

NUTRIFIS

A FÍSICA PRESENTE NOS
ALIMENTOS



Clarissa Caldeira Andrade
Rafael Alves Vieira Correia
Thailla Lima dos Anjos
Marianne Louise Marinho Mendes
Paulo Gustavo Serafim de Carvalho

NUTRIFIS: a Física presente nos alimentos



Todo o conteúdo apresentado neste livro é de
responsabilidade do(s) autor(es).
Esta obra está licenciada com uma Licença
Creative Commons Atribuição-SemDerivações
4.0 Internacional.

Conselho Editorial

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA
(Editor-Chefe)
Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA
Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP
Prof.^a. Dr.^a. Raquel Silvano Almeida-Unespar
Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA
Prof.^a. Dr.^a. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro
Prof.^a. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves-IFF
Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ
Prof. Dr. Rodrigo Luiz Fabri-UFJF
Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEMA
Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE
Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA
Prof. Dr. Deivid Alex dos Santos-UEL
Prof.^a Dr.^a. Maria de Fatima Vilhena da Silva-UFPA
Prof.^a Dr.^a. Dayse Marinho Martins-IEMA
Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM
Prof.^a Dr.^a. Elane da Silva Barbosa-UERN
Prof. Dr. Piter Anderson Severino de Jesus-Université Aix Marseille

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora

Clarissa Caldeira Andrade
Rafael Alves Vieira Correia
Thailla Lima dos Anjos
Marianne Louise Marinho Mendes
Paulo Gustavo Serafim de Carvalho

NUTRIFIS: a Física presente nos alimentos

1ª Edição

Belém-PA
RFB Editora
2023

© 2023 Edição brasileira
by RFB Editora
© 2023 Texto
by Autor
Todos os direitos reservados

RFB Editora
CNPJ: 39.242.488/0001-07
www.rfbeditora.com
adm@rfbeditora.com
91 98885-7730
Belém, Pará, Brasil

Editor-Chefe
Prof. Dr. Ednilson Souza
Diagramação
Worges Editoração
Capa
Autores

Revisão de texto
André Luiz Cavanha
Bibliotecária
Janaina Karina Alves Trigo
Ramos-CRB 8/9166
Produtor editorial
Nazareno Da Luz

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)



N976

NUTRIFIS: a Física presente nos alimentos / Clarissa Caldeira Andrade *et al.* – Belém: RFB, 2023.

Outros autores
Rafael Alves Vieira Correia
Thailla Lima dos Anjos
Marianne Louise Marinho Mendes
Paulo Gustavo Serafim de Carvalho

Livro em pdf.
70p.

ISBN 978-65-5889-769-9
DOI 10.46898/rfb.52fcc4e3-cdfb-46bd-adad-0792ca6e8071

1. Água nos alimentos e sua interconexão com a física. I. Andrade, Clarissa Caldeira *et al.* II. Título.

CDD 530

Índice para catálogo sistemático

I. Física.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão à Universidade de Pernambuco, em especial à sua Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD), pelo apoio essencial fornecido via aprovação em editais de Inovação Pedagógica e de Monitoria, bem como à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), por suporte por meio do Programa de Bolsas de Incentivo Acadêmico (BIA). Sem seus distintos financiamentos e auxílio, esse projeto não teria se concretizado.

Acreditamos sinceramente que o apoio dessas instituições não apenas possibilitou a publicação desta obra, mas também contribuiu para o avanço do conhecimento e para o enriquecimento da comunidade acadêmica.

Por fim, somos gratos por termos tido a oportunidade de contar com esses comprometidos e visionários apoios, que acreditam no potencial dos projetos pedagógicos e intelectuais como forma de melhoria da qualidade do ensino dos cursos de graduação da UPE. Esperamos que essas parcerias continuem a inspirar e impulsionar outros autores e pesquisadores a alcançar seus objetivos.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este livro aos exploradores destemidos que desbravam o vasto território entre a Bioquímica dos Alimentos e a Física.

Àqueles que concebem que a compreensão completa dos processos alimentares exige uma abordagem interdisciplinar, que une os princípios da bioquímica e as leis da física.

Aos cientistas apaixonados que enxergam além das fronteiras disciplinares, buscando conexões entre os mundos microscópico e macroscópico, e revelando os segredos ocultos nos alimentos que consumimos.

Aos estudantes e pesquisadores que buscam a sinergia entre as moléculas e as forças, entre as estruturas e as propriedades, a fim de compreender como a física atua nos processos bioquímicos dos alimentos.

Aos educadores que desafiam as convenções acadêmicas, trazendo para suas salas de aula a intersecção entre a bioquímica e a física, inspirando novas gerações a explorar os mistérios dessa fascinante interdisciplinaridade.

A todos que se dedicam a desvendar os enigmas e desafios que surgem na interface entre a Bioquímica dos Alimentos e a Física.

Que estas páginas sirvam como um guia, uma fonte de inspiração e um convite para explorar os caminhos fascinantes que se abrem quando unimos essas disciplinas aparentemente distantes.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
CAPÍTULO 1	
ÁGUA NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA.....	11
1.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA	12
1.2 A ÁGUA NOS ALIMENTOS	19
1.2.1 A Água e a conservação dos alimentos	22
1.2.1.1 Liofilização	25
CAPÍTULO 2	
CARBOIDRATOS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA	27
2.1 O POLARÍMETRO.....	29
2.3 REAÇÕES DE CARAMELIZAÇÃO E MAILLARD	30
2.4 AMIDO E VISCOSIDADE	34
2.4.1 Amido modificado	37
CAPÍTULO III	
PROTEÍNAS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA.....	39
3.1 PROPRIEDADES DAS PROTEÍNAS	41
3.2 PROTEÍNAS E TEMPERATURA	42
3.3 ENZIMAS E REAÇÕES.....	43
3.3.1 Efeito das enzimas nos alimentos	46
CAPÍTULO IV	
LIPÍDIOS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA.....	49
4.1 HIDROGENAÇÃO E INTERESTERIFICAÇÃO LIPÍDICAS.....	51
4.2.1 Rancidez Hidrolítica e Oxidativa.....	55
4.2.2 Propriedades Físicas dos Lipídios	56
CAPÍTULO V	
CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXPERIÊNCIA	61
REFERÊNCIAS	64
ÍNDICE REMISSIVO.....	67
SOBRE OS AUTORES	68

APRESENTAÇÃO

Os projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Nutrição devem aderir às diretrizes e regulamentos educacionais em vigor. Dessa forma, suas matrizes curriculares precisam abranger tópicos das Ciências Biológicas e da Saúde, Ciências Sociais, Humanas e Econômicas, Ciências da Alimentação e Nutrição e Ciência dos Alimentos.

Nesse contexto formativo, a Ciência dos Alimentos é de suma importância para o profissional de nutrição, uma vez que estuda os alimentos considerando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e suas relações com a estabilidade, custo, processamento, segurança, valor nutricional, salubridade e conveniência, sendo um ramo das ciências biológicas e um tópico interdisciplinar.

Dentre todos os componentes curriculares na área de Ciência dos Alimentos, a Bioquímica dos Alimentos merece a ressalva por ser a porta de entrada no mundo dessa ciência e aprendizado. Como tal, comumente estuda os componentes dos alimentos e o conhecimento e controle de suas reações, abordando alterações de ordem química, bioquímica e fisiológica que afetam a qualidade e interferem na conservação dos alimentos. Contudo, trabalha fortemente com conceitos, informações e temáticas que foram repassadas aos discentes antes de sua entrada na universidade em disciplinas muitas vezes negligenciadas como a Física.

Ao longo de 10 anos trabalhando-se com a referida disciplina, ficou evidente que alunos frequentemente enfrentam dificuldades ao relacionar física e alimentos, o que afeta seu entendimento. Para superar isso, foram criados três projetos: “NUTRIFIS: a Física presente na Ciência dos Alimentos”, “Monitoria em Bioquímica dos Alimentos: construindo pontes de saberes” e “NUTRIFIS: a física

presente nos alimentos”. Esses projetos buscaram melhorar o ensino-aprendizagem, promovendo a compreensão da física nos alimentos e demonstrando conexões entre disciplinas. Isso envolveu mapear tópicos relacionados entre Bioquímica dos Alimentos e Física e usar recursos tecnológicos, como câmeras, microfones, redes sociais, e-books, entre outros, para apoiar o ensino. Este livro eletrônico explora a interação entre essas disciplinas, compartilhando estratégias pedagógicas que promovem o uso de tecnologia no ensino. Cada capítulo aborda temas específicos, destacando o uso de tecnologia em sala de aula, a interconexão entre ciência e inovação educacional.

CAPÍTULO 1

ÁGUA NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA

A água é a substância mais abundante na Terra, constituindo 70% do corpo humano e desempenhando um papel vital na manutenção da vida. Além disso, influencia a qualidade e durabilidade dos alimentos, afetando seus atributos sensoriais e prazo de validade devido à sua presença, que torna os alimentos suscetíveis à deterioração e contaminação por microrganismos, bem como ocorrência de reações químicas e enzimáticas.

Assim, a conservação de alimentos frequentemente se baseia na quantidade de água que contêm. Portanto, o estudo científico e acadêmico da água nos alimentos é crucial. Em disciplinas como Bioquímica dos Alimentos, a compreensão de conceitos relacionados à água é essencial para os estudantes. Isso envolve entender as propriedades físico-químicas da água, suas constantes físicas e seu papel na conservação de alimentos, incluindo processos como a liofilização.

Nesse contexto, é importante estabelecer conexões entre a água nos alimentos e outras disciplinas, destacando a interconexão do conhecimento como um meio de construir uma aprendizagem significativa. No caso da Bioquímica dos Alimentos, é necessário revisar conceitos da física do ensino médio para compreender plenamente como a água interage com os alimentos e suas implicações.

1.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

A molécula de água, cuja fórmula química é H_2O , apresenta propriedades únicas e específicas, tais como elevados pontos de fusão, ebulição, calor específico e condutividade elétrica, os quais proporcionam a esta características que se diferem de qualquer outra substância existente. Assim, a água é considerada o solvente mais eficiente do planeta e por isso é intitulada de “solvente universal”,

sendo capaz de se associar a diversas substâncias, além de participar como meio para diversas reações físico-químicas (Parron; Muniz; Pereira, 2011).

O que permite a essa molécula ser tão versátil é sua polaridade e capacidade de mudança, conforme as condições de temperatura e pressão a que esta for submetida. Quimicamente, trata-se de uma molécula polar, composta por dois átomos de hidrogênio, atraídos por uma força elétrica covalente a um átomo de oxigênio. Além disso, sua estrutura atômica permite a possibilidade de grande afinidade e poder de interação com outras moléculas, as quais serão importantes para compreender suas propriedades (Lajolo; Mercadante, 2018).

Sabe-se que a água pode ser encontrada na natureza em três estados físicos: sólido, caracterizado por uma estrutura mais ordenada e forte interação entre as moléculas; líquido, no qual as moléculas se mantêm relativamente próximas, porém desorganizadas; e gasoso, em que as moléculas se encontram livres e afastadas, sem forma definida (Lajolo; Mercadante, 2018).

