



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
BACHARELADO EM GASTRONOMIA

Carina Ellen da Silva Santos

Desenvolvimento de pão de fermentação natural enriquecido com
Spirulina platensis

Recife - PE
Outubro/2024

CARINA ELLEN DA SILVA SANTOS

**Desenvolvimento de pão de fermentação natural enriquecido com
*Spirulina platensis***

Relatório do Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Gastronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gastronomia.

Orientador: Prof Dr Leonardo Pereira De Siqueira

Supervisora: Prof^a Dr^a Amanda de Moraes Oliveira Siqueira

Recife - PE

Outubro/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

S237d Santos, Carina Ellen da Silva.
Desenvolvimento de pão de fermentação natural enriquecido com *Spirulina platensis* / Carina Ellen da Silva Santos. – Recife, 2024.
57 f.

Orientador(a): Leonardo Pereira De Siqueira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Gastronomia, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Alimento nutritivo. 2. Panificação. 3. Microalga. I. Siqueira, Leonardo Pereira De, orient.
II. Título

CDD 641.013

CARINA ELLEN DA SILVA SANTOS

DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FERMENTAÇÃO NATURAL ENRIQUECIDO COM
Spirulina platensis

Relatório do Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Gastronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gastronomia.

Data: 02 de Outubro de 2024.

Resultado:

Banca Examinadora

Prof Dr Leonardo Pereira Siqueira
(Orientador - UFRPE)

Profª Drª Luciana Leite de Andrade Lima Arruda
(Examinadora - UFRPE)

Profª Drª Amanda de Moraes Oliveira Siqueira
(Examinadora - UFRPE)

Recife - PE

Outubro/2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família pelo apoio incondicional do início ao fim. Aos meus pais, Rildo e Sandra, a quem sempre olhei com muita admiração e como um exemplo, pois cuidam com esmero da nossa família, me proporcionaram o acesso a melhor educação e me ensinaram a ter coragem para enfrentar os desafios com determinação. Sem a confiança e apoio deles nada disso seria possível. Às minhas irmãs Catarina e Carol, agradeço o carinho e cumplicidade em todos os momentos. Aos meus sobrinhos por trazerem tanto amor e alegria a minha vida.

Ao meu orientador Prof Dr Leonardo Pereira De Siqueira por seu suporte crucial e por me guiar ao longo da construção desse trabalho.

À Prof^ª Dr^ª Luciana Leite de Andrade Lima Arruda pela disponibilidade, contribuição e ensinamentos sobre análises em laboratório durante o período da Iniciação Científica, que foram fundamentais para a construção desta pesquisa. Obrigada por me proporcionar novas experiências dentro do âmbito acadêmico.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial a todos os professores do curso de Bacharelado em Gastronomia pela grande contribuição ao me repassarem seus conhecimentos na teoria e na prática.

Aos meus colegas e amigos que cultivei ao longo do curso, principalmente ao meu grupinho carinhosamente apelidado de “Os desbloqueados” composto por Miriam, Ayla, Wagner, João V. e Marina. Sou muito grata por me mostrarem que até nos momentos de seriedade é possível encontrar leveza. Agradeço pelo apoio imenso, pelos momentos bons e desafiadores que compartilhamos, e pelos sonhos que mesmo cada um dotando o seu, juntos sempre tivéssemos um único propósito: entregar excelência na profissão que escolhemos seguir.

Agradeço, sobretudo, a minha amiga Miriam, que além de parceira nos trabalhos acadêmicos desde o início, também foi um suporte emocional nos momentos de maior angústia e incertezas na minha vida. Sem sua atenção, carinho e conselhos todo meu caminho desde que entrei na universidade teria sido mais penoso. Sou extremamente grata por acreditar em mim e por estar ao meu lado sem deixar que eu desistisse de tudo que ainda posso conquistar.

Por fim, sou grata a todos que fizeram parte ou de alguma forma tornaram possível que eu concluísse essa etapa da minha vida, tenha sido através de uma conversa, troca de conhecimentos, uma mensagem de incentivo ou um convite para se distrair nos momentos de estresse. Muito Obrigada!

RESUMO

O consumo do pão é uma prática realizada desde os princípios da humanidade. A alta procura por este produto ocasiona na necessidade de um maior criatividade na oferta de pães que atendam a demanda exigida pelo mercado. A sua formulação tradicional fornece também a possibilidade do desenvolvimento de outros produtos que venham a agregar tanto nutricionalmente quanto nos aspectos de qualidade sensorial que motivam o consumidor a adquiri-lo. Por esse motivo, ao longo dos anos, a ampla busca pela inovação nesta área do setor alimentício tem propiciado o surgimento de novas técnicas e formulações para a elaboração do pão ou o resgate de métodos antigos, como a fermentação natural. As microalgas também surgem como uma alternativa para enriquecer o pão nos seus aspectos nutricionais. A *Spirulina platensis* é uma microalga que pode beneficiar a saúde e auxiliar na prevenção de doenças através do seu consumo. A percepção das propriedades benéficas da microalga atrelada ao consumo mundial do pão motivaram a elaboração deste trabalho, que teve o objetivo de desenvolver formulações de pão de forma de fermentação natural com diferentes concentrações de *Spirulina* (1% e 3%). Foram realizadas análises físico-químicas dos parâmetros de volume específico, pH, acidez, colorimetria, atividade de água, umidade, textura, teor de proteína e a estimativa das informações nutricionais dos pães de forma. Nos resultados, foi percebido a redução do volume específico, da elasticidade e da atividade de água dos pães acrescidos com a microalga. Enquanto que a umidade obteve um aumento em relação ao acréscimo da microalga. Nos parâmetros de pH, a *Spirulina* não provocou alterações significativas nas amostras. Já para a acidez total titulável, os pães que diferiram entre si foram o pão controle e o pão com 1% de *Spirulina* do com pão com 3%. A determinação de cor também obteve valores com diferença significativa para todas as amostras, onde a enriquecida com 3% demonstrou ser a que adquiriu uma maior tonalidade verde, maior escurecimento da massa e intensidade de cor devido aos pigmentos da *Spirulina*. Para a determinação de proteína bruta, a microalga provocou diferença significativa nos valores das amostras. Já as informações nutricionais demonstraram que a microalga eleva os teores de proteína, ferro e diminui o valor energético. A partir disso, foi possível concluir que a *Spirulina* tem potencial para alterar o perfil nutricional do pão. De modo que se faz necessário um aprimoramento na formulação do produto para que ele consiga alcançar maior eficiência no beneficiamento à saúde, sendo viável também a realização da análise sensorial dos produtos para avaliar a percepção e aceitação do público consumidor.

Palavras-chave: Alimento nutritivo, Panificação, Microalga.

ABSTRACT

Bread consumption has been a practice since the beginning of humanity. The high demand for this product has led to the need for greater creativity in the supply of breads that meet the market demand. Its traditional formulation also provides the possibility of developing other products that add both nutritional and sensory quality aspects that motivate consumers to purchase it. For this reason, over the years, the broad search for innovation in this area of the food sector has led to the emergence of new techniques and formulations for making bread or the revival of old methods, such as natural fermentation. Microalgae also appear as an alternative to enrich bread in its nutritional aspects. *Spirulina platensis* is a microalgae that can benefit health and help prevent diseases through its consumption. The perception of the beneficial properties of microalgae linked to the worldwide consumption of bread motivated the elaboration of this work, which aimed to develop formulations of naturally fermented sliced bread with different concentrations of *Spirulina* (1% and 3%). Physicochemical analyses of the parameters of specific volume, pH, acidity, colorimetry, water activity, moisture, texture, protein content and the estimation of the nutritional information of the sliced breads were performed. The results showed a reduction in the specific volume, elasticity and water activity of the breads enriched with microalgae. While moisture increased in relation to the addition of microalgae. In the pH parameters, *Spirulina* did not cause significant changes in the samples. As for the total titratable acidity, the breads that differed from each other were the control bread and the bread with 1% *Spirulina* and the bread with 3%. The color determination also obtained values with significant differences for all samples, where the one enriched with 3% proved to be the one that acquired a greater green hue, greater darkening of the dough and color intensity due to the pigments of *Spirulina*. For the determination of crude protein, the microalgae caused a significant difference in the values of the samples. The nutritional information demonstrated that the microalgae increases the levels of protein and iron and reduces the energy value. From this, it was possible to conclude that *Spirulina* has the potential to change the nutritional profile of bread. Therefore, it is necessary to improve the product's formulation so that it can achieve greater efficiency in health benefits, and it is also possible to carry out sensory analysis of the products to evaluate the perception and acceptance of the consumer public.

Keywords: Nutritious food, Bakery, Microalgae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pintura em parede representando a confecção do pão no Egito antigo.....	12
Figura 2. Anatomia do grão de trigo.....	15
Figura 3. Fermento natural/levain.....	18
Figura 4. Spirulina Platensis em pó.....	23
Figura 5. Embalagem da Spirulina platensis em pó.	
Figura 6. Spirulina platensis em pó.....	27
Figura 7. Pães antes da fermentação refrigerada, sendo (A) controle, (B) com 1% de Spirulina e (C) com 3% de Spirulina.....	29
Figura 8. Pães fermentados, cortados e prontos para o forneamento, sendo (A) controle, (B) com 1% de Spirulina e (C) com 3% de Spirulina.....	29
Figura 9. Pães no processo de resfriamento após cocção, sendo (A) controle, (B) com 1% de Spirulina e (C) com 3% de Spirulina.....	30
Figura 10. Fluxograma utilizado para o preparo dos pães controle e com porcentagens de 1% e 3% de Spirulina.....	31
Figura 11. Determinação do volume específico por deslocamento de sementes.....	32
Figura 12. Amostra no agitador magnético.	
Figura 13. Medição do pH da amostra.....	33
Figura 14. Pesagem da amostra para determinação da umidade.....	35
Figura 15. Análise de textura da formulação controle.....	37
Figura 16. Parte interna dos pães após o forneamento, sendo (A) controle, (B) com 1% de Spirulina e (C) com 3% de Spirulina.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações utilizadas para o preparo dos pães com porcentagens diferentes de Spirulina.....	28
Tabela 2. Resultados das análises de volume específico, atividade de água e umidade de pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	38
Tabela 3. Valores de pH e acidez total titulável do pão controle e pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	40
Tabela 4. Parâmetros cromáticos, no sistema CIELab das amostras do pão controle e pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	41
Tabela 5. Valores da diferença cromática entre os pães de fermentação natural elaborados com diferentes concentrações de Spirulina e o pão controle.....	43
Tabela 6. Resultados do perfil de textura dos pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	43
Tabela 7. Resultado do teor de proteína bruta pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	44
Tabela 8. Informação nutricional dos pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de Spirulina.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. A História do Pão.....	11
2.2. Definição e Ingredientes Básicos da Panificação.....	13
2.2.1. Farinha de trigo.....	14
2.2.2. Água.....	16
2.2.3 Sal.....	16
2.2.4. Fermento Biológico (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).....	17
2.4. O Pão como Alimento Saudável.....	21
2.5. Spirulina platensis como fonte de nutrientes.....	22
2.6. Produtos alimentícios com Spirulina.....	24
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. Objetivo Geral.....	26
3.2. Objetivos Específicos.....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1. Caracterização do Estágio.....	27
4.2. Material para os pães.....	27
4.3. Formulação e Elaboração dos pães.....	27
4.4. Análise Físico-química das amostras.....	32
4.4.1. Volume Específico.....	32
4.4.2. Determinação de pH.....	33
4.4.3. Determinação de Acidez total titulável.....	33
4.4.4. Determinação de cor.....	34
4.4.5. Atividade de Água (aw).....	34
4.4.6. Umidade.....	34
4.4.7. Teor de proteína.....	35
4.4.8. Textura.....	36
4.4.9. Estimativa da Informação Nutricional.....	37
4.4.10. Análise Estatística.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1. Volume Específico, Atividade de água e Umidade.....	38
5.2. pH e Acidez total titulável.....	40
5.3. Determinação de Cor.....	41
5.4. Textura.....	43
5.5. Proteína bruta.....	44
5.6. Informação nutricional.....	45
6. CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP), o consumo per capita de pão pelo brasileiro é de 22,61 kg por ano. As padarias são identificadas como uma das principais maneiras de distribuição deste produto, se tornando, de acordo com Sebrae (2017), o local de preferência dos brasileiros para a aquisição, sobretudo nos estados de Belém (97,2%); Belo Horizonte (93,2%); Fortaleza (93,2%) e Recife (91,8%).

Além de compor a mesa da população por ser prático e versátil, o pão elaborado a partir da mistura simples de farinha, água, sal e fermento, também é um alimento nutritivo fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas (complexo B e E) e de fácil digestibilidade. A farinha utilizada pode ser de cereais diversos. Na farinha de trigo branca, a mais comumente utilizada, se encontra uma quantidade excelente de fibras insolúveis e proteínas. Assim como a de centeio que possui elevado conteúdo de fibra, o que propicia efeitos benéficos para a digestão e diminuição dos riscos de doenças coronarianas, diabetes e obesidade (Dall'agnol et al., 2018; Correia, 2012).

No cenário mercadológico, dados da ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria, o setor de panificação e confeitaria tem em sua composição mais de 63 mil empresas, onde a maioria são de micro e pequeno porte. Considerando isso, pode-se imaginar que este fator aumenta a concorrência entre essas empresas, fazendo surgir a necessidade de inovação na oferta de produtos panificáveis para conquistar e garantir a fidelidade dos clientes. Para isso, algumas empresas têm apostado no resgate de técnicas antigas de fermentação do pão, como a fermentação natural. Ela consiste no processo básico de utilizar uma massa de pão já fermentada por leveduras e/ou bactérias lácticas presentes na microbiota da farinha, ambiente e líquido. Sua principal característica é produzir um pão mais nutritivo e com sabor mais ácido (Teixeira, 2014; Souza, 2020).

