



GABRILLE GONÇALVES OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA: UMA
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

LAVRAS - MG

2023

GABRIELLE GONÇALVES OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Engenharia Química, para
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. LUCIANO JACOB CORREA
Orientador

Profa. Dra. LIZZY AYRA ALCANTARA VERISSIMO
Coorientadora

LAVRAS - MG
2023

GABRIELLE GONÇALVES OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF GELATIN: A BIBLIOGRAPHIC
REVIEW**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Engenharia Química, para
obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 08/12/2023

Prof. Dr. LUCIANO JACOB CORREA
Orientador

Profa. Dra. LIZZY AYRA ALCANTARA VERISSIMO
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e por colocar sempre ao meu lado pessoas que me incentivam e cuidam de mim.

Aos meus irmãos Nathan, Kauan e Gean por serem para mim um incentivo para ser uma pessoa melhor e um bom exemplo para eles.

Aos meus pais, Iriane e Max, que aos meus 23 anos ainda cuidam de mim. Obrigada por toda a dedicação, por terem se esforçado tanto para que esse meu sonho se tornasse realidade, por me amarem, apoiarem e me incentivarem sempre.

A minha vizinha Regina, meu exemplo de bondade e cuidado.

Ao meu amor e companheiro de vida Vítor. Não conseguiria sem você ao meu lado.

Aos meus amigos que tornaram os anos de faculdade mais fáceis, leves e alegres.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras e a todos os meus professores, por todo suporte e ensinamento.

RESUMO

O colágeno é uma proteína essencial presente em vertebrados, representando de 25% a 35% das proteínas totais do organismo. Ele desempenha um papel crucial na estruturação dos tecidos, incluindo pele, cartilagens, ossos, tendões e matriz extracelular, oferecendo suporte mecânico e contribuindo para o armazenamento e liberação de fatores de crescimento. O colágeno tipo I, o mais comum em animais, possui uma estrutura complexa composta por tropocolágeno, formado por três cadeias polipeptídicas. Glicina, prolina e hidroxiprolina são aminoácidos predominantes em sua estrutura, fundamental para a formação das fibras de colágeno que variam em tamanho e propriedades físicas de acordo com os tecidos. Sua hidrólise resulta em produtos como a gelatina, derivada principalmente de ossos, peles e tecidos conectivos de suínos e bovinos. A gelatina, com composição química similar ao colágeno, possui propriedades únicas, sendo um polímero de alto peso molecular que forma géis termorreversíveis próximo à temperatura corporal. Rica em aminoácidos essenciais, exceto triptofano, é solúvel em água e amplamente utilizada em várias indústrias. A extração da gelatina envolve etapas complexas, incluindo pré-tratamento da matéria-prima, extração com água em altas temperaturas e fases de purificação, concentração e secagem. A qualidade da gelatina é determinada por várias propriedades funcionais, incluindo força do gel, viscosidade, pH, cor, umidade e solubilidade. Esse produto versátil é amplamente aplicado nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e fotográfica devido às suas propriedades únicas. Seu mercado no Brasil apresentou um crescimento expressivo, apesar de flutuações nos volumes de produção e receita líquida ao longo dos anos. Esse crescimento é atribuído a avanços tecnológicos na produção, conscientização dos consumidores sobre os benefícios à saúde e à demanda por produtos naturais. A conquista de mercados internacionais, como Egito e Singapura, também contribuiu para a competitividade dos produtos brasileiros nesse setor. Este estudo oferecerá uma visão panorâmica acerca da gelatina, abordando seus processos de obtenção, parâmetros de qualidade e aplicações.

ABSTRACT

Collagen is an essential protein found in vertebrates, representing 25% to 35% of the total proteins in the organism. It plays a crucial role in tissue structure, including skin, cartilage, bones, tendons, and the extracellular matrix, providing mechanical support and contributing to the storage and release of growth factors. Type I collagen, the most common in animals, has a complex structure composed of tropocollagen, formed by three polypeptide chains. Glycine, proline, and hydroxyproline are predominant amino acids in its structure, essential for the formation of collagen fibers that vary in size and physical properties according to the tissues. Its hydrolysis results in products like gelatin, mainly derived from the bones, skin, and connective tissues of pigs and cattle. Gelatin, with a chemical composition similar to collagen, possesses unique properties as a high-molecular-weight polymer that forms thermoreversible gels close to body temperature. Rich in essential amino acids except tryptophan, it is water-soluble and widely used in various industries. The extraction of gelatin involves complex steps, including the pre-treatment of raw materials, extraction with hot water, and phases of purification, concentration, and drying. Gelatin quality is determined by several functional properties, including gel strength, viscosity, pH, color, moisture, and solubility. This versatile product finds broad application in the food, pharmaceutical, cosmetic, and photographic industries due to its unique properties. Its market in Brazil has shown significant growth, despite fluctuations in production volumes and net revenue over the years. This growth is attributed to technological advancements in production, consumer awareness of health benefits, and the demand for natural products. Conquering international markets, such as Egypt and Singapore, also contributes to the competitiveness of Brazilian products in this sector. This study will provide an overview of gelatin, addressing its extraction processes, quality parameters, and applications.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 METODOLOGIA.....	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 Colágeno.....	11
3.2 Gelatina.....	15
3.2.1 Composição Química.....	16
3.2.2 Composição de Aminoácidos.....	16
3.2.3 Produção da Gelatina.....	19
3.2.3.1 Pré-tratamento.....	20
3.2.3.2 Extração.....	21
3.2.3.3 Etapas Finais.....	23
3.2.4 Qualidade da Gelatina.....	23
3.2.4.1 Força de Gel.....	24
3.2.4.2 Teor de Umidade.....	24
3.2.4.3 Viscosidade.....	25
3.2.4.4 Solubilidade.....	25
3.2.4.5 Cinzas.....	26
3.2.4.6 Cor.....	26
3.2.4.7 Turbidez.....	26
3.2.4.8 Concentração.....	27
3.2.4.9 Ponto Isoelétrico.....	27
3.2.4.10 Formação de Gel.....	28
3.2.5 Fontes Alternativas.....	29
3.2.6 Aplicações da Gelatina.....	31
3.2.7 Mercado de Gelatina.....	34
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35

1 INTRODUÇÃO

O colágeno, termo originado do grego KOLLA e GENO, remete à "produção de cola animal" (ROJAS, 2014). Essa proteína é essencial nos organismos vivos, constituindo uma porção significativa - de 25% a 35% - das proteínas totais em vertebrados. Encontra-se especialmente presente na pele, cartilagens, ossos, tendões, vasos sanguíneos e matriz extracelular, desempenhando papel fundamental na estruturação tecidual, proteção mecânica e até no armazenamento e liberação de fatores de crescimento (COSTA et al., 2020).

O colágeno tipo I, predominante em muitos animais, possui uma estrutura complexa composta por tropocolágeno, uma macromolécula helicoidal formada por três cadeias polipeptídicas com uma configuração específica de aminoácidos, destacando-se glicina, prolina e hidroxiprolina (VULCANI, 2004). Sua organização em fibrilas é crucial para a formação das fibras de colágeno, que variam em tamanho e propriedades físicas de acordo com os tecidos e as taxas de síntese e degradação (GIL, 2013; RODRIGUES, 2009).

As propriedades naturais do colágeno, como baixa reatividade imunológica e capacidade de interação com tecidos, o tornam um biomaterial único, amplamente utilizado em diferentes indústrias (HORN, 2008). Sua hidrólise resulta em produtos distintos, como gelatina e peptídeos, com propriedades modificadas, encontrando aplicação em diversas áreas industriais devido à capacidade de substituir agentes sintéticos (COSTA et al., 2020).

O interesse crescente na extração e uso do colágeno está ligado à busca por processos industriais mais sustentáveis, à valorização de subprodutos animais e à versatilidade desses derivados para atender a uma gama diversificada de necessidades industriais (ROJAS, 2014).

A gelatina é um produto derivado da hidrólise do colágeno encontrado principalmente em ossos, peles e tecidos conectivos de suínos e bovinos (PALAZZO, 2008). Composta por proteínas (84-85%), água (9-12%), sais minerais (1-3%), e vestígios de gordura (ALMEIDA et al., 2012), ela é um polímero de alto peso molecular (15.000 a 400.000 g/mol) (MORAES et al., 2018), que forma géis não permanentes em temperatura ambiente (MALLMANN, 2010).

Quimicamente, a gelatina compartilha composição similar ao colágeno, porém com estrutura amorfa e dissolubilidade em água aquecida, em contraste com a insolubilidade do colágeno nessas condições (MORAES et al., 2018). Sua composição inclui 50,5% de carbono, 6,8% de hidrogênio, 17% de nitrogênio e 25,2% de oxigênio, com variações conforme o tipo de gelatina (NISHIHORA et al., 2015). A gelatina tipo B tende a ter frações de maior massa

molecular, enquanto a tipo A exibe uma distribuição mais uniforme (DOS REIS, 2011). A gelatina contém 18 aminoácidos, com glicina, prolina e hidroxiprolina sendo os mais prevalentes (MALLMANN, 2010). Apesar de conter aminoácidos essenciais, exclui o triptofano (ALFARO, 2008).

A extração da gelatina segue etapas complexas, começando pelo pré-tratamento da matéria-prima com ácidos ou álcalis diluídos para eliminar impurezas e quebrar as cadeias do colágeno, resultando em dois tipos de gelatina, A e B (NUNES, 2014). A extração, feita em altas temperaturas com água, visa a conversão do colágeno em gelatina, influenciada por tempo, temperatura e pH (MORAES et al., 2018).

Após a extração, vêm fases de purificação, concentração e secagem, utilizando técnicas como filtração, evaporadores a vácuo e secadores, resultando em um produto final que passa por rigorosos testes de qualidade (PALAZZO, 2008). Essa abordagem estruturada na produção de gelatina é crucial para garantir um produto de alta qualidade e adequado para diversas aplicações industriais.

O estudo da qualidade da gelatina abrange uma série de propriedades funcionais cruciais para sua aplicação industrial, envolvendo força do gel, viscosidade, pontos de fusão e gelificação, pH, cor, umidade, cinzas, capacidade de intumescência, turbidez e solubilidade (SILVA, 2010).

A gelatina é um ingrediente versátil com ampla aplicação em setores como alimentos, farmacêutica, beleza e fotografia. Suas propriedades singulares, como a capacidade de formar géis termorreversíveis próximos à temperatura corporal, a tornam valiosa em aplicações alimentícias e farmacêuticas. A gelatina, por meio de suas sequências de ácidos e grupos funcionais, é essencial na produção de hidrogéis químicos e sua fácil obtenção a baixo custo a torna biocompatível e atraente para diversas aplicações tecnológicas.