Diante disso, para a exposição do conteúdo “Água e suas propriedades físico-químicas”, os pesquisadores desenvolveram um vídeo informativo, dinâmico, com explanação descomplicada e voltado especialmente para o público-alvo do projeto. O conteúdo inicialmente apresentou as características e funcionalidades da molécula de água e, em seguida, discutiu-se sobre os estados físicos e fenômenos que ela sofre no ambiente. O vídeo foi narrado pelos comunicadores, enquanto ilustrações correspondentes ao conteúdo apareciam no decorrer da apresentação.

O objetivo dessa ferramenta foi propor um modelo audiovisual resumido e criativo para chamar atenção e estimular a interação com as pessoas que acompanhavam o conteúdo. A narração trouxe

dinamismo às imagens, enquanto a parte visual permitiu observar especificamente como determinadas reações funcionam ou acontecem. A seguir, observa-se na figura o vídeo elaborado com o respectivo link de acesso.

Figura 1. Vídeo sobre água e suas propriedades físico-químicas



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)


Após abordagem inicial dos conceitos físico-químicos da água, fez-se necessário aprofundar sobre as características físicas da água, sobretudo porque o conhecimento dessas propriedades é de extrema importância para o progresso do ramo alimentício, preservação de alimentos e de pesquisas relacionadas à saúde humana. A água tornou-se ferramenta central tanto no meio acadêmico, quanto no ensino básico e nas principais indústrias de produção, devido à sua vasta importância bioquímica.

Assim, para esse tema, procedeu-se à elaboração de dois vídeos didáticos e autoexplicativos, cuja duração variou de 2 a 3 minutos cada, sendo empregados exemplos do cotidiano para ilustrar e elucidar as propriedades fundamentais em discussão. Devido à complexidade intrínseca do tema abordado, a escolha da ferramenta

audiovisual (vídeo) revelou-se a mais apropriada, uma vez que permitiu aos interlocutores transformarem uma linguagem de difícil compreensão (concernente aos conceitos físicos) em uma exposição mais concisa e acessível.

Para garantir a eficiência do material, concentramos nas constantes essenciais para o entendimento do assunto. Abordamos as propriedades físicas: peso molecular, densidade, viscosidade, tensão superficial, calor específico, temperatura crítica e pressão crítica. Essa estratégia visa abranger o conteúdo sem excessos, evitando torná-lo extenso. As informações detalhadas estão no vídeo e o resultado final é mostrado em uma tabela, conforme a Figura 2.

Figura 2. Vídeo sobre constantes físicas da água e propriedades fundamentais



Constantes físicas	Valores
Peso molecular	18,01534

Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

A densidade da água representa sua capacidade de compactação e varia com o estado físico e temperatura. No estado líquido, a densidade é 1g/cm^3 , enquanto no estado sólido (gelo) é $0,92\text{g/cm}^3$ devido às ligações de hidrogênio que criam uma rede cristalina com menor densidade do que a água líquida.

De forma experimental, procedeu-se à comparação da densidade da água em diferentes condições: pura e adicionada de sal, utilizando um ovo como objeto de análise. O intuito foi demonstrar a modificação da densidade da água pelo acréscimo de sal, resultando no fenômeno de flutuação do ovo. Por outro lado, na água pura, o ovo apresentou uma tendência a afundar no recipiente. A Figura 3 ilustra o experimento realizado, retirado do vídeo produzido para essa finalidade.

Figura 3. Experimento com ovo, água pura e água com sal



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

A viscosidade, por sua vez, é uma característica física de extrema importância presente na água. Sua definição refere-se à resistência de um fluido, no caso a água, ao escoamento, ou seja, a capacidade do líquido de se opor ao movimento. Fluidos com maior viscosidade apresentam maior dificuldade em escoar sobre uma superfície, enquanto fluidos com menor viscosidade fluem mais facilmente. É fundamental destacar que a temperatura desempenha um papel significativo na determinação da viscosidade, visto que maiores temperaturas resultam em menor viscosidade, e vice-versa. Para

ilustrar esse conceito no cotidiano, podemos comparar a resistência ao escoamento da água e do óleo, o que nos permite perceber as diferenças em suas viscosidades, refletidas nas velocidades de escoamento de ambos os fluidos.

A Figura 4, obtida do vídeo produzido, demonstra essa comparação. Nota-se que o óleo possui menor velocidade de escoamento devido à sua maior viscosidade em relação à água, que, por sua vez, flui de forma mais rápida devido à sua menor viscosidade.

Figura 4. Experimento com água e óleo



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

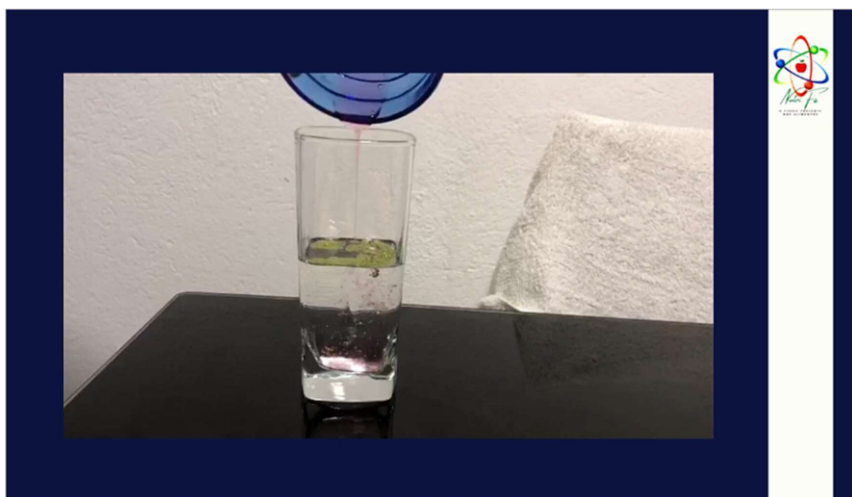
A tensão superficial ocorre devido às ligações de hidrogênio entre moléculas de água, criando uma camada elástica na superfície líquida. Essa camada age como uma membrana resistente.

Um experimento simples, envolvendo *glitter*, água e detergente, pode servir como exemplo ilustrativo do conceito apresentado, conforme visualizado na Figura 5. Ao adicionar *glitter* à água pura, o *glitter* repousa sobre a superfície devido à presença da tensão superficial. No entanto, ao gotejar detergente no recipiente, as

ligações intermoleculares são quebradas, o que permite que o *glitter* afunde na água.

Essa característica da tensão superficial é responsável por diversos fenômenos naturais e processos tecnológicos relevantes em áreas como física, química, biologia e engenharia, proporcionando uma compreensão mais profunda da dinâmica dos fluidos.

Figura 5. Experimento com glitter e detergente



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

No que tange ao calor específico, destaca-se que essa grandeza é determinada pela quantidade de calor necessária para elevar em um grau Celsius a temperatura de um grama de substância. Quanto maior for o calor específico de uma substância, maior será a quantidade de calor necessária para promover variações de temperatura, seja fornecendo ou retirando calor. Essa propriedade é relevante em diversas áreas científicas, contribuindo para a compreensão de fenômenos térmicos, além de ter implicações significativas em aplicações tecnológicas e climáticas.

Por fim, ressaltaram-se mais duas propriedades físicas de suma importância para o estudo da água nos alimentos: a temperatura

crítica e a pressão crítica. A temperatura crítica da água é estabelecida em 374,99°C, indicando que acima dessa temperatura a substância só pode existir em seu estado gasoso. Mesmo que a pressão seja aumentada, a água permanecerá na fase gasosa, incapaz de fazer a transição para o estado líquido, devido essencialmente ao fato de suas moléculas apresentarem pouca ou nenhuma interação entre si.

Quanto à pressão crítica, seu valor é de 22,064 MPa (Mega Pascal) e define o ponto na escala de temperatura e pressão em que uma substância líquida pode coexistir com seu vapor. Em outras palavras, corresponde à pressão correspondente ao ponto crítico da substância.

Essas propriedades, temperatura crítica e pressão crítica, são relevantes para estudos termodinâmicos e têm implicações significativas em campos como a engenharia, geofísica e outras áreas que investigam os estados da matéria e seus comportamentos em diferentes condições de temperatura e pressão.

1.2 A ÁGUA NOS ALIMENTOS

O entendimento das propriedades físico-químicas da água é crucial para compreender sua presença em substâncias e sua importância para o corpo humano. Isso ajuda a relacionar a água com suas aplicações. Muitos alimentos têm a água como componente principal devido à sua proporção significativa em comparação com outros constituintes (Dala-Paula, 2021).

Diante dessa premissa, tornou-se vital explorar a presença da água em alimentos, abordando seus aspectos físicos e químicos. Para isso, criamos um *post* no *Instagram* para explicar como a água está presente em alimentos comuns, como frutas, verduras, arroz e carne, atendendo a públicos leigos e acadêmicos.

Optamos por uma postagem como meio de divulgação, pois é mais simples e compreensível. Evitamos detalhes excessivos para facilitar a compreensão do público-alvo. A Figura 6 mostra a postagem.

Figura 6. Postagem sobre a água nos alimentos



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Tal estratégia visou tornar o tema acessível e didático, sem comprometer a precisão das informações transmitidas. Assim, foi explicado que, conforme Ribeiro e Seravalli (2007), a água exerce sua presença nos alimentos em duas formas distintas: ligada e livre. Quando falamos de água ligada, estamos descrevendo o estado em que as moléculas de água se encontram quimicamente unidas a outras substâncias. É essa característica que torna a água ligada indisponível para o crescimento microbiano, reações químicas e enzimáticas. Além disso, a quantidade de água ligada pode variar de acordo com o tipo de alimento. Por exemplo, a batata doce contém aproximadamente 0,090g de água ligada por grama de alimento.

A água ligada pode ser subdividida de acordo com o grau de ligação em três categorias: água constitucional, água vicinal e água

de multicamadas. A água constitucional compreende uma pequena fração da água presente em alimentos com alto teor de umidade, sendo também a água ligada mais fortemente aos componentes não aquosos do alimento, por meio de ligações iônicas. Já a água vicinal ocupa a camada adjacente à água constitucional e os sítios mais próximos da maioria dos grupos hidrofílicos. Por fim, a água de multicamadas representa a forma de água ligada com menor intensidade, quando comparada às outras duas categorias mencionadas.

A água livre, em contraste com a água ligada, encontra-se disponível para o crescimento microbiano, pois não está vinculada aos constituintes do alimento. O conceito de “capacidade de ligar água” refere-se à habilidade de uma matriz de moléculas, frequentemente macromoléculas, de aprisionar grandes quantidades de água e evitar sua exsudação. A água com mobilidade livre pode ser facilmente removida por meio do método de secagem do alimento em estufa aquecida com circulação de ar, ao contrário da água com mobilidade reduzida, a qual, dependendo da intensidade de sua interação ou ligação com outros componentes, não será eliminada por esse procedimento (Dala-Paula, 2021).

Esse tipo de água representa a principal fração da água presente nos alimentos, e qualquer alteração em sua quantidade ou forma de ligação com os sólidos afeta a composição do alimento. Por exemplo, quando a carne é submetida ao processo de cocção, as proteínas sofrem desnaturação, perdendo a capacidade de ligar água. Como resultado, a carne perde massa e adquire textura mais rígida.

Outro exemplo ilustrativo encontra-se na postagem apresentada na Figura 5, na qual é evidenciada a remoção da água livre da banana, resultando em uma redução de sua massa e tornando-a desidratada. Essa ocorrência é uma evidência da relevância da água livre na composição e características físicas dos alimentos, e sua

compreensão é essencial para o desenvolvimento de processos de secagem, conservação e manipulação adequados para garantir a qualidade e a vida útil dos produtos alimentares.

