPI) foi fornecido por uma empresa de laticínios da região.

Tabela 5 – Composição nutricional e fitoquímica do Gengibre (*Z. officinale*)

Parâmetro	Gengibre in natura	WPI
Umidade (%)	93,47 ± 1,27	4,89
Acidez (%)	NA	1,57
pH	5,42 ± 0,25	6,43
Proteína (%)	5,9 ± 0,08	90,52
Lipídeos (%)	2,85 ± 0,26	2,3
Cinzas (%)	0,91 ± 0,03	3,88
Carboidratos/Lactose (%)	32,43 ± 1,11	3,3

Fonte: Autoria própria (2022)

Quando comparado a resultados obtidos por outros autores, é possível apontar características nutricionais específicas das matérias-primas utilizadas no desenvolvimento desse projeto.

O gengibre *in natura* apresentou uma umidade média de 93,47%, representando que seus principais componentes nutricionais representam apenas, em média 6,53% do produto total. Quando comparado com os resultados obtidos por Ghafoor (2020), o mesmo obteve resultados médios de 92,78% de umidade, o que implica em uma maior disponibilidade de componentes nutricionais (7,22%).

Tal diferença pode se apresentar mínima em escalas laboratoriais, no entanto quando transferida para escala industrial, produtos com alta umidade e baixa disponibilidade de sólidos podem acarretar em perdas econômicas no processamento do mesmo para obtenção de um produto final nutritivo. É seguro afirmar que, produtos

com uma maior umidade (água ligada ou disponível) necessitam de maior demanda energética em sua secagem quando comparados a produtos com baixa umidade.

Componentes como carboidratos, lipídeos e proteína são importantes para o perfil nutricional de alimentos. Teores relevantes desses componentes são atribuídos diretamente à sua rápida digestão, absorção e/ou efeitos fisiológicos. Segundo Neto (2017), a capacidade antioxidante de compostos fenólicos e outros fitoquímicos é afetada a partir da sua interação com proteínas, enzimas digestivas, carboidratos, lipídeos e outros componentes da matriz alimentar. Os resultados obtidos através das análises demonstram que existem compostos antioxidantes nas amostras analisadas

É seguro afirmar que a formulação de tais componentes (açúcares para os carboidratos, aminoácidos para as proteínas, etc) influencia diretamente na biodisponibilidade e acessibilidade de compostos fitoquímicos e como são absorvidos pelo corpo. Estudos aprofundados devem ser conduzidos para estabelecer a correlação entre os principais componentes nutricionais do gengibre e suas influências na absorção de biodisponibilidade dos compostos fitoquímicos do mesmo.

O autor Vasconcelos (2019) obteve resultados da caracterização nutricional do gengibre conforme o seguinte: teor de proteína de 6,08%, lipídeos 3,6% e carboidratos de 39,35% em base seca. Quando comparados aos resultados obtidos pela matéria-prima analisada, observa-se uma menor disponibilidade de componentes nutricionais.

Teores mais altos de umidade (e conseqüentemente de componentes nutricionais) podem ser atribuídos a fatores regionais, climáticos e geomorfológicos do local do cultivo. Segundo Elpo (2006), o Paraná possui um excelente solo para o cultivo desse rizoma, no entanto foi levantada a região litorânea como a área mais propícia para sua produção, obtendo produtos com maior teor nutricional, o que reitera os resultados encontrados nesse estudo.

Já a matéria-prima concentrado proteico de soro de leite foi analisada apenas em seu estado já seco devido à disponibilidade do produto pela indústria. Conforme contextualizado, o WPI apresenta como principal característica sua grande concentração de proteínas de soro de leite, quando comparado ao extrato seco total. Esse resultado é obtido através das diversas operações unitárias que o soro de leite passa durante seu processamento industrial.

O WPI analisado apresentou 90,52% de proteínas totais em base seca, sendo seu principal componente. Tal concentração influencia diretamente em algumas

propriedades funcionais do próprio concentrado proteico, sua biodisponibilidade de aminoácidos de cadeias curtas e também na sua rapidez de absorção.

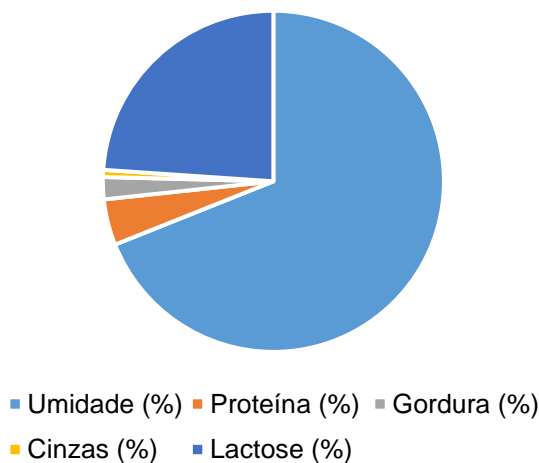
Devido a diferenças no processo de ultrafiltração dentro da indústria, que permitem uma maior concentração de proteína, os resultados obtidos no produto em pó são maiores que os encontrados por Becker (2020) em sua caracterização de um concentrado proteico de soro de leite, com um teor de proteínas de 78,27%.