O mercado de gelatina e colágeno no Brasil teve um crescimento expressivo, embora tenha sofrido algumas flutuações nos volumes de produção e receita líquida ao longo dos anos (IBGE, 2021). Esse crescimento é atribuído a fatores como avanços tecnológicos na produção, conscientização dos consumidores sobre os benefícios para a saúde e demanda por produtos naturais e de origem animal. Além disso, a conquista de mercados internacionais, como Egito e Singapura, demonstra a competitividade dos produtos brasileiros nesse setor (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS BRASIL-ÁRABE, 2023; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2023).

2 METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo, procedeu-se à investigação por meio de consultas em bancos de dados científicos digitais, tais como a Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (disponível em <https://bdtd.ibict.br/vufind/>), o SciELO (acessível através de <https://www.scielo.br/>), a plataforma CAPES (disponível em <https://www-periodicos-capes.gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/>) e o Google Acadêmico (acessível por meio de <https://scholar.google.com.br/>). Nesse processo, foram utilizadas as palavras-chave: colágeno, fontes de colágeno, gelatina, extração de gelatina, produção de gelatina, aplicações da gelatina e propriedades da gelatina. A triagem dos materiais foi conduzida com base na análise dos títulos e resumos, a fim de selecionar artigos, livros, capítulos de livros, notas científicas e outros documentos pertinentes, excluindo aqueles que não se alinhavam à proposta ou não continham informações relevantes para a presente investigação. Os textos considerados foram os publicados em língua portuguesa a partir do ano 2000, desde que atendessem aos critérios estabelecidos na busca. Portanto, este estudo oferecerá uma visão panorâmica acerca da gelatina, abordando seus processos de obtenção, parâmetros de qualidade e aplicações.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Colágeno

O termo "colágeno" tem sua origem nos vocábulos gregos KOLLA e GENO, com a significação de "produção de cola animal" (ROJAS, 2014). O colágeno é reconhecido como um dos biopolímeros mais prevalentes nos organismos vivos, representando aproximadamente de 25% a 35% do conteúdo proteico total nos vertebrados. Sua presença é notável, sobretudo na pele e cartilagens. Nos animais, o colágeno é um componente essencial de estruturas como ossos, tendões, pele, cartilagens, vasos sanguíneos e matriz extracelular. Além de desempenhar um papel fundamental na sustentação tecidual e proteção mecânica, o colágeno também exerce funções mais complexas, como o armazenamento e a liberação de fatores de crescimento (COSTA et al., 2020).

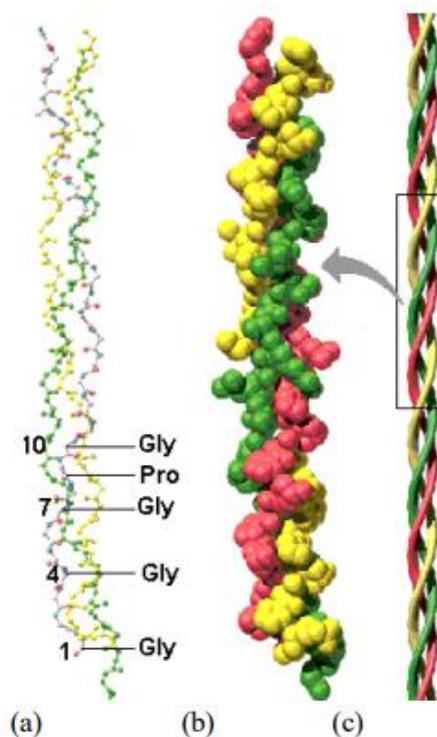
As fibras de colágeno são resultantes da polimerização de moléculas de colágeno, inicialmente sintetizadas como pró-colágenos e posteriormente clivadas por enzimas chamadas colagenases após a sua excreção para o meio extracelular. Essas moléculas clivadas se aglomeram e formam fibrilas que, por sua vez, se agregam para compor as fibras colagênicas. A combinação das cadeias de colágeno ocorre de forma específica de acordo com os tecidos e suas propriedades, gerando diferentes tipos de fibras que variam em tamanho, estrutura e sequência de aminoácidos, adaptando-se às funções determinadas para cada tecido (GIL, 2013).

Esta proteína também se destaca por suas vastas aplicações comerciais, encontrando-se predominantemente nos setores alimentício, farmacêutico e cosmético. Atualmente, conhecemos pelo menos 29 tipos distintos de colágeno, os quais apresentam variações em termos de composição de aminoácidos, massa molecular e distribuição no organismo. Apesar da diversidade de colágenos, apenas alguns têm a capacidade de se organizar na forma de fibras. Dentre estes, destaca-se o colágeno do tipo I, o mais abundante em grande parte dos animais, predominando especialmente na pele (correspondendo a 80% da matéria seca da pele adulta), tendões (90% da matéria seca), ligamentos e ossos (90% da matéria seca). (DE MORAES, 2012).

O colágeno tipo I é composto pelo tropocolágeno, uma macromolécula linear e semiflexível de aproximadamente 300 nm de comprimento e 1,5 nm de diâmetro. O tropocolágeno, com massa molecular média de 300.000 Da, é constituído por três cadeias polipeptídicas designadas como cadeias α , sendo duas idênticas (α_1) e uma distinta (α_2), cada

uma contendo 1055 e 1029 resíduos de aminoácidos, respectivamente. Sua estrutura primária é marcada pela repetição do triplete Glicina (Gly) em 33%, Prolina (Pro) em 12%, e Hidroxiprolina (Hypro) em 11%. Globalmente, sua configuração adota uma forma helicoidal de tripla hélice, estabilizada por ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas (VULCANI, 2004). A presença significativa de hidroxiprolina desempenha um papel fundamental na criação de ligações de hidrogênio entre moléculas, contribuindo assim para a estabilidade da estrutura em forma de tripla hélice (BEZERRA, 2016). A Figura 1 ilustra a estrutura do colágeno.

Figura 1 – Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) tripla hélice.



Fonte: VULCANI, 2004.

Após a excreção celular, o tropocolágeno se organiza para criar estruturas fibrilares. Essas estruturas são o resultado das interações entre as moléculas de tropocolágeno, gerando as microfibrilas, reconhecidas como a menor unidade estrutural do tecido conjuntivo. A subsequente formação das microfibrilas dá início ao processo de agregação, chamado fibrilogênese, culminando na produção de fibrilas insolúveis. A união progressiva das fibrilas é responsável pela constituição das fibras de colágeno (GIL, 2013). A dimensão das fibrilas de colágeno representa um fator crucial na definição das propriedades físicas do tecido. Essa dimensão varia de acordo com o tipo de tecido e as condições fisiológicas presentes. Além disso, as taxas de síntese e degradação do colágeno exercem influência direta no tamanho das

fibrilas de colágeno, determinando sua capacidade de conferir resistência e robustez ao tecido (RODRIGUES, 2009).

As principais fontes de colágeno frequentemente empregadas incluem mamíferos, como bovinos e suínos, que fornecem ossos, pele e tendões devido à sua boa biocompatibilidade e ampla disponibilidade para extração (COSTA et al., 2020). No entanto, o colágeno pode ser derivado de diversas fontes, considerando sua abundância generalizada na natureza (ALMEIDA et al., 2012). O uso de bovinos e suínos como fonte de colágeno enfrenta restrições, como preocupações com zoonoses específicas dessas espécies (como encefalopatia espongiiforme bovina, encefalomielite e febre aftosa), potenciais reações alérgicas e restrições religiosas em algumas comunidades em relação ao consumo de produtos derivados desses animais (COSTA et al., 2020). Portanto, tem havido um crescente interesse em explorar outras fontes de colágeno.

Pesquisas recentes têm se concentrado na extração de colágeno de fontes marinhas, como peixes de águas frias, incluindo carapau, atum, salmão, esturjão, tilápia, e diversas espécies de peixes. Além disso, estudos investigaram a extração de colágeno de aves, como pés de aves de seda, que são caracterizadas por penas brancas de seda, abrangendo carne, ossos e pele negra, bem como a pele de frango obtida por separação mecânica (ALMEIDA et al., 2012). Adicionalmente, a presença de colágeno em invertebrados, como medusas, lulas, pepinos-do-mar e anêmonas-do-mar, também tem sido objeto de estudos científicos (GASPARDI, 2021).

No contexto brasileiro, a maior fonte de colágeno advém dos subprodutos gerados pela indústria de carne, impulsionada pela expressiva produção nacional destinada à exportação (SILVA, PENNA, 2012). Em 2015, o mercado global de colágeno atingiu um valor de três bilhões de dólares, prevendo-se que ultrapasse os cinco bilhões em 2023. O mercado norte-americano destaca-se como o maior devido ao aumento significativo do uso de colágeno em cosméticos e produtos relacionados, enquanto o mercado europeu se destaca em sua utilização nos setores alimentício e farmacêutico. É evidente o rápido crescimento da indústria do colágeno, especialmente em pesquisa e desenvolvimento, explorando seu potencial na liberação de fármacos, saúde pessoal e regeneração tecidual (MILAN, 2017).

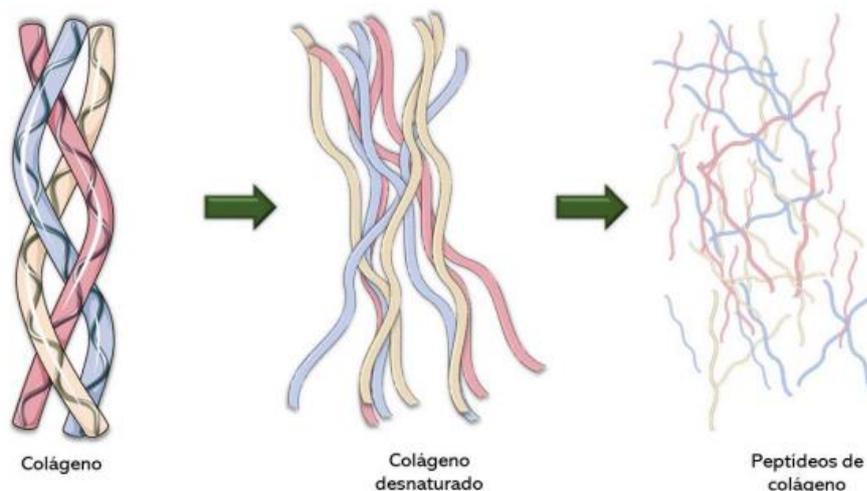
O colágeno se destaca como um biomaterial com características singulares em comparação aos polímeros sintéticos, especialmente em sua interação com os tecidos do corpo. Essa distinção é atribuída às suas propriedades naturais, que englobam baixa reatividade imunológica, mínima toxicidade, capacidade de estimular o crescimento celular e a

reconstrução *in vitro* das estruturas microfibrilares presentes nos tecidos naturais (HORN, 2008). Essas propriedades naturais conferem ao colágeno uma vasta gama de aplicações em setores como cosméticos, cuidados com a saúde, farmacêutica e até mesmo na indústria alimentícia (MILAN, 2017). Na área de alimentos, o colágeno é aproveitado tecnologicamente devido às suas propriedades funcionais, atuando como extensor, modificador de textura, agente umectante, emulsionante e ligante. A qualidade e a aplicabilidade específica do colágeno extraído estão intrinsecamente relacionadas às suas propriedades funcionais e grau de pureza (SILVA, 2010).

