

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

TAÍS LUIZA SOARES

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA KOMBUCHA COM  
BETERRABA**

Dourados/MS  
2025

**TAÍS LUIZA SOARES**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA KOMBUCHA COM  
BETERRABA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia, pela Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Marques Vilela.

Dourados/MS  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S676a Soares, Taís Luiza

Avaliação físico-química e antioxidante da kombucha com beterraba [recurso eletrônico] / Taís Luiza Soares. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Marques Vilela.

TCC (Graduação em Biotecnologia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. fermentação. 2. compostos bioativos. 3. betalainas. 4. saborização. I. Vilela, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Marques. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**TAÍS LUIZA SOARES**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA KOMBUCHA COM  
BETERRABA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado  
pela Banca Examinadora como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel em  
Biotecnologia, pela Universidade Federal da  
Grande Dourados.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Marques  
Vilela.

Aprovado em: 16/05/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **DANIELLE MARQUES VILELA**  
Data: 18/06/2025 14:31:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danielle Marques Vilela  
UFGD

Documento assinado digitalmente  
 **MANOEL ARMANDO DELGADO JÚNIOR**  
Data: 24/06/2025 20:20:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.<sup>o</sup> Me. Manoel Armando Delgado Júnior  
UFGD

Documento assinado digitalmente  
 **FABIANA GOMES DA SILVA DANTAS**  
Data: 25/06/2025 21:00:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiana Gomes da Silva Dantas  
UFGD

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, o meu muito obrigado por sempre confiarem em mim e me darem o impulso necessário para continuar. O apoio de vocês foi fundamental em todos os momentos desta jornada.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle Marques Vilela, agradeço de coração por sua paciência, auxílio e por toda a confiança depositada em mim. Sem sua orientação, esse projeto não teria sido possível.

À minha companheira de laboratório, Winnie, obrigada por estar sempre disposta a ajudar e tornar essa jornada mais leve e colaborativa.

Agradeço à minha psicóloga, Aline, por todo o amparo e acolhimento ao longo dessa trajetória. Obrigada por me guiar com tanto cuidado, por me lembrar da minha força e por tornar essa fase intensa um pouco mais leve.

## RESUMO

A kombucha é uma bebida fermentada reconhecida por suas propriedades funcionais e antioxidantes, sendo cada vez mais consumida por indivíduos que buscam uma alimentação mais saudável. Seguindo a tendência de adicionar ingredientes naturais a esta bebida, a beterraba vermelha parece promissora devido à sua riqueza em compostos bioativos, como nitratos e betalaínas. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de suco de beterraba nas características físico-químicas e na atividade antioxidante da kombucha. A pesquisa envolveu duas fases de fermentação: a primeira com chá verde e SCOBY, e a segunda em garrafas lacradas com suco de beterraba, permitindo a carbonatação e a interação entre os compostos. As análises realizadas neste estudo foram pH, °Brix e atividade antioxidante. A atividade antioxidante foi determinada pelo método DPPH, comparando ambas as versões da bebida. Os resultados indicaram que a kombucha tradicional apresentou uma atividade antioxidante de 91,19%, enquanto a kombucha saborizada com suco de beterraba apresentou 72,24%, indicando uma redução significativa. O pH da kombucha saborizada foi ligeiramente maior (3,26) em comparação com a versão tradicional (3,09), mas a diferença não foi significativa. O valor de °Brix aumentou de 2,78 para 4,13, sugerindo que o suco de beterraba influenciou a concentração de sólidos solúveis. Esses resultados mostram que a adição de suco de beterraba na kombucha resultou em alterações significativas em suas características físico-químicas e funcionais. Essas mudanças devem ser consideradas ao desenvolver novas formulações para equilibrar os benefícios funcionais e a qualidade do produto final.

**Palavras-chave:** fermentação; compostos bioativos; betalaínas; saborização.

## ABSTRACT

Kombucha is a fermented beverage recognized for its functional and antioxidant properties, and it is increasingly consumed by individuals seeking a healthier diet. Following the trend of adding natural ingredients to this drink, red beetroot appears promising due to its richness in bioactive compounds, such as nitrates and betalains. This study aimed to evaluate the effects of adding beetroot juice on the physicochemical characteristics and antioxidant activity of kombucha. The research involved two fermentation phases: the first with green tea and SCOBY, and the second in sealed bottles with beetroot juice, allowing carbonation and interaction between compounds. The analyses performed in this study were pH, °Brix, and antioxidant activity. Antioxidant activity was determined using the DPPH method, comparing both versions of the beverage. The results indicated that the traditional kombucha presented an antioxidant activity of 91.19%, while the kombucha flavored with beetroot juice presented 72.24%, indicating a significant reduction. The pH of the flavored kombucha was slightly higher (3.26) compared to the traditional version (3.09), but the difference was not significant. The °Brix value increased from 2.78 to 4.13, suggesting that beetroot juice influenced the concentration of soluble solids. These results show that the addition of beetroot juice to kombucha resulted in significant changes in its physicochemical and functional characteristics. These changes should be considered when developing new formulations to balance the functional benefits and the quality of the final product.