Como componente majoritário da caracterização físico-química do WPI sendo a proteína, outros componentes apresentam teores parecidos com os do gengibre, com a exceção dos carboidratos, tendo em vista que os processos unitários da preparação do WPI normalmente excluem a maior parte do principal carboidrato do leite, a lactose.

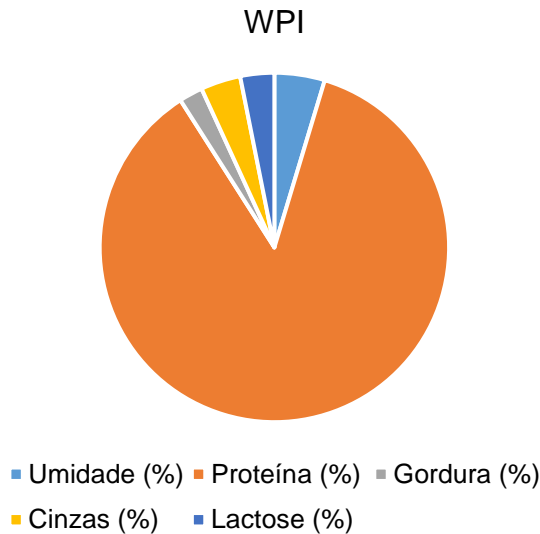
Os gráficos da Figuras 11 e 12 representam visualmente a distribuição dos componentes nutricionais das duas matérias-primas do produto proposto.

Figura 11 - Caracterização Físico-química do Gengibre

Gengibre in natura



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 12 - Caracterização Físico-química do WPI

Fonte: Autoria própria (2022)

5.2 Extratos

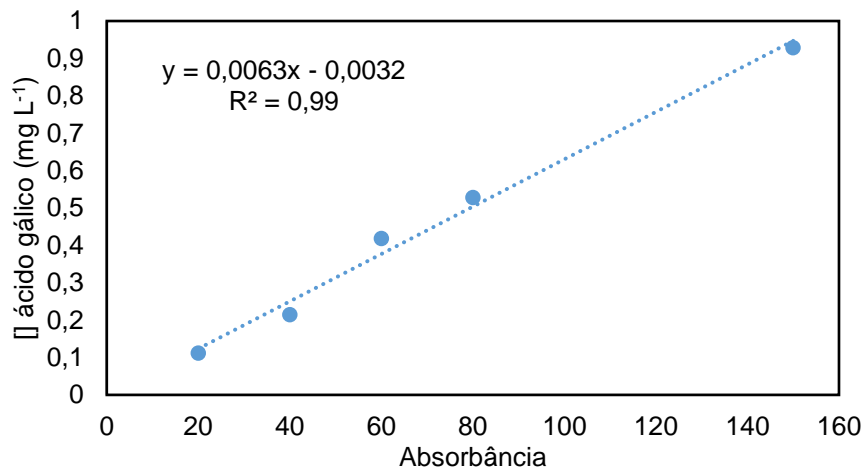
Após o processamento da matéria-prima gengibre, seguindo a metodologia descrita, os extratos aquoso e hidroalcolólico foram obtidos. Os extratos apresentaram uma coloração marrom clara, translúcida e bem líquida. O extrato hidroalcolólico apresentou um odor característico de álcool enquanto o extrato aquoso apresentou apenas um odor vegetal.

Através dessas amostras, foi possível analisar o potencial antioxidante de ambos os extratos, com o intuito de estabelecer qual é o potencial funcional da matéria-prima, assim como seu teor de compostos fenólicos.

Os resultados obtidos foram utilizados como referência para o teor de compostos fenólicos e potencial antioxidante do produto final. Arnoso (2017) constata que, embora as proteínas do soro de leite apresentem potencial antioxidante, seu teor ainda é pequeno, sendo uma prática comum realizar misturas com alimentos ricos em compostos fenólicos e outros fitoquímicos que apresentem ação antioxidante para potencializar esse resultado.

Conforme metodologia, foi desenvolvida uma curva-padrão do padrão ácido gálico P.A. nas concentrações de 20, 40, 60, 80 e 150 mg L⁻¹ (Figura 13). A curva apresentou um R² de 0,99, sendo base para o cálculo da concentração de mg equivalentes de ácido gálico presente nas amostras do extrato, representando assim o teor de compostos fenólicos.