Essa diferenciação entre água ligada e livre é de grande importância para compreender os aspectos físicos e químicos dos alimentos, influenciando diretamente em sua textura, sabor e segurança microbiológica. A compreensão dessas características auxilia no desenvolvimento de processos e técnicas adequadas para o armazenamento e conservação dos alimentos, garantindo sua qualidade e segurança para o consumo.

1.2.1 A Água e a conservação dos alimentos

Em linhas gerais, os alimentos estão sujeitos à degradação e à contaminação, seja por ação de microrganismos, enzimas ou reações químicas, incluindo a oxidação pelo oxigênio presente no ar (Leonardi; Azevedo, 2018). Nesse contexto, a quantidade e disponibilidade de água são fundamentais, afetando a perecibilidade dos alimentos, influenciando o tempo de prateleira, condições de estocagem e embalagens. A atividade de água e o teor de umidade são cruciais para preservar alimentos. Compreendê-los é essencial para estratégias de conservação, minimizando riscos de deterioração e garantindo a qualidade dos alimentos.

Assim, a atividade de água (A_w) é um termo utilizado para expressar a disponibilidade de água presente em um determinado alimento, considerando a intensidade de sua associação com os componentes não aquosos, conforme mencionado anteriormente. Essa medida é relevante para estimar a disponibilidade de água para o crescimento microbiano e para avaliar a atividade biológica em alimentos específicos. A escala de atividade de água varia de

0 a 1, em que 1 representa o valor máximo de disponibilidade, correspondente à água pura. Ao associar a A_w a um alimento com sua vida útil, genericamente, quanto maior for seu valor, menor será sua perecibilidade (Damodaran; Parkin, 2019). Dessa forma, o conteúdo foi apresentado por meio de uma postagem, buscando introduzir o tema de maneira concisa e abordando as definições fundamentais de atividade de água e teor de umidade. Na Figura 7, pode-se observar a postagem produzida para explanação da temática.

Figura 7. Postagem sobre conservação de alimentos



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Ressalta-se, então, que a compreensão de tal conceito é crucial para a indústria alimentícia, pois auxilia na identificação dos fatores que influenciam a vida útil dos alimentos, na seleção de processos de conservação adequados e no desenvolvimento de estratégias eficientes para garantir a segurança e a qualidade dos produtos alimentares.

Adicionalmente, a postagem supracitada apresenta ilustrações pertinentes ao conteúdo da umidade intrínseca, a qual é definida como a quantidade absoluta de água contida no alimento, desconsiderando a natureza das ligações intermoleculares estabelecidas

entre a água e os constituintes não-hídricos, ou seja, a sua modalidade de associação molecular. Essa avaliação da taxa de umidade pode fornecer *insights* acerca da predisposição de um determinado alimento à degradação, conferindo à redução dessa característica um papel proeminente nas estratégias voltadas à inibição e erradicação de atividades biológicas, englobando tanto os processos conduzidos por micro-organismos quanto às reações catalisadas por enzimas (Lajolo; Mercadante, 2018).

Nesse contexto, foi atribuída considerável ênfase às propriedades físico-químicas da água, destacando-se particularmente a relevância da atividade da água e do conteúdo de umidade, os quais assumem um papel de proeminência indiscutível no âmbito da ciência dos alimentos. Consequentemente, essas características manifestam uma interdependência substancial a temperaturas estáveis, sendo frequentemente representadas graficamente por meio de uma curva conhecida como isoterma (Damodaran; Parkin, 2019). A materialização desse recurso gráfico proporciona a capacidade analítica e uma compreensão abalizada das complexas interações entre a água e os substratos alimentares. Esse enfoque coadjuva, por sua vez, na seleção criteriosa de métodos idôneos para a preservação e estocagem, objetivando prorrogar a vida útil e assegurar a excelência dos produtos alimentícios resultantes.

Não se deve esquecer ainda das isotermas de sorção, que são gráficos que relacionam o teor de umidade e a atividade de água em alimentos. Elas ajudam a entender a estabilidade dos produtos alimentícios e a escolha adequada das condições de armazenamento. Interpretando essas curvas, é possível determinar a faixa de equilíbrio entre umidade e atividade de água, em que os alimentos permanecem seguros e com qualidade, evitando a proliferação de micro-organismos indesejados e aumentando a vida útil. Isso é crucial na indústria de

alimentos para garantir a qualidade e segurança durante a distribuição e consumo (Ribeiro; Seravalli, 2007).

1.2.1.1 Liofilização

A liofilização constitui um procedimento de preservação que se fundamenta em abordagens de cunho físico-químico, caracterizadas pela remoção parcial ou total do teor de água presente em um dado produto ou substância alimentar. Esse método se configura como um processo de desidratação por sublimação, em que os constituintes transicionam diretamente do estado sólido para o estado gasoso. Todo o procedimento é conduzido por intermédio de um equipamento denotado como liofilizador.

Esse maquinário destaca-se e se distingue pela sua capacidade de manter temperaturas substancialmente baixas ao longo de todo o ciclo operacional, salvaguardando, por conseguinte, as características organolépticas, químicas e nutricionais inerentes ao produto final resultante (Metta; Ayrosa; Paletta, 2012).

Dessa maneira, o procedimento de liofilização demanda a harmonização precisa entre valores específicos de pressão e temperatura, uma conjunção que propicia a coexistência concomitante de distintos estados físicos dentro de um mesmo substrato. Nesse contexto, em condições de temperatura de $0,0098^{\circ}\text{C}$ e pressão de 4,58 mmHg, uma notável convergência entre os três estados físicos da água – sólido, líquido e gasoso – é observada, manifestando-se em um ponto singular denominado ponto triplo.

Nessa conjuntura, em consideração à intrincada natureza do processo de liofilização, empreendemos diligências com vistas a simplificar o conteúdo e conferir maior acessibilidade ao público-alvo. Com essa finalidade, foi concebida uma produção audiovisual de

caráter lúdico, a qual apresentava, inicialmente, uma seção introdutória que enfocava primordialmente os aspectos essenciais do processo de liofilização e suas vantagens distintas. Consequentemente, o vídeo explorava pontos de interesse inerentes ao tópico, incluindo a origem dos alimentos liofilizados e as suas atuais aplicações. A narração do vídeo foi realizada pelos próprios acadêmicos do projeto, enquanto ilustrações correlatas à temática eram apresentadas ao longo da exposição. Na Figura 8, pode-se visualizar imagem concernente ao referido material produzido.

Figura 8. Vídeo sobre liofilização (tipo especial de desidratação do alimento por sublimação)



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

CAPÍTULO 2

CARBOIDRATOS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA

Os carboidratos, macromoléculas de ocorrência preponderante na biosfera, desempenham um papel de singular relevância, uma vez que constituem a fonte primordial de energia para a maioria dos organismos vivos. Além de sua função energética, ostentam atribuições multifacetadas, englobando facetas como proteção e comunicação celular (Koblitz, 2019).

Sintetizados primordialmente pelos vegetais por intermédio do processo fotossintético, tais nutrientes representam aproximadamente 90% da massa seca dos organismos vegetais, subentendendo-se essa expressão como a totalidade de seus constituintes, à exceção da água. Esse conjunto abarca uma ampla gama de compostos que se distinguem quanto à estrutura, dimensão e configuração molecular, ademais de englobarem propriedades físico-químicas características, tais como distintos graus de solubilidade em água, potencial de doçura, habilidade para atuar como agentes redutores e para se engajar em reações de escurecimento em associação com aminoácidos, peptídeos e proteínas (Dala-Paula, 2021).

Sob o prisma químico, os carboidratos constituem entidades orgânicas que abrangem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, podendo manifestar-se sob a forma de moléculas simples ou complexas. A categorização abarca não somente poli-hidroxialdeídos e poli-hidroxicetonas (isto é, aldeídos ou cetonas portando múltiplas hidroxilas), mas também poli-hidroxiálcoois (polióis), poli-hidroxiácidos, além de seus derivados, desoxi-açúcares e amino-açúcares, bem como os polímeros desses compostos, unidos por meio de ligações glicosídicas (Lajolo; Mercadante, 2018).

Em razão de suas consideráveis interseções com o domínio da física, patentes em variadas reações bioquímicas e na estruturação molecular, uma abordagem teórico-prática por intermédio de conteúdo audiovisual e publicações se afigura imprescindível para desdobrar a

dimensão física subjacente a essa macromolécula. Nesse contexto, é essencial para a apreensão dos conceitos bioquímicos veiculados na disciplina de Bioquímica dos Alimentos. Destaca-se uma significativa confluência da física em determinados tópicos, e, por essa razão, serão abordados temas como polarimetria, isomeria óptica, caramelização, reação de Maillard, bem como o amido em suas variáveis modalidades (gelatinização, retrogradação e modificações).

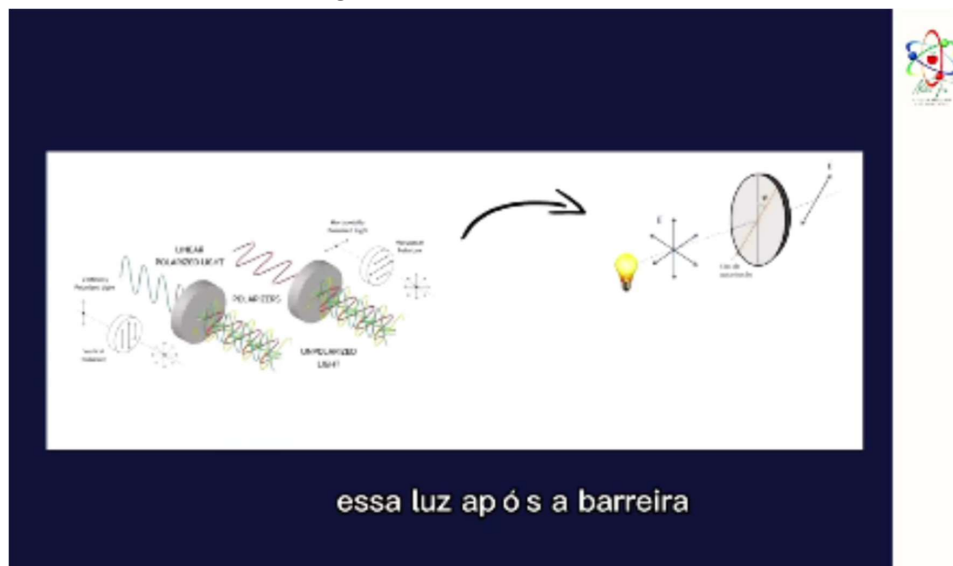
2.1 O POLARÍMETRO

O polarímetro, um instrumento de significativa aplicação nas esferas farmacêutica, alimentícia e médica, foi a mola propulsora para a elaboração dos elementos englobados no segmento dedicado aos carboidratos. Essa escolha foi efetuada primordialmente devido à sua abordagem quase integralmente centrada em aspectos de natureza física, apesar de sua manifesta relevância no tocante à compreensão da estrutura molecular dos carboidratos.