O crescente interesse na extração do colágeno e seus derivados é atribuído à sua capacidade de substituir agentes sintéticos em diversos processos industriais, abrangendo várias áreas. Além disso, esse interesse está ligado à valorização dos subprodutos animais e ao potencial de impulsionar uma produção mais sustentável (ROJAS, 2014).

Os produtos resultantes da hidrólise das moléculas de colágeno apresentam propriedades e utilidades distintas das observadas nas moléculas nativas. Durante a hidrólise, as pontes de hidrogênio do colágeno são desfeitas, convertendo sua estrutura original de tripla-hélice em estruturas espirais mais aleatórias. Esses produtos podem ser ainda mais fragmentados, resultando em subunidades menores com propriedades modificadas, como menor viscosidade, baixo ponto isoelétrico e maior biodisponibilidade. Os principais produtos desse processo incluem gelatina e peptídeos com diversas funções biológicas, variando de acordo com a fonte de colágeno (COSTA et al., 2020). A Figura 2 mostra um esquema da degradação do colágeno.

Figura 2 – Esquema da degradação do colágeno.



Fonte: COSTA et al., 2020.

3.2 Gelatina

A gelatina é uma proteína pura, derivada da hidrólise parcial do colágeno presente em ossos, peles e tecidos conectivos principalmente de suínos e bovinos (PALAZZO, 2008). Ela é solúvel em água em temperaturas acima de 38-40°C e é composta principalmente por proteínas (84-85%), água (9-12%), sais minerais (1-3%), com traços de gordura (ALMEIDA et al., 2012). É um polímero de alto peso molecular (com variação entre 15.000 a 400.000 g/mol) (MORAES et al., 2018) e forma géis não permanentes à temperatura ambiente (MALLMANN, 2010).

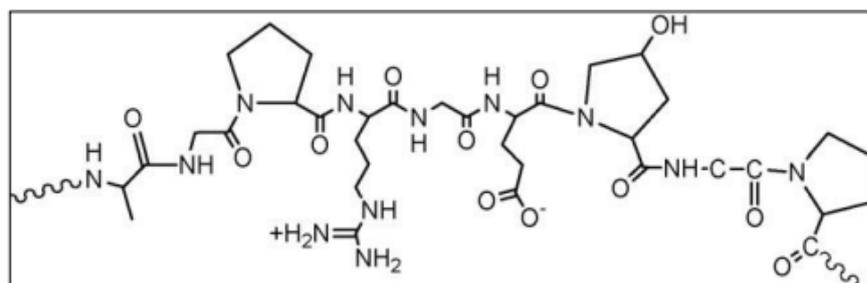
Sua estrutura é uma mistura de frações de cadeias de aminoácidos unidas por ligações peptídicas para formar polímeros (MORAES et al., 2018). A gelatina é amplamente utilizada nas indústrias alimentícia, farmacêutica, fotográfica e cosmética (MALLMANN, 2010) devido às suas propriedades únicas, como solubilidade em água e habilidade para formar géis termo-reversíveis próximo à temperatura corporal (NUNES, 2014).

Além disso, é uma substância de fácil digestão e absorção, rica em aminoácidos essenciais, com exceção do triptofano (FERREIRA, 2013). Seu valor energético está entre 1350 e 1450 kJ para cada 100 gramas (PALAZZO, 2008) e é considerada uma proteína de origem animal totalmente digestível. A gelatina é insípida, inodora, frágil e possui uma cor levemente amarelada quando seca (ALMEIDA, 2016).

A gelatina é caracterizada por sua capacidade única de formar géis quando misturada com água e submetida a temperaturas apropriadas. Esse fenômeno é atribuído à estrutura helicoidal da molécula de gelatina, que se desenrola e se entrelaça quando hidratada e aquecida. Quando a solução de gelatina é resfriada, as cadeias proteicas retomam sua conformação helicoidal, criando uma matriz tridimensional que aprisiona a água, resultando na consistência gelatinosa característica (MORAES, 2019).

A Figura 3 apresenta a estrutura básica da gelatina.

Figura 3 – Estrutura Básica da Gelatina.



Fonte: SANTOS, 2012.

3.2.1 Composição Química

A gelatina, essencialmente proveniente do colágeno, compartilha uma composição química próxima à de sua matéria-prima. Em comparação, o colágeno exibe uma estrutura química predominantemente cristalina, enquanto a gelatina apresenta uma estrutura amorfa. A dissolubilidade da gelatina em água aquecida e sua habilidade de formar géis termorreversíveis contrastam com a insolubilidade do colágeno nas mesmas condições, o qual simplesmente encolhe e perde sua capacidade de reter água (MORAES et al., 2018).

Quanto à sua composição química, a gelatina é composta principalmente por 50,5% de carbono, 6,8% de hidrogênio, 17% de nitrogênio e 25,2% de oxigênio. O método de pré-tratamento do colágeno durante a extração influencia diretamente na composição e estrutura química da gelatina obtida (NISHIHORA et al., 2015). Na forma seca, essa substância consiste predominantemente de 98 a 99% de proteína (MORAES et al., 2018).

A distribuição da massa molecular das gelatinas tipo A e B exibe diferenças notáveis. A gelatina tipo B tende a apresentar uma proporção maior de frações com alta massa molecular, enquanto a tipo A exibe uma distribuição mais uniforme, com maior presença de polipeptídios de baixa massa molecular. Essas discrepâncias são correlacionadas com a maturidade do colágeno utilizado na extração desses dois tipos de gelatina. No entanto, as condições de processamento podem ser ajustadas para obter gelatinas com perfis variados de distribuição de massa molecular. Tais variações no perfil molecular afetam diretamente a funcionalidade da gelatina, sendo que uma maior proporção de frações de baixa massa molecular tende a prolongar o tempo necessário para a formação do gel (DOS REIS, 2011).

3.2.2 Composição de Aminoácidos

O corpo humano requer a presença de oito aminoácidos essenciais - leucina, lisina, fenilalanina, isoleucina, metionina, treonina, triptofano e valina - que são obtidos por meio da alimentação. Além disso, no caso específico de crianças, a histidina é considerada um aminoácido essencial (PALAZZO, 2008).

Assim como todas as proteínas, a gelatina é formada por L-aminoácidos conectados por meio de ligações peptídicas. Nas proteínas, os aminoácidos se unem por essas ligações, resultado da reação do grupo amina (H_2N) de um aminoácido com o grupo carboxílico ($COOH$) de outro aminoácido (SOUSA, 2013).

A gelatina compartilha uma composição de aminoácidos similar à do colágeno do qual é derivada (SANTOS, 2017). Ambos consistem em uma gama variada de 18 aminoácidos, sendo glicina (GLY), prolina (Pro) e hidroxiprolina (Hyp) os mais prevalentes, representando aproximadamente dois terços do total de componentes na molécula de gelatina (MALLMANN, 2010). Adicionalmente, a gelatina contém praticamente todos os aminoácidos essenciais cruciais para o funcionamento do organismo humano, como metionina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina e treonina (SOUSA, 2013). Entretanto, é importante salientar que a gelatina não constitui um alimento nutricionalmente completo devido à ausência do aminoácido essencial triptofano em sua composição (ALFARO, 2008). A Tabela 1 expõe a porcentagem média em peso dos aminoácidos constituintes da gelatina de mamíferos.

Tabela 1 – Aminoácidos constituintes da gelatina de mamíferos e suas porcentagens média em peso.

Aminoácido	%	Aminoácido	%	Aminoácido	%
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>Glicina (Gly)</p>	27,5	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$ <p>Prolina (Pro)</p>	16,4	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \end{array}$ <p>Hidroxiprolina (Hyp)</p>	14,1
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Glutamato (Glu)</p>	11,4	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Alanina (Ala)</p>	11,0	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Arginina (Arg)</p>	8,8

$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Aspartato (Asp)</p>	6,7	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Leucina (Leu) e Isoleucina (Ile)</p>	5,1	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Lisina (Lys)</p>	4,5
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>Serina (Ser)</p>	4,2	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Valina (Val)</p>	2,6	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Treonina (Thr)</p>	2,2
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Metionina (Met)</p>	0,9	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Hidroxilisina (Ohi)</p>	0,9	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}-\text{NH} \\ // \quad \backslash \\ \text{CH}=\text{N} \quad \text{CH} \end{array}$ <p>Histidina (His)</p>	0,8
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Tirosina (Tyr)</p>	0,3	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \quad \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \quad \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2 \end{array}$ <p>Cistina (Cis)</p>	Traço	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ // \quad \backslash \\ \quad \quad \text{NH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>Triptofano (Trp)</p>	0

Fonte: MOREIRA, 2004.

Os aminoácidos glicina, hidroxiprolina e prolina desempenham papéis cruciais na estrutura e nas propriedades da gelatina e do colágeno. Enquanto a glicina, mesmo sendo o aminoácido mais simples, é essencial para o funcionamento do sistema nervoso, da pele e dos tecidos musculares (PALAZZO, 2008), a hidroxiprolina e a prolina são responsáveis pela

estabilidade da estrutura do colágeno. Elas formam ligações de hidrogênio que sustentam a estrutura de tripla-hélice do colágeno, influenciando as temperaturas de fusão e gelificação da gelatina. A variação nos teores desses aminoácidos impacta diretamente as propriedades como a força de gel, temperatura de fusão e gelificação (NUNES, 2014; VILCHES, 2019).

Além disso, a gelatina se destaca pelo alto teor em aminoácidos ácidos e básicos, onde uma parcela dos aminoácidos ácidos se apresenta na forma de amida, como glutamina e asparagina, enquanto a metionina, um aminoácido contendo enxofre, está presente em menor proporção (SILVA, 2010).