Ainda do ponto de vista nutricional, o pão tem uma função energética de grande relevância, compondo parte da dieta da população. Em decorrência disso, também vem sendo desenvolvido estudos que visam compreender maneiras de tornar o pão mais nutritivo por meio da fortificação, como por exemplo através da suplementação proteica. Esta prática de fortificar determinado alimento está inserida na indústria alimentícia desde o século XX, de maneira que traz maiores benefícios nutricionais para o produto (Centenaro et al., 2007; Gaspar, 2023).

As microalgas são um desses elementos que vêm sendo empregados na composição de determinados alimentos por conta do seu potencial nutricional. Geralmente, o mercado que oferece a microalga para consumo, comercializa este produto em formato de comprimidos, cápsulas ou em pó (Almeida, 2020). Entretanto, outras maneiras de adquirir a microalga estão ganhando destaque no setor alimentício, já que podem ser acrescentados em produtos diversos como por exemplo nas geleias, nos molhos, iogurtes e pães. A microalga *Spirulina platensis* é uma das que se destaca como uma das mais procuradas no mercado devido ao seu elevado teor de proteínas (60%-70%), bem como à sua grande quantidade de vitaminas, minerais e aminoácidos essenciais. Além disso, percebe-se sua funcionalidade de propriedades farmacológicas ao atuar como antioxidante, anti-inflamatória e imunomoduladora (Almeida, 2018; Do Bú, et al., 2021).

Diante do exposto, o presente Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório tem como objetivo desenvolver e caracterizar o pão de fermentação natural enriquecido com *Spirulina platensis*, através da formulação de pães com diferentes proporções da microalga, de modo que seja possível avaliar os aspectos de mudança do produto final e considerar se o mesmo pode se tornar um alimento enriquecido de fácil acesso na dieta do público consumidor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A História do Pão

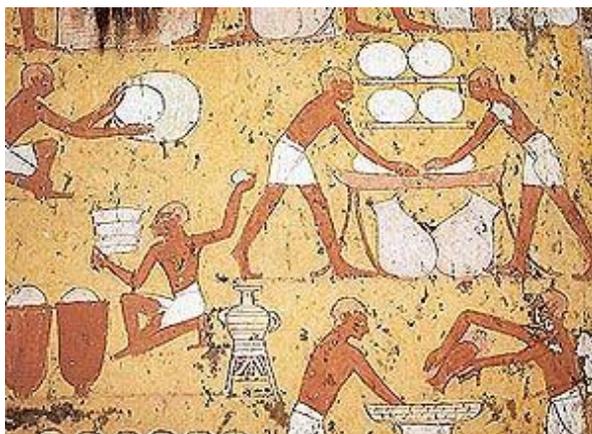
A prática do cultivo de cereais realizada pela humanidade há cerca de 10.000 anos a.C. na região do Oriente Médio, resultou no que conhecemos hoje como um dos alimentos mais consumidos no mundo inteiro, o pão (Sales, 2010). Apesar disso, registros históricos revelam que a confecção desse alimento não teria ocorrido de maneira proposital, e sim teria sido desenvolvida a partir das causalidades e experiências que se adquiriam ao longo do período em que o Homem dominava o cultivo dos grãos. Sendo assim, a primeira forma de consumo dos cereais era em sua forma natural, cru, torrado ou cozido, posteriormente desenvolveu-se a prática de moer, o que resultou na farinha e seus derivados (Sales, 2010).

Acredita-se também que a partir dos grãos triturados com água, originou-se uma massa denominada “gruel”. Com o seu cozimento em pedras quentes se desenvolveu o pão chato feito a partir do trigo, cereal que após uma evolução nas questões de processamento e seleção, passou a ser o mais utilizado para o preparo dessa massa (Santos, et al., 2022).

No que diz respeito aos primeiros pães fermentados, relatos históricos dão a entender que foram desenvolvidos no Egito Antigo (Figura 1), onde já se utilizava a técnica fermentação da cerveja a partir da cevada ou do trigo. O processo ocorreu casualmente devido a uma mistura contendo apenas água e farinha que teria sido esquecida pela luz do sol e de forma natural, inoculou as bactérias presentes no ambiente, caracterizando uma fermentação alcoólica que dias depois veio a se transformar em uma massa ácida e volumosa. Por uma eventualidade também, imagina-se que alguém teria adicionado essa massa fermentada a uma nova massa, dando origem assim à introdução da fermentação natural nos pães (Canella-Rawls, 2012; Silva, 2018).

Para além de sua funcionalidade como alimento, é importante salientar a relevância dos cereais e do pão como um produto inerente à origem da evolução da humanidade, uma vez que, há séculos também foi utilizado como moeda de troca entre as civilizações. Esse sistema de monetização era muito praticado ainda na Idade Média pelos romanos e egípcios que utilizavam o pão como parte do pagamento para os soldados (Santos, et al., 2022).

Figura 1. Pintura em parede representando a confecção do pão no Egito antigo.



Fonte: Disponível em:

><https://multiploscaminhos.blogspot.com/2017/06/egito-antigo-o-pao-e-fermentacao.html><. Acesso em 14 jun. 2024.

Por um tempo, durante determinado período da história, o tipo de farinha para o preparo do pão também era um fator determinante para delinear as posições na sociedade, pois era símbolo de status. As farinhas que eram melhor processadas, produziam pães mais claros e por isso só podiam ser consumidos pelas classes das famílias mais nobres. Enquanto que os pães feitos a partir de grãos mistos eram consumidos pela classe média, composta pelos comerciantes. A classe mais pobre dos trabalhadores eram designados os pães feitos a partir de grãos escuros e integrais, que, até naquele momento, acreditava-se que não tinham muito valor por serem considerados alimentos de baixo valor nutricional (Suas, 2012).

Essa concepção se dava devido ao fato de que, quanto maior a quantidade de farinha extraída do grão, menor o valor nutritivo e qualidade tecnológica. Ou seja, por conta da maior quantidade de casca e cinza que se faz presente (pois acaba excedendo o espaço do endosperma e moendo partes da casca), a qualidade da panificação fica inferior, o volume do pão diminui, e a textura e estrutura do miolo tornam-se ásperas e grosseiras. A cor do miolo fica mais escura, e ocorre mudança no sabor, além de dificultar a armazenagem da farinha.

Ainda nesse período da Idade Média, surgem as primeiras instituições de panificação. A função de padeiro ganha destaque com a evolução da panificação, principalmente na Europa. De acordo com Suas (2012) esse crescimento na França acabou dando origem a uma determinada guilda de padeiros denominada “*Tamelier*”, que é semelhante aos cursos profissionalizantes de hoje.

Seguindo a linha histórica do processo de evolução da panificação, mesmo que a sociedade já obtivesse domínio sobre as práticas de produção do pão branco, da utilização da fermentação e dos fornos, no período da queda do Império Romano, ocorreu um declínio e

retrocesso na fabricação dos pães, que eram feitos de maneira artesanal. Entretanto, com a Revolução Industrial no século XIX, melhorias foram incorporadas devido a utilização de máquinas e equipamentos que traziam mais qualidade aos pães. Uma vez que a otimização desse processo se deu pela então possibilidade de refinar os grãos, utilização de maseiras que agilizam o procedimento de pesagem, divisão e modelagem das massas, assim como o uso dos fornos de tijolo e a lenha que se tornaram maiores de modo que se assavam uma quantidade superior em uma única fornada (Santos, et al., 2022).

No Brasil, a panificação e o hábito do consumo destes tipos de produtos chegou através dos portugueses e europeus ainda por volta do século XIX, junto aos fornos ao estilo francês. Devido a escassez da farinha de trigo no país por determinado tempo naquele período, ocasionado pelas condições não tão favoráveis de plantio, o pão era uma iguaria consumida apenas pelas classes mais altas da sociedade, sendo a alimentação principal das classes mais baixas voltada para o consumo da caça, raízes e a mandioca (Suas, 2012).

Apesar disso, foi no século XX e início do século XXI que houve êxito na questão das condições de manejo do trigo e de produção com a saída dos fornos de tijolo e lenha, que foram substituídos pelo forno movido a gás, auxiliando assim na melhoria da qualidade no processo de cocção dos pães e no aumento da produção (Canella-Rawls, 2012).

De acordo com a ABIMAPI (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais), no Brasil em 2019 a comercialização do pão chegou a mais de 537 milhões de quilogramas, atingindo a porcentagem de 81% das residências brasileiras (Barbosa, 2021). Ele pode ser encontrado no mercado em diversas formas, seja assado, congelado de massa crua ou pré-assada e até como mistura em pó para pão (Ghenou et al., 2022).

2.2. Definição e Ingredientes Básicos da Panificação

De forma legal a Resolução RDC 263/2005 define o pão como:

Produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005b).

Outras definições também podem ser consideradas. Para a autora Canella-Rawls (2012), o pão resulta de uma massa formada pela mistura de farinha de trigo (ou outro tipo de farinha, dependendo do pão que se deseja fazer), água, sal e fermento. Onde seu processo envolve misturar esses ingredientes até adquirirem uma consistência de pasta ou massa firme. Outros ingredientes também podem ser adicionados com o objetivo de agregar mais sabor ou cor ao produto final, por exemplo.

Entretanto, em seu livro, *Direto ao Pão*, Camargo (2019) aborda o pão a partir de uma nova perspectiva, interpelando não sobre a parte técnica dos usuais ingredientes que compõem esse alimento, mas sim evidenciando o lado empírico do ato de desenvolver o pão:

Eu sei, você está ansioso e mal pode esperar para fazer pão. Mas comece por aqui, é importante, será esclarecedor. E garanto que vai ajudar todo mundo a lidar melhor com um ingrediente-chave das preparações deste livro: o tempo. Para a maioria, pão é fundamentalmente farinha (parece óbvio...). Para alguns artesãos mais tradicionalistas, ele começa pela água – pois é a partir dela que se constrói uma receita. Outros falariam no fermento. Citariam ainda a técnica, a temperatura de trabalho. Concordo com todas as vertentes. Mas elaboro de um outro jeito. Para mim, pão é tempo. (Camargo, 2019, p. 18).

Categoricamente, em sua fala ele reúne argumentos para justificar que o pão não precisa, necessariamente, ser definido apenas pela qualidade dos ingredientes que se utilizaram para seu preparo, mas depende muito também da qualidade do tempo e do planejamento que o indivíduo irá disponibilizar para chegar no resultado final que deseja.

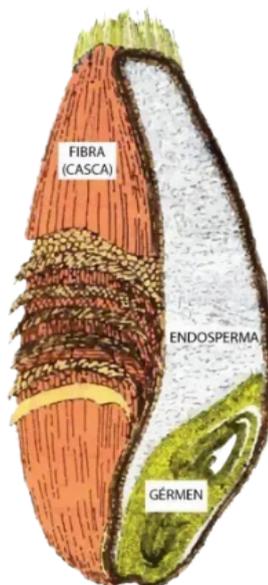
2.2.1. Farinha de trigo

Há quem interprete a panificação como a ciência das farinhas. Isso devido ao fato dessa matéria-prima poder ser adquirida através de diversos tipos de cereais ou partes de vegetais com grande teor de amido em sua composição.

Dando ênfase ao trigo, segundo cereal mais consumido do mundo (ficando atrás apenas do milho), ele vem sendo utilizado no meio alimentício desde os primórdios da humanidade, e é o mais efetivo para a elaboração dos pães, como observa Canella-Rawls (2012) em seu livro *Pão Arte e Ciência*. Seu beneficiamento (obtenção da farinha) foi um ponto crucial na evolução do manejo desse grão, pois foi a partir disso que se tornou possível extrair os principais componentes do trigo como as proteínas e o amido (Suas, 2012).

Por definição, o trigo é uma gramínea do gênero *triticum*. Este termo vem do latim e significa quebrado, triturado, em uma referência à farinha. O grão tem forma oval, extremidades arredondadas, dividido em três partes principais: gérmen, pericarpo (casca) e endosperma, como ilustra a figura 2. O gérmen representa entre 2,8% e 3,5% do grão. Ele está localizado na extremidade, e é o embrião que vai originar uma nova planta e sua composição é rica principalmente em lipídeos e açúcares. Para a obtenção da farinha branca, ele precisa ser removido durante o processo de moagem. Já o pericarpo é a casca do grão, representando de 7,8% a 8,6%. Suas várias camadas contêm alto teor de fibras e minerais. Para a obtenção da farinha integral ele é mantido. Enquanto que o endosperma é a parte principal do grão e equivale de 87% a 89% do seu peso. A partir dele é que se obtém a farinha e se encontram o amido e as proteínas (Richter, 2019).

Figura 2. Anatomia do grão de trigo



Fonte: Disponível em:

><https://www.mundomaisverde.com/wp-content/uploads/2023/11/anatomia-grao-de-trigo-mundo-mais-verde-we>
[bp](#)<. Acesso em 13 jun. 2024.

Quando se fala em farinha de trigo relacionado aos produtos panificáveis, é interessante evidenciar dois componentes importantes nesse processo, o glúten e o amido. Ainda de acordo com Richter (2019) por ser detentor de um valor considerável de proteínas formadoras de glúten (responsável pela elasticidade, resistência à tensão e extensibilidade durante a fermentação), e de amido (que no processo de gelatinização durante o forneamento garante o enrijecimento da massa), a farinha de trigo consegue oferecer a estrutura, maciez e textura adequadas para o miolo do pão.