Figura 13 - Curva-padrão do ácido gálico



Fonte: Autoria própria (2022)

Com base na equação da reta obtida através da curva-padrão de ácido gálico, foi possível calcular a concentração de compostos fenólicos nos extratos, expressos em miligramas equivalente de ácido gálico por litro utilizando a seguinte equação:

$$(2) \frac{(Absorbância da amostra + 0,0032)}{0,0063} = [\quad] mgEqAG/L$$

Posteriormente o resultado é multiplicado pela quantidade de amostra utilizada para obtenção do resultado final de teor de compostos fenólicos, expresso em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama. A tabela 6 apresenta os resultados obtidos tanto para o extrato aquoso quanto para o extrato hidroalcolico

Tabela 6 - Concentração de compostos fenólicos em mg equivalentes de ácido gálico por grama dos extratos

Amostra	Concentração (mgEqAG/g)
(1) Extrato Aquoso	1,63
(2) Extrato Hidroalcolico	2,52

Fonte: Autoria própria (2022)

É possível observar que o extra hidroalcolico apresentou maior concentração de compostos fenólicos quando comparado ao extrato aquoso. Tanto a água quanto o álcool são solventes polares, o que permite a solubilização dos compostos fenólicos.

No entanto o álcool aumenta a polaridade da solução onde se encontra, facilitando assim a solubilização dos metabólitos secundários das plantas, principalmente os compostos fenólicos, flavonoides, entre outros.

É sabido que, para que a extração hidroalcoólica seja eficiente a proporção de álcool dissolvido na água seja maior que 50%. Isso também é reiterado pelos resultados encontrados acima, onde o extrato hidroalcoólico na proporção de 70:30 obteve um teor de compostos fenólicos maior que a solução aquosa.

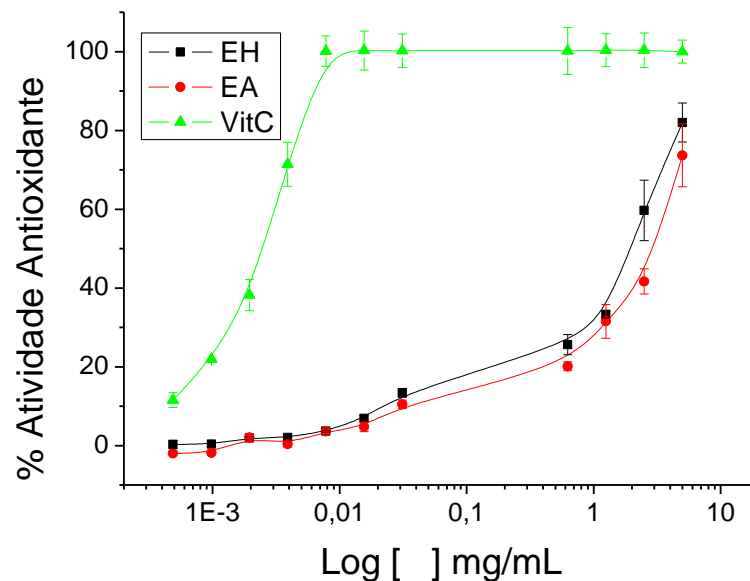
A autora Dalgê (2014) obteve resultados para o teor de compostos fenólicos em solução aquosa de aproximadamente 3,4 mgEqAG/g de gengibre. Já para a solução hidroalcoólica a autora obteve resultados de aproximadamente 7,0 mgEqAG/g de gengibre. Os resultados obtidos neste trabalho são significativamente menores quando comparados aos resultados da autora. Tal fato pode ser relacionado a diversos fatores, os principais deles sendo: composição nutricional do gengibre analisado, tempo de exposição da amostra entre o preparo e a leitura, entre outros fatores analíticos.

No entanto, mesmo com essa variação quando comparado com a literatura, os resultados obtidos apresentam a presença dos teores de compostos fenólicos no extrato de gengibre, o qualificando com potencial antioxidante, sendo que a extração hidroalcoólica foi 150% mais eficiente que a extração aquosa.

Já quanto aos resultados das análises de IC50 do potencial antioxidante em DPPH dos extratos, os resultados abaixo foram obtidos.

Foi utilizado como padrão de agente antioxidante Vitamina C PA, construindo-se uma curva padrão com as concentrações sob diluição seriada (0,5 mg/ml , 0,25 mg/ml, 0,125 mg/ml, 0,0625 mg/ml, 0,0312 mg/ml, 0,0156 mg/ml, 0,0078 mg/ml, 0,0039 mg/ml, 0,0019 mg/ml, 0,0009 mg/ml e 0,0005 mg/ml) conforme a Figura 14.