A gelatina, devido à sua natureza anfifílica decorrente da presença de grupos de aminoácidos hidrofílicos e hidrofóbicos, demonstra uma propriedade singular de reduzir a tensão superficial em soluções aquosas. Esse comportamento é resultado das cadeias laterais da gelatina, que possuem sequências de aminoácidos hidrofílicos e hidrofóbicos, semelhantes às demais proteínas. Essa característica permite que a gelatina se ligue a superfícies de diversas naturezas químicas, conduzindo à migração tanto das partes hidrofílicas quanto das hidrofóbicas em direção à superfície, contribuindo, assim, para a redução da tensão superficial em soluções aquosas (NISHIHORA et al., 2015; DOS REIS, 2011).

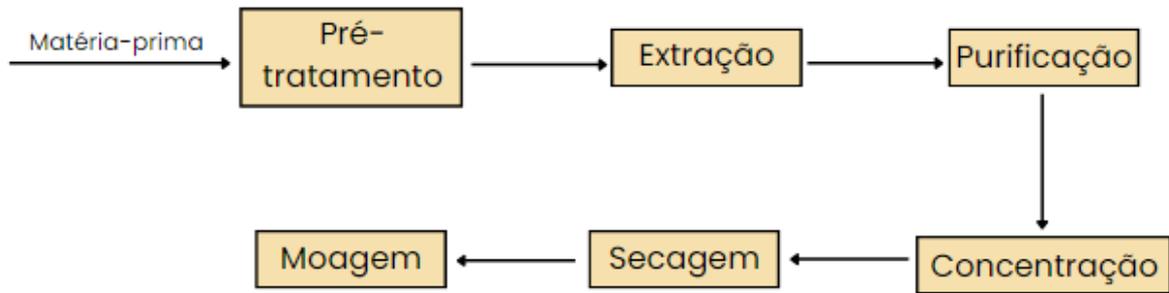
3.2.3 Produção da Gelatina

A gelatina é obtida por meio da dissociação térmica ou química das cadeias polipeptídicas do colágeno. Nesse processo, o colágeno insolúvel é transformado em gelatina solúvel, ocorrendo a hidrólise ácida ou básica (SANTOS, 2012).

O nível de conversão do colágeno em gelatina está correlacionado com a intensidade do pré-tratamento, o procedimento de extração com água quente, e é influenciado pelo pH, temperatura e tempo de extração. Essa conversão também é afetada pelas propriedades e pelo método de preservação da matéria-prima inicial. (SANTOS,2012)

A fabricação de gelatina comumente transcorre em cinco fases distintas, a saber: o pré-tratamento da matéria-prima, a etapa de extração, o processo de purificação, a concentração e, por fim, a fase de secagem. Adicionalmente, a produção de determinados tipos de gelatina, como as variantes em pó, pode envolver uma fase adicional de moagem. O processo produtivo da gelatina é representado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de processo da gelatina.



Fonte: Da autora.

3.2.3.1 Pré-Tratamento

O processo de obtenção da gelatina é um procedimento complexo iniciado por um pré-tratamento crucial. Essa etapa visa eliminar gorduras, mucopolissacarídeos e outros compostos orgânicos, o que é essencial para garantir a qualidade do produto final (MAMANI, 2004). Esse pré-tratamento é realizado com ácidos ou álcalis diluídos, promovendo uma clivagem química suave que não afeta a configuração da tripla hélice do colágeno (ROJAS, 2014). Esse processo suave é fundamental para produzir uma gelatina de alta qualidade, pois evita a exposição prolongada a altas temperaturas, que poderia comprometer suas propriedades (ALMEIDA, 2016).

Além de facilitar a extração da gelatina, o pré-tratamento tem o objetivo de quebrar as cadeias polipeptídicas do colágeno e intumescer sua estrutura. Dependendo do método utilizado, podem ser obtidos dois tipos diferentes de gelatina, A e B, cada uma com características distintas. A gelatina tipo A, proveniente do pré-tratamento ácido, possui pontos isoelétricos entre 6 e 9,5. Já a gelatina tipo B, proveniente do pré-tratamento alcalino, apresenta pontos isoelétricos entre 4,5 e 5,5 (NUNES, 2014).

O pré-tratamento ácido aplicado principalmente em pele suína e ossos é um processo que busca reorganizar fisicamente a estrutura do colágeno com mínimas alterações hidrolíticas, resultando em um leve aumento nos grupos amino primários e nos grupos carboxílicos livres (KEMPKA et al., 2012). Esse procedimento envolve a imersão da matéria-prima em uma solução ácida até sua total penetração, o que provoca um inchaço da estrutura da pele, aumentando seu volume duas a três vezes e levando à clivagem das ligações não covalentes inter e intramoleculares (FERREIRA, 2013). Após o tratamento, o excesso de ácido é parcialmente neutralizado e os sais removidos por trocas de água (SOUSA, 2013).

No processo comercial com ácido diluído, esse ácido penetra na matéria-prima e atua na estrutura do colágeno. Um período de aproximadamente um dia é suficiente para permitir a diluição do colágeno em água quente, um estágio crucial para a extração subsequente (SILVA, 2010). Durante esse processo, a matéria-prima purificada é submersa em uma solução ácida fria por várias horas, com pH entre 1,5 e 3,0, usando ácido clorídrico ou sulfúrico como os mais comuns (MORAES et al., 2018).

O processo alcalino, utilizado para a extração de gelatina de fontes como pele bovina, ossos e colágeno de animais mais velhos, envolve o tratamento da matéria-prima com sucessivas trocas de solução alcalina de hidróxido de cálcio, conhecido como processo de liming (ALFARO, 2008). A duração dessa etapa varia de 6 a 20 semanas, sendo mais comum um período entre 8 e 12 semanas, dependendo de vários fatores, como a natureza da matéria-prima e a temperatura da solução (SILVA, 2010).

Durante o procedimento, o álcali quebra uma das ligações cruzadas iniciais do colágeno, resultando na liberação de cadeias- α desnaturadas quando aquecido. Entretanto, a presença de ligações cruzadas de pentosidina limita a desnaturação por hidrólise térmica das ligações peptídicas (MORAES et al., 2018).

O propósito fundamental do processo de liming é destruir as estruturas químicas em que o colágeno está inserido, além de auxiliar na remoção de materiais indesejáveis (SILVA, 2010). A alcalinidade induz modificações em substâncias distintas do colágeno, tornando-as mais solúveis, como a queratina, globulinas, mucopolissacarídeos, elastina, mucina e albuminas. Os lipídeos também sofrem conversão em produtos polares, facilitando sua remoção durante a lavagem subsequente (KEMPKA et al., 2012).

Após esse estágio, a matéria-prima é novamente lavada e neutralizada por adição de ácido e o sal residual é removido por lavagem intensiva com água (ALFARO, 2008). O pH final geralmente varia entre 9 e 10 (SILVA, 2010).

3.2.3.2 Extração

A extração da gelatina é um processo meticuloso que se inicia após a fase de pré-tratamento. Esta etapa crucial envolve a manipulação da matéria-prima na presença de água em altas temperaturas para obter o máximo rendimento. O objetivo é converter o colágeno em gelatina por meio da quebra de ligações covalentes e de hidrogênio (ROJAS, 2014).

O processo de desnaturação térmica é o cerne dessa etapa. A água quente utilizada durante a extração desnatura a estrutura tripla hélice do colágeno em cadeias individuais. Ao resfriar, essas cadeias podem se reorganizar, mas não necessariamente na mesma estrutura original (VILCHES, 2019). Essa conversão ocorre devido ao rompimento seletivo das ligações não covalentes, como pontes de hidrogênio e forças de Van der Waals (TAKINAMI, 2014). A manipulação das variáveis de tempo, temperatura e número de extrações é crucial e varia de acordo com as necessidades do produto, tipo de equipamento e custo (MORAES et al., 2018).

Geralmente, recipientes de aço inoxidável, equipados com aquecedores e controle preciso de temperatura, são usados para a extração. O processo é conduzido em diferentes etapas de temperatura, com várias extrações realizadas em temperaturas progressivamente mais altas. A primeira extração geralmente ocorre em torno de 50 a 60°C, enquanto a última é realizada perto do ponto de ebulição. É interessante notar que as primeiras extrações tendem a fornecer produtos de qualidade superior, com características como massas molares mais elevadas, maior viscosidade, resistência do gel e cor mais clara (MORAES et al., 2018).

Existe, adicionalmente, um equipamento conhecido como extrator contínuo, que demonstra a capacidade de realizar a extração de gelatina de maneira ininterrupta. Nesse equipamento, a entrada da matéria-prima se dá de forma descendente, enquanto água aquecida é introduzida de forma ascendente. A saída da solução de gelatina, denominada caldo ralo, ocorre pelas laterais superiores do aparelho, mantendo uma concentração aproximada de 5%. No processo de extração contínua, opera-se dentro de uma faixa de temperatura constante, garantindo que todas as extrações mantenham um padrão uniforme de qualidade.

A temperatura crítica é um ponto importante no processo, pois marca a temperatura na qual as fibrilas de colágeno encolhem consideravelmente, desorganizando a estrutura e levando à desnaturação da tripla hélice (SANTOS, 2017). Temperaturas baixas podem reduzir o rendimento, enquanto temperaturas muito altas afetam a qualidade do produto final. Além disso, o pH desempenha um papel fundamental na extração, sendo selecionado para maximizar a eficiência do processo (FERREIRA, 2013).

Em suma, a extração da gelatina é um processo complexo, influenciado por uma variedade de fatores, desde o tratamento térmico até a manipulação cuidadosa de variáveis como temperatura, tempo e pH. Essa abordagem estruturada é essencial para garantir a obtenção de gelatina de alta qualidade a partir do colágeno.

3.2.3.3 Etapas Finais

A obtenção da gelatina culmina em etapas decisivas de purificação, concentração e secagem que refinam a solução gelatinosa inicial, resultando no produto final desejado (ROJAS, 2014).

A fase de purificação e filtração é essencial para eliminar resíduos indesejados da matéria-prima, garantindo a pureza da solução gelatinosa (PALAZZO, 2008). Utilizando filtros autolimpantes e de placas de celulose, juntamente com colunas contendo resinas para troca iônica, é possível remover gorduras, fibras e outros resíduos, liberando a gelatina de sais e materiais indesejados.

Na etapa subsequente, a concentração se dá por meio de evaporadores a vácuo de múltiplos estágios, onde a solução é esterilizada a aproximadamente 140°C e parcialmente desidratada, alcançando uma consistência semelhante à do mel. Essa solução viscosa passa por processos adicionais de purificação em filtros de polímero (PALAZZO, 2008).

A fase final do processo é a secagem, que pode variar de acordo com o nível de tecnologia empregado pela empresa. Em organizações menos avançadas, o caldo concentrado é solidificado em câmaras frias antes de ser encaminhado para os secadores. Por outro lado, empresas mais avançadas utilizam extrusores para solidificar a gelatina em filamentos cilíndricos, que são depositados em secadores do tipo esteira (PALAZZO, 2008).