Esse equipamento assume um papel destacado dentre os aparatos de análise empregados em alguns laboratórios, pois se vale de uma fonte luminosa monocromática e elementos polarizadores, sendo empregado para mensurar a rotação da luz polarizada em substâncias opticamente ativas. O polarímetro é composto por componentes fundamentais, incluindo uma fonte luminosa monocromática, um filtro polarizador, uma cuvete, e um filtro polarizador móvel, frequentemente denominado “analisador”. Para a iluminação, a lâmpada de sódio é uma escolha frequente em virtude de sua banda espectral nitidamente definida (589 nm). O filtro polarizador desempenha a função de conferir polarização à luz, enquanto a cuvete serve para acomodar a amostra sob análise. O filtro polarizador móvel é ajustável, permitindo a medição do ângulo de rotação da amostra. A avaliação da rotação geralmente é realizada diretamente pelo observador (Barbosa, 2011).

Assim, o material produzido foi um vídeo explicativo que associou a utilização do polarímetro com os carboidratos e os alimentos em geral (Figura 9).

Figura 9. Vídeo: O Polarímetro



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

2.3 REAÇÕES DE CARMELIZAÇÃO E MAILLARD

Ao longo do processamento dos alimentos, diversos procedimentos aos quais são submetidos podem conferir-lhes propriedades que, por sua vez, podem torná-los atrativos ou indesejáveis em relação a características como aroma, coloração e sabor. Nessa perspectiva, destaca-se como um dos principais influenciadores dessas modificações as reações de escurecimento não enzimático, um fenômeno de natureza não-oxidativa que repercute diretamente na qualidade sensorial e aceitabilidade dos produtos alimentícios. Cabe ressaltar que dentre as manifestações notáveis de tais reações, merecem destaque as reações de caramelização e de Maillard, as quais

tipicamente se desencadeiam na presença de açúcares ou compostos a eles relacionados (Melo Filho; Vasconcelos, 2011).

A caramelização materializa-se como um processo que se instaura na presença de sacarose ou açúcares redutores, caracterizados por conter grupos hidroxilas livres, quando submetidos a temperaturas superiores a 120°C. O aquecimento promove a modificação inicial das moléculas de carboidratos, resultando na clivagem das ligações glicosídicas, a abertura do anel hemiacetal e uma intensa desidratação subsequente. A evolução subsequente envolve a formação de novas ligações glicosídicas e a constituição de polímeros insaturados, que culminam na formação do produto final, conhecido como caramelo, conferindo-lhe características de aroma e coloração distintivas (Melo Filho; Vasconcelos, 2011).

Nesse contexto, destaca-se que determinados fatores podem favorecer o processo de caramelização, para o que podem ser empregados quantidades reduzidas de sais, ácidos ou bases. No âmbito dos sais, incluem-se exemplos como carbonato de amônio, sódio e potássio, assim como bicarbonatos, entre outras variações. De maneira análoga, ácidos como sulfúrico, cítrico e fosfórico, e bases como hidróxido de sódio, potássio e cálcio, podem também desempenhar tal função. Esses fatores, por sua vez, influenciarão a tonalidade característica do caramelo, permitindo variações cromáticas que abarcam desde o amarelo escuro até o marrom escuro. Tal gama cromática é amplamente empregada na indústria alimentícia para a produção de alimentos e bebidas (Dala-Paula, 2021).

Com vistas a simplificar a apreensão conceitual, os autores elaboraram um *post* destinado à plataforma *Instagram*, valendo-se de um aplicativo de design gráfico disponível online. Por meio dessa postagem, foram abordadas as características essenciais concernentes ao tópico da caramelização dos açúcares. Além desse recurso, produziu-

se um vídeo em que se destacaram os aspectos centrais do processo, concomitantemente à apresentação de um guia passo a passo para a execução de uma caramelização doméstica. A intenção subjacente a esse enfoque consistiu em democratizar a prática, ao mesmo tempo que se proporcionou ao público um vislumbre acerca da manifestação cotidiana desses processos (Figura 11)

Figura 11. Postagem sobre a reação de caramelização



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Descoberta por Louis Camille Maillard (1912), a reação que leva o seu nome detém a capacidade de exercer influência nas propriedades sensoriais de um alimento. O pesquisador observou a formação de polímeros melanoides pigmentados, também conhecidos como melanoidinas, que emergem como resultado do aquecimento de uma solução contendo açúcar redutor e aminoácidos. Essa reação foi posteriormente identificada não apenas em proteínas e peptídeos, ampliando ainda mais a sua relevância. Consequentemente, desde a sua elucidação, essa reação tem sido objeto de significativa atenção e investigação.

Nesse contexto, alimentos emblemáticos como pão, bolos, doces de leite e preparações grelhadas submetem-se a esse processo

bioquímico, em que a reação Maillard contribui para conferir traços sensoriais desejáveis. No entanto, é relevante salientar que existem cenários nos quais essa reação pode ser indesejada, a exemplo da produção de leite em pó, ovos, e outras instâncias (Melo Filho; Vasconcelos, 2011).

Essa reação envolve vários estágios quando açúcar redutor e proteína são aquecidos, culminando na produção de melanoidinas. Na fase inicial, o açúcar e aminoácidos se combinam para formar a glicosilamina. Nessa etapa, os produtos carecem de cor, sabor e aroma distintos.

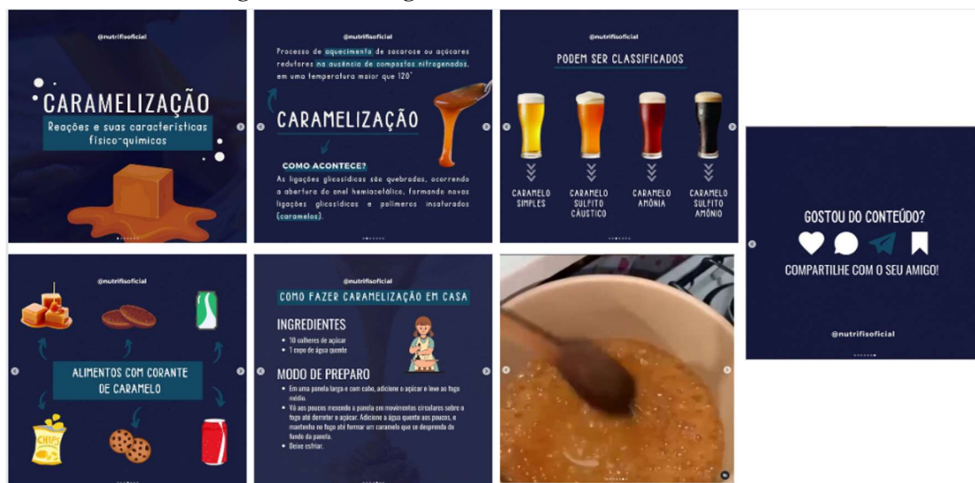
Em seguida, a fase intermediária envolve reações complexas, resultando em características sensoriais, cor e aroma. Compostos formados são vitais na fase seguinte. A fase final é a conclusão dos compostos da fase intermediária, com variações dependendo dos aminoácidos envolvidos. Geralmente, resulta na formação de melanoidinas, dando sabor, cor e aroma ao alimento (Dala-Paula, 2021).

Diversos parâmetros desempenham papéis significativos devido à sua influência na cinética da reação de Maillard, exercendo a capacidade de potencializar ou mitigar a taxa de desenvolvimento do escurecimento. Além disso, esses fatores podem também atuar como inibidores dessa reação bioquímica. A elevação da temperatura é uma estratégia viável para acelerar o processo de escurecimento, particularmente quando mantida acima de 70°C. Em um intervalo de pH entre 6 e 7, observa-se a máxima eficiência cinética da reação de Maillard, enquanto em ambientes ácidos, a intensificação da reatividade dessa reação pode ser testemunhada. Contrariamente, um pH excessivamente elevado tende a retardar a ocorrência dessa reação. A atividade de água também exerce impacto, em que baixos níveis de umidade desaceleram o curso da reação de Maillard.

Medidas de inibição da reação de Maillard podem ser implementadas por meio do emprego de açúcares não redutores, bem como pela adição de dióxido de enxofre (SO₂). Essas intervenções têm a propriedade de suprimir a reatividade da carbonila em relação ao grupo amina, essencialmente desencorajando a progressão da reação (Melo Filho; Vasconcelos, 2011).

Nesse contexto, a equipe desenvolveu um conteúdo conciso no formato de uma postagem no Instagram, encapsulando as informações essenciais sobre a reação de Maillard. A utilização de elementos visuais, tais como imagens, e a estruturação em tópicos, foram estratégias empregadas para amplificar a compreensão do público, como exemplificado pelas ilustrações abaixo (Figura 12).

Figura 12. Postagem sobre a reação de Maillard



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

2.4 AMIDO E VISCOSIDADE

De acordo com Silva (2019), o amido é um polissacarídeo essencial na dieta humana, representando a principal fonte de energia, compreendendo 80% a 90% dos polissacarídeos na ingestão. Além

disso, serve como reserva de carboidratos em plantas, encontrado em alimentos como tubérculos, leguminosas e cereais.

Quimicamente, o amido tem a fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$ e possui uma estrutura com duas partes: amilopectina (insolúvel em água, 70%-80% da composição) e amilose (parcialmente solúvel em água, 20%-30%). Essas proporções podem variar dependendo da fonte. A amilopectina é a parte ramificada, enquanto a amilose é a linear na estrutura.

Tanto a amilopectina quanto a amilose são essenciais para as propriedades físico-químicas do amido, influenciadas pelo ambiente. Vários fatores afetam a conformação cristalina do amido. Quando expostos à água e ao calor, os grânulos de amido incham de forma irreversível, desmantelando sua estrutura cristalina. Isso cria um gel viscoso chamado gelatinização.

No entanto, em um contexto contrastante, quando o amido previamente gelatinizado é submetido a condições de resfriamento, ele demonstra a capacidade de uma recuperação parcial de sua estrutura. Isso se traduz no realinhamento das ligações intermoleculares e na reconquista de um estado mais organizado. Como resultado, ocorre a formação de um gel mais opaco e coeso. Esse notável fenômeno é classificado como retrogradação.

Nesse contexto, é possível discernir nuances distintivas em cada variante de amido, refletindo-se consequentemente nos atributos manifestados pelo gel resultante. Um atributo notável reside na variabilidade da viscosidade observada nos géis de amido, uma vez que essa característica se modifica em resposta à variação de temperatura. Consequentemente, um aumento na temperatura engendra uma redução proporcional na viscosidade do gel, delineando uma relação

inversamente proporcional entre essas grandezas (Cordeiro; Silva, 2021).

Para a apresentação didática desses conceitos, optou-se pela utilização do formato videográfico, dividindo-o em duas partes a fim de otimizar a compreensão do público-alvo. Inicialmente, o vídeo intitulado “Amido x Viscosidade” (Figura 13) abordou os aspectos primordiais do amido, bem como os fatores que condicionam sua viscosidade, conforme delineado nos parágrafos anteriores. Em sequência, a Parte II explorou a temática “Amido e Suas Características” (Figura 14), enfatizando os processos de gelatinização e retrogradação. Ambas as partes foram concebidas no formato audiovisual, incorporando narração realizada pelos discentes do projeto e acompanhamento visual por meio de ilustrações e legendas pertinentes ao conteúdo exposto.