Figura 14 - Curva de IC50 do DPPH nas amostras



Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme a tabela 7, o extrato hidroalcoólico (2) apresentou maior potencial de redução do DPPH, conforme metodologia. Seu resultado de IC50 de 1,56 mg/mL o que indica que o extrato hidroalcoólico tem um maior potencial antioxidante quando comparado ao extrato aquoso. Isso se deve pelo fato de o extrato hidroalcoólico do gengibre necessitar menor concentração de substrato para reduzir a mesma concentração de DPPH quando comparado ao extrato aquoso, que apresentou um resultado de IC50 do DPPH de 1,98 mg/mL. Quando comparado à literatura, a autora Dalgê (2014) encontrou resultados de IC50 do DPPH de 0,24mg/mL para o extrato aquoso.

Tabela 7 - Concentração necessária de amostra para redução de 50% de DPPH (potencial antioxidante)

Amostra	IC50 (mg/mL)
Vitamina C	0,0031 ± 0,00012
(1) Extrato Aquoso	1,988 ± 0,365
(2) Extrato Hidroalcoólico	1,562 ± 0,227

Fonte: Autoria própria (2022)

Uma explicação plausível para o menor potencial antioxidativo é o fato das características nutricionais do gengibre (conforme caracterização físico-química) serem de uma certa forma inferiores aos encontrados da literatura. Essa diferença de nutrientes pode acarretar em uma menor produção de metabólitos secundários,

principalmente compostos fenólicos, responsáveis pelo potencial antioxidativo do gengibre.

Propõe-se então que em experimentos futuros, as amostras nessa etapa da formulação sejam quantificadas em cromatografia líquida de alta eficiência para que os principais compostos fenólicos do gengibre da região sejam quantificados. Dessa forma, será possível avaliar com maior precisão quais os principais compostos responsáveis pelo potencial antioxidante do gengibre, e também avaliar qual composição seria a ideal para um alto desempenho desse potencial em diferentes tipos e concentrações de solventes.

Em seu estudo comparativo, Jardim (2019) observou que o extrato aquoso do gengibre obteve um resultado de compostos fenólicos totais de $132,018 \pm 3,31 \mu\text{g eq. AG/mg extrato}$.

O autor explicita que a atividade antioxidante está diretamente relacionada com o conteúdo de compostos fenólicos totais. No entanto, extratos aquosos podem influenciar no resultado final de tais compostos fenólicos, tendo em vista que o solvente dessa extração (a água) é polar. No entanto, a solubilidade de compostos fenólicos irá depender do grau de polimerização dos compostos fenólicos e suas interações com outros constituintes do gengibre, o que pode afetar seu resultado quando comparado com o extrato hidroalcolólico (ANGELO, 2007).

5.3 Produtos acabados

No que diz respeito aos resultados quantitativos da caracterização nutricional dos produtos acabados, é possível observar conforme a Tabela 8 que houve uma diferença significativa principalmente na umidade e no teor de proteína.

Tabela 8 – Caracterização físico-química dos produtos acabados

Parâmetro	PA I (aquoso)		PA II (hidroalcolólico)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Umidade (%)	7,02	0,21	14,32	0,10
Acidez (mmol de ácido láctico)	1,77	0,46	1,57	0,10
pH	6,55	0,02	6,5	0,02
Proteína (%)	83,59	0,63	75,13	1,52
Gordura (%)	6,39	0,04	10,43	0,39
Cinzas (%)	2,92	0,02	2,63	0,05
Lactose (%)	6,75	0,05	10,29	0,05

Fonte: Autoria própria (2022)

Foi possível observar durante o processo de secagem e obtenção do produto em pó que o PA2 (extrato hidroalcolico + WPI) apresentou aglomerados de pó aparentemente com alta umidade. Esse fato pode ser devido a alguma má formação do spray durante o processo de secagem, impedindo que todas as gotículas aspergidas dentro da câmara de secagem trocassem calor e secassem por completo.

Tal fato pode ser responsável pela principal diferença dos outros teores nutricionais como a proteína e a gordura.

É necessária uma padronização do processo para que a obtenção de um produto homogêneo facilite a caracterização físico-química e de compostos bioativos.

Quando comparado aos resultados do WPI industrial analisado na matéria-prima, observa-se que os produtos finais apresentam teores de proteína e outros componentes nutricionais próximos, o que indica um bom processo de secagem e obtenção do composto em pó.

No que diz respeito aos componentes bioativos presentes no composto final, foram analisados o teor de compostos fenólicos e também o IC50 em DPPH de ambos os produtos acabados.

Conforme a Tabela 9 é possível observar que a concentração de compostos fenólicos no produto acabado, apresentada em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de amostra, foi 19% maior no Produto Acabado I (extrato aquoso).

Tabela 9 -

Amostra	Concentração mgEqAG/g
Produto Acabado I	5,78±0,07
Produto Acabado II	4,72±0,22

Fonte: Autoria própria (2022)

Tal resultado indica que alguma possível interação entre os compostos fenólicos e o álcool do produto acabado II durante o processo de secagem, tenham acarretado em uma diminuição da presença desses compostos no produto final.