2.2.2. Água

Tão importante quanto a farinha, a água também é um dos ingredientes básicos para a elaboração do pão. Sua função consiste em dissolver os ingredientes secos; hidratar as proteínas do trigo para formação do glúten; possibilitar a gelatinização do amido; tornar solúvel os nutrientes para desenvolvimento das células de leveduras que compõem o fermento de modo que viabilize a ação do fermento; conduzir e controlar a temperatura da massa e determina a consistência final da massa, contribuindo para sua elasticidade, consistência, textura e maciez (Richter, 2019).

A quantidade de água em qualquer receita vai depender do tipo de pão produzido, e também da qualidade da farinha utilizada. Farinhas mais fracas (baixo teor de proteína) conseguem absorver entre 55% e 65% de água de acordo com o peso da farinha. Já as massas super-hidratadas (que necessitam de uma farinha mais forte), suportam até 100% de água. Para a produção de um pão ciabatta, por exemplo, a farinha precisa ser capaz de absorver 75% a 80% de água (Souza, 2020).

Elucidando ainda mais a importância da água, Camargo se expressa com esmero sobre este elemento:

Água no pão é como o contrabaixo na música. Pouco se fala nela, mas sua presença é essencial: na fermentação, na diluição dos ingredientes, na estrutura, no glúten, como condutora de sabores, no desenvolvimento das enzimas (Camargo 2019, p. 52).

2.2.3 Sal

Além de ser um ingrediente que evita a insipidez da massa, lhe proporcionando sabor, o sal (cloreto de sódio) também carrega outra função importante, como agir controlando o tempo de fermentação (pois inibe a ação do fermento). Devido a isso, também é necessário controlar a porcentagem do seu uso para que não atrapalhe no crescimento da massa nem salgue o produto (Souza, 2020). Ele atua como clareador do miolo do pão e tem ação conservante por causa da sua capacidade higroscópica, ajudando a atrair umidade.

Outros de seus atributos são que, durante o processo de mistura, o sal melhora a elasticidade e a coesão da massa, além de aumentar sua propriedade plástica. Também influenciando no aspecto de coloração da crosta (Canella-Rawls, 2012; Sousa, 2021).

A falta de sal na massa pode causar algumas alterações de qualidade na massa, como o amolecimento excessivo; achatamento da massa no período de descanso; fermentação

excessiva; redução do volume do pão; e falta de coloração na casca. Assim como seu uso em grandes quantidades também podem, como já citado anteriormente, interromper a fermentação, enrijecer demais o glúten e tornar a textura do pão pesado e duro (Richter, 2019).

2.2.4. Fermento Biológico (*Saccharomyces cerevisiae*)

O fermento é um ingrediente que pode ser considerado o sinônimo de transformação. O fermento biológico é formado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Esse método foi desenvolvido ainda no século XIX por estudiosos que utilizaram como base as pesquisas do cientista Louis Pasteur. Sua utilização ganha muito espaço no meio da panificação no século seguinte e perdura até os dias atuais por ser uma forma mais prática de obter o pão. Apesar de ter sido desenvolvida de forma industrial, não deixa de ser um fermento natural, mas que é constituído a partir de uma única cepa selecionada, como bem observa Camargo (2019). Por esse motivo, sua fermentação é mais ativa e traz menos acidez ao pão.

Além disso, o fermento biológico comercial garante uma qualidade uniforme da produção. Em sua obra Richter (2019) explica como essa levedura age quando misturada aos demais ingredientes:

Quando adicionada à massa, a levedura utiliza o açúcar como alimento e o transforma em gás carbônico, álcool e substâncias aromáticas. O gás produzido é o responsável pelo crescimento da massa. O álcool e as substâncias aromáticas contribuem para o sabor e aroma do pão. O uso de aditivos em alimentos deve estar em qualquer quantidade, nas farinhas, no preparo de massas e nos produtos de panificação, de acordo com a legislação sanitária [...] (Richter, 2019, p. 66).

De acordo com Canella-Rawls (2012), existem três formas que são as mais comuns de serem utilizadas nas massas de pães, sendo o fermento fresco comprimido em bloco, o fermento ativo seco e o fermento instantâneo seco. O fator que difere uns dos outros está relacionado ao teor de umidade, visto que o seco apresentará apenas entre 4% a 7%, fazendo com que seja mais potente e menos apto a deterioração do que o fermento em bloco. Já o fermento instantâneo seco é a levedura que foi ativada e posteriormente seca. Por ser elaborado em grânulos menores, ele não precisa ser diluído antes de ser acrescentado à massa.

Em relação à quantidade adicionada na massa, ela pode mudar dependendo do pão elaborado, onde é indicado que a formulação leve de 0,1% a 5% de fermento em relação a

porcentagem da farinha. Seu excesso pode trazer sabores desagradáveis ao produto final (Arnaut, 2019). Também é necessário controlar a temperatura da massa durante a mistura dos ingredientes e na sova, pois acima de 38 °C as leveduras têm sua ação diminuída ou morrem (Canella-Rawls, 2012).

2.3. Fermentação Natural

Como já explicado anteriormente, autores sugerem que a primeira fermentação dos pães aconteceu de maneira espontânea. Surgindo então a terminologia “fermentação natural”.

Também conhecido como *Levain* (francês) ou *Sourdough* (inglês), o fermento natural é feito previamente, a partir apenas da mistura de farinha e água, onde é colocado para descansar para que as bactérias selvagens presentes no ambiente e na farinha deem início ao processo de fermentação (Figura 3). Posteriormente uma parte dessa massa deve ser adicionada à massa final, elaborando assim o pão e a outra porção seria “alimentada” com mais água e farinha para semear massas subsequentes. Essa colônia é sensível a fatores como nutrientes da farinha, ambiente e temperatura, por isso se não houver equilíbrio e cuidado na hora do preparo, podem ocorrer alterações indesejadas tanto no fermento quanto no resultado final do pão (Souza, 2020; Suruagy, 2021).

Esse método de fermentação pode ser aplicado em diversos tipos de produtos panificados além do pão, sendo eles as bolachas, biscoitos, croissants, donuts e outros. Explorar a utilização do *levain* nesses produtos pode ser imprescindível para garantir uma qualidade mais complexa no aspecto sensorial e tecnológico (Colonetti e Delamare, 2024).

Figura 3. Fermento natural/*levain*



Fonte: Bom Gourmet, 22 fev. 2021. Disponível em:
><https://bomgourmet.com/bomgourmet/receitas-pratos/aprenda-a-fazer-levain-o-fermento-natural-para-paes/><.
Acesso em: 19 ago. 2024.

Em sua pesquisa Oliveira e Bueno (2020) também trazem uma caracterização mais técnica do que seria o fermento natural:

Levain ou *sourdough* (fermento natural) caracteriza-se como uma mistura de farinha de cereais composta por uma população heterogênea de bactérias lácticas e leveduras, desenvolvida por fermentação espontânea. Nesse tipo de fermentação, diferentes ácidos orgânicos são produzidos, os quais melhoram o sabor do pão, ajudam na formação da rede de glúten e aumentam a retenção de gás, resultando em produtos com boa textura e volume. Muitas propriedades inerentes do *sourdough* devem-se à atividade metabólica da bactéria ácido-láctica presente no processo. Além disso, outra vantagem desse método é a extensão da vida de prateleira dos produtos, devido à retenção da umidade e aumento da acidez, o que contribui para o controle microbiano e textura do pão (Oliveira e Bueno, 2020, p. 2).

Para Gilsslen (2011) as leveduras que dão origem ao *levain* são encontradas naturalmente nas frutas e nos grãos. Ele ainda recomenda que a maneira mais ideal de desenvolvimento desta cultura, é através da combinação da farinha de centeio integral com água e o repouso dessa mistura até fermentar. Em contrapartida, não só de água pura se faz um bom fermento natural. No trabalho de Oliveira e Bueno (2022), sobre o desenvolvimento de pão a partir da fermentação natural de abacaxi e caldo de cana, eles apresentam como o processo de criação desse fermento pode ser composto por novas formulações ao utilizar o suco de frutas como maçã, uva, abacaxi e até adição do caldo de cana de açúcar. Da mesma forma que ocorre com o uso da água, o fermento será capaz de atingir a maturidade, e obter sua aparência característica, demonstrando estar ativado e pronto para utilização na elaboração dos pães.

A adição de farinha de trigo integral na confecção do fermento também é muito favorável para o aumento da carga microbiana, visto que, sem o refinamento da farinha de trigo para obtenção da farinha branca durante o processamento, o grão manterá uma disponibilidade maior de microrganismos e nutrientes que vão servir de alimento para as bactérias (Mascarenhas, 2021).

Todos esses fatores que corroboram para que o fermento natural seja um produto diferenciado acabam dando características específicas a ele e conseqüentemente no pão. As bactérias mais encontradas em sua composição produzem os ácidos láctico (leve ou fraco) e o acético (o mesmo do vinagre considerado mais forte). Por este motivo, é necessário dar devida atenção no momento da elaboração, visto que o método de mistura afeta as características da massa, de modo que resulte no equilíbrio entre esses dois tipos de ácido para

que o sabor avinagrado não exceda no pão e o torne desagradável (Souza, 2020; Colonetti e Delamare, 2024).

Para além das características de acidez pronunciada no fermento natural, ele também confere ao pão melhorias notórias nos aspectos visuais e organolépticos, como sabor e aromas mais notáveis e complexos, textura diferenciada, casca crocante, miolo tenro, melhor volume e maior tempo de prateleira, comparado aos pães elaborados com fermento comercial comum (Arnaut, 2019). O pH mais ácido do fermento natural (4,5-3,5) ajuda a inibir a flora poluente que causam uma deterioração mais acelerada e retardam de maneira eficiente seu envelhecimento e evitam a utilização de aditivos químicos na formulação dos pães (Bittencourt et al., 2021).

Atrelado às características finais adquiridas, Silva et al. (2024) apresenta que o tempo de fermentação vai variar de acordo com o tipo de cada *levain*, devido às suas variadas possibilidades de formulação:

Em média, uma fermentação natural leva de 4 a 24 horas, ocorrendo em temperaturas que variam de 28 a 30 °C. Por outro lado, o fermento convencional possui um tempo de fermentação mais curto, geralmente de 2 a 4 horas. É importante notar que, embora o fermento natural leve mais tempo para fermentar em comparação com o fermento convencional, o resultado final é um pão mais saboroso e nutritivo, devido à presença de microrganismos benéficos (Silva et al., 2024, p. 144).

Para garantir a sobrevivência do *levain* após seu período de estabilidade e para que ele não perca seus componentes, é necessário mantê-lo sob uma condição adequada de armazenamento e manutenção. Isso através do controle de temperatura, uma vez que, tanto o frio quanto o calor excessivo promovem o desenvolvimento excessivos dos ácidos (Oliveira e Bueno, 2020).

Para além dos aspectos principais já mencionados do fermento natural, sua aplicação tem sido empregada devido ao aumento majoritário no interesse em seus benefícios à saúde. Desse modo, o *levain* pode ser muito bem qualificado como um técnica milenar capaz de agregar, não somente mais atributos sensoriais no pão, mas também potencializar sua propriedade como alimento saudável (Tirloni, 2017). Segundo Souza (2020), massas fermentadas com o fermento natural possuem elevado grau de substâncias bioativas, fibras e biodisponibilidade de minerais.

Mascarenhas (2021) apresenta em sua pesquisa que tanto o processo de confecção do pão, quanto seus ingredientes são elementos cruciais para a redução do índice glicêmico deste produto, que se torna um aliado para a conservação de uma dieta equilibrada. Isso devido ao

fato de que, quanto menor o índice glicêmico de um alimento, maior será a sensação de saciedade que ele trará após o consumo. Para corroborar este argumento, a autora ainda evidencia que, de acordo com outros estudos científicos, o pão de fermento biológico obtém índice glicêmico no valor médio de 71, enquanto que o de fermentação natural obtém 54, sendo a redução da digestibilidade do amido que atua regulando o metabolismo da glicose. Outra função atribuída ao *levain* é sua capacidade de atuar como prebiótico, onde bactérias ácido-láticas encontradas no fermento tem um impacto nutricional importante, contribuindo para o crescimento das bactérias benéficas que causam o estímulo do sistema imunológico e do cardiometabolismo.

2.4. O Pão como Alimento Saudável

O Guia Alimentar da População Brasileira (BRASIL, 2014), define que uma alimentação apropriada para a saúde deve ser composta por alimentos naturais que passem por pouco processamento. Levando em consideração o entendimento acerca do pão e suas técnicas de fermentação já referidas, é necessário destacar o resgate da técnica antiga de fermentar pães como um advento valioso no progresso de uma dieta oportunamente saudável para a população em geral, uma vez que o pão se configura como um alimento consumido diariamente e pode ser adquirido através de métodos não industrializados.

Sendo um dos pilares que compõem a alimentação humana, os cereais são, comprovadamente, alternativas alimentícias muito desejáveis para garantir substâncias nutritivas que o organismo necessita. Quando moídos para a obtenção da farinha de trigo, ele se caracteriza como um alimento minimamente processado, onde seu refinamento acaba reduzindo seu conteúdo nutricional (Mascarenhas, 2021). Apesar disso, é possível incluir em seu processamento elementos fortificantes que tem baixo custo de produção e melhoram a qualidade de vida do consumidor (Souza, 2020). No Brasil, de acordo com a Resolução RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002, toda farinha de trigo deve ser enriquecida com ácido fólico e ferro. Esta ação tem o objetivo de contribuir para a diminuição de problemas de saúde como a anemia ferropriva e as doenças de má formação fetal do tubo neural (Richter, 2019).

Em muitas culturas ao redor do mundo, o consumo do pão vai além do prazer em se alimentar desse produto, dando prioridade a sua conveniência e importância como fonte de energia. No trabalho de Bortoluzzi (2020), ela apresenta os benefícios do consumo do pão em detrimento da sua composição rica em macro e micronutrientes como proteínas vegetais, hidratos de carbono, vitaminas do complexo B e fibras alimentares.