Figura 13. Vídeo Amido x Viscosidade



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Figura 14. Vídeo o amido e suas características



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

2.4.1 Amido modificado

A utilização do amido tem experimentado um crescimento progressivo e refinamento contínuo, com a necessidade de propriedades específicas e seguras para a sua aplicação em contextos industriais. Com vistas a alcançar tais propriedades distintivas e ampliar a versatilidade desse composto, uma abordagem viável consiste em modificar as suas características intrínsecas. Essas modificações são efetivadas por meio de processos físico-químicos, que podem envolver reagentes, tratamento térmico ou exposição a radiações. Essas intervenções têm a capacidade de alterar a configuração estrutural do amido, conferindo-lhe novas propriedades funcionais e aplicativas (Sayka, 2020).

No sentido de comunicar de maneira concisa e acessível esses conceitos, optou-se por adotar o formato de post informativo. Essa abordagem visa destacar de maneira objetiva e descomplicada as características primordiais do amido modificado, assim como suas

classificações e aplicações na indústria de alimentos. Na Figura 15, ilustra-se o conteúdo abordado. O *post* foi meticulosamente concebido pela equipe, utilizando uma plataforma de design gráfico online, com a intenção estratégica de criar uma estética visualmente apelativa, com o propósito de captar a atenção e estimular o interesse do público-alvo.

Figura 15. Postagem sobre amido modificado



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

CAPÍTULO III

PROTEÍNAS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA

As proteínas representam macromoléculas de suma importância para o funcionamento harmônico do organismo humano. Elas se constituem a partir da concatenação de aminoácidos, unidades orgânicas que compartilham características químicas comuns, a saber: grupo carboxila (COOH), grupo amino (NH₂), átomo de hidrogênio (H) e uma cadeia lateral ou radical (R). Esses componentes se entrelaçam por meio de ligações peptídicas. É relevante destacar que todas as proteínas incorporam os mesmos 20 aminoácidos fundamentais em sua composição primária, apesar de algumas delas não empregarem a totalidade desses elementos. Essas macromoléculas desempenham múltiplas funções, abrangendo atividades enzimáticas, transporte intracelular, sustentação estrutural, regulação hormonal, aprimoramento do sistema imunológico, além de contribuírem como fontes energéticas que propiciam a manutenção dos processos vitais (Torres; Alí, 2014).

Cada proteína possui a capacidade de catalisar reações bioquímicas específicas no interior das células. A diversidade funcional das proteínas encontra-se intrinsecamente associada à sua constituição química, o que resulta na configuração tridimensional variada e nas distintas funcionalidades biológicas. Em termos de classificação, as proteínas podem ser categorizadas segundo sua organização ou estrutura. Nesse contexto, são destacadas as proteínas globulares e fibrosas, juntamente com as classificações de estrutura primária, secundária, terciária e quaternária (Damodaran; Parkin, 2019).

Adicionalmente, as proteínas podem ser consideradas componentes alimentares, encontrando-se presentes em diversos alimentos. Ainda segundo Damodaran e Parkin (2019), esses macronutrientes alimentares são facilmente digeríveis e apresentam uma composição nutricional apropriada. Elas são predominantemente encontradas em fontes animais, sendo caracterizadas como proteínas

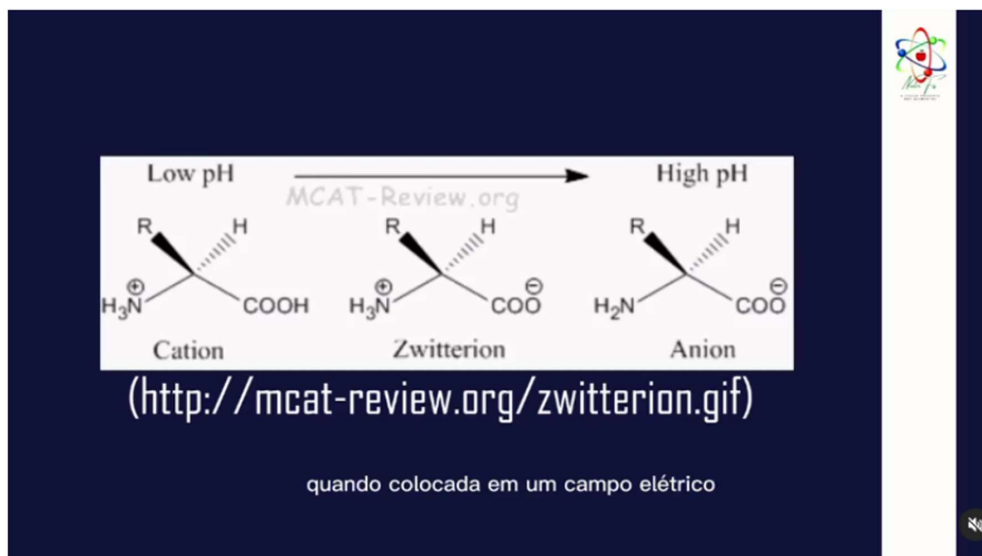
de alto valor biológico. Entre as fontes destacam-se laticínios, carnes (incluindo peixes e aves) e ovos. Contudo, proteínas também podem ser encontradas em fontes vegetais, como leguminosas e oleaginosas.

Sob essa perspectiva, o presente capítulo se destina a explorar os aspectos fundamentais relacionados às proteínas, assim como suas implicações nos atributos físico-químicos dos alimentos.

3.1 PROPRIEDADES DAS PROTEÍNAS

As propriedades e o comportamento de uma proteína se mostram variáveis e são regulados tanto pelo número quanto pela natureza dos resíduos de aminoácidos que a constituem, bem como pela sequência específica desses resíduos dentro da estrutura molecular. Em condições particulares de pH, as proteínas exibem um ponto isoelétrico (PI), caracterizado pelo seu comportamento como íons dipolares, em que as cargas elétricas positivas e negativas presentes se equiparam em número. Esse PI corresponde ao valor de pH no qual a molécula em questão adquire neutralidade elétrica. Consequentemente, nesse ponto, as proteínas não manifestam migração em direção a nenhum polo em um campo elétrico, e é nesse contexto que a solubilidade em água, a viscosidade e a capacidade de intumescimento das proteínas alcançam seus níveis mínimos (Food Ingredients Brasil, 2014). Para esse conteúdo, a equipe Nutrifis elaborou um vídeo de título “Proteínas: Propriedades ácido-base” e de maneira objetiva e ilustrativa tentou-se esclarecer essa temática, conforme Figura 16.

Figura 16. Vídeo Proteínas: Propriedades ácido-base



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

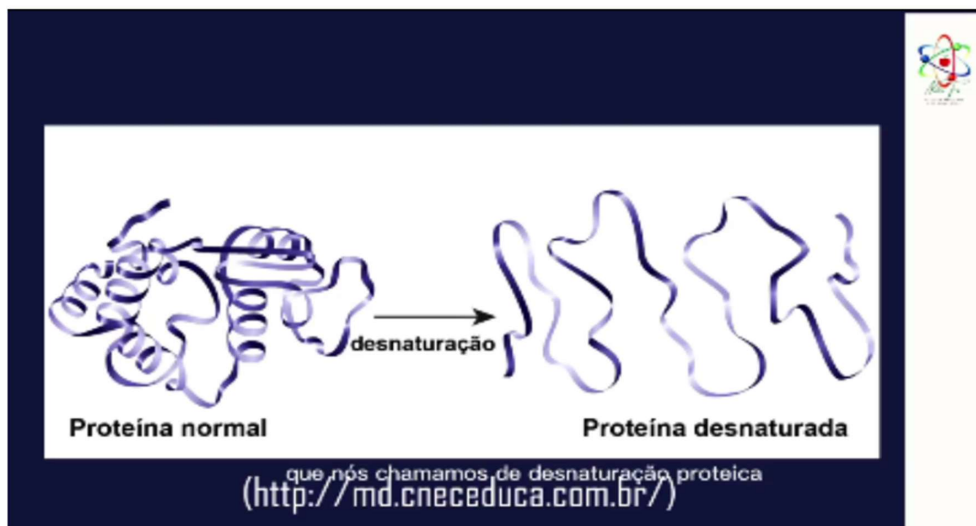
3.2 PROTEÍNAS E TEMPERATURA

As proteínas têm quatro níveis de organização: primária (sequência de aminoácidos), secundária (dobramentos tridimensionais das cadeias peptídicas), terciária (dobra específica das cadeias) e quaternária (associação de subunidades terciárias com disposição espacial definida) (Damodaran; Parkin, 2019).

Essas estruturas são suscetíveis a modificações que podem ser induzidas por agentes físico-químicos desestabilizantes, sendo a temperatura do meio um exemplo notável. Nesse contexto, ocorre um fenômeno conhecido como desnaturação proteica, no qual as ligações internas da proteína são rompidas, conduzindo à desestabilização da molécula como um todo e provocando alterações significativas em sua conformação. Consequentemente, essa transformação resulta em uma redução da solubilidade da proteína e uma maior reatividade química (Food Ingredients Brasil, 2014).

Para abordar de maneira didática esse conteúdo, os membros da equipe Nutrifis optaram por empregar uma abordagem visual, no formato de vídeo. Na Figura 17, expõe-se o material elaborado, buscando simplificar e elucidar a transformação sofrida pela proteína após ser submetida a agentes desnaturantes.

Figura 17. Vídeo “O processo de desnaturação das proteínas”



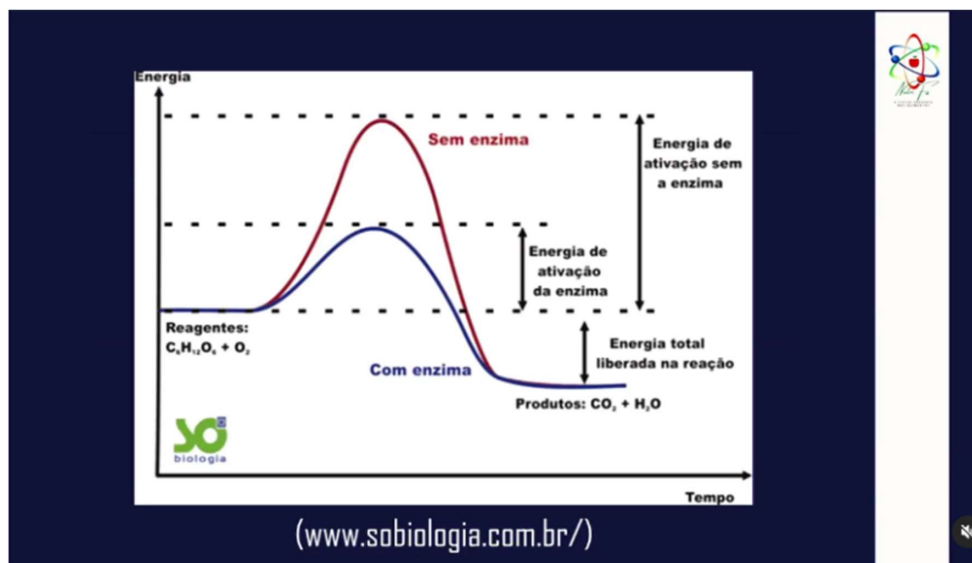
Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

3.3 ENZIMAS E REAÇÕES

Enzimas são cruciais para a viabilidade biológica, catalisando reações com precisão (Nelson; Cox, 2014). Frederick W. Kühne contribuiu para seu estudo com base em pesquisas anteriores. Quimicamente, as enzimas são proteínas com capacidade catalítica, acelerando reações ao transformar substratos em produtos. Elas são encontradas em todas as formas de vida, adaptando-se a diferentes temperaturas e demonstrando alta especificidade (Nelson; Cox, 2014; Gonçalves, 2015).