A gelatina, após o processo de secagem, torna-se dura e quebradiça, sendo fragmentada e moída em partículas de tamanho uniforme para ser estocada temporariamente antes da moagem e mistura. Todos os lotes são rigorosamente testados em relação a critérios químicos, físicos e microbiológicos (PALAZZO, 2008).

Essas etapas finais são cruciais para garantir a qualidade, pureza e a adequação da gelatina para diversas aplicações, sendo um processo meticuloso que demanda controle preciso de todos os estágios.

3.2.4 Qualidade da Gelatina

A avaliação da qualidade da gelatina compreende uma análise de diversas propriedades funcionais, destacando-se a força do gel, crucial para aplicações industriais, bem como a viscosidade, concentração, ponto isoelétrico, cor, umidade e cinzas. Adicionalmente, propriedades como viscosidade, turbidez, solubilidade e formação de gel são consideradas na determinação da qualidade da gelatina comercial. Esses atributos podem ser influenciados por

variáveis como massa molar, composição de aminoácidos e proporção de cadeias α (SILVA, 2010).

3.2.4.1 Força de Gel

A força de gel da gelatina, também conhecida como força Bloom, é uma medida da rigidez mecânica do gel formado sob condições padronizadas e é expressa em graus Bloom. Esse valor é determinado pelo peso, em gramas, necessário para produzir uma depressão de 4 mm na superfície de um gel de gelatina frente a uma concentração-padrão, variando entre 50 e 300 graus Bloom (SILVA, 2010). Contudo, valores entre 250 e 260 são considerados mais desejáveis, pois caracterizam as propriedades do gel em condições de armazenamento de produtos.

Essa força de gel, ou Bloom, é uma indicação direta da rigidez do gel de gelatina, e seu valor comercial tende a aumentar com o aumento do Bloom. Valores mais elevados de Bloom, no intervalo de 200 a 300g, são classificados como alto Bloom, enquanto os valores de 100 a 200g são considerados médio Bloom, e de 50 a 100g são categorizados como baixo Bloom (ALMEIDA, 2016).

A determinação do Bloom é realizada por meio do teste de Bloom, que consiste em aplicar uma carga padronizada sobre o gel de gelatina. Esse teste, segundo Johnston-Banks (1990), é conduzido em gelatinas a uma concentração de 6,67%, mantidas por 18 horas a 10°C. A variação no valor do Bloom está intrinsecamente relacionada ao peso molecular da gelatina e à proporção de seus componentes α e β (NISHIHORA et al., 2015).

A resistência do gel, medida pela força de Bloom, reflete características como dureza, consistência, firmeza e compressibilidade do gel em uma temperatura específica. A variação no índice de Bloom é influenciada pela temperatura de extração da gelatina. Valores mais altos de Bloom estão associados a propriedades mecânicas superiores, maior resistência à absorção de água, pontos de fusão e gelificação mais elevados, cor mais clara e odor mais neutro (KEMPKA et al., 2012).

3.2.4.2 Teor de Umidade

O teor de umidade é a quantidade de água presente na gelatina e é um parâmetro crítico para a qualidade e a estabilidade do produto. A gelatina comercial, em sua maioria, exibe teores de umidade variando de 9% a 14%, embora em algumas amostras esse valor possa divergir dessa faixa estabelecida. É importante notar que gelatinas com umidade entre 6% e 8% são

altamente higroscópicas, o que dificulta a precisão na mensuração de seus atributos físicos (ALFARO, 2008). A análise de umidade envolve a pesagem de uma amostra de gelatina, seguida da secagem da amostra em estufa a uma temperatura de 105 °C por 17 horas. A diferença entre o peso inicial e o peso após a secagem representa o teor de umidade da gelatina, geralmente expresso como porcentagem.

3.2.4.3 Viscosidade

A viscosidade da gelatina é um parâmetro fundamental que influencia diretamente suas propriedades físicas, sendo medida comumente entre 1,5 e 7,5 mP s em soluções de gelatina a 6,67% de concentração e temperatura de 60°C (SILVA, 2010). Essa característica está intimamente relacionada à força do gel, determinando a consistência e a extensibilidade dos géis resultantes.

Gelatinas com baixa viscosidade tendem a produzir géis frágeis, enquanto as de alta viscosidade geram géis mais consistentes e extensíveis. O pH é um fator determinante para a viscosidade: valores alcalinos geralmente diminuem drasticamente a viscosidade, enquanto faixas de pH ácido causam reduções moderadas (SILVA, 2010).

A estrutura molecular, o tamanho das moléculas e a temperatura do sistema são aspectos cruciais que influenciam a viscosidade da solução de gelatina. Como a gelatina consiste em uma mistura de cadeias poliméricas de diferentes comprimentos, a solução resultante não é homogênea, mas sim uma suspensão coloidal que se transforma em gel ao ser resfriada e volta ao estado de suspensão coloidal ao ser aquecida (NISHIHORA et al., 2015).

Do ponto de vista funcional, a viscosidade da solução de gelatina é a segunda propriedade física mais relevante. Gelatinas com diferentes níveis de viscosidade resultam em géis com características distintas, desde fragilidade em géis de baixa viscosidade até consistência e extensibilidade em géis de alta viscosidade (ALFARO, 2008). Além disso, a viscosidade também desempenha um papel significativo na determinação do valor comercial da gelatina.

3.2.4.4 Solubilidade

A solubilidade da gelatina é uma característica fundamental, uma vez que a gelatina deve dissolver-se completamente em água quente para formar um gel quando resfriada. A análise da solubilidade é importante para garantir que a gelatina atenda às expectativas de uso em várias aplicações culinárias.

Quando imersas em água fria, as partículas da gelatina incham discretamente; ao serem aquecidas, hidratam-se e dissolvem-se, formando uma solução. Esse processo é o principal método de preparação de soluções, especialmente quando se busca alcançar altas concentrações. Além disso, a gelatina é solúvel em álcoois poli-hídricos, como glicerol e propilenoglicol, e em ácido acético. No entanto, é praticamente insolúvel na maioria dos solventes orgânicos, incluindo álcool, clorofórmio, tetracloreto de carbono, éter, benzeno, acetona e óleos. O comportamento das soluções de gelatina é influenciado por fatores como temperatura, pH, método de fabricação, histórico térmico e concentração (MORAES et al., 2018).

A solubilidade da gelatina é geralmente avaliada através de um teste simples. Uma amostra de gelatina é adicionada a uma quantidade conhecida de água a uma temperatura específica, geralmente entre 50°C e 60°C, e a capacidade da gelatina de se dissolver é observada. A gelatina de alta qualidade deve dissolver-se rapidamente e completamente em água quente, sem deixar resíduos.

3.2.4.5 Cinzas

As cinzas na gelatina representam um componente residual após a queima completa do material orgânico. É recomendado que a gelatina mantenha um teor máximo de cinzas em torno de 2,6% (SILVA, 2010). Embora haja especificações para o limite de cinzas, sua relevância reside especialmente na indicação do conteúdo de cálcio, uma informação crucial em determinadas aplicações (ALFARO, 2008).

3.2.4.6 Cor

Em geral, as gelatinas comerciais apresentam tonalidades que variam de um amarelo pálido a um âmbar escuro. Apesar da relevância comercial da cor das gelatinas, ainda não há um método universalmente reconhecido para a sua mensuração (ALFARO, 2008).

3.2.4.7 Turbidez

A análise de turbidez é uma medida da opacidade ou transparência da gelatina. É uma característica importante, especialmente para aplicações culinárias, como geleias, sobremesas e caldos, onde a transparência pode ser desejada. A turbidez da gelatina é geralmente determinada por meio de espectrofotometria ou um nefelometria.

O método de análise de turbidez envolve a dispersão da gelatina em água e a medição da intensidade da luz dispersa ou transmitida. Quanto maior a turbidez, menor a transparência

da gelatina. O resultado é frequentemente expresso em unidades de turbidez, como NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) (DEZORDI et al., 2020).

3.2.4.8 Concentração

A contração da gelatina pode ser determinada através do uso de um refratômetro digital que é um processo simplificado e eficiente. Primeiramente, o refratômetro digital é devidamente calibrado, geralmente com água destilada, para garantir medições precisas. Em seguida, uma amostra da solução de gelatina é coletada e colocada sobre o prisma do refratômetro. O dispositivo digital exibe instantaneamente a concentração da gelatina na amostra, geralmente em uma tela numérica, permitindo um controle preciso da concentração do soluto na solução.

A determinação da concentração do caldo de gelatina é importante em etapas como a extração e a concentração, onde o conhecimento deste valor é crucial para determinar as ações nas etapas seguintes.

3.2.4.9 Ponto Isoelétrico

O ponto isoelétrico da gelatina varia consideravelmente de acordo com o método de processamento empregado. Gelatinas tratadas com ácido tendem a apresentar um ponto isoelétrico na faixa de pH 6,0 a 9,5, enquanto aquelas tratadas com álcali geralmente estão entre 4,8 e 5,2. A variação no ponto isoelétrico está associada à intensidade e duração do tratamento ácido ou alcalino, impactando a hidrólise das cadeias laterais dos aminoácidos asparagina e glutamina. No processo ácido, a limitada hidrólise resulta em um ponto isoelétrico maior, enquanto no tratamento alcalino mais intenso, como com soda cáustica ou longos processos alcalinos, há uma rápida hidrólise, resultando em um ponto isoelétrico menor (ALFARO, 2008).

O ponto isoelétrico da gelatina desempenha um papel fundamental em suas aplicações, especialmente em produtos com faixas de pH específicas (ALFARO, 2008). Além disso, o ponto isoelétrico influencia a solubilidade da gelatina e seu comportamento quando combinada a outros hidrocoloides carregados. Se misturada a um hidrocoloide com carga oposta, pode ocorrer a neutralização das cargas, levando à coacervação e tornando o gel turvo devido à precipitação de um dos hidrocoloides. Em contrapartida, quando combinada a um hidrocoloide de mesma carga, efeitos sinérgicos podem surgir, movendo o sistema para longe do ponto isoelétrico (DOS REIS, 2011).

O pH da solução influencia a carga efetiva da gelatina. Abaixo do ponto isoelétrico, a gelatina é considerada um biopolímero catiônico devido à presença dos grupos $-\text{NH}_3^+$, enquanto acima do ponto isoelétrico apresenta carga líquida negativa, sendo classificada como um biopolímero aniônico devido aos grupos $-\text{COO}^-$. No ponto isoelétrico, a carga efetiva é nula, resultando na gelatina eletricamente neutra (MALLMANN, 2010).