É importante levar em consideração que as condições de secagem e de proporção de ambas as formulações foram as mesmas, assim como o processo analítico, deixando apenas a diferença de solventes utilizados como principal causador de tal resultado.

Independentemente de tais fatores, é seguro afirmar que os produtos finais, apresentam um teor de compostos fenólicos relevante, que, conforme a literatura, pode ser causador de propriedades antioxidantes e benefícios à saúde.

A presença de certas proteínas como as Imunoglobulinas, proteínas de alto peso molecular presentes no leite bovino apresentam ações biológicas significativas principalmente através da imunidade passiva e sua atividade antioxidante. Outra proteína com alto potencial antioxidativo é a glutatona que depende de uma alta concentração intracelular de cisteína para ser sintetizada, aminoácido esse que é abundante nos concentrados proteicos de soro de leite. Ressaltando o potencial antioxidante de tal produto. (HARAGUCHI, 2006).

Já no que diz respeito ao potencial redutor IC50, foi utilizado como padrão de agente antioxidante Vitamina C PA, construindo-se uma curva padrão com as concentrações sob diluição seriada (0,5 mg/ml , 0,25 mg/ml, 0,125 mg/ml, 0,0625 mg/ml, 0,0312 mg/ml, 0,0156 mg/ml, 0,0078 mg/ml, 0,0039 mg/ml, 0,0019 mg/ml, 0,0009 mg/ml e 0,0005 mg/ml).

Conforme a Tabela 10 é possível observar o potencial antioxidante do produto final.

Tabela 10 – Concentração necessária de amostra para redução de 50% de DPPH (potencial antioxidante)

Amostra	IC50 (mg/mL)
VitC	0,00224 ± 0,00009
PA1	9,153 ± 1.38
PA2	6,970 ± 0,48

Fonte: A autoria própria (2022)

O resultado observado do IC50 em DPPH das amostras de pó, é relevantemente inferior ao resultado obtido pelos extratos. É necessária uma quantidade muito maior de substrato para reduzir 50% de DPPH nas amostras.

Tal resultado pode ser relacionado a diversos fatores, entre eles o processo de secagem, que mesmo sendo por spray-dryer pode interferir na disponibilidade dos compostos bioativos responsáveis pelo efeito antioxidante.

Outra possível explicação para tal resultado, é proposto por Arnoso (2019), que expõe experimentos onde certos compostos fenólicos se ligam com proteínas do soro de leite, criando um complexo nutritivo de rápida absorção. Tal ligação pode então, “remover” radicais que estavam disponíveis para exercer o efeito antioxidativo.

De qualquer maneira, a presença do potencial redutor no produto final é um indicativo de que, mesmo após o processo de secagem, as características benéficas tanto do gengibre quanto do WPI foram mantidas. Tais teores de compostos fenólicos e os resultados quantitativos de potencial antioxidante apresentam produtos que possam ter efeitos benéficos à saúde.

É também possível observar que o PA 2 (extrato hidroalcolico) apresentou maior potencial antioxidante do que o PA 1 (extrato aquoso), ainda indicando que a extração hidroalcolica é eficiente para obtenção de fitoquímicos e sua manutenção no produto final.

6 CONCLUSÃO

Um novo produto baseado em um extrato aquoso ou hidroalcolico do rizoma do gengibre e no concentrado proteico de soro de leite, tende a apresentar propriedades funcionais de ambos os seus constituintes.

Devido aos altos teores de compostos fenolicos e capacidade antioxidante do gengibre, já comprovada por sua literatura, e também pela propriedade suplementar de aminoácidos essenciais e semi-essenciais do concentrado proteico de soro de leite, é possível afirmar que, caso obtido um produto viável, suas propriedades benéficas a saúde poderão ser consideráveis. Respeitando assim todos os pré-requisitos para ser classificado com um alimento funcional.

Ainda é possível conjecturar que a partir de processos avançados como a liofilização do extrato do gengibre, é possível que maior concentração de suas propriedades benéficas sejam mantidas no produto final, tendo em vista que o mesmo não será exposto a processos de secagem agressivos sob altas temperaturas.

O mesmo pode ser conjecturado sobre o produto obtido através da secagem por spray dryer que, devido ao seu processo de aspersão por atomização, permite que a troca de calor seja instantânea e mantenha muitas das propriedades benéficas de ambos os produtos.

Ainda é essencial destacar que mesmo avaliando-se as propriedades benéficas de um produto baseado em ambas essas matérias-primas, ainda existe um extensivo trabalho de classificação, registro e aceitabilidade de tal produto. Sugere-se a realização de uma avaliação sensorial do mesmo sob as normativas vigentes para a obtenção de dados relevantes de palatabilidade do mesmo para possível aplicação comercial de tal ideia e inovação.