Na Figura 18, uma ilustração do vídeo elaborado pelo projeto Nutrifis, para simplificar a compreensão do papel das enzimas em reações químicas. No primeiro cenário, com enzimas, a velocidade é alta; no segundo, sem enzimas, a velocidade cai. A ilustração também mostra como a energia é afetada. Conforme Dala-Paula (2021), as enzimas aceleram a reação reduzindo a barreira energética inicial.

Figura 18. Vídeo “Enzimas e seu papel no funcionamento das reações químicas”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Portanto, para a consecução efetiva de sua função catalítica, as enzimas exibem uma notável seletividade em relação aos substratos, configurando uma marcante especificidade. Cada enzima manifesta um ou mais sítios ativos, locais nos quais ocorre a interação catalítica, mediando a conversão do substrato em produto. Nesse processo, a enzima acomoda o substrato específico no sítio ativo, resultando na formação do complexo enzima-substrato. Essa conformação favorece a eficácia na atuação da enzima sobre as ligações químicas, o que acelera significativamente a progressão da reação (Dala-Paula, 2021; Gonçalves, 2015).

No cumprimento de sua função catalítica, algumas enzimas não demandam a presença de quaisquer outros grupos químicos além dos resíduos de aminoácidos intrínsecos. Contudo, outras enzimas requerem a adição de substâncias químicas específicas, conhecidas como cofatores, os quais compreendem íons inorgânicos, notadamente metálicos, e coenzimas, constituídas por compostos orgânicos não proteicos, incluindo lipídios ou carboidratos. Adicionalmente, existem enzimas que necessitam tanto dos cofatores quanto das coenzimas, categorizadas como grupos prostéticos. Quando a enzima se encontra em um estado cataliticamente ativo (em presença de coenzima e/ou íons metálicos), ela é reconhecida como holoenzima, sendo que a porção proteica isolada é denominada apoenzima (Nelson; Cox, 2014; Dala-Paula, 2021; Gonçalves, 2015).

Diversos fatores exercem influência na velocidade das reações enzimáticas, com destaque notório para o pH e a temperatura. É consabido que cada enzima possui um pH ótimo para a sua atividade, logo, em circunstâncias extremas desse parâmetro, as enzimas podem ser desnaturadas e perder sua funcionalidade. Em relação à temperatura, um aumento inicial pode engendrar um incremento na velocidade da reação enzimática; todavia, a temperaturas por volta de 45°C, ocorre desnaturação, enquanto temperaturas abaixo do congelamento resultam em diminuição da atividade enzimática (Damodaran; Parkin, 2019).

Além desse panorama, há a presença de agentes inibidores da atividade enzimática. Esses agentes têm a particularidade de se ligar ao centro ativo da enzima, originando um novo produto e, assim, inibindo sua atuação. Alguns inibidores são bem-vindos na esfera industrial de alimentos, justamente para mitigar a ação endógena das enzimas. No entanto, há contextos em que esses mecanismos inibitórios não se

mostram pertinentes, uma temática que será explorada em detalhes ao abordar as enzimas no contexto dos alimentos (Goncalves, 2015).

3.3.1 Efeito das enzimas nos alimentos

As enzimas, em sua qualidade de proteínas catalíticas, desempenham o papel de agentes que aceleram reações químicas, mitigando a energia de ativação necessária para a efetivação dessas reações e, por conseguinte, otimizando o processo em questão. Importante ressaltar que as enzimas permanecem inalteradas após a ocorrência das reações. Um atributo proeminente das enzimas é sua característica seletiva, destacando-se como catalisadores altamente específicos, ou seja, operam somente em circunstâncias propícias e com substratos específicos, culminando na formação do complexo “enzima-substrato” (Damodaran; Parkin, 2019).

Devido à sua precisão e eficácia, há uma crescente inclinação em direção à integração de biocatalisadores em âmbitos industriais. Esse movimento é motivado pelo substancial potencial das enzimas em viabilizar processos catalíticos que sejam seguros, seletivos e ecologicamente sustentáveis (Denti, 2021). Em contrapartida, a atividade enzimática pode assumir caráter indesejado, exemplificado de maneira clássica pelo fenômeno do escurecimento enzimático em frutas e vegetais.

Nesse contexto, a enzima polifenoloxidase desempenha um papel preponderante, promovendo a oxidação de compostos fenólicos ao entrar em contato com o oxigênio. Esse processo conduz ao escurecimento da superfície dos alimentos, alterações nas características sensoriais do produto final e a diminuição de sua atividade antioxidante (Prestes, 2019).

Por conseguinte, para essa temática, foi elaborada uma postagem ilustrativa que oferece uma introdução ao tópico, enfatizando o mecanismo subjacente aos processos enzimáticos e seus impactos nos alimentos. A imagem subsequente exemplifica esse processo (Figura 19).

Figura 19. Postagem “Enzimas e seus efeitos nos alimentos”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

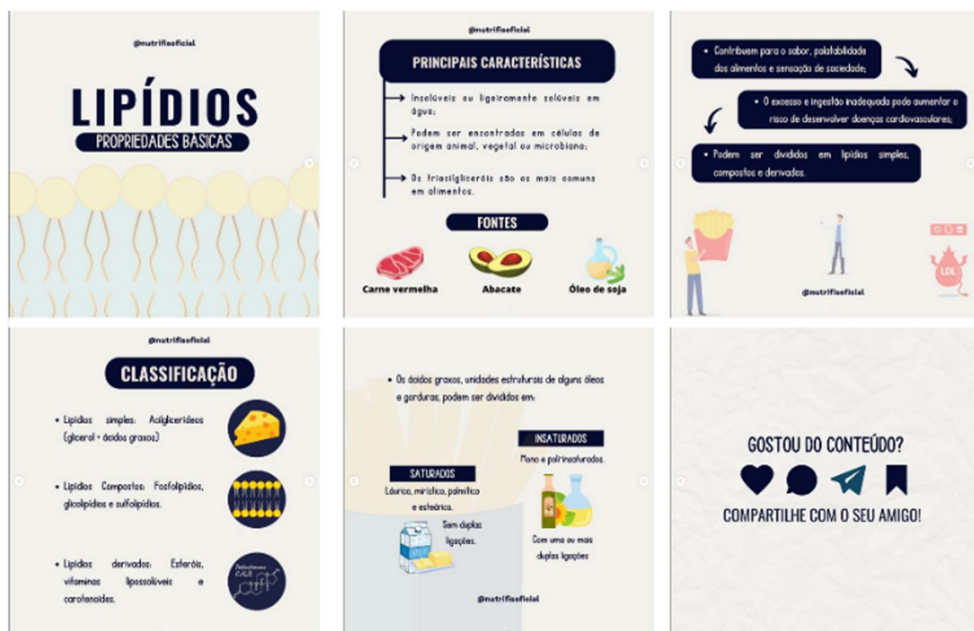
CAPÍTULO IV

LIPÍDIOS NOS ALIMENTOS E SUA INTERCONEXÃO COM A FÍSICA

Os lipídios são compostos com grande diversidade química, muitas vezes identificados pela insolubilidade em água e solubilidade em solventes orgânicos. Podem ser classificados em três grupos: lipídios simples, que incluem ésteres de ácidos graxos combinados com álcoois como glicerol e colesterol; lipídios compostos, que são ésteres de ácidos graxos ligados a grupos funcionais, resultando em moléculas como fosfolipídios e glicolipídios; e lipídios derivados, originados da hidrólise de lipídios simples ou compostos, incluindo esteróis, vitaminas lipossolúveis e alguns pigmentos. Essas substâncias desempenham funções cruciais no corpo humano, como armazenar energia, formar membranas celulares, agir como transportadoras de vitaminas lipossolúveis, serem precursores de hormônios e influenciar o sabor dos alimentos (Gonçalves, 2015; Nelson; Cox, 2014; Cozzolino; Cominetti, 2013; Dala-Paula, 2021). Suas propriedades gerais foram exploradas em um post chamado “Lipídios: propriedades básicas” (Figura 20).

No âmbito da disciplina de Bioquímica dos Alimentos, é imperativo uma abordagem interdisciplinar que integre conceitos físicos para uma compreensão abrangente de diversos tópicos de extrema importância relacionados aos lipídios. Esses temas envolvem reações de hidrogenação e interesterificação, processos de rancidez oxidativa e lipídica, bem como as propriedades físicas intrínsecas dos lipídios. O presente capítulo se dedicará à explanação minuciosa desses assuntos, fornecendo uma base sólida para uma compreensão mais profunda desses conceitos essenciais.

Figura 20. Lipídios: propriedades básicas



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

4.1 HIDROGENAÇÃO E INTERESTERIFICAÇÃO LIPÍDICAS

Na Bioquímica dos Alimentos, a hidrogenação e a interesterificação são processos fundamentais na modificação de gorduras para torná-las adequadas ao consumo humano. Essas modificações visam aprimorar a estabilidade e as características sensoriais dos alimentos, bem como estender a vida útil dos produtos.

A hidrogenação envolve a adição de hidrogênio às ligações duplas presentes nos lipídios, tornando as gorduras mais sólidas à temperatura ambiente e aumentando sua estabilidade à oxidação. Esse processo, descoberto em 1903, é realizado em óleos vegetais sob pressão controlada (cerca de 15 atm) e temperatura entre 150°C e 220°C, com a presença de um catalisador, geralmente níquel em forma de pó. A hidrogenação visa saturar as ligações duplas ácidos graxos

insaturados incorporando átomos de hidrogênio (Damodaran; Parkin, 2019).

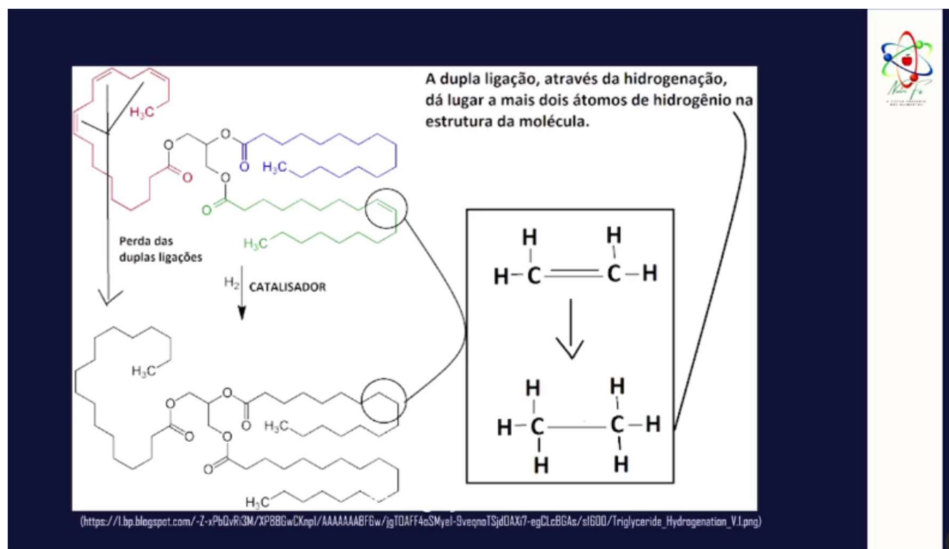
No entanto, a hidrogenação também pode resultar na formação de gorduras *trans*, que têm impactos negativos na saúde, aumentando o LDL e diminuindo o HDL, contribuindo para doenças cardiovasculares (Gazolla, 2015; Sarmiento *et al.*, 2020).