Os alimentos que possuem como base os cereais, são responsáveis por fornecer 60 a 80% da energia necessária na dieta da população nos países menos industrializados, enquanto nos países industrializados são responsáveis por fornecer 25% da energia necessária. O pão é um alimento muito energético e fornece 220 a 285 kcal/100 g, dependendo do tipo de pão. Sendo assim, 100 g de pão permite contribuir entre 8-10% das necessidades energéticas diárias de um indivíduo entre 20 a 39 anos (Bortoluzzi 2020).

A demanda da população relacionada a adquirir hábitos mais saudáveis no seu cotidiano acabou transformando a composição dos produtos panificáveis oferecidos no mercado. Ainda que não de forma majoritária e voltada para um público mais específico, os pães com farinhas integrais ou enriquecidos com outros tipos de resíduos agregadores nutricionais têm ganhado cada vez mais espaço, tanto na mesa do consumidor, quanto no âmbito das pesquisas acadêmicas.

Embora a farinha de trigo seja a mais comumente utilizada na confecção dos pães, farinhas oriundas de outros cereais ou grãos/sementes são produtos convenientes para esse tipo de preparo, de modo que contribuem para a redução de risco de doenças como câncer, diabetes ou doenças vasculares. A farinha da semente de abóbora é um dos elementos que conseguem transformar o pão em um produto funcional que traz bem-estar ao consumidor. Não somente, em sua pesquisa, Barbosa (2021) apresenta a proposta de um pão doce enriquecido com diferentes níveis de farinha de cenoura, onde através dos resultados das análises físico-químicas, os pães acrescidos com diferentes níveis desse tipo de farinha obtiveram um acréscimo no teor de minerais.

2.5. *Spirulina platensis* como fonte de nutrientes

Por definição, as microalgas compreendem microrganismos eucarióticos ou procariontes, presentes na água do mar ou em água doce ou salobra, geralmente fotossintetizante e com grande diversidade morfológica e fisiológica. Entretanto, outras formas de sistema de cultivo podem ser empregados para a aquisição de biomassa de acordo com a fisiologia da microalga (Soares, 2021).

Gradualmente, o interesse por esses microrganismos e exploração de seu cultivo vem aumentando devido a sua utilidade comercial em vários setores como na nutrição, na saúde humana e animal, na produção de biocombustível, no tratamento de águas e no ganho de elementos de grande relevância para a indústria de alimentos, química e farmacêutica. Apesar

de não se ter conhecimento do número exato de espécies existentes de microalgas, estudos relatam que a quantidade está entre mais de 200.000 (Derner et al., 2006).

O fator de preocupação com aspectos de saúde tem elevado ainda mais o interesse por essas microalgas, uma delas é a *Spirulina platensis* (Figura 4).

Figura 4. *Spirulina Platensis* em pó.



Fonte: OceanDrop, [s.d]. Disponível em: ><https://my.oceandrop.com.br/quais-os-beneficios-da-spirulina/><. Acesso em: 19 ago. de 2024.

A *Spirulina* é uma microalga do gênero *Arthrospira* que pertence às *Cyanobacterium*. Ela também já foi classificada como *Cyanophyta* ou grupo das algas verde-azuladas. A história conta que o uso dessa microalga vem desde a pré-história, onde eram coletadas essas algas verde-azuladas de consistência massuda e gelatinosa para serem consumidas cruas ou cozidas, de modo que trazia benefícios para suas dietas. Atualmente, ao redor do mundo, nos países da Europa, nos Estados Unidos e no Japão, entende-se que a *Spirulina* não causa efeitos tóxicos ao organismo e é autorizada legalmente para ser consumida como complemento alimentar. Na legislação do Brasil, de acordo com a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), é possível comercializá-la apenas no caso do produto final ao qual ela foi implementada, o microrganismo esteja devidamente registrado e siga a recomendação de ingestão diária de 1,6g/dia/indivíduo (Ambrosi, 2008; Sampaio et al., 2016).

Atrelado a isso, os alimentos funcionais são o alvo principal do mercado onde a *Spirulina* tem sido empregada devido ao seu potencial valor como substância nutritiva, como apresenta Sampaio et al. (2016) em sua pesquisa:

Estudos nutricionais mostram que essa cianobactéria tem um dos mais altos teores de proteínas já encontrados, podendo atingir entre 60 e 70% de proteínas do seu peso seco, com uma digestibilidade protéica de 70%^{5, 24}, e todos os aminoácidos essenciais (isoleucina, a leucina, a lisina, a metionina, e fenilalanina, a treonina e a valina) nas proporções recomendadas pela FDA, com exceção de metionina (Sampaio et al., 2016).

Ainda de acordo com Sampaio et al. (2016), um aspecto que vai ser determinante para o aperfeiçoamento da composição química da *Spirulina* de forma mais completa, é o seu cultivo. Através de estudos, sabe-se que esse microrganismo tem um percentual de proteínas superior, chegando a ser o dobro ou triplo de aos outros alimentos fonte de proteína como o peixe (15-20%), leite em pó (35%), amendoins (25%) e ovos (12%).

No que diz respeito à atuação da *Spirulina* no combate a prevenção de doenças, os compostos antioxidantes presentes nela tem uma atribuição de bastante relevância para o controle da hiperlipidemia (altos níveis de gordura na corrente sanguínea), impedindo seu agravamento. Os altos teores de proteína, como já relatado, também acabam se tornando uma ferramenta que atua no combate à obesidade, visto que, um dos efeitos do consumo deste composto é promover saciedade. Não somente, a microalga também se mostra eficiente contra a desnutrição. Pesquisas demonstraram a efetividade da *Spirulina* na absorção de zinco pelo organismo após seu consumo. Além disso, por meio de outros estudos, observou-se que crianças com menos de cinco anos de idade, acometidas pela subdesnutrição, foram alimentadas com refeição tradicional acompanhada de *Spirulina* por determinado período e os resultados indicaram a microalga como um complemento alimentar importante no combate a essa subdesnutrição (Ambrosi, 2008).

2.6. Produtos alimentícios com *Spirulina*

Como supracitado, sabe-se que a *Spirulina* é um subsídio importante para a melhoria nutricional e terapêutica do organismo. Uma maneira de introduzi-lo na dieta de maneira que cause a prevenção ou auxilie no tratamento de algumas doenças, é através da suplementação alimentar. Desse modo, esta é uma alternativa eficiente que vem sendo, de maneira mais evidente no campo das pesquisas, aplicada em produtos alimentícios diversos para análise de suas características físico-químicas e organolépticas que visam avaliar também a aceitação do público consumidor.

O termo alimentos enriquecidos ou fortificados são aplicados como uma possibilidade para adicionar vitaminas, proteínas e minerais nos alimentos, de maneira que possa corrigir

algum déficit nutricional do produto ou melhorá-lo. Esses produtos podem ser diversos, como iogurte, sobremesas, molhos, geleias, pães, dentre outros.

No aspecto sensorial, que também se faz necessário considerar, uma vez que a adição de microalgas podem causar alteração no visual e no sabor do produto, em seu estudo, Braga (2023) apresenta a elaboração de um iogurte com potencial funcional adicionado da microalga *Spirulina* e realiza a avaliação da aceitabilidade por possíveis compradores através da análise das suas características sensoriais. Na pesquisa o autor constata que mesmo que, quando adicionado em baixa concentração para a formulação do iogurte, ele obteve uma boa aceitação para potencial de compra. O que demonstra sua influência nesse fator de consumo.

Outro produto identificado que pode ser enriquecido com a microalga, é a gelatina. Em estudo, por meio da adição de hidrolisado proteico de *Spirulina* a esta sobremesa, foi possível identificar um aumento na atividade antioxidante da gelatina com a microalga, sendo três vezes maior que a gelatina vendida comercialmente, corroborando assim, a eficiência dos compostos antioxidantes presentes na *Spirulina* (Pereira et al., 2020). Já no estudo de Almeida et al. (2020), foi desenvolvido um molho de tomate funcional contendo biomassa de *Spirulina* em sua formulação para avaliar as características físico-químicas do produto, onde verificou-se um aumento considerável na quantidade de proteína deste molho, em relação aos vendidos comercialmente.

Não somente, a panificação também pode ser considerada um setor cabível para o emprego da *Spirulina*, seja na elaboração de pães, bolachas ou biscoitos. Em estudo, El-Said et al. (2021), propôs a elaboração de pão sírio fortificado com *Spirulina*, farinha de grão de bico e farinha de quinoa com o objetivo de produzir um alimento capaz de reduzir a desnutrição em crianças. Através de avaliações físico-químicas e biológicas, dentre os pães que obtinham farinha de grão de bico, farinha de quinoa e a *Spirulina*, identificou-se que o fortificado com a microalga foi o que registou a maior porcentagem de proteínas (59,80%), enquanto que os outros alcançaram o valor de 24,73% e 20,6%, respectivamente. Também foram observadas alterações consideráveis no aspecto de cor do pão com *Spirulina*, de modo que ele obteve uma massa mais escurecida.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Desenvolver e caracterizar pão de forma de fermentação natural enriquecido com *Spirulina platensis*.

3.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver formulações de pão de forma de fermentação natural com diferentes concentrações de *Spirulina*;
- Determinar as características físico-químicas dos pães em suas diferentes formulações;
- Determinar a estimativa da informação nutricional dos pães de fermentação natural elaborados com diferentes concentrações de *Spirulina*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do Estágio

O estágio foi realizado no Laboratório de Gastronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Sede, Recife-PE, no período de 01/04/2024 a 26/06/2024, perfazendo um total de 360 horas, sendo realizada a revisão bibliográfica, bem como as Análises Físico-Químicas, a Análise Estatística e a elaboração do relatório descritivo.

4.2. Material para os pães

Para o preparo dos pães tipo forma foram utilizados: farinha de trigo tipo 1 sem fermento (Venturelli Alma Italiana), sal refinado de mesa, água, açúcar refinado (União) e fermento natural. A *Spirulina* em pó foi adquirida comercialmente, sendo da marca WVEgan (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Embalagem da *Spirulina platensis* em pó.



Fonte: Arquivo da autora.

Figura 6. *Spirulina platensis* em pó.



Fonte: Arquivo da autora.

4.3. Formulação e Elaboração dos pães

Foram desenvolvidas três formulações para os pães (Tabela 1), sendo uma controle (FC), ou seja, sem adição da microalga e duas com diferentes concentrações de *Spirulina* em relação à farinha de trigo, sendo elas PS 1% e PS 3%, conforme o método de porcentagens da panificação descrito por Cauvain & Young (2009).

Tabela 1. Formulações utilizadas para o preparo dos pães com porcentagens diferentes de *Spirulina*.

Ingredientes (g)	FC (0%)	PS (1%)	PS (3%)
Farinha de trigo	300g	300g	300g
Água	195g	195g	195 g
Fermento Natural	75g	75g	75g
Sal	6g	6g	6g
Açúcar	18g	18g	18g
<i>Spirulina</i>	0g	3g	9g

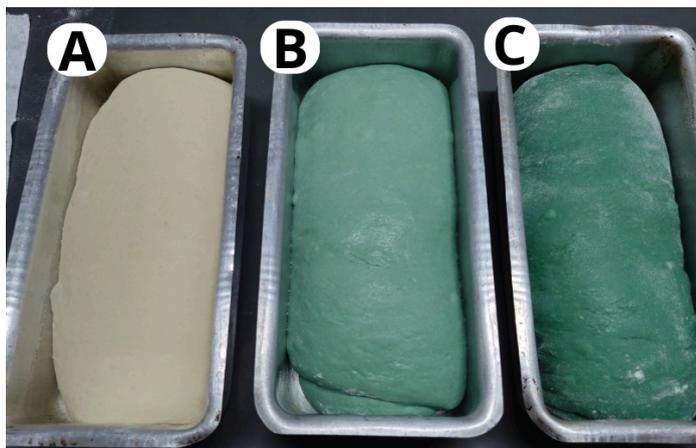
FC= Formulação Controle; PS= Pão com *Spirulina*. **Fonte:** Autora.

A preparação de cada formulação seguiu o método indireto manual (Figura 10). Inicialmente foi realizado o processo de autólise, que consiste na mistura prévia da farinha de trigo e parte da água, seguido de um tempo de descanso mínimo de 20 minutos.

Após a realização da autólise por 1 hora, os demais ingredientes foram incorporados à massa, com exceção do sal, e misturados manualmente por 2 minutos. O sal foi adicionado em seguida e então iniciou-se o processo de desenvolvimento do glúten por 10 minutos até atingir o ponto de véu. A primeira fermentação ocorreu durante 1 hora, onde a cada 20 minutos realizou-se o método de *stretch and fold* (esticar e dobrar), que ajuda a aumentar a força da massa e garantir a ela uma fermentação mais equilibrada (Leo, 2024). A segunda fermentação teve uma duração de 2 horas, nesta, a cada 30 minutos era feito na massa o método *coil fold* (dobra em espiral), que segue o mesmo conceito do utilizado anteriormente, mudando apenas a maneira das dobras.

Depois de concluída essa etapa, foi feita a pré-modelagem nos três tipos de massa e foram colocadas para a terceira fermentação por mais 1 hora. Logo em seguida, foi realizada a modelagem final para o formato de filão alongado e as massas foram depositadas nas formas de alumínio próprias para pão de forma (Figura 7) e embaladas com saco plástico para a fermentação final com duração de 24 horas sob refrigeração entre $7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para que as massas crescessem e atingissem o ponto para forneamento.