Por fim, sugere-se um estudo de mercado para inserção de tal produto dentro de uma categoria de alimentos funcionais que vem em uma crescente nos últimos anos, e tende a ser uma fonte de renda considerável para industriários da área.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, P. M. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, Brasil, v. 1, n. 66, p. 1-9, jul. 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **ANVISA Guia nº 23**: Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes. Brasília: ANVISA, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **ANVISA Portaria nº 398**: Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasília: ANVISA. 1999
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **ANVISA: Resolução da Diretoria Colegiada nº RDC nº 2**: Aprovar o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. Brasília: ANVISA, 2002.
- Association of Official Analytical Chemists. **AOAC Official Methods of analysis of AOAC International 18 th**. Washington: AOAC, 2005.
- ARNOSO, B.; J. M.; COSTA, G. F.; SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. **Nutrição Brasil**, v. 18, n. 1, p. 39, ago. 2019.
- BECKER, J.; FERNANDES, I; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; VALDUGA, E. Obtenção e caracterização de isolado proteico de soro de leite em pó. **Vivências**, v. 16, n. 31, p. 75-88, jun. 2020.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969**. Institui normas básicas sobre alimentos. Brasília, 1969. Disponível em: <https://dou.vlex.com.br/vid/decreto-lei-n-986-751021961>. Acesso em 08 ago. 2022.
- BRASIL. **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em 08 ago. 2022.
- CAL, K.; SOLLOHUB, K. Spray drying technique. I: Hardware and process parameters. **Journal of pharmaceutical sciences**, v. 99, n. 2, p. 575-586, fev. 2010.
- CHIBISOV, S.; SINGH, M.; SINGH, R. B.; HALABI, G.; HORIUCHI, R.; TAKAHASHI, T. Functional Food Security for Prevention of Obesity and Metabolic Syndrome. **The Role Of Functional Food Security In Global Health**, Russia, p. 145-156, 2019.
- DALGÊ, J. J. **Estudo da capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-hemolítica do gengibre (*Zingiber officinale*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

- ELPO, E. R. S.; NEGRELLE, R. R. B. Cadeia produtiva do gengibre (*Zingiber officinale roscoe*) no estado do Rarán : an lise e recomenda es para melhoria da qualidade. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1, p. 121, dez. 2006.
- GRANATO, D.; BARBA, F. J.; KOVA EVI , D. B; LORENZO, J. M.; CRUZ, A. G.; PUTNIK, P. Functional Foods: product development, technological trends, efficacy testing, and safety. **Annual Review Of Food Science And Technology**, Brasil, v. 11, n. 1, p. 93-118, mar. 2020
- GRANATO, D.; NUNES, D. S.; BARBA, F. J. An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: a proposal. **Trends In Food Science & Technology**, Brasil, v. 62, p. 13-22, abr. 2017.
- GRANATO, D.; SHAHIDI, F.; WROLSTAD, R.; KILMARTIN, P.; MELTON, L. D.; HIDALGO, F. J.; MIYASHITA, K.; VAN CAMP, J.; ALASALVAR, C.; ISMAIL, A. B. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: should we ban in vitro screening methods?. **Food Chemistry**, Brasil, v. 264, p. 471-475, out. 2018
- GRZANNA, R.; LINDMARK, L.; FRONDOZA, C. Ginger – An herbal medicinal Product with broad anti-inflammatory actions. **Journal Of Medicinal Food**, Dinamarca, v. 8, n. 2, p. 125-132, ago. 2005.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Antioxidant defences synthesized in vivo. **Free Radicals In Biology And Medicine**, England, p. 77-152, 1 ago. 2015.
- HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. Prote nas do soro do leite: composi o, propriedades nutricionais, aplica es no esporte e benef cios para a sa de humana. **Revista de Nutri o**, Brasil, v. 19, n. 4, p. 479-488, ago. 2006.
- HARGUINDEGUY, M.; FISSORE, D. On the effects of freeze-drying processes on the nutritional properties of foodstuff: a review. **Drying Technology**, It lia, v. 38, n. 7, p. 846-868, abr. 2019.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L., The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, p.1841-1856, 2005.
- JARDIM, M. F. A; FURLAN, L. C. O.; CARVALHO, I. S.; BARBOSA, L. N.; OTUTUMI, L. K.; JACOMASSI, E.; GERMANO, R. M.; SOARES, A. A. Atividade antibacteriana e antioxidante dos extratos aquosos das folhas e dos rizomas de *Zingiber officinale roscoe* cultivadas no horto medicinal da Unipar. **Brazilian Journal Of Development**, Brasil, v. 5, n. 10, p. 18292-18309, 2019.
- KIZHAKKAYIL, J.; SASIKUMAR, B. Diversity, characterization and utilization of ginger: a review. **Plant Genetic Resources**, Abu Dhabi, v. 9, n. 3, p. 464-477, jun. 2011.
- KUMAR, R.; CHAUHAN, S. K.; SHINDE, G.; SUBRAMANIAN, V.; NADANASABAPATHI, S. Whey Proteins: A potential ingredient for food industry- A review. **Asian Journal of Dairy And Food Research**, India, v. 37, n. 4, p. 283-290, dez. 2018.