3.2.4.10 Formação de Gel

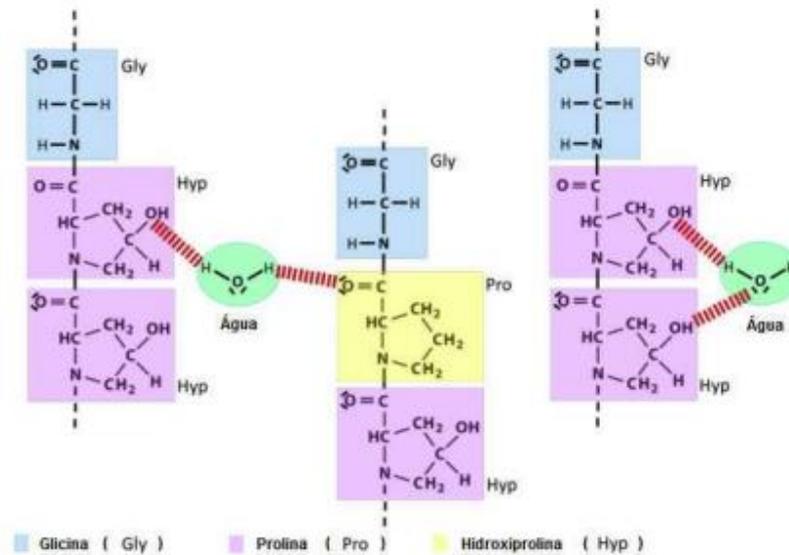
A formação do gel de gelatina é um processo complexo que envolve a transição de uma estrutura desenrolada para uma estrutura de tripla hélice. As zonas de junção formadas durante a gelificação são ricas em tripletos de aminoácidos específicos, como Gly-Pro-Hyp, desempenhando um papel crucial na formação dessas regiões helicoidais. A estabilidade dessas regiões é mantida por ligações de hidrogênio, interações de van der Waals e incorporação de moléculas de água, resultando na formação de domínios rígidos de longo alcance (MALLMANN, 2010).

A temperatura desempenha um papel crucial na transição da solução de gelatina entre o estado sólido e líquido, conhecidos como temperatura de gelificação e fusão. Essas propriedades são influenciadas pela proporção dos aminoácidos prolina e hidroxiprolina presentes no colágeno original, pela massa molar e pelas complexas interações entre as cadeias moleculares presentes na gelatina (SILVA, 2010).

Quando a gelatina é colocada em água fria, ela incha devido à absorção de água. Ao ser aquecida acima do ponto de fusão, entre 27 e 34 °C, a gelatina se dissolve. O gel resultante é composto por cadeias moleculares longas e flexíveis, reticuladas em diversas posições, tornando-o extensível e predominantemente elástico (KEMPKA et al., 2012).

Quando soluções aquosas de gelatina resfriam, ocorre um aumento progressivo da viscosidade, levando à formação de um gel. Esse gel consiste em uma rede tridimensional de moléculas, ligadas por zonas de junção, capazes de reter grandes quantidades de água. Embora apresente características sólidas, é, na verdade, um material viscoelástico. Sua formação e propriedades são termorreversíveis, ou seja, quando aquecido, o gel volta ao estado líquido e vice-versa, devido às forças que favorecem o estado amorfo e as interações de pontes de hidrogênio (MORAES et al., 2018). A Figura 5 ilustra possíveis interações entre moléculas de água e gelatina.

Figura 5 - Pontes de hidrogênio formadas entre a água e aminoácidos constituintes das cadeias- α da gelatina.



Fonte: MORAES et al., 2018.

3.2.5 Fontes alternativas

A busca por fontes alternativas na obtenção de gelatina tem sido impulsionada por diversos fatores, incluindo a preocupação ambiental e a necessidade de diversificação das matérias-primas, bem como atender a demandas específicas de determinadas comunidades religiosas e, ao mesmo tempo, alinhar-se a uma consciência crescente sobre questões de saúde pública e ambientais associadas aos métodos tradicionais de obtenção de gelatina. Uma das motivações é a redução dos resíduos e impactos ambientais associados às indústrias convencionais, como no tratamento do couro bovino para produção de gelatina. Processos tradicionais usam produtos químicos, como soda cáustica, gerando subprodutos indesejáveis e resíduos contaminados com cromo, tornando essencial encontrar alternativas que minimizem esses impactos (ALMEIDA et al., 2012).

Nesse contexto, a gelatina de peixe surge como uma opção viável, sendo explorada em diversas aplicações, incluindo sobremesas, filmes para embalagens biodegradáveis e cápsulas. No entanto, seu uso é limitado em situações que não demandam uma força de gel muito elevada (SILVA, 2010). O interesse crescente por outras fontes de matéria-prima, como os pés de frango e subprodutos de peixe, está relacionado a preocupações de saúde pública, como a ocorrência de doenças, e também a questões socioculturais, como restrições religiosas quanto ao consumo de produtos derivados de mamíferos em certas comunidades (ALMEIDA, 2016).

A gelatina proveniente da pele e ossos de peixes de águas frias ou quentes, tem se mostrado uma alternativa promissora à gelatina derivada de mamíferos. Essa abordagem possui diversas vantagens, como a redução do risco de contaminação pela encefalopatia espongiforme bovina, além de torná-la uma opção mais aceitável para algumas práticas religiosas, como o Judaísmo e o Islamismo. Além disso, a utilização da pele de peixes como matéria-prima para a produção de gelatina reduz o desperdício gerado pela indústria pesqueira, transformando um subproduto em um recurso valioso, contribuindo assim para a minimização da poluição e a maximização da eficiência (VILCHES, 2019).

A gelatina de peixe difere significativamente da gelatina de origem mamífera, especialmente em sua composição de aminoácidos, resultando em temperaturas de gelificação e fusão mais baixas, levando a géis menos estáveis e propriedades reológicas inferiores. Essa instabilidade está ligada à menor presença de prolina e hidroxiprolina, aminoácidos cruciais na formação das ligações de hidrogênio na gelatina em soluções aquosas. Essa característica permite que a gelatina de peixe passe do estado gel para o estado sol em temperaturas mais baixas, adequando-se a processos de fabricação sem necessidade de aquecimento elevado. Além disso, as propriedades da gelatina de peixe variam significativamente dependendo da espécie de peixe utilizada no processo de extração (NUNES, 2014; VILCHES, 2019).

O processo de extração do colágeno para produção de gelatina a partir de peixes difere dos métodos aplicados em mamíferos devido às diferentes propriedades físicas e químicas desses materiais. Esse processo envolve temperaturas moderadas e considera fatores como a espécie de peixe, o pré-tratamento aplicado e as condições de extração (SANTOS, 2017).

3.2.6 Aplicações da Gelatina

A gelatina é um ingrediente versátil que desempenha um papel significativo em uma ampla variedade de aplicações em diversos setores, incluindo alimentos, farmacêutica, beleza e fotografia. A sua versatilidade e propriedades únicas a tornam um componente valioso em muitos produtos e processos.

A gelatina apresenta propriedades singulares que são difíceis de serem replicadas por outros hidrocoloides. É a única capaz de formar géis termorreversíveis com ponto de fusão próximo à temperatura corporal, um atributo especialmente relevante em aplicações alimentícias e farmacêuticas (ALMEIDA, 2016).

Devido às suas sequências de ácidos e aos inúmeros grupos funcionais, a gelatina é altamente adequada para produzir hidrogéis químicos na forma de folhas, filmes ou membranas,

por meio de reações com pequenas moléculas que contenham grupos funcionais, como o grupo aldeído (SOUSA, 2013). Sua baixa complexidade estrutural e obtenção acessível a um custo reduzido, derivada da proteína estrutural mais abundante encontrada no corpo animal, tornam-na biocompatível, biodegradável e, portanto, um material atraente para diversas aplicações tecnológicas (VILCHES, 2019).

A gelatina é uma verdadeira protagonista na indústria alimentícia, desempenhando papéis fundamentais na estabilidade, textura e qualidade de uma ampla variedade de produtos. Sua presença se estende por diferentes categorias alimentares, trazendo melhorias significativas tanto para a experiência sensorial quanto para as propriedades físico-químicas dos alimentos.

Na produção de alimentos, a gelatina atua como agente para melhora de elasticidade, consistência e estabilidade (ALFARO, 2008). Em produtos lácteos como iogurtes e queijos, ela desempenha um papel crucial ao evitar a sinerese, a separação de água que muitas vezes deteriora a qualidade do produto final. Ajustando a consistência de cremosa a quase sólida, a gelatina oferece uma textura desejada, mantendo a integridade e a sensação na boca (MOREIRA, 2008). Sua capacidade de gelificar a temperaturas baixas é particularmente útil em produtos como iogurtes, mousses lácteos e spreads com baixo teor de gordura (ALMEIDA, 2016).

Nos doces, bolos e tortas, a gelatina se torna um ingrediente-chave para dar forma e textura aos recheios e coberturas. Sua capacidade de melhorar a estabilidade e facilitar o corte desses produtos é uma vantagem significativa. Além disso, adiciona uma sensação cremosa e agradável ao paladar. Na confeitaria moderna, a gelatina é uma aliada na criação de coberturas e recheios diferenciados para uma infinidade de produtos, desde donuts até sobremesas mais elaboradas (FERREIRA, 2013).

A indústria de bebidas também se beneficia da gelatina, especialmente para remover substâncias que tornam turvos sucos, cervejas e vinhos (NUNES, 2014). As variantes específicas de gelatina, como as de baixo Bloom e as soluções líquidas de peptídeos de colágeno, são particularmente úteis, dispersando-se facilmente em bebidas frias sem gelificar (MOREIRA, 2008). Em combinação com outros agentes, como sílica ou bentonita, proporcionam uma excelente clarificação em cervejas e sucos, melhorando sua aparência e sabor (FERREIRA, 2013).

Além de suas propriedades tecnológicas, a gelatina é reconhecida por sua fácil dissolução, cor, transparência e sabor, características essenciais que influenciam diretamente

sua aplicabilidade e qualidade nos produtos alimentícios (SILVA, 2010). Consumida como sobremesa popular, a gelatina é facilmente assimilada pelo corpo e pode até auxiliar na digestão de outros alimentos, formando emulsões com gorduras e proteínas (NUNES, 2014).

Devido ao seu baixo teor calórico, a gelatina é frequentemente recomendada em dietas com foco em proteínas, sendo particularmente útil em alimentos destinados a praticantes de atividades esportivas. Além disso, é empregada em formulações alimentares para indivíduos diabéticos, ajudando a reduzir os níveis de açúcar. Sua eficácia como estabilizante a torna uma contribuição significativa na redução de gorduras trans, substituindo com sucesso a gordura em diversos produtos alimentares, como margarinas e outros cremes vegetais (SILVA, 2010).