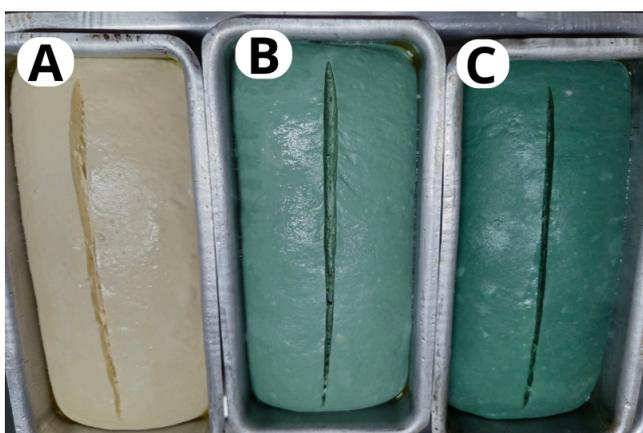
Figura 7. Pães antes da fermentação refrigerada, sendo (A) controle, (B) com 1% de *Spirulina* e (C) com 3% de *Spirulina*.



Fonte: Arquivo da autora.

Com meia hora antes do pão ficar pronto para o forneamento, o forno foi aquecido a uma temperatura de $190\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, junto a uma panela de ferro aquecida no forno para que fosse possível criar vapor dentro do ambiente. No horário determinado, os pães em suas respectivas formas foram colocados em uma assadeira maior para assarem ao mesmo tempo. Para o acabamento, foi feito um corte vertical na superfície de cada massa com o auxílio de uma lâmina fina (Figura 8).

Figura 8. Pães fermentados, cortados e prontos para o forneamento, sendo (A) controle, (B) com 1% de *Spirulina* e (C) com 3% de *Spirulina*.

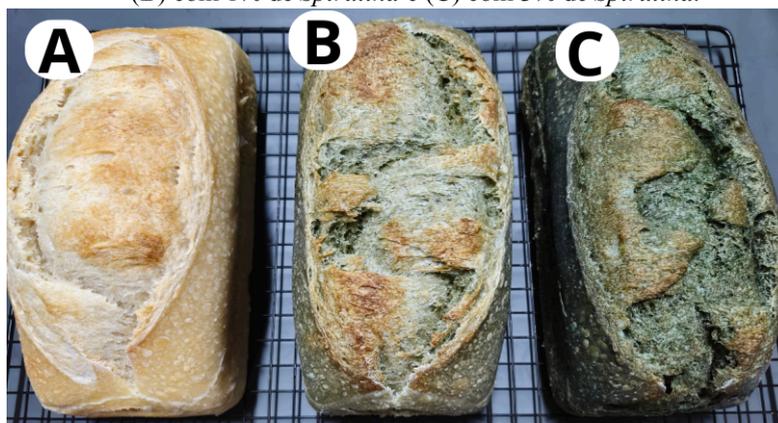


Fonte: Arquivo da autora.

Antes de acomodar a forma com os pães no forno, foi adicionado algumas pedras de gelo na panela de ferro para que se criasse o vapor durante os primeiros minutos de cozimento, sendo um processo fundamental para o crescimento do pão (Canella-Rawls 2012).

Os pães foram assados a 190 °C por 40 minutos e por 20 minutos a 240 °C até que ficassem dourados. No fim deste processo, os pães foram retirados do forno e extraídos de suas fôrmas para resfriamento sobre uma grade metálica por uma hora, como demonstra a Figura 9.

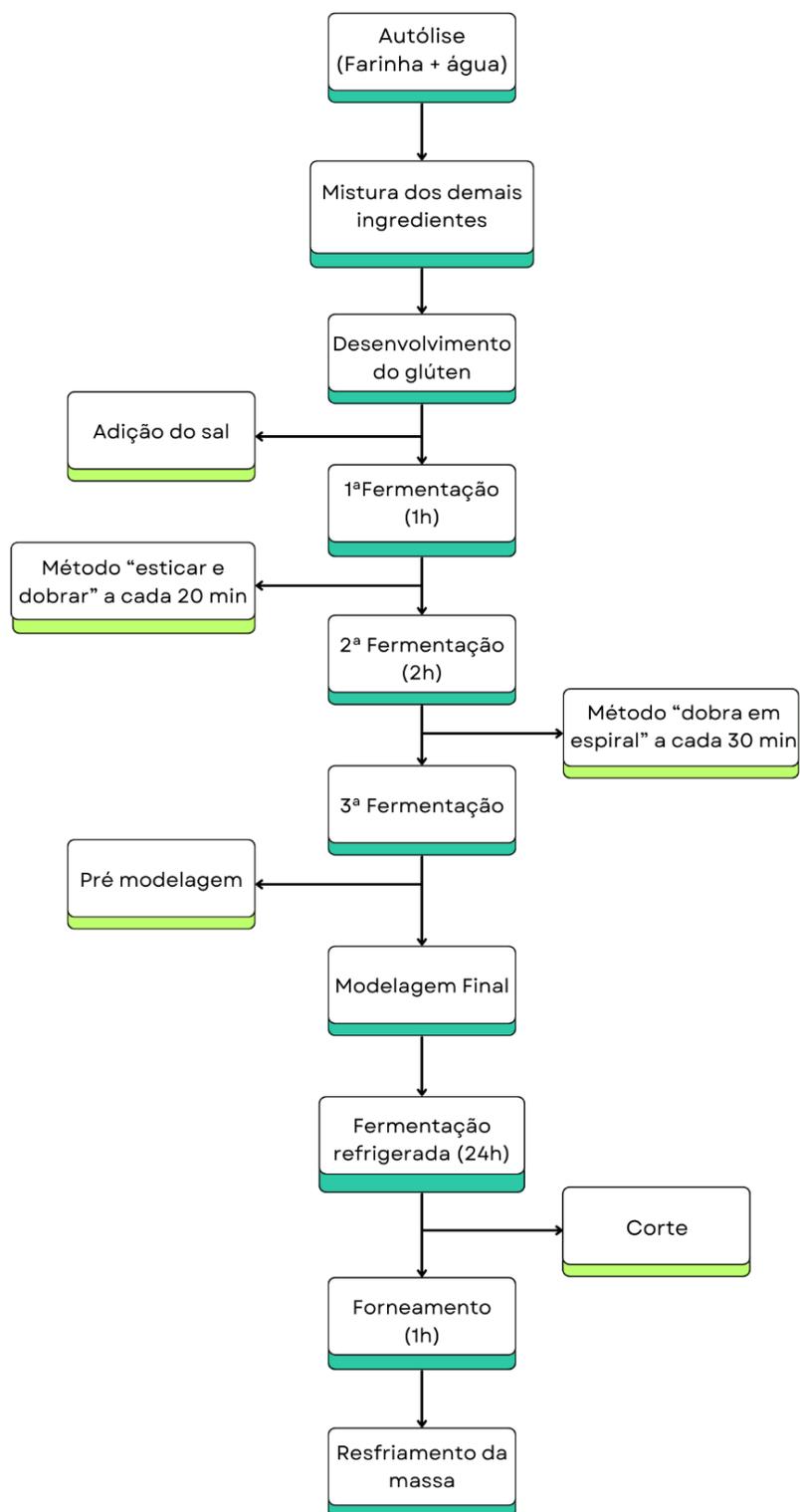
Figura 9. Pães no processo de resfriamento após cocção, sendo (A) controle, (B) com 1% de *Spirulina* e (C) com 3% de *Spirulina*.



Fonte: Arquivo da Autora.

Na Figura 10 é demonstrado o fluxograma da confecção dos pães.

Figura 10. Fluxograma utilizado para o preparo dos pães controle e com porcentagens de 1% e 3% de *Spirulina*.



Fonte: Autora.

4.4. Análise Físico-química das amostras

A determinação do volume específico ocorreu no Laboratório de Gastronomia/UFRPE. As análises de pH e acidez total titulável foram realizadas no Laboratório de Análises Gastronômicas e Experimentações de Alimentos do Departamento de Tecnologia Rural, campus Dois Irmãos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As determinações de cor, atividade de água, umidade e teor de proteína ocorreram no Laboratório de Análises Físico-químicas do Departamento de Ciências do Consumo/UFRPE. A análise de textura foi realizada no Núcleo de Pesquisa em Biotecnologia (NUBIOTEC)/UFRPE.

4.4.1. Volume Específico

Para a determinação do volume específico foi utilizada a metodologia de deslocamento de sementes de alpiste (Hallén et al., 2004). Para essa análise utilizou-se um becker graduado em 1L e uma proveta de 25ml. Dessa forma, cada pão foi acomodado em um recipiente, já tarado com seu volume constante, e coberto com as sementes até o total preenchimento. Então o recipiente foi nivelado com auxílio de uma régua, e o pão removido para que se medisse o volume da quantidade de sementes que corresponde ao volume do pão (Figura 11).

Figura 11. Determinação do volume específico por deslocamento de sementes.



Fonte: Arquivo da Autora.

O volume específico do pão foi expresso em cm^3 , e calculado seguindo a equação 1.

Onde,

$$VE (\text{cm}^3) = Vi - Vf \quad (1)$$

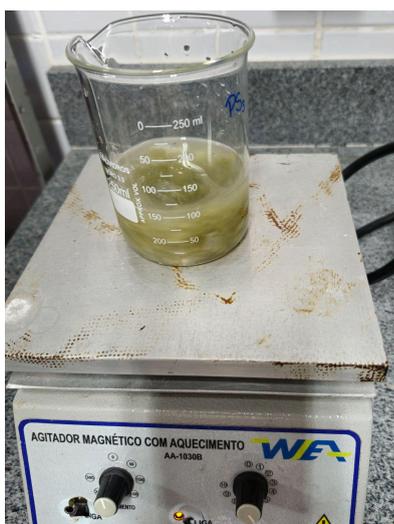
VE= Volume específico; Vi= Volume inicial; Vf= Volume final.

4.4.2. Determinação de pH

Seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985) para a determinação do pH, primeiro foi feita a diluição das amostras, sendo coletadas 10g dos pães para cada 100mL de água destilada em um béquer graduado de 250mL e submetidos a agitação em agitador magnético por 10 minutos (Figura 12).

A análise foi realizada utilizando um pHmetro calibrado. Dentro do béquer com a amostra, o eletrodo foi mergulhado três vezes dentro do líquido e posteriormente deixou-se em repouso para a estabilização e leitura, como demonstrado na Figura 13. Logo após, foi feita a retirada e lavagem do eletrodo com água destilada, sendo secado com papel macio para que fosse possível dar continuidade às demais amostras. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

Figura 12. Amostra no agitador magnético.



Fonte: Arquivo da Autora.

Figura 13. Medição do pH da amostra.



Fonte: Arquivo da Autora.

4.4.3. Determinação de Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, conforme Instituto Adolfo Lutz (1985). Utilizando uma alíquota de 5 mL do extrato da amostra diluída em 20 mL de água destilada, dentro de um Erlenmeyer de 125 mL, sendo adicionado 2 gotas de fenolftaleína (1%) como indicador. A titulação foi feita em triplicata com NaOH 0,1N, até obter a coloração rósea permanente por 30 segundos. O resultado foi expresso em mL de Ácido Lático por 100 mL de amostra, determinado pela equação 2. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

Acidez em ácido orgânico (Ác. Lático) % (v/p): (2)

$$\frac{g/100g = V \times M \times fc \times 100}{P}$$

Onde,

V = nº de mL da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

M = Molaridade da solução de NaOH;

P = peso em gramas da amostra usado na titulação;

fc= fator de conversão calculado considerando o Eq g do ácido láctico.

4.4.4. Determinação de cor

A avaliação da cor das amostras de pão de fermentação natural com diferentes porcentagem de *Spirulina* foi feito por colorimetria, foi utilizada a escala CIELab, realizada por leitura direta dos parâmetros de cor L* (luminosidade), a* (componente vermelho ao verde) e b* (componente amarelo ao azul), utilizando colorímetro CR-400 (Konica Minolta). A intensidade da cor (C*) e a tonalidade cromática (H°) foram calculadas pelas equações $C^* = (a^*2 + b^*2)^{1/2}$ e $H^\circ = \arctg(b^*/a^*)$, respectivamente (Caillé et al., 2010; Harbertson; Spayd, 2006).

A diferença cromática (DC*) entre as amostras foram calculadas pela equação: $DC^* = [(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2]^{1/2}$ (Monagas et al., 2006). As amostras foram analisadas em triplicata.

4.4.5. Atividade de Água (a_w)

Os pães de fermentação natural com diferentes porcentagens da microalga *Spirulina* foram analisados para determinação de atividade de água através do determinador de a_wAqualab® Series 4TE, seguindo a metodologia da AACCI (2010).

4.4.6. Umidade

Para a determinação do teor de umidade dos pães, foi utilizada a metodologia descrita pela AOAC (2010) sendo feita primeiro a pesagem do cadinho, em seguida, a pesagem do cadinho com alíquota de 2g de cada pão (Figura 14) e por último método gravimétrico foi

realizado em estufa de circulação de ar a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, até o peso constante. Para calcular a umidade% da amostra foi utilizada a equação 3. As amostras foram analisadas em triplicata.

$$U\% = \frac{(M_{am} + M_c) - M_f \times 100}{M_{am}} \quad (3)$$

Onde,

U%= Teor de umidade do pão;

Mc= Massa do cadinho;

Mam= Massa da amostra;

Mf= Massa final.

Figura 14. Pesagem da amostra para determinação da umidade.



Fonte: Arquivo da Autora.

4.4.7. Teor de proteína

Para a determinação do teor de proteína das amostras de pão de fermentação natural com diferentes concentrações de *Spirulina*, foi utilizada a metodologia descrita por Galvani (2006). Este segue o princípio da determinação de nitrogênio total (NT), proposto por Kjeldahl em e possibilita a determinação indireta de proteínas. Para a determinação de NT utilizou-se a equação 4. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

$$NT = \frac{(V_a - V_b) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{P1} \quad (4)$$

Onde,

NT – teor de nitrogênio total na amostra, em percentagem;

Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;

F – fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L;

P1 – massa da amostra (em gramas).