Em contraste, com o intuito de mitigar as adversidades inerentes à hidrogenação, especialmente no contexto da formação de gorduras *trans*, a indústria delineou uma nova abordagem de processamento para a produção de gorduras sólidas, como é o caso das margarinas. Tal reviravolta foi impulsionada pela decisão da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em consonância com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 360 de 23 de dezembro de 2003, que tornou mandatória a declaração dos teores de gorduras *trans* nos rótulos dos produtos alimentares. Consequentemente, atualmente é possível encontrar no mercado margarinas e outros produtos caracterizados por índices extremamente reduzidos de gorduras *trans*. Essa significativa redução nos níveis dessas gorduras vegetais sólidas é alcançada pelo emprego do processo de interesterificação.

A interesterificação é um procedimento que engloba a reorganização dos grupos acila presentes nos triacilgliceróis. De maneira geral, esse processo se desenrola de forma não sistemática, culminando na geração de um perfil de triacilgliceróis que difere da configuração lipídica original (Damodaran; Parkin, 2019).

Abordando essa temática, foi desenvolvido um vídeo explicativo sobre a temática (Figura 21).

Figura 21. Vídeo “Hidrogenação lipídica”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Tal procedimento é amplamente empregado na indústria para a obtenção de gorduras hidrogenadas, porém, sem a inclusão de gorduras *trans* em sua constituição. Por exemplo, óleos vegetais são utilizados para produzir gorduras com perfis semelhantes aos da gordura láctea ou do cacau (Ribeiro; Seravalli, 2007), principalmente na fabricação de margarinas. Esse processo resulta em alterações nas propriedades físico-químicas, tais como o ponto de fusão (tornando-a sólida à temperatura ambiente) e o padrão de recristalização.

A substituição de gorduras hidrogenadas por gorduras interesterificadas na produção de gorduras sólidas tem demonstrado ser uma abordagem promissora. Por exemplo, um estudo conduzido por Liu *et al.* (2017) mostrou que a substituição de manteiga (rica em gorduras saturadas) por margarina (isenta de gorduras *trans* e contendo gorduras mono e poli-insaturadas de óleos vegetais) reduziu os riscos de doenças cardiovasculares, diminuindo os níveis totais de colesterol e lipoproteína de baixa densidade (LDL) e aumentando os níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL).

Contudo, uma investigação conduzida por Afonso *et al.* (2016) revelou os efeitos adversos do consumo de gorduras interesterificadas (com ácido palmítico) em camundongos, que induziram o desenvolvimento de aterosclerose ao facilitar o acúmulo de colesterol nas partículas de LDL e macrófagos, ativando o processo inflamatório. Portanto, novas pesquisas são necessárias para compreender o impacto dessa tecnologia empregada na produção de gorduras sólidas no corpo humano, visto que ainda existem divergências na literatura científica.

Para fornecer esclarecimentos sobre esse tema, foi criado o vídeo “Você sabe como funciona a nova técnica de fabricação de margarinas e gorduras sólidas?” (Figura 22). No material, explora-se os matizes do processo em termos bioquímicos, delineando suas características distintivas, bem como os possíveis benefícios e potenciais malefícios inerentes.

Figura 22. Vídeo “Você sabe como funciona a nova técnica de fabricação de margarinas e gorduras sólidas?”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

4.2.1 Rancidez Hidrolítica e Oxidativa

A rancidez representa o processo predominante de degradação dos lipídios, dividindo-se em duas formas principais: a rancidez hidrolítica, também conhecida como lipólise, e a rancidez oxidativa. Assim, as ligações éster dos lipídios podem ser quebradas por hidrólise enzimática, estresse térmico ou ação química, liberando ácidos graxos dos triglicerídeos. Isso afeta a qualidade do alimento, causando odores indesejados, instabilidade oxidativa, formação de espuma e redução do ponto de fumaça (Damodaran; Parkin, 2019).

Com o intuito de abordar essa temática de maneira clara e concisa, foi elaborada uma postagem (Figura 23) que inclui ilustrações, procurando destacar as distinções entre a rancidez hidrolítica e a oxidativa. Além disso, o objetivo foi definir esses processos, caracterizá-los e explorar o papel que desempenham na indústria de alimentos.

Figura 23. Postagem “Rancidez oxidativa e hidrolítica”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Assim, em ambientes industriais, a presença menor de ácidos graxos livres é associada a maior qualidade de produtos alimentícios, como a gordura do leite, que é sensível à lipólise. A hidrólise de

triacilgliceróis também pode ocorrer durante a fritura de óleos, como no caso do acarajé baiano. Estratégias de conservação, como armazenamento a baixas temperaturas, esterilização e redução da água, podem minimizar a hidrólise (Dala-Paula, 2021).

A oxidação lipídica ocorre devido a diferentes fatores e condições, envolvendo processos como autooxidação, fotoxidação, termoxidação e oxidação enzimática. Envolve etapas de iniciação, propagação e terminação. Isso afeta as características sensoriais dos alimentos, como aroma, cor, textura e sabor. Vários fatores influenciam a velocidade da oxidação, incluindo a quantidade de ácidos graxos insaturados, a presença de ligações cis ou trans, a atividade da água, íons metálicos e pigmentos. Para retardá-la, a indústria alimentícia utiliza antioxidantes sintéticos e medidas físicas, como embalagens adequadas e controle de temperatura. Os antioxidantes fenólicos, como tocoferóis, agem formando radicais mais estáveis e doando hidrogênio ou elétrons. Os principais antioxidantes sintéticos incluem o palmitato de ascorbila, o galato de propila, o butil hidroxianisol e o butil hidroxitolueno (Ribeiro; Seravalli, 2007).

Destaca-se que o conhecimento dos fatores que afetam a rancidez hidrolítica e oxidativa é essencial para preservar a qualidade e segurança dos alimentos ricos em lipídios, garantindo sua utilidade e evitando riscos à saúde.

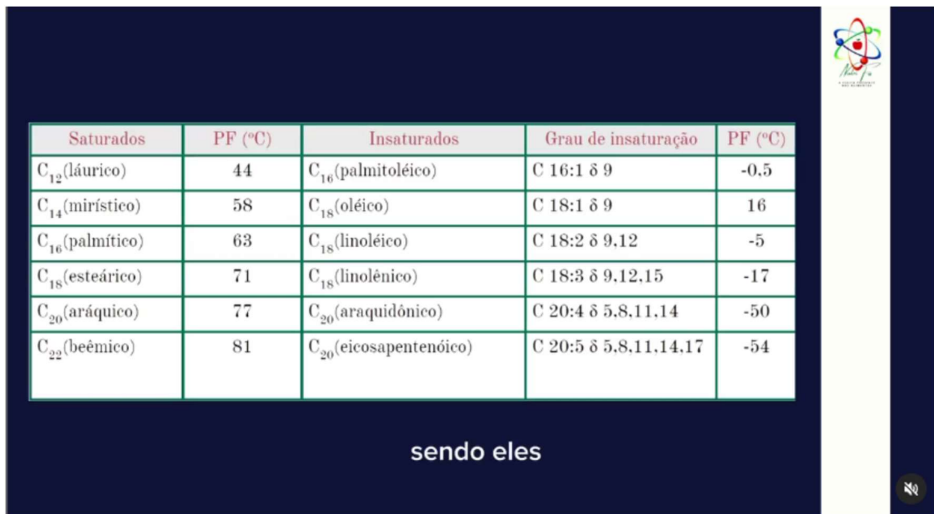
4.2.2 Propriedades Físicas dos Lipídios

A compreensão das propriedades físicas inerentes aos lipídios tem evoluído como um critério de avaliação essencial para categorizar o estágio de processamento ou a adequação de um determinado tipo de gordura para uma aplicação específica em produtos. Nesse contexto, propriedades físicas como ponto de fusão, calor específico,

viscosidade, densidade, polimorfismo, bem como os pontos de fumaça, faísca e combustão, desempenham um papel crucial na caracterização das gorduras, e essas propriedades estão intrinsecamente ligadas à composição química dos triglicerídeos, com maior ênfase naquelas que influenciam as mudanças de fase.

Dessa forma, a exploração aprofundada das principais propriedades físicas que moldam a qualidade de produtos contendo lipídios se torna fundamental, especialmente para os setores industriais, bem como para assegurar o armazenamento adequado e estender a vida útil dos produtos. Para abordar essa temática de maneira abrangente, foi desenvolvido um vídeo dividido em duas partes (Figuras 24 e 25).

Figura 24. Vídeo “Propriedades físicas dos lipídios – Parte I”




Saturados	PF (°C)	Insaturados	Grau de insaturação	PF (°C)
C ₁₂ (láurico)	44	C ₁₆ (palmitoléico)	C 16:1 δ 9	-0,5
C ₁₄ (mirístico)	58	C ₁₈ (oléico)	C 18:1 δ 9	16
C ₁₆ (palmitico)	63	C ₁₈ (linoléico)	C 18:2 δ 9,12	-5
C ₁₈ (esteárico)	71	C ₁₈ (linolênico)	C 18:3 δ 9,12,15	-17
C ₂₀ (aráquico)	77	C ₂₀ (araquidônico)	C 20:4 δ 5,8,11,14	-50
C ₂₂ (beêmico)	81	C ₂₀ (eicosapentenóico)	C 20:5 δ 5,8,11,14,17	-54

sendo eles

Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Figura 25. Vídeo “Propriedades físicas dos lipídios – Parte II”



TG	Ponto de fusão da forma α (T°C)	Ponto de fusão da forma β (T°C)	Ponto de fusão da forma β' (T°C)
Tricaprina	-	-	32
Trilaurina	14	34	44
Tripalmitina	44	56	66
Triestearina	54	64	73
Trioleína	-32	-13	-4

ALGUNS TRIGLICERÍDEOS E SEU PONTO DE FUSÃO DO ARRANJO CRISTALINO

todos os triglicerídeos cristalizam-se

Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

A primeira parte abrangeu uma introdução às propriedades físicas gerais, além de iniciar discussões específicas sobre o ponto de fusão, calor específico, viscosidade e densidade. A segunda parte prosseguiu a exploração do conteúdo, focalizando o polimorfismo, assim como os pontos de fumaça, faísca e combustão, visando proporcionar uma compreensão abrangente desses elementos.

Nesse contexto, o ponto de fusão indica a temperatura e pressão em que uma substância muda do estado sólido para o líquido, como quando o gelo derrete à temperatura ambiente (Ribeiro; Seravalli, 2007). Em alimentos ricos em gordura, como óleos vegetais, manteigas e margarinas, o ponto de fusão varia. Os lipídios são líquidos acima desse ponto e sólidos abaixo (Damodaran; Parkin, 2019). A diversidade de ácidos graxos em triacilgliceróis resulta em pontos de fusão variados, afetados por insaturação, ramificação e forma cis/trans (Ribeiro; Seravalli, 2007).