A gelatina desempenha um papel essencial e versátil na indústria farmacêutica, sendo não tóxica, não alergênica e reconhecida como segura pela FDA (status GRAS), ela oferece excelente biocompatibilidade, alta pureza, baixa atividade imunológica e parâmetros físicos controláveis, tornando-se um ingrediente valioso na produção de produtos farmacêuticos e dispositivos médicos. Apresenta uma gama diversificada de aplicações que vão desde cápsulas até dispositivos médicos, sistemas carreadores de fármacos e até mesmo na regeneração de tecidos.

Uma das aplicações mais proeminentes é nas cápsulas de gelatina dura. Essas cápsulas oferecem uma série de vantagens cruciais, incluindo a proteção eficaz do fármaco, disfarce de características organolépticas desagradáveis, variedade de cores que auxiliam na identificação pelo paciente, poucos problemas de formulação e excelente biodisponibilidade da substância ativa (ROJAS, 2014). Além das cápsulas duras, a gelatina é empregada em cápsulas moles, veículos para princípios ativos, drageamento e microencapsulação de vitaminas, óleos e corantes. Sua versatilidade permite uma ampla gama de aplicações na formulação de medicamentos (FERREIRA, 2013).

Na medicina, a gelatina é usada em uma variedade de contextos, desde substitutos de plasma em cirurgias de emergência até peles artificiais, curativos e inserções oculares. Além disso, desempenha um papel vital em sistemas carreadores de fármacos, auxiliando na entrega controlada de substâncias ativas, e é empregada na engenharia e regeneração de tecidos (MORAES et al., 2018).

A gelatina também encontra aplicação como meio de cultura na indústria farmacêutica. Sua composição constante a torna uma fonte complexa de nitrogênio ideal para o crescimento de diversos tipos de culturas celulares (MOREIRA, 2008). Além disso, a gelatina é utilizada

como emulsificador, expensor de plasma, ingrediente em formulações de drogas e selante para próteses vasculares (NUNES, 2014).

A gelatina desempenha um papel fundamental na indústria fotográfica, em seu núcleo, essa gelatina abriga o material responsável pela formação da imagem visual, proporcionando uma camada protetora essencial para assegurar a durabilidade e a estabilidade da imagem ao longo do tempo (ROJAS, 2014).

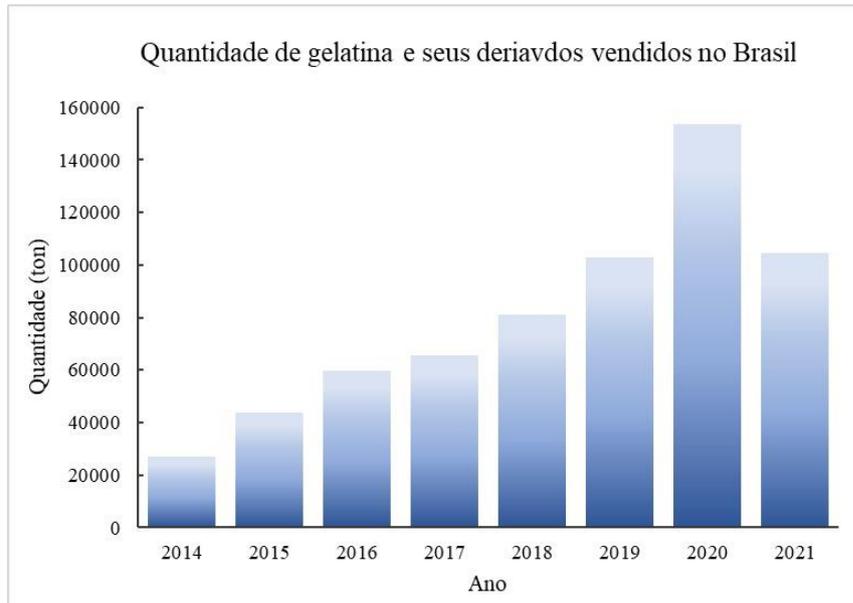
Como agente fixador, a gelatina fotográfica assume um papel crucial em produtos sensíveis à luz devido às suas propriedades de formação de gel e capacidade de criar películas ideais para revestimentos brilhantes, uniformes e duráveis (ALMEIDA, 2016). Esse aspecto torna a gelatina um componente vital na produção de materiais fotográficos para diversas aplicações, abrangendo desde as artes gráficas até a fotografia profissional e amadora. Além disso, é empregada em filmes de diagnósticos médicos e em aplicações especializadas, como produtos para testes industriais não destrutivos (NDT), imagens tridimensionais e itens relacionados à imagem digital (MOREIRA, 2008).

As gelatinas provenientes de mamíferos apresentam propriedades reológicas superiores em relação às de peixe, expandindo sua aplicabilidade. Contudo, as gelatinas de peixe, de baixa temperatura de fusão, destacam-se na manufatura de produtos específicos, conferindo-lhes maior valor comercial do que a gelatina de mamíferos, frequentemente empregada como aditivo alimentar. Essas aplicações incluem seu uso como agente de cobertura e como base para fotoresistores solúveis em água, notavelmente utilizados na composição de tubos de televisão (ALFARO, 2008).

3.2.7 Mercado de Gelatina

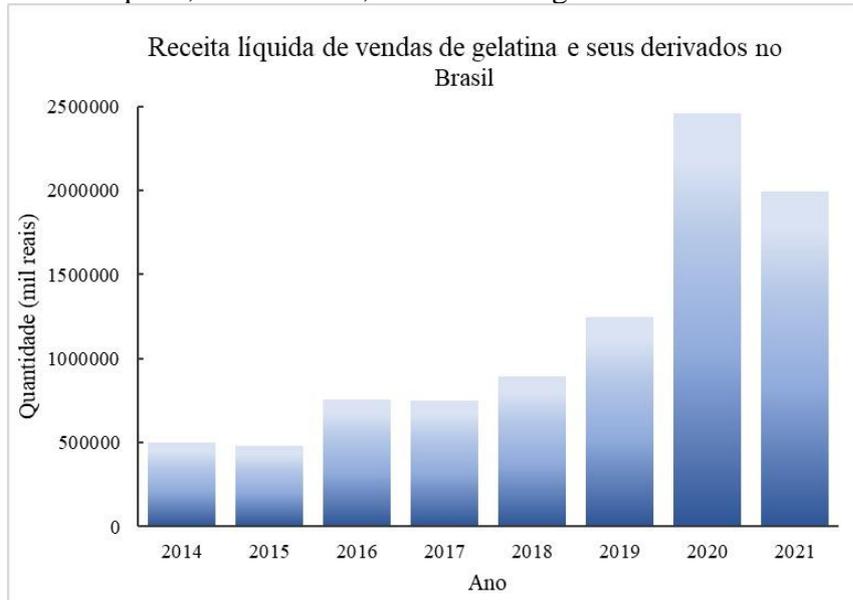
No Brasil, a produção de gelatina e seus derivados ascendeu de 26.803 toneladas em 2014 para 153.497 toneladas em 2020, experimentando uma subsequente diminuição para 104.368 toneladas em 2021. Em termos de receita líquida proveniente das vendas, essa evolução foi marcada por um valor de R\$501.572,0 em 2014, atingindo o ápice de R\$2.458.082 em 2020, com um declínio subsequente para R\$1.992.637 (IBGE, 2021). Estes valores podem ser observados nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Quantidade, em toneladas, de gelatina e seus derivados vendidos no Brasil de 2014 a 2021.



Fonte: IBGE, 2021.

Figura 7 – Receita líquida, em mil reais, de vendas de gelatina e seus derivados no Brasil.



Fonte: IBGE, 2021.

O mercado de gelatina está em pleno crescimento e expansão, impulsionado por uma variedade de fatores que estão moldando esse setor de maneira significativa. De acordo com análises, a indústria de balas de gelatina Haribo®, especificamente, está projetada para dobrar seu tamanho no Brasil até 2026. Esse crescimento é reflexo de um aumento notável na demanda por produtos que contenham gelatina, em especial as balas de goma, que têm ganhado popularidade entre os consumidores (ABRAS,2022).

Além disso, o mercado de colágeno e gelatina no Brasil tem se mostrado promissor e em expansão, com previsões otimistas de crescimento. O país tem conquistado espaço significativo no mercado internacional, como é o caso da recente abertura do mercado egípcio para os produtos brasileiros de colágeno e gelatina. Outro ponto notável é a conquista do mercado de gelatina e colágeno bovinos do Brasil em Singapura, abrindo portas para oportunidades de exportação e crescimento ainda maior para a indústria nacional (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2023). Essa abertura representa uma oportunidade importante para as empresas nacionais, mostrando o reconhecimento da qualidade e competitividade desses produtos brasileiros no cenário global (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS BRASIL-ÁRABE, 2023).

O crescimento desse mercado é atribuído a vários fatores, incluindo avanços tecnológicos na produção, uma maior consciência dos consumidores sobre os benefícios do colágeno e da gelatina para a saúde, além de uma demanda crescente por produtos naturais. Esses itens são cada vez mais valorizados por suas propriedades funcionais em setores alimentícios, farmacêuticos e de beleza, impulsionando o mercado de gelatina e colágeno para novos patamares de desenvolvimento (OLIVER, 2023).

Em resumo, o mercado de gelatina e colágeno está experimentando um crescimento considerável e promissor no Brasil e no exterior, impulsionado pela demanda crescente por produtos alimentícios saudáveis, funcionais e de origem animal, além de uma maior aceitação e reconhecimento da qualidade dos produtos brasileiros nos mercados globais. Essa tendência positiva aponta para um futuro promissor e oportunidades significativas para a indústria nacional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O colágeno, uma proteína tão multifacetada e essencial, transcende suas funções estruturais nos organismos vivos para se tornar um protagonista nos campos da indústria, saúde e bem-estar humano. Sua complexidade molecular e versatilidade aplicada nos mais diversos setores refletem não apenas a sua importância biológica, mas também o vasto potencial econômico e terapêutico que essa substância oferece.

A diversidade de fontes de colágeno revela um panorama promissor para sua utilização, especialmente em relação às alternativas marinhas e avícolas, que surgem como opções viáveis, superando algumas limitações associadas às fontes tradicionais. Essa expansão no espectro de fontes não apenas aborda preocupações de segurança alimentar e questões culturais, mas também oferece oportunidades para uma produção mais sustentável.