Enquanto que para a determinação da proteína bruta, foi utilizado a seguinte equação:

$$PB = NT \times FN$$

Onde,

PB – teor de proteína bruta na amostra, em percentagem;

FN – 6,25.

4.4.8. Textura

Para analisar a textura dos pães, utilizou-se o método padrão da AACC (74-09) (AACC, 2000), com adaptações. A determinação foi feita por um teste de dupla compressão em texturômetro modelo CT3 Texture Analyzer (Brookfield, Middleborough, U.S.A), equipado com probe cilíndrico de compressão 6mm de diâmetro (Figura 15). Sendo realizada mediante as seguintes condições: teste 2,0 mm/s, distância de 40% e tempo entre as duas compressões de 3s; tigger force: 2g.

Como atributos de textura, foram avaliados: dureza, correspondente a força necessária para atingir uma dada deformação; coesividade, que diz respeito a resistência das ligações internas da amostra, dada pela força que se precisa para que o dispositivo de compressão se descole da amostra; elasticidade, indicado pela velocidade com que o material deformado volta à sua condição não deformada, após a compressão; adesividade que demonstra o trabalho necessário para superar as forças atrativas da superfície do alimento e a superfície em contato com o mesmo. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

Figura 15. Análise de textura da formulação controle.



Fonte: Arquivo da Autora.

4.4.9. Estimativa da Informação Nutricional

Para a determinação da informação nutricional dos pães formulados com diferentes concentrações de *Spirulina* foi estabelecido o valor energético e o teor dos nutrientes: carboidratos, proteína, lipídios, fibras alimentares, cinzas, sódio e ferro dos ingredientes utilizados nas preparações. Para tal, utilizou-se as informações da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011). Os valores foram gerados se baseando na RDC nº 359/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que diz respeito às porções de alimentos embalados. O pão enriquecido com *Spirulina* se enquadra no grupo de “produtos de panificação”, desse modo, conforme esta resolução, sua porção deve ser de 50g, o que corresponde à medida caseira de 2 fatias (Brasil, 2003).

4.4.10. Análise Estatística

Todas as análises dos pães elaborados com fermento natural e enriquecidos com *Spirulina Platensis* foram realizadas em triplicata, com exceção das análises de volume e atividade de água. Os dados foram expressos como média e o desvio padrão (DP), utilizando o software *Excel for Windows®*. Análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey (<0,05) foram utilizados para identificar diferenças significativas entre métodos de filtração.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Volume Específico, Atividade de água e Umidade

Na tabela 2 estão expressos os resultados das análises referentes ao volume específico, atividade de água e umidade.

Tabela 2. Resultados das análises de volume específico, atividade de água e umidade de pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

Amostras	Volume Específico (cm ³ /g)	a _w	Umidade(%)
Controle	1.541,50	0,926	36,98 ^b ± 0,90
PS 1%	1.550,00	0,917	52,19 ^a ± 1,14
PS 3%	1.450,00	0,906	37,16 ^b ± 1,16

PS= Pão com *Spirulina*; a_w= Atividade de água; Letras diferentes na coluna significam que existe diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); **Fonte:** Autora

O volume específico das amostras controle e com diferentes concentrações de *Spirulina* ficaram acima de 1.400 cm³/g, tendo uma variação de 1.450cm³/g a 1.541,50cm³/g. Os pães que foram enriquecidos com a microalga *Spirulina* apresentaram valores numéricos diferentes, sendo a amostra PS 3% detentora do menor volume, enquanto que valores similares foram observados entre as amostra Controle e PS 1%. Esse comportamento demonstra que a adição de *Spirulina* causa uma redução no volume do pão, resultado também apresentado na pesquisa de Figueira (2010) que avalia pães sem glúten adicionados de *Spirulina* e sugere que a adição da microalga em 5% dificulta a produção adequada de gás carbônico na expansão do pão. Marinho et al. (2022) observou uma diferença significativa nesse parâmetro entre os pães de coentro adicionados com a *Spirulina*, onde o acréscimo da microalga acabou reduzindo o volume específico dos pães em relação à formulação controle.

Sendo um parâmetro de qualidade para os pães, o volume específico é um indicador fermentativo, onde demonstra se esse processo ocorreu de forma coerente ou se houve dificuldades para a formação do glúten na massa (Matuda, 2004). De acordo com Clarke et al. (2003), os fatores que interferem no volume específico e permitem um bom potencial de crescimento são: a quantidade de gás produzido pela fermentação e a capacidade de retenção do gás no sistema pela massa.

Na análise da atividade de água (a_w), o pão controle foi o que representou uma atividade de água maior (0,926), enquanto que o PS 1% obteve 0,917 e o PS 3%, 0,906. Com

isso, é possível inferir que o aumento da porcentagem da microalga causa uma redução numérica nos valores de a_w , onde pode-se perceber um aspecto positivo para melhorar a conservação deste tipo de produto.

Fragoso (2016) em sua pesquisa sobre o desenvolvimento de bolachas com diferentes microalgas, também verificou uma redução da atividade de água com a aplicação da *Spirulina* na massa do produto. Pedro (2021) encontrou valores semelhantes de a_w em sua pesquisa sobre pães adicionados com 4% de outras microalgas (*Tetraselmis chuii*, *Chlorella vulgaris* e *Chlorella vulgaris Allmicroalgae*). Comparando com as análises deste autor, as amostras enriquecidas com diferentes concentrações de *Spirulina* deste estudo apresentaram menores valores de a_w , o que sugere uma provável diminuição na velocidade da formação de bolores e leveduras no pão com a utilização da microalga.

Quanto à umidade, de acordo com a tabela 2, verificou-se uma diferença significativa entre as amostras. Onde a Controle e a PS 3% se diferenciam da PS 1%, que obteve o maior valor de umidade. A divergência numérica observada na amostra PS 1% pode se justificar não pela porcentagem da *Spirulina*, mas sim, provavelmente por conta das adversidades durante o forneamento, como a posição das formas no forno e a distribuição de calor dentro do equipamento. Por esse motivo é importante considerar que o processo de cocção é um fator determinante para tal parâmetro, uma vez que a umidade do pão pode ser alterada dependendo das condições de tempo, temperatura e aplicação de vapor durante o assamento (Bredariol et al., 2019).

Resultados apresentados por Figueira (2010) são semelhantes ao identificado neste estudo, sendo acima de 40,00% tanto para o pão Controle quanto para os com concentrações de *Spirulina* de 1% a 5%. Em contrapartida, foi observado uma diferença quanto à influência da microalga no pão, uma vez que Figueira (2010), relacionou a redução da umidade dos pães com o aumento de ingredientes secos na massa, enquanto que o desta pesquisa, foi observado o aumento da umidade. Sugerindo que a utilização do fermento natural, por ser mais líquido, também pode ter provocado o acréscimo nos valores da umidade, como observado por Sousa (2017), que obteve os valores da umidade dos pães de fermentação natural na faixa de 30,00% e 40,00%.

Por isso, é importante ressaltar que o teor de umidade é um dos importantes parâmetros de qualidade do pão, pois está associado à estabilidade microbiológica e de textura do produto (Azevedo, 2012).

5.2. pH e Acidez total titulável

Os resultados de pH, acidez total titulável e umidade do pão controle e pães PS 1% e PS 3% estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3. Valores de pH e acidez total titulável do pão controle e pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

Amostras	pH	Acidez total titulável (g/100g)
Controle	4,43 ^a ± 0,06	3,60 ^b ± 0,02
PS 1%	4,37 ^a ± 0,06	3,60 ^b ± 0,00
PS 3%	4,47 ^a ± 0,12	5,40 ^a ± 0,00

PS= Pão com *Spirulina*. Letras iguais na coluna significam que não existe diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Fonte:** Autora

O pH das três amostras analisadas mantiveram seus valores acima de 4,0, onde o pão controle e o pão com *Spirulina* a 1% expressaram índices próximos, como demonstra a tabela 3. Apesar disso, estatisticamente o valores de pH das três amostras de pão não demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$). Evidenciando que a microalga não ocasiona grande influência neste parâmetro de análise. Esse resultado pode ser considerado esperado, dado que no estudo de Pedro (2021), observou-se que independente da microalga utilizada, a adição dela provoca o aumento do pH da massa do pão. Fernandes (2016) também identificou este mesmo caso em pães adicionados com 1%, 3% e 5% de *Spirulina*.

Assim como a atividade de água, o pH também é um parâmetro importante de conservação para os pães, uma vez que seus efeitos vão exercer uma influência na produção de ácidos orgânicos e nas propriedades viscoelásticas da massa. O fermento natural é composto, em sua maioria, por bactérias lácticas que produzem ácidos lático e acético, condicionando o mesmo a um pH abaixo de 5,0, como foi observado nesta pesquisa (Sousa (2017).

Como está demonstrado na tabela 3, a acidez total titulável obteve valores dentro do esperado, visto que, na literatura, pães de fermentação natural se enquadram nesta média de acidez. Esse fato encontra respaldo no estudo de Sousa (2017), que encontrou valores semelhantes deste parâmetro nos pães de fermentação natural da sua pesquisa. A quantidade de ácidos produzidos pelo fermento natural no pão também pode ser esclarecida pelas características próprias do *levain* utilizado, pois a produção de acidez que ocorre durante o

processo de fermentação são dependentes do ambiente e proporção dos ingredientes utilizados no seu preparo.

No que diz respeito à influência da microalga no pão, houve uma diferença significativa. Onde o pão Controle e o pão com 1% de *Spirulina* se diferenciaram do pão com 3% de *Spirulina*, que obteve uma aumento numérico considerável no parâmetro de acidez.

A partir disso, pode-se considerar que o aumento da acidez total titulável é proporcional à incorporação da microalga na formulação do pão, tornando-o um produto que pode ser menos suscetível à deterioração (Lima et al., 2022).

5.3. Determinação de Cor

Na tabela 4 estão representados os parâmetros de cor do pão controle e dos enriquecidos com *Spirulina*.

Tabela 4. Parâmetros cromáticos, no sistema CIELab das amostras do pão controle e pães de fermentação natural adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

Amostras	L*	a*	b*	C*	H°
Controle	73,80 ^a ± 0,44	-1,44 ^a ± 0,02	19,18 ^c ± 0,15	19,23 ^c ± 0,01	71,25 ^a ± 0,49
PS 1%	54,49 ^b ± 0,01	-5,21 ^c ± 0,03	25,90 ^a ± 0,03	26,41 ^a ± 0,02	47,66 ^b ± 0,01
PS 3%	41,30 ^c ± 0,03	-4,61 ^b ± 0,04	24,47 ^b ± 0,06	24,90 ^b ± 0,06	32,94 ^c ± 0,06

PS= Pão com *Spirulina*; L*= luminosidade; a*= componente vermelho ao verde e b*= componente amarelo ao azul; C*= intensidade de cor; H°= ângulo hue;; Letras diferentes na coluna significam que existe diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); **Fonte:** Autora

A partir destes resultados, é possível observar que os valores de L* obtiveram uma diferença significativa entre as amostras (p<0,05). O pão controle apresentou o maior valor de luminosidade, demonstrando que o aumento da porcentagem de *Spirulina* ocasionou um escurecimento da massa do pão. A coordenada de cromaticidade a* negativa indica as amostras PS 1% e PS 3% mais próximas da tonalidade verde.

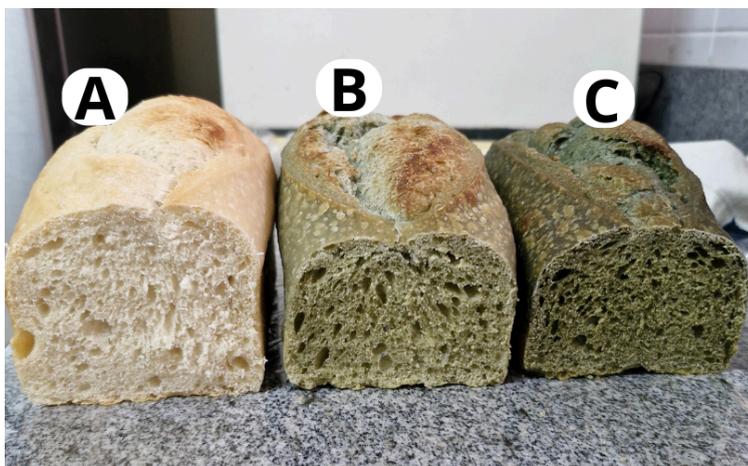
A coordenada cromática b* positiva com menor valor foi verificada na amostra Controle, demonstrando uma tendência de cor amarelada, porém com menos expressividade que as acrescidas com a microalga. Este resultado pode ser considerado esperado, uma vez que como citado no item 2.6, a *Spirulina* causa alterações perceptíveis nos aspectos visuais dos produtos em que está presente (Figura 16).

Mediante as variáveis de a^* e b^* , é possível calcular os valores de C^* e do H° . Através da análise foi percebido uma intensidade de cor maior no pão com 1% de *Spirulina*, enquanto que o ângulo hue obteve maior expressividade no pão Controle, determinando assim sua proximidade com o ângulo de 90° , que sugere coloração amarela. Entretanto, o ângulo hue das PS 1% e PS 3% mantiveram-se distantes do ângulo de 180° que indicaria uma cor direcionada para o tom esverdeado. Com estes valores, as duas amostras com *Spirulina* mantiveram-se com tendência de cor mais alaranjada, sugerindo uma menor tonalidade para a amostra PS 3%.