KUMARI, S.; GUPTA, A. Nutritional composition of dehydrated ashwagandha, shatavari, and ginger root powder. **International Journal of Home Science**, India, v. 3, n. 2, p. 68-70, ago. 2016.

LEIFELD, V; MARQUES, M.B. Avaliações ambientais em diferentes tipos de soro de leite. **Química Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 1-2, out. 2013.

LENSSEN, K. G.M.; BAST, A.; BOER, A. Clarifying the health claim assessment procedure of EFSA will benefit functional food innovation. **Journal of Functional Foods**, Holanda, v. 47, p. 386-396, ago. 2018.

LOPES NETO, J. J. **Bioacessibilidade e biodisponibilidade de compostos fenólicos de sementes de *Triplaris Gardneriana Wedd (Polygonaceae)***. 2017. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LV, W.; LI, S.; HAN, Q.; ZHAO, Y.; WU, H. Study of the drying process of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) slices in microwave fluidized bed dryer. **Drying Technology**, China, v. 34, n. 14, p. 1690-1699, mar. 2016.

MADUREIRA, A. R.; TAVARES, T. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.93, p. 437-455, 2010.

MORAES-DE-SOUZA, R. A.; OLDONI, T. L. C.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; ALENCAR, S. M. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, Brasil, v. 6, n. 1, p. 41-47, fev. 2008.

MUSTAFA, I.; CHIN, N. L.; FAKURAZI, S.; PALANISAMY, A. Comparison of Phytochemicals, Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Sun-, Oven- and Freeze-Dried Ginger Extracts. **Foods**, Malásia, v. 8, n. 10, p. 456, 6 out. 2019.

OONMETTA-AREE, J.; SUZUKI, T.; GASALUCK, P.; EUMKEB, G. Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpinia galanga* Linn.) on *Staphylococcus aureus*. **Lwt - Food Science and Technology**, Índia, v. 39, n. 10, p. 1214-1220, dez. 2006.

PAROHAN, M.; ANJOM-SHOAE, J.; NASIRI, M.; KHODADOST, M.; KHATIBI, S. R.; SADEGHI, O. Dietary total antioxidant capacity and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **European Journal of Nutrition**, Iran, v. 58, n. 6, p. 2175-2189, 11 fev. 2019.

PISANO, R.; FISSORE, D.; BARRESI, A. A.; BRAYARD, P.; CHOUVENC, P.; WOINET, B. Quality by design: optimization of a freeze-drying cycle via design space in case of heterogeneous drying behavior and influence of the freezing protocol. **Pharmaceutical Development and Technology**, Itália, v. 18, n. 1, p. 280-295, out. 2012.

RACHANA, S. Antioxidant and bactericidal activity of wild turmeric extracts. **Journal of Pharmacognosy And Phytochemistry**, Índia, v. 2, n. 6, p. 89-94, fev. 2014.

REIS, N. S.; LESSA, O. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALMEIDA, M. A. M.; PIMENTEL, A. B. Uma abordagem sobre o potencial funcional das diferentes matrizes vegetais; alho, menta e gengibre. **Rebracisa: Revista Brasileira de Ciências em Saúde**, Ilhéus, v. 1, n. 1, p. 19-24, maio 2017.

RUFINO, M. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. **Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 128. p. 1-4. 2007.

SCHUSTER, R. Determination of amino acids in biological, pharmaceutical, plant and food samples by automated precolumn derivatization and high-performance liquid chromatography. **Journal Of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, v. 431, p. 271-284, jan. 1988.

SGARBIERI, V.C. **Inovação nos Processos de Obtenção, Purificação e Aplicação de Componentes do Leite Bovino**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2012.

SINGH, R.; WATSON, R.; TAKAHASHI, T.. The Role of Functional Food Security in Global Health. **Academic Press**. Estados Unidos da América, v.1, p. 792, out. 2019.

SMITHERS, G. W. Whey and whey proteins - From 'gutter-to-gold'. **International Dairy Journal**, Austrália, v. 18, n. 7, p. 695-704, jul. 2008.

TEODORO, A. J. Bioactive Compounds of Food: their role in the prevention and treatment of diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, p. 1-4, mar, 2019.

TRINIDAD, P.; SAGUM, R. S.; LEON, M. P.; MALLILLIN, A. C.; BORLAGDAN, M. P. Zingiber Officinale and Curcuma Longa as Potential Functional Foods/Ingredients. **Food And Public Health**, Filipinas, v. 2, n. 2, p. 1-4, ago. 2012.

TIWARI, V.; SHANKER, R., SRIVASTAVA, J.; VANKAR, P. S. Change in antioxidant activity of spices – turmeric and ginger on heat treatment. **Electronic Journal Of Environmental, Agricultural And Food Chemistry**, India, v. 2, n. 1, p. 1313-1317, out. 2006.