O cenário de pesquisa e desenvolvimento em torno do colágeno é efervescente, impulsionado pelo seu potencial em diversas áreas, desde a regeneração tecidual até a indústria cosmética e farmacêutica. A capacidade de modificar suas propriedades por meio da hidrólise abre portas para a criação de derivados como gelatina e peptídeos, ampliando ainda mais seu escopo de aplicações, seja na área alimentícia com suas propriedades funcionais ou na esfera terapêutica com suas funções biológicas específicas.

A gelatina, um polímero de natureza versátil e estrutura intrigante, é resultado direto da transformação do colágeno, revelando-se como um recurso multifacetado na indústria e na nutrição humana. Sua composição química diversificada e sua capacidade única de formar géis têm sido fundamentais para seu amplo emprego em setores tão distintos quanto alimentício, farmacêutico, fotográfico e cosmético.

A composição química detalhada revela uma abundância de aminoácidos, dos quais a glicina, a prolina e a hidroxiprolina emergem como protagonistas, moldando não apenas as propriedades estruturais, mas também influenciando as temperaturas de fusão e gelificação. Apesar de sua riqueza em aminoácidos essenciais, a ausência do triptofano limita seu status como fonte nutricional completa.

A produção de gelatina é um processo complexo e meticuloso, dividido em etapas distintas que visam transformar o colágeno em um produto final de alta qualidade e pureza. Desde o pré-tratamento da matéria-prima até as fases finais de purificação, concentração e secagem, cada etapa desempenha um papel crucial na obtenção da gelatina. A tecnologia

empregada nas diversas fases do processo influencia diretamente na qualidade e na eficiência da produção de gelatina

A produção de gelatina é um exemplo marcante de como o controle preciso de variáveis e a aplicação de diferentes métodos e equipamentos podem transformar uma matéria-prima complexa em um recurso valioso e versátil. O entendimento detalhado desses processos é fundamental para garantir a qualidade e a eficiência na fabricação desse importante componente utilizado em várias indústrias.

O estudo abrangente sobre a obtenção, aplicações e mercado da gelatina revela um cenário multifacetado, onde a versatilidade dessa substância desempenha um papel central em diversas indústrias. Esse ingrediente valioso é um componente-chave em uma infinidade de produtos e processos, impulsionando o desenvolvimento de novas técnicas e fontes alternativas para sua produção.

As aplicações da gelatina são vastas e variadas, mostrando sua relevância em inúmeras indústrias. Na alimentação, ela desempenha papéis cruciais na estabilidade, textura e qualidade de uma ampla gama de produtos, desde lácteos até confeitos e bebidas. Seu papel na indústria farmacêutica vai desde cápsulas até sistemas de liberação controlada de medicamentos e dispositivos médicos, destacando-se pela sua biocompatibilidade e versatilidade. Na indústria fotográfica, a gelatina é um elemento vital para a formação de produtos sensíveis à luz, garantindo durabilidade e estabilidade às imagens.

A evolução contínua na obtenção da gelatina tem sido marcada por avanços tecnológicos que visam aprimorar sua qualidade e eficiência, seja por meio de métodos tradicionais com mamíferos ou pela exploração de fontes alternativas, como a gelatina de pescado. Essa busca por diversificação não apenas responde à demanda por produtos mais sustentáveis e saudáveis, mas também atende a necessidades específicas de comunidades religiosas e oferece alternativas aos métodos convencionais de obtenção.

O mercado de gelatina está em crescimento, alimentado pela demanda crescente por produtos naturais e funcionais. O Brasil tem conquistado espaço significativo nesse mercado internacional, expandindo suas exportações para países como Egito e Singapura, demonstrando a qualidade e competitividade dos produtos brasileiros nesse setor em escala global.

Entretanto, mesmo com esses avanços, há desafios a serem enfrentados, como a busca por fontes alternativas viáveis que mantenham a qualidade da gelatina em diversos contextos

de aplicação e a necessidade de continuar aprimorando os processos de obtenção para garantir a sustentabilidade e minimizar os impactos ambientais.

Em síntese, o panorama da gelatina reflete não apenas sua importância como ingrediente essencial em várias indústrias, mas também a busca incessante por inovação, sustentabilidade e qualidade. O futuro desse setor parece promissor, com oportunidades crescentes de crescimento e expansão em escala global, impulsionadas por uma demanda cada vez maior por produtos de alta qualidade e funcionalidade.

REFERÊNCIAS

- ABRAS. Indústria de balas de gelatina vai dobrar de tamanho até 2026. **SuperHiper**, São Paulo, 16 jun, 2022. Disponível em: <https://superhiper.com.br/industria-de-balas-de-gelatina-vai-dobrar-de-tamanho-ate-2026/>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- AGÊNCIA DE NOTÍCIAS BRASIL-ÁRABE, Egito abre mercado para colágeno e gelatina brasileiros. **Monitor Mercantil**, 22 mai. 2023. Disponível em: <https://monitormercantil.com.br/egito-abre-mercado-para-colageno-e-gelatina-brasileiros/>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- ALFARO, Alexandre da Trindade. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. 2008. Tese de Doutorado. Rio Grande do Sul.
- ALMEIDA, Poliana Fernandes de. **Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em spread de chocolate**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, Poliana Fernandes de. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2012.
- BEZERRA, Katyanna Sales. **Análise in silico da interação entre a integrina $\alpha 2\beta 1$ e o colágeno**. 2016. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- COSTA, Beatriz da; PORTO, Ana Lúcia; OLIVEIRA, Vagne; PORTO, Tatiana. **HIDROLIZADOS DE COLÁGENO, SEUS PRODUTOS E SUAS BIOATIVIDADES: uma mini-revisão**. Ciência, Tecnologia e Inovação: do campo à mesa, [S.L.], n. 15, p. 1-15, 2020. Instituto Internacional Despertando Vocações.
- DE MORAES, Marisa Correa. **Produção de hidrolisados de colágeno visando diferentes aplicações tecnológicas**. 2012. Tese de Doutorado. [sn].
- DEZORDI, Rafael et al. **Análise espacial da turbidez no compartimento aquático São Francisco verdadeiro, reservatório de Itaipu, PR**. 2020
- DOS REIS, Cathia. **Avaliação da capacidade emulsificante de gelatina acilada**. 2011. 128 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

FERREIRA, Mirele Fernandes. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GASPARDI, Ana Laís Andrade. **Atividade hipoglicemiante e antioxidante de peptídeos de colágeno hidrolisado de diferentes espécies**. 2021.

GIL, Camila Silva Brey. **Materiais à base de colágeno com capacidade de autorreparo**. 2013.

HORN, Marília Marta. **Obtenção e caracterização de hidrogéis de quitosana, xantana e colágeno aniônico**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

IBGE, **Pesquisa Industrial Anual – Produto**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7752>. Acesso em: 13 out. 2023.

KEMPKA, Anieli Pinto et al. **Desenvolvimento de matriz de imobilização de lipase utilizando gelatina de diferentes blooms adicionada de plastificantes hidrofílicos**. 2012.

MALLMANN, E. J. J. **Obtenção de um novo compósito biológico com propriedades magnéticas**. Fortaleza, CE: Dissertação (Mestrado em Química)-Departamento de Química Analítica e Físico-Química, 2010.

MAMANI, Hulda Noemí Chambi. **Desenvolvimento de filmes a partir de caseína e gelatina modificadas enzimaticamente com tripsina e transglutaminase**. 2004. Tese de Doutorado. [sn].

MILAN, Eduardo Pedro. **Quitosana, Colágeno, Mangostão: preparo e caracterização de scaffolds e géis**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Brasil conquista mercado de gelatina e colágeno bovinos em Singapura. **Agência Gov**, 13 nov. 2023. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202311/brasil-conquista-mercado-de-gelatina-e-colageno-bovinos-em-singapura>. Acesso em: 23 nov. 2023.

MORAES, Dayane Dotto de. **Desenvolvimento e caracterização de membrana de gelatina/quitosana com nanopartículas de prata**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORAES, Glauber de Sousa et al. **Desenvolvimento de tubos bioabsorvíveis de gelatina/quitosana**. 2018.

MOREIRA, Anderson Luís. **Caracterização estrutural e eletrointercalação de íons lítio em compósitos V2O5/Gelatina**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOREIRA, Silvana Cláudia Pereira Araújo. **Estudo da obtenção de Gelatina a partir de Raspa Wet-Blue da Indústria de Curtumes**. 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico do Porto (Portugal).

NISHIHORA, Rafael Kenji et al. **Propriedades de filmes de gelatina reticulados por via enzimática e física**. 2015.

NUNES, Yana Luck. **Desenvolvimento de bioblendas poliméricas a partir de gelatina bovina e de tilápia com amido de milho**. 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado em Processamento de Materiais a partir do Pó; Polímeros e Compósitos; Processamento de Materiais a part) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

OLIVER, Francisco Carlos. Indústria de gelatina e colágeno: mercado em ascensão. **Jornal do Comércio do Ceará**, Ceará, 08 jun. 2023. Disponível em: <https://jcece.com.br/industria-de-gelatina-e-colageno-mercado-em-ascensao/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PALAZZO, Alessandra Bugatte. **Análise tempo-intensidade, perfil descritivo e estudo de consumidor de gelatinas tradicionais e diet sabor framboesa**. 2008. Tese de Doutorado. [sn].

RODRIGUES, Vergimari. **Análise dos efeitos do colágeno bovino e derivados na proliferação celular e biossíntese de colágeno em fibroblastos humanos**. São Paulo, 2009.

ROJAS, Valquiria Maeda. **Extração e caracterização de gelatina de subprodutos suínos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SANTOS, Jaqueline Pozzada dos. **Efeito da reticulação química nas gelatinas de peles e ossos de tilápia e de carpa e na produção de filmes biopoliméricos**. 2017. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, T. M. dos. **Influência de nanocristais de celulose sobre as propriedades de filmes de gelatina de resíduos de tilápia**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVA, Roberto de Souza Gomes da. **Obtenção de gelatina utilizando cabeças de carpa comum (Cyprinus carpio): Avaliação das etapas de pré-tratamento e extração.** 2010. Dissertação de Mestrado.

SILVA, Tatiane Ferreira da; PENNA, Ana Lúcia Barretto. Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, p. 530-539, 2012.

SOUSA, Lorena Oliveira de. **Obtenção e caracterização de membrana de gelatina e membrana de gelatina com prata para uso em regeneração tecidual guiada.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TAKINAMI, Patrícia Yoko Inamura. **Obtenção de Biopolímeros de Gelatina por Radiação Ionizante.** 2014. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências - Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VILCHES, José Luiz. **Preparação e caracterização de membranas microfibras de gelatina obtida de resíduo de Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus).** 2019.

VULCANI, Valcinir Aloisio Scalla. **Matrizes de colágeno para liberação controlada de progesterona.** 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.