Estatisticamente os parâmetros cromáticos de todos os pães apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Figueira (2010) obteve resultados semelhantes dos parâmetros cromáticos em seu estudo sobre a adição de *Spirulina* em pães com farinha de arroz. Diprat (2019) também observou valores semelhantes de a^* em seus pães sem glúten com adição da microalga *Chlorella sorokiniana*, sendo estes menores que o do presente estudo, podendo ser justificado pela diferença de pigmentação de cada espécie de microalga.

A cor do pão é um indicador visual importante na preferência dos consumidores Monteiro et al. (2021). Achour et al. (2014) corrobora essa afirmação ao apresentar em seu estudo que o pão incorporado com 3% de *Spirulina* teve pouca aceitabilidade devido a sua cor escura e muito pronunciada. Isso porque, como apresentado por Kosmann et al. (2024), a *Spirulina* possui uma intensa cor azul-esverdeada e tem capacidade de atuar como pigmento natural devido a presença da clorofila, carotenóides, ficocianina e ficoeritrina.

Figura 16. Parte interna dos pães após o forneamento, sendo (A) controle, (B) com 1% de *Spirulina* e (C) com 3% de *Spirulina*.



Fonte: Arquivo da autora.

Na tabela 5 é evidenciada a diferença cromática entre as amostras de pão elaboradas com diferentes concentrações de *Spirulina*, onde todos foram superiores a 1. Este resultado

indica a diferença entre as amostras, além de sugerir que é perceptível, no aspecto visual pelo olho humano, a variação de cor entre os pães Controle e PS 1% e Controle e PS 3%. De acordo com Monagas et al. (2006), para que ocorra essa distinção no julgamento sensorial, os valores da diferença cromática precisam ser superiores a 3.

Tabela 5. Valores da diferença cromática entre os pães de fermentação natural elaborados com diferentes concentrações de *Spirulina* e o pão controle.

Amostras	Diferença cromática
Controle e PS 1%	7,18
Controle e PS 3%	5,67
PS 1% e PS 3%	1,51

PS= Pão com *Spirulina*; **Fonte:** Autora

5.4. Textura

Os resultados referentes ao perfil de textura do pão controle e dos enriquecidos com *Spirulina* podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6. Resultados do perfil de textura dos pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

Amostras	Dureza (N)	Coabilidade	Elasticidade (mm)	Adesividade (mJ)
Controle	3,52 ^a ± 0,80	0,28 ^a ± 0,01	19,57 ^a ± 0,15	6,03 ^a ± 2,15
PS 1%	3,22 ^a ± 0,36	0,31 ^a ± 0,07	18,27 ^b ± 0,21	2,97 ^a ± 1,34
PS 3%	3,47 ^a ± 0,21	0,34 ^a ± 0,00	18,13 ^b ± 0,32	6,20 ^a ± 1,01

PS= Pão com *Spirulina*; Letras iguais na coluna significam que não existe diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Fonte:** Autora

Analisando os parâmetros do perfil de textura dos pães, é possível observar que eles obtiveram valores de dureza (N) variando entre 3,22 e 3,52, de modo que a microalga não influenciou neste parâmetro, pois estatisticamente as amostras não apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$).

O valor da coabilidade entre as três amostras foi de 0,28 a 0,34. Dessa forma, o uso da microalga em diferentes concentrações, não provocou uma diferença significativa nos pães ($p < 0,05$). Nogueira (2021) apresenta em seu estudo que um pão com miolo de coabilidade mais elevado é mais adequado para a mastigação.

No parâmetro de elasticidade, o maior valor foi determinado pelo pão Controle (19,57), enquanto que as demais sofreram uma redução pouco expressiva, sendo 18,27 e 18,13 entre a amostra PS 1% e PS 3%, respectivamente. O pão Controle diferiu significativamente das suplementadas com *Spirulina*, que por sua vez não diferiram entre si. Esse atributo de elasticidade pode ser relacionado com os valores do volume específico observados nesta pesquisa, conforme tabela 1. Uma vez que, a redução no volume do pão foi verificada após a adição da microalga, ocasionando em um pão de menor elasticidade, como demonstra a tabela 6. A viabilização da melhoria no desenvolvimento da elasticidade pode ocorrer através de técnicas como a autólise. Essa etapa permite uma maior hidratação da farinha, e resulta em uma estrutura mais fortalecida de rede protéica, e, conseqüentemente aumenta a elasticidade da massa. Este método é considerado relevante para pães de fermentação natural submetidos a alta hidratação e tempos longos de fermentação (Richter, 2019).

No que diz respeito a adesividade, apesar dos valores médios serem divergentes entre a amostra PS 1% (2,97), que se destacou como a menor comparada com a Controle (6,03) e PS 3% (6,20), não ocorreu diferença significativa na análise estatística ($p < 0,05$).

Observar o perfil de textura é um dos fatores mais importantes para determinar a qualidade do pão, uma vez que através das características analisadas e atribuídas ao miolo, pode-se desenvolver um produto com melhores propriedades tecnológicas (Manuel, 2023).

5.5. Proteína bruta

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados do teor de proteína bruta dos pães de fermentação natural adicionados de *Spirulina*.

Tabela 7. Resultado do teor de proteína bruta pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

Amostras	Proteína bruta (%)
Controle	9,96 ^b ± 0,35
PS 1%	12,56 ^a ± 1,06
PS 3%	12,13 ^{ab} ± 0,43

PS= Pão com *Spirulina*; Letras diferentes na coluna significam que existe diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Fonte:** Autora

A partir da análise foi observado que os pães de fermentação natural controle e enriquecidos com *Spirulina* a 1% e 3% apresentaram diferença significativa entre si. Onde a amostra Controle se diferencia da PS 1%, mas não se diferencia da PS 3%.

Demonstrando que a adição de *Spirulina* nessas porcentagens conseguiram evidenciar um acréscimo nas propriedades proteicas do pão. Tal resultado pode ser considerado esperado pois no estudo de Carnevalli (2021) é apresentado que a microalga *Spirulina* possui quantidades de proteína que variam de 30 a 60%.

No estudo de Figueira (2010) também foram encontrados valores de proteína que diferem significativamente entre si nos pães elaborados com farinha de arroz enriquecido com a *Spirulina*. Todavia, diferentemente deste estudo, quantidades menores foram observadas em suas amostras, sendo o pão acrescido de 5% de *Spirulina* que obteve o maior valor médio (9,90). É possível encontrar respaldo para justificar esta diferença no fato de que a farinha de arroz obtém uma quantidade menor de proteínas comparado a farinha de trigo, conseqüentemente impactando nos valores de proteínas dos seus produtos (Silva e Souza, 2022).

Branlard et al. (1991) e Manuel (2023) discutem sobre a associação significativa que existe entre o teor de proteína da farinha de trigo influenciando na capacidade de absorção de água, formação da rede de glúten e conseqüentemente no volume do pão.

Não somente, é possível encontrar outros produtos panificáveis que são suplementados com *Spirulina*, como o apresentado por Lima et al. (2022) em seu estudo sobre a elaboração de cookies enriquecidos com microalga. Seus resultados apresentaram aumento considerável, onde também utilizou porcentagem de 1% e 3%, além da de 5%, que se demonstrou a amostra com maior quantidade de proteína (10,71) em comparação às demais. Para Fernandes (2016), o caráter hiperproteico da *Spirulina* também foi observado nos pães elaborados em sua pesquisa, uma vez que eles obtiveram percentuais elevados de proteína quando se aumentava a quantidade da microalga.

5.6. Informação nutricional

A informação nutricional dos pães controle e enriquecidos com 1% e 3% de *Spirulina* está apresentada na tabela 8.

Tabela 8. Informação nutricional dos pães de fermentação natural controle e adicionados de diferentes concentrações de *Spirulina*.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Quantidade por porção de 50g (2 fatias)			
Ingredientes	FC	PS 1%	PS 3%
Valor energético	185 kcal	184 kcal	184 kcal
Carboidratos	41,9g	41,7g	41,4g
Proteínas	3,0g	3,1g	3,4g
Lipídeos	0,4g	0,4g	0,4g
Fibras alimentares	0,7g	0,7g	0,7g
Cinzas	0,4g	0,2g	0,2g
Sódio	2,9mg	2,9mg	2,8mg
Ferro	0,3mg	0,4mg	0,6mg

FC= formulação controle; PS= Pão com *Spirulina*. **Fonte:** Elaborado pela autora.

A partir da informação nutricional dos dois pães enriquecidos com *Spirulina*, é possível inferir diferenças mínimas entre alguns compostos mediante alteração na porcentagem da microalga. Conforme a tabela 8 demonstra, ao comparar os teores de carboidratos, verifica-se que este sofreu uma diminuição no pão com 3% de *Spirulina* em relação ao Controle e PS 1%. O mesmo ocorre com o sódio e as cinzas. Por outro lado, nutrientes como proteínas e ferro sofreram um aumento de 0,4 mg e 0,3 mg, respectivamente, ao comparar o pão controle com o PS 3%. Este resultado indica o aumento desses compostos em função do uso da *Spirulina* no pão. Lipídeos e fibras alimentares permaneceram com os mesmos valores para as três formulações. Quanto ao valor energético, foi observado 1 caloria a mais no pão controle em relação aos enriquecidos com *Spirulina*.

A variação do teor de proteína observada na informação nutricional dos pães pode se justificar porque as microalgas possuem uma grande capacidade fotossintética e de taxa de crescimento, o que a torna um produto com altos rendimentos de proteínas, sendo promissora na aplicação de produtos alimentares (Silva, 2022). Este dado pode ser comparado com os valores do teor de proteína bruta encontrado nos pães com diferentes concentrações de *Spirulina* deste estudo, como demonstra a tabela 7. Indicando a viabilidade da microalga como um elemento que provoca um aumento nos valores protéicos do produto.

Almeida (2018) também discorre sobre os altos teores de minerais como ferro e sódio disponíveis na *Spirulina*.

Segundo a RDC nº 54/2012 da ANVISA, para ser considerado fonte de fibra, o alimento precisa de um valor mínimo de 2,5 g por porção. Nessa perspectiva, pode-se considerar que tanto a formulação Controle quanto as com a microalga não se caracterizam como um produto fonte desse nutriente, uma vez que apresentou valores muito inferiores (0,7) em relação à mínima estabelecida pela resolução. Diferentemente de Caetano et al. (2019), que encontrou valores de fibras em consonância com o preconizado pela resolução em seus pães de forma elaborados com substituição parcial de farinha do resíduo de acerola.

Por ser um dos produtos mais consumidos em muitos países que possui uma elevada fonte calórica, o pão pode ser um advento para o enriquecimento nutricional na dieta dos indivíduos. Sua fonte calórica elevada oferece a possibilidade de se buscar maneiras de melhorar sua composição nutricional. Desse modo, o enriquecimento do pão se apresenta como uma alternativa viável, visto que a farinha de trigo, sendo um dos seus principais ingredientes, se caracteriza como deficiente em minerais como ferro e cálcio, além de aminoácidos essenciais (Azevedo 2012). Haja vista o exposto na tabela 8, o aumento de *Spirulina* na massa provocou um acréscimo na quantidade de ferro do produto final. Desse modo, a microalga obteve um resultado positivo na formulação do produto, viabilizando assim seu uso na formulação de alimentos aos quais se tenha o objetivo de maximizar o valor de determinado nutriente.

Levando todo o exposto em consideração, é notório que o pão carrega consigo o contexto de ser reconhecido como um alimento milenar e de grande valor cultural/religioso em determinadas regiões ao redor do mundo inteiro (Massolini et al., 2023). Com os avanços tecnológicos e o mercado dos produtos panificáveis se expandindo cada vez mais, tem surgido uma crescente necessidade de inovações neste ramo, de modo que invista em produtos variados que atendam as demandas procuradas pelo consumidor sem perder a qualidade e mantendo seus aspectos nutritivos (Ataide, 2023; Ávila, 2022).

Também é possível considerar o pão como um alimento versátil, onde sua massa pode sofrer diversas alterações na formulação de acordo com as características que se deseja adquirir no produto final. Levando esse argumento em consideração, as microalgas, que vêm sendo empregadas cada vez mais em produtos alimentícios, também conseguem abarcar o âmbito da panificação podendo desenvolver um produto mais rico devido às propriedades benéficas da microalga.

6. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa demonstram que os pães controle e com diferentes concentrações de *Spirulina* elaborados com a utilização do fermento natural adquiriram as características esperadas deste tipo de produto no visual, aromático e gustativo, mediante a formulação e métodos propostos. Sendo possível relacionar esse fato com as análises físico-químicas.

As variações observadas nas análises propostas neste estudo mostraram que a adição da microalga *Spirulina Platensis* nas porcentagem de 1% e 3% causaram influência no parâmetro físico com a redução do volume dos pães, visto que o pão com 3% de *Spirulina* foi o que apresentou o menor valor. Assim como a redução da elasticidade na análise de textura. Estes resultados sugerem a viabilidade da aplicação de técnicas ou outros ingredientes que auxiliam na expansão do pão enriquecido com a microalga para que ele não perca as características de volume provocadas pela baixa capacidade de produção de gás carbônico da massa.

A *Spirulina* pode ser vista como um produto que, possivelmente, tenha a capacidade de auxiliar na conservação do pão, uma vez que o aumento da sua concentração promove uma redução da atividade de água. Em contrapartida, foi observado um aumento na umidade comparando o pão controle com o com 3% de *Spirulina*.

O pH dos pães não sofreu alterações significativas com a presença da *Spirulina*. Já na acidez, o pão controle e o pão com 1% de *Spirulina* apresentaram uma menor acidez. Indicando que a amostra PS 3% foi a que obteve um aumento na quantidade de ácidos presentes no pão, de modo que, a utilização dessa porcentagem na massa pode ser aplicada se for desejado melhorar o tempo de conservação do produto.