VASCONCELOS, M. S.; MOTA, E. F.; GOMES-ROCHETTE, N. F.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S.; NABAVI, S. M.; MELO, D. F. G.. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements**, Brasil, p. 235-239, 2019.

WANG, J.; BAI, T.; WANG, D.; FANG, X.; XUE, L.; ZHENG, Z.; GAO, Z.; XIAO, H. Pulsed vacuum drying of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) slices: effects on drying characteristics, rehydration ratio, water holding capacity, and microstructure. **Drying Technology**, China, v. 37, n. 3, p. 301-311, fev. 2018.

YEUNG, A. W. K; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Let food be thy medicine and medicine be thy food: a bibliometric analysis of the most cited papers focusing on nutraceuticals and functional foods. **Food Chemistry**, China, v. 269, p. 455-465, dez. 2018.

**ANEXO A - LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS DO ISOLADO PROTEICO
DE SORO DE LEITE EM PÓ**

Produto:	ISOLADO PROTEICO DE SORO DE LEITE EM PÓ (WPI 90% PROTEÍNA)		
Cliente:	Amostras Grátis e Venda Proibida (WPI 90% PROTEÍNA)		
Lote:	P12102140063	Quantidade(Kg)	1 kg
Data de Fabricação:	17/12/2021	Validade:	17/12/2022
Data de realização dos ensaios:	17/12/2021	Data de impressão:	08/02/2022

PARÂMETROS	MÉTODO DE REFERÊNCIA	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADOS
Aspecto	ISO 8586: 2016; I3299: 2017; 5492: 2017.	Pó uniforme sem grumos	Característico
Cor	ISO 8586: 2016; I3299: 2017; 5492: 2017.	Branco levemente amarelado	Característico
Sabor/Odor	ISO 8586: 2016; I3299: 2017; 5492: 2017.	Característico Lácteos	Característico
Umidade (%)	Gravimetria por balança hidrogenada - Bengard Proger (2003)	Máximo 6,00	4,89
Densidade compactada (g/cm ³)	ISO 8967:2005 (ISO 1314:2005)	Mínimo 0,350	0,380
Acidez (Ácido láctico)	ISO 11869: 2012(ISO 150); AOAC 947 05	Máximo 2,00	1,57
Acidez (% ácido láctico diferenciado)	Diferenciada Titulação Fenolftaleína	Máximo 0,16	0,09
Gordura (%)	Método Mojonnier - ISO 1736:2008	Máximo 1,00	0,00
Sedimentos (Disco A, B ou C)	American Dry Products Institute (ADPI) - 1990	Máximo Disco A	Disco A
pH (solução a 10%)	MAPA 2019	6,20 – 6,80	6,43
Cinzas (sais minerais %)	Gravimetria - ISO 5545 (ISO 2008)	Máximo 5,00	3,88
Teor de Lactose (%)	Cromatografia (HPLC)	Máximo 4,00	3,30
Proteínas Base Úmida(%)	Método Dumas - Leco 20014	Mínimo 84,00	86,09
Proteínas Base Secca (%)	Diferença (%Base úmida*100)/(100-%umidade)	Mínimo 90,00	90,52
Dispersibilidade (%)	GEA NIRD METHOD N° 6A, 2005	Mínimo 85,00	97,01
Aeróbios Mesófilos (UFC/g)	Plaquetamento - ISO 4833-2 (2013)	Máximo 10.000	700
Estafilococos Coagulase Positiva (UFC/g)	Plaquetamento - ISO 6888-1(2019)	Máximo 10	<10
Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	Técnica do NMP - ISO 7251 (2005)	Máximo 10	<0,3
Enterobactérias (UFC/g)	Plaquetamento - ISO 21528-2 (2020)	Máximo 10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)	Plaquetamento - Compact Dry Ym (AOAC N° 100402, 2014)	Máximo 10	<10
Bacillus cereus (UFC/g)	Plaquetamento - ISO 7932 (2016)	Máximo 100	<100
Salmonella sp (valor garantido)*	MDS 3M - AOAC 2016.01	Ausente (25g)	Ausente
Listeria monocytogenes (valor garantido)*	MDS 3M - AOAC 2016.08	Ausente (25g)	Ausente
Escherichia Coli (valor garantido)*	Técnica do NMP (Detecção) ISO 7251 (2005)	Ausente (1g)	Ausente
Resíduos de Antibióticos (valor garantido)*	Instrução Normativa nº 42 de 20/12/2009 PNCBC	Ausência	Ausente
Enterotoxinas Estafilocólicas ng/g (valor garantido)*	VIDAS Staph enterotoxin II – versão 05 (2010) lab. Externo	Ausência	Ausente

*Análises Realizadas de acordo com o plano de amostragem em laboratório externo.