O calor específico é crucial em operações de processamento, e óleos têm calor específico duas vezes maior que gorduras sólidas

devido à maior liberdade molecular nos óleos (Seravalli; Ribeiro, 2007). Viscosidade e densidade também são importantes. A viscosidade aumenta com o alongamento da cadeia dos ácidos graxos, diminui com mais insaturações e aumenta após a hidrogenação. O aumento da temperatura reduz a viscosidade. A densidade varia com os ácidos graxos, sendo maior para os saturados lineares. No estado sólido, as gorduras têm maior densidade que no estado líquido (Damodaran; Parkin, 2019).

Os pontos de fumaça, faísca e combustão são importantes para avaliar a estabilidade térmica de óleos e gorduras. O ponto de fumaça é quando os ácidos graxos começam a emitir fumaça ao aquecer. O ponto de faísca precede a ignição, e o ponto de combustão é quando a combustão efetiva pode ocorrer. Esses pontos podem ser reduzidos por ácidos graxos livres, emulsificantes e resíduos alimentares (Jorge, 2009). No processo de fritura, ocorrem mudanças físicas nas gorduras devido ao aumento de temperatura, afetando cor, viscosidade, ponto de fumaça e formação de espuma (Gonçalves, 2015). Isso destaca a necessidade de uma abordagem interdisciplinar que abranja bioquímica e física nos alimentos.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXPERIÊNCIA

No projeto de Inovação Pedagógica “NUTRIFIS: a Física nos Alimentos”, usamos atividades avaliativas para verificar a eficácia do projeto. Após cada unidade, disponibilizamos questionários online em formato de “Quiz” para avaliar o engajamento dos alunos. Esses quizzes eram destacados no perfil do projeto (Figura 26) e a participação dos alunos foi observada, especialmente durante períodos de revisão para avaliações. Essas atividades nos ajudaram a avaliar a eficiência de nossas estratégias de ensino e a eficácia de nossas abordagens.

Figura 26. Atividade avaliativas realizadas durante o projeto “NUTRIFIS: a Física presente na Ciência dos Alimentos”



Fonte: Instagram (@nutrifisoficial)

Assim, com base em todo material produzido, avaliações e experiências vivenciadas, refletimos sobre a jornada emocionante e enriquecedora que foi a criação desse projeto interdisciplinar. A experiência de unir os campos da Bioquímica dos Alimentos e da Física em um material didático diferenciado nos proporcionou insights profundos e inspiração para trabalhos em perspectivas interdisciplinares.

Nossa iniciativa foi muito mais do que uma simples produção de conteúdo; foi uma exploração apaixonada e colaborativa que transcendeu as barreiras tradicionais das disciplinas. Ao testemunhar a fusão desses dois mundos aparentemente distintos, percebemos como

a interconexão entre os conhecimentos pode abrir novos horizontes de entendimento.

A criação deste livro não apenas reflete o compromisso com a inovação pedagógica, mas também demonstra como a educação pode evoluir para se adaptar ao mundo em constante transformação. A abordagem interdisciplinar apresentada aqui não apenas estimula a criatividade e o pensamento crítico, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios complexos de maneira abrangente.

Ao narrar nossa jornada, esperamos que este livro inspire educadores e estudantes a explorar novas formas de aprendizado e ensino, pois a integração da Bioquímica dos Alimentos e da Física nos mostrou que as disciplinas não são ilhas isoladas, mas sim peças interligadas de um quebra-cabeça maior, capazes de fornecer uma compreensão mais profunda dos fenômenos que nos cercam.

A interdisciplinaridade não apenas amplia nossos horizontes, mas também nos desafia a repensar a maneira como abordamos o conhecimento. Esperamos que este livro inspire mais colaborações entre as disciplinas, incentivando a criação de materiais didáticos que reflitam a complexidade e a riqueza do mundo ao nosso redor.

Em última análise, essa experiência nos ensinou que a inovação pedagógica não conhece limites quando abraçamos a diversidade do conhecimento. Com gratidão pelo aprendizado e entusiasmo pelo futuro, concluímos esta obra na esperança de que ela contribua para uma educação mais interconectada, enriquecedora e empoderadora.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Milessa Silva *et al.* Dietary interesterified fat enriched with palmitic acid induces atherosclerosis by impairing macrophage cholesterol efflux and eliciting inflammation. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 32, p. 91-100, 2016.

BARBOSA, L. C. A. B. **Introdução à Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Enfermagem, Medicina e Nutrição. Parecer CES/CNE 1.133/2001, homologação publicada no DOU 03/10/2001, Seção 1, p. 131. Resolução CES/CNE 03/2001, publicada no DOU 09/11/2001, Seção 1, p. 37. Resolução CES/CNE 04/2001, publicada no DOU 09/11/2001, Seção 1, p. 38. Resolução CES/CNE 05/2001, publicado no DOU 09/11/2001, Seção 1, p. 39.

COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases Bioquímicas e Fisiológicas da Nutrição**. Barueri: Manole, 2013.

DALA-PAULA, Bruno Martins. **Química & Bioquímica de Alimentos**. Alfenas: Editora Universidade Federal de Alfenas, 2021.

DAMODARAN, S; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

DENTI, Andressa Franco. Tecnologia enzimática: classificação, imobilização, suportes e aplicações. **Revista Perspectiva**, v. 45, n. 171, p. 97-110, 2021.

CORDEIRO, Carlos Alberto Martins; SILVA, Evaldo Martins da (org.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**. Guarujá: Científica Digital, 2021.

FELTRE, Ricardo. **Química Orgânica**. 7. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2011. v. 3.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê Proteínas. 2014. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060036244001467048775.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

GONÇALVES, E. C. B. A. **Análise de Alimentos: Uma Visão Química da Nutrição**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2015.

JORGE, N. **Química e Tecnologia de Óleos Vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica dos Alimentos: Teorias e Aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

LAJOLO, F. M.; MERCADANTE, A. Z. **Química e Bioquímica dos Alimentos**. [S. l.]: Editora Atheneu, 2018. v. 2.

LIU, Qing; ROSSOUW, Jacques E.; ROBERTS, Mary B.; LIU, Simin; JOHNSON, Karen C.; SHIKANY, James M.; MANSON, JoAnn E.; TINKER, Lesley F.; EATON, Charles B. Theoretical effects of substituting butter with margarine on risk of cardiovascular disease. **Epidemiology**, Cambridge, Mass., v. 28, n. 1, p. 145, 2017.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em foco**, v. 10, n. 1, p. 51-61, 2018.

MELO FILHO, A. B., VASCONCELOS, M. A. S. **Química dos Alimentos**. Recife: UFRPE, 2011.

METTA, F. I. K.; AYROSA, A. M. I. B.; PALETTA, F. C. O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle da umidade. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 12. 2012.

MIRANDA LOBO, A. S.; MAIA, L. C. G. O uso das TICs como ferramenta de ensino-aprendizagem no Ensino Superior. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 44, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. D. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6ª edição. Tradução: Ana Beatriz Gorini da Veiga *et al.* Revisão técnica: Carlos Termignon *et al.* Porto Alegre: Artmed, 2014.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, Cláudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. [S. l.]: Embrapa, 2011.

PRESTES, Amanda Alves. Avaliação do Escurecimento Enzimático em Maças Híbridas: Potencial Tecnológico e Atividade Antioxidante. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019. 109 f.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2. ed. [S. l.]: Editora Edgard Blücher, 2007.

SARMENTO, C. de V.; VILELA, C. T. de S.; ALVES, A. C. V.; SARAI-VA, A. L. P.; COURY, M. I. F. Gordura Trans: Mecanismos Bioquímicos e Patologias Associadas. **Revista Uningá**, v. 57, n. 2, p. 63-82, 2020.

SAYKA, Rodrigo Alexandre. Síntese e Caracterização de Amidos Modificados e Aplicação em Eletrodos de Pasta de Carbono. Tese (Doutorado em Química), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020. 108 f.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **Princípios de Física: Mecânica Clássica**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. v. 1.

SILVA, A. M. Influência do Tipo de Amido e Aquecimento Convencional e Ôhmico sobre as Propriedades de Géis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) . Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Porto Alegre-RS, 2019.

TORRES, V. C.; ALÍ, G. I. P. Metabolismo de Proteínas. **Revista de Actualización Clínica Investiga**, v. 41, p. 2137, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32,
35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51,
55, 56, 58, 59, 65

Alimentos 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

Amido 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32,
35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51,
55, 56, 58, 59, 65

Autoria 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

B

Bioquímica 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30,
31, 32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47,
50, 51, 55, 56, 58, 59, 65

F

Física 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32,
35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51,
55, 56, 58, 59, 65

Fonte 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32,
35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51,
55, 56, 58, 59, 65

G

Gorduras 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

N

Nutrifisoficial 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30,
31, 32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47,
50, 51, 55, 56, 58, 59, 65

P

Processo 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

Propriedades 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30,
31, 32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47,
50, 51, 55, 56, 58, 59, 65

Proteínas 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

R

Reações 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50,
51, 55, 56, 58, 59, 65

T

Temperatura 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30,
31, 32, 35, 38, 40, 41, 45, 46, 47,
50, 51, 55, 56, 58, 59, 65

V

Vídeo 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32,
35, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51,
55, 56, 58, 59, 65

SOBRE OS AUTORES

Clarissa Caldeira Andrade

Acadêmica de Nutrição da Universidade de Pernambuco (UPE) *Campus* Petrolina. Foi monitora da disciplina Bioquímica dos Alimentos, tendo desenvolvido suas atividades de monitoria no projeto intitulado “Monitoria em Bioquímica dos Alimentos: construindo pontes de saberes.”

Rafael Alves Vieira Correia

Acadêmico de Nutrição da Universidade de Pernambuco (UPE) *Campus* Petrolina. Foi bolsista do Programa de Bolsas de Incentivo Acadêmico da FACEPE com plano de trabalho “Bioquímica dos Alimentos e sua inter-relação com a Física”

Thailla Lima dos Anjos

Acadêmica de Nutrição da Universidade de Pernambuco (UPE) *Campus* Petrolina. Foi monitora da disciplina Bioquímica dos Alimentos, tendo desenvolvido suas atividades de monitoria no projeto intitulado “Monitoria em Bioquímica dos Alimentos: construindo pontes de saberes”.

Marianne Louise Marinho Mendes

Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Nutricionista. Professora do curso de graduação em Nutrição da Universidade de Pernambuco (UPE) *Campus* Petrolina. Docente Permanente do Programa de Formação de Professores e Prática Interdisciplinares (PPGFPI) da UPE *Campus* Petrolina. Docente das

disciplinas Bioquímica dos Alimentos, Bromatologia e Tecnologia dos Alimentos e Introdução à Análise Sensorial dos Alimentos.

Paulo Gustavo Serafim de Carvalho

Doutor em Física Teórica. Físico. Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) *Campus Juazeiro-Ba*. Docente das disciplinas de Física e Metodologia das Pesquisas.

NUTRIFIS: a Física presente nos alimentos

Os projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Nutrição devem aderir às diretrizes e regulamentos educacionais em vigor. Dessa forma, suas matrizes curriculares precisam abranger tópicos das Ciências Biológicas e da Saúde, Ciências Sociais, Humanas e Econômicas, Ciências da Alimentação e Nutrição e Ciência dos Alimentos.

Autores

RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
Belém, Pará, Brasil