Os parâmetros de cor foram os que mais diferiram significativamente, já que a microalga proporcionou ao pão um aspecto visual diferenciado e característico da *Spirulina*, com uma cor intensa no tom esverdeado, principalmente na formulação com 3% da microalga.

Para o teor de proteína bruta, os resultados ratificam que a microalga consegue atuar como um potencializador deste composto nos produtos ao qual é adicionado, onde a porcentagem de 1% de *Spirulina* se torna viável para o aumento deste composto no pão. De modo que permitiu que os resultados encontrados na tabela nutricional dos pães se tornassem esperados, já que também foi observado um aumento de proteínas com a suplementação da microalga. Possibilitando também o conhecimento sobre como o produto final poderia

impactar na dieta de um indivíduo que necessita do consumo mais elevado de determinados nutrientes essenciais.

Nesse prisma, para melhores resultados a respeito da caracterização do pão de *Spirulina* como um produto rico nutricionalmente, é viável a utilização de outras porcentagem da microalga em sua formulação. Considerando também a possibilidade do desenvolvimento de outras formulações com técnicas e ingredientes diferentes que agreguem não somente para a uma composição mais adequada de nutrientes do pão, mas também nos aspectos sensoriais a partir dos atributos visuais, gustativos e aromáticos do pão para que o torne mais atrativo para os consumidores, mediante a realização de uma análise sensorial.

REFERÊNCIAS

AACC, **APPROVED METHODS OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS**, 10a edição. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 2000.

AACCI. **American Association of Cereal Chemists International**. Approved methods. 11th ed., St. Paul, MN, USA, 2010.

ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Balço e tendências do mercado de panificação e confeitaria**. Fev. 2018. Disponível em: <<http://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2018/03/INDICADORES-E-TENDENCIAS-DE-MERCADO.pdf>>. Acesso em: 12 de jun. 2024.

ALMEIDA, L. M. R. **Incorporação de biomassa de spirulina sp. para o desenvolvimento e caracterização de alimento funcional**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal da Bahia Faculdade de Farmácia, [S. l.], 2018.

ALMEIDA, L. M. R. et al. Utilização de Biomassa de Spirulina Platensis para desenvolvimento de molho com alto teor proteico: um estudo piloto. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 21172-21185, 2020.

AMBROSI, M. A. et al. Propriedades de saúde de Spirulina spp. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 29, n. 2, 2008.

AOAC – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18o ed. Washington, VI e 2, 2010.

ARNAUT, A. N.. **Desenvolvimento e avaliação de pão de fermentação natural enriquecido com farinha de bagaço de malte**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

ATAIDE, L.O.M de. **A redução de desperdícios industriais em padarias artesanais de fermentação natural**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2023.

ÁVILA, P. M.. **Pães de fermentação natural e industrial : aspectos tecnológicos e microbiológicos**. 2022. 27f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

AZEVEDO, F. L. A. A. de. **Valor nutricional, capacidade antioxidante e utilização de folhas de espinafre (Tetragonia tetragonoides) em pó como ingrediente de pão de forma**. 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

BARBOSA, M. S. **PÃO DOCE ENRIQUECIDO COM FARINHA DE CENOURA: Características microbiológicas e físico-químicas**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, 2021.

BRAGA, W E.. **ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE IOGURTE ADICIONADO DA MICROALGA SPIRULINA (*Arthrospira platensis*)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) - Unidade de Academia de Saúde - Universidade Federal de Campina Grande, 2023.

BRANLARD, G.; ROUSSET, M.; LOISEL, W.; AUSTRAN J.C. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. **Journal Genetic & Breeding**, v.45, n 4, p.263-280, 1991.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **VII Lista dos novos ingredientes aprovados – Comissões Tecnocientíficas de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos**. Disponível em URL: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/novos_ingredientes.htm.

Brasil. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira. 2a ed. Brasília: MS; 2014.

Brasil (2003a). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução - RDC Nº. 359, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para fins de Rotulagem Nutricional. Diário Oficial. Brasília, DF.

Brasil (2012). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução – RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial. Brasília, DF.

BREDARIOL, P.; SPATTI, M.; VANIN, F. M.. Different baking conditions may produce breads with similar physical qualities but unique starch gelatinization behaviour. **Lwt**, v. 111, p. 737-743, 2019.

BITTENCOURT, B. *et al.* **FERMENTAÇÃO NATURAL: CONCEITOS, MÉTODOS, APLICAÇÕES E CONHECIMENTO EM XANXERÊ/SC E REGIÃO**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina,, 2021.

BORTOLUZZI, L. C. P. **Hábitos de compra e de consumo de pão na região de Bragança em Portugal**. 2020. Dissertação de Mestrado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

CAETANO, K. F. et al. Pão de forma elaborado com substituição parcial de farinha do resíduo de acerola. **COMITÊ DA MOSTRA DE NOVOS PRODUTOS**, 2019. p. 61.

CAILLÉ, S.; SAMSON, A.; WIRTH, J.; DIÉVAL, J.-B. ; VIDAL, S.; CHEYNIER, V. Sensory characteristics changes of red Grenache wines submitted to different oxygen exposures pre and post bottling. **Analytica Chimica Acta**, 660, 35-42, 2010.

CAMARGO, A. L.. **Direto ao Pão**. São Paulo: Editora Senac São Paulo; 1ª edição, 2019.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. São Paulo. SENAC, 2012.

CARNEVALLI, F. R.. **USO DE BIOMASSA DE MICROALGAS E SEUS DERIVADOS EM ALIMENTOS**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG , L.S. **Tecnologia da Panificação**. São Paulo: Editora Manole, 2009. 418p.

CENTENARO, G. S., et al. Enriquecimento de pão com proteínas de pescado. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 663-668, 2007.

CLARKE, C. I. et al. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. **European Food Research and Technology**, v. 217, p. 23-33, 2003.

COLONETTI, C. T.; DELAMARE, A. P. L. Explorando os processos microbiológicos e os impactos multifacetados da fermentação natural do pão: uma mini revisão. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 4, n. 9, p. e5695, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N9-058. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/5695>. Acesso em: 22 set. 2024.

CORREIA, P. et al. Pão São, uma alternativa ao pão tradicional. **11º Encontro de Química dos Alimentos**, 2012.

DALL'AGNOL, J. et al. Avaliação físico-química de pão branco e pão integral: comparação com o rótulo nutricional. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

DERNER, R. B. et al. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1959-1967, 2006.

DIPRAT, A. B. **Aplicação da microalga *Chlorella sorokiniana* para enriquecimento nutricional de pão sem glúten**. 2019.

DO BÚ, S. A. et al. Produção e caracterização físico-química de geleia de menta enriquecida com spirulina (*Spirulina platensis*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e30110414145-e30110414145, 2021.

EL-SAID, E. T. et al. Treatment of anaemia and malnutrition by shamy bread fortified with spirulina, quinoa and chickpea flour. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 64, n. 5, p. 2253-2268, 2021.

FERNANDES, J. C. A. **Elaboração de um produto de panificação, do tipo de pão, enriquecido pela adição de spirulina *platensis***. 2016. 56 fl. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Bacharelado em Nutrição, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil, 2016.

FIGUEIRA, F. S. **Produção de Pão sem Glúten Enriquecido com Spirulina Platensis**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

FRAGOSO, S. P. **Desenvolvimento de bolachas com incorporação de diferentes microalgas**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal).

GALVANI, F.; GAERTNER, E.. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. 2006.

GASPAR, T. V.. **O Paradoxo do Pão – uma análise dos pontos de vista da nutrição, sustentabilidade e afetividade**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) - Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto, 2023.

GHENO, A. M. et al. Avaliação de atributos tecnológicos de pão francês com adição de farinhas de vegetais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. e2021113, 2022.

Gisslen, W. (2011). **Panificação e confeitaria Profissionais**. 5.ed. Barueri: Editora Manole LTDA.

HALLÉN, E.; İBANOĞLU, Ş.; AINSWORTH, P. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 177–184, 2004.

HARBERTSON, J.; SPAYD, S. Measuring phenolics in the winery. **American Journal of Enological and Viticultural**, 57, 280-288, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3 ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26.

KOSMANN, L. K.. **Fermentação de Spirulina com lactiplantibacillus plantarum**. 2024. TCC (graduação). (Bacharelado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Ciência e Tecnologia de Alimentos., [S. l.], 2024.

LIMA, R. F. et al. Composição nutricional de cookies enriquecidos com Spirulina platensis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e220111021120-e220111021120, 2022.

LEO, M. **How To Stretch and Fold Sourdough Bread Dough**. The Perfect Loaf, 10 de jul. 2024. Disponível em: ><https://www.theperfectloaf.com/how-to-stretch-and-fold-sourdough-bread-dough/><. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MANUEL, Domingas Pereira. **Desenvolvimento de variedades de pão enriquecidos nutricionalmente com incorporação parcial de farinhas de leguminosas e trigo sarraceno**, 2023.

MARINHO, R. M. O., et al. Pão de coentro com adição de Spirulina: Desenvolvimento, avaliação física e tecnológica. In: **II Congresso Brasileiro Online de Ciência dos Alimentos, Anais do Agron Food Academy**, p. 560-570, 2022.

MASCARENHAS, M. M R. F.. **PÃES DE FERMENTAÇÃO NATURAL E SEUS BENEFÍCIOS NUTRICIONAIS E COMPORTAMENTAIS**. 2021.

MASSOLINI, B., et al. **Pão de fermentação natural com Pereskia aculeata (ora pro nobis)**. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Gastronomia) - Escola Técnica Estadual Benedito Storani, Jundiá, 2023.

MATUDA, T. G.. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MONAGAS, M.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.J.; GOMÉZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Time course of the colour of young red wines from *Vitis vinifera* L. during ageing in bottle. **International Journal of Food Science and Technology**, n. 41, p. 892-899, 2006.

MONTEIRO, J. S., et al., (2021). **A Systematic Review on Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator**. *Foods*, 10(3), 614. <https://doi.org/10.3390/foods10030614>.

NOGUEIRA, A. M.. **Desenvolvimento de pães de fermentação natural cultivado em meio adicionado de açaí em pó**. 2021. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

OLIVEIRA, L.; BUENO, S. M.. Desenvolvimento de pão a partir da fermentação natural de abacaxi e caldo de cana. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2020.

PEDRO, C. D. **Desenvolvimento de pães com incorporação de microalgas**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal).

PEREIRA, A. M.; SANTOS, T. D.; COSTA, J. A. V. **Aplicação De Hidrolisado Proteico De Spirulina Em Gelatina**. 2020.

RICHTER, V. R. **O pão e a evolução da panificação até a atualidade. Trabalho de conclusão de curso do curso de Gestão em Gastronomia: Qualidade, produtividade em gastronomia – UNIVALI – Balneário Camboriú**, 2015.

RICHTER, V. R. et al. **Panificação** – Indaial: UNIASSELVI, 2019.

SALES, G. D. **O culto do pão**. 2010. Dissertação de Mestrado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

SAMPAIO, U. M. et al. Aspectos Gerais de Cultivo, Métodos de Secagem e Características da Cianobacteria Spirulina Platensis. **Revista Processos Químicos**, v. 10, n. 20, p. 133-143, 2016.

SANTOS, A. I. dos, et al. **Pão com ervas**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Alimentos) - Escola Técnica Estadual Benedito Storani, Jundiaí, 2022.

SEBESS, P. **Técnicas de padaria profissional**. Tradução por Renato Freire. 2 Ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2014.

SILVA, D. R. da; SOUZA, J. S. **Características tecnológicas e sensoriais de pães de farinha de arroz com adição de gomas alimentícias**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – IFG – Câmpus Inhumas, Inhumas, 2022.

SILVA, M. A. da. **Fermentação natural - conhecendo o levain e sua aplicação comercial no mercado de Fortaleza**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gastronomia) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Cultura e Arte, [S. l.], 2018.

SILVA, J. L. et al. Levain Na Panificação: Uma Revisão Sobre Fermentação Natural E Técnicas Para Conservação De Microrganismos. In: **Engenharia De Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos E Biológicos-Volume 1**. Editora Científica Digital, 2024. p. 138-154.

SILVA, K. F. et al. A utilização de fator de conversão de nitrogênio para proteínas em microalgas: Uma revisão. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos Volume 14**, p. 124, 2022.

SOARES, L. S.. Revisão teórica: cultivo de microalgas para a produção de carotenoides. 2021.

SOUSA, A. A. dos S. et al. **Desenvolvimento de um pão tipo bisnaguinha fonte de cálcio para crianças**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Alimentos) - Escola Técnica Estadual ETEC de Sapopemba (Fazenda da Juta - São Paulo), São Paulo, 2021.

SOUSA, F. G. **Efeito da adição de fermento natural na qualidade de pães**. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Gastronomia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SOUZA, M. R. de. **IMPACTO DA FERMENTAÇÃO NATURAL NA PANIFICAÇÃO**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gastronomia) - Universidade Federal da Paraíba/UFPB - Centro de Tecnologia e Desenvolvimento, 2020.

SUAS, M. **Panificação e viennoiserie: abordagem profissional**. Tradução por Beatriz Karan Guimarães. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SURUAGY, E. C. **Fermento natural desidratado inoculado com bactérias ácido lácticas: Uma Revisão**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gastronomia) -

Universidade Federal da Paraíba, do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, 2021.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos_taco_2011.pdf. Acesso em: 31 de ago. de 2024.

TIRLONI, L. et al. Aplicação tecnológica de fermento natural “levain” em substituição ao processo tradicional de elaboração de pães. **Artigo (Curso técnico em química) – Centro universitário univates, Rio Grande do Sul, Lajeado**, 2017.

VIANNA, F. S. **Manual prático da panificação Senac**. São Paulo: SENAC, 2018.