**Keywords:** fermentation; bioactive compounds; betalains; flavoring.

## SUMÁRIO

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>               | <b>9</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS.....</b>                | <b>10</b> |
| 2.1 Objetivo geral.....                | 10        |
| 2.2 Objetivos específicos.....         | 10        |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>    | <b>11</b> |
| 3.1 Alimentos funcionais.....          | 11        |
| 3.2 Kombucha.....                      | 12        |
| 3.3 Ingredientes da produção.....      | 13        |
| 3.3.1 Chá Verde.....                   | 13        |
| 3.3.2 Açúcar.....                      | 14        |
| 3.3.3 SCOBY.....                       | 14        |
| 3.4 Fermentação da kombucha.....       | 15        |
| 3.5 Kombucha saborizada.....           | 15        |
| 3.6 Atividade antioxidante.....        | 16        |
| 3.7 Benefícios da kombucha.....        | 17        |
| 3.8 Beterraba.....                     | 18        |
| 3.9 Legislação brasileira.....         | 19        |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>       | <b>20</b> |
| 4.1 Local dos experimentos.....        | 20        |
| 4.2 Obtenção da matéria-prima.....     | 21        |
| 4.3 Preparo do chá.....                | 21        |
| 4.4 Primeira fermentação.....          | 21        |
| 4.5 Preparo do suco de beterraba.....  | 21        |
| 4.6 Segunda fermentação.....           | 22        |
| 4.7 Caracterização físico-química..... | 22        |
| 4.8 Atividade antioxidante (DPPH)..... | 22        |
| 4.9 Análise estatística.....           | 23        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>   | <b>23</b> |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.1 Fermentação da kombucha tradicional e saborizada.....</b>                  | <b>23</b> |
| 5.1.1 Evolução do pH e °Brix da kombucha tradicional.....                         | 23        |
| 5.1.2 Evolução do pH e °Brix da kombucha saborizada.....                          | 25        |
| <b>5.2 Comparação físico-química entre kombucha tradicional e saborizada.....</b> | <b>26</b> |
| <b>5.3 Atividade antioxidante das kombuchas.....</b>                              | <b>27</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>                                                           | <b>29</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                           | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento de doenças relacionadas à má alimentação e sedentarismo, como diabetes e obesidade, tem estimulado, nos últimos anos, o interesse por hábitos mais saudáveis e pelo consumo de alimentos funcionais, como a kombucha (CAÑAS e BRAIBANTE, 2019). Essa bebida fermentada é produzida a partir de chá adoçado e um consórcio simbiótico de bactérias e leveduras conhecido como SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Durante a fermentação, esses microrganismos metabolizam os açúcares do chá, formando uma camada de celulose em sua superfície (LEAL *et al.*, 2018; VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018). Tanto o chá preto quanto o verde podem ser utilizados na preparação da bebida, sendo o verde especialmente valorizado por sua maior concentração de polifenóis, que são compostos bioativos com potente ação antioxidante (MIRANDA *et al.*, 2022).

A composição do SCOBY pode variar, mas geralmente é formada por bactérias acéticas, como *Acetobacter* e *Gluconobacter*, e leveduras dos gêneros *Zygosaccharomyces* e *Saccharomyces* (ADNAN e SUDIN, 2024; JAYABALAN *et al.*, 2014). Durante a fermentação, as leveduras convertem a sacarose em glicose e frutose, que são posteriormente transformadas em etanol e dióxido de carbono. As bactérias acéticas utilizam esses compostos para produzir ácidos orgânicos, resultando em uma bebida levemente ácida e gaseificada (ADNAN e SUDIN, 2024; LAUREYS, BRITTON e DE CLIPPELEER, 2020).

Além dessas características sensoriais, a kombucha também é fonte de vitaminas, enzimas, probióticos e ácidos orgânicos. Muitos dos seus benefícios à saúde são atribuídos aos compostos fenólicos gerados durante a fermentação, com propriedades antioxidantes que auxiliam na neutralização de radicais livres e na prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo, como o câncer (LEAL *et al.*, 2018; MIRANDA *et al.*, 2022). Com o aumento do seu consumo, surgiram diversas variações da bebida, com adição de frutas, ervas e outros ingredientes naturais — uma tendência que visa não só diversificar sabores, mas também ampliar seus benefícios (COELHO *et al.*, 2020). Esse crescimento levou à regulamentação da bebida no Brasil por meio da Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019, que estabelece padrões para sua produção e composição (BRASIL, 2019).

Entre os ingredientes que podem ser adicionados à kombucha, a beterraba vermelha tem se destacado devido à sua composição rica em vitaminas, minerais, nitrato e betalaínas, pigmentos com propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas e anti-inflamatórias (SENTKOWSKA e PYRZYŃSKA, 2023). Seu suco é amplamente

consumido por atletas, pois o nitrato presente na beterraba melhora a oxigenação muscular e a resistência física, favorecendo a prática de exercícios (THEBA, NAYI e RAVANI, 2024).

A adição de suco de beterraba à kombucha representa uma alternativa promissora para enriquecer a bebida com antioxidantes e nitratos. No entanto, os efeitos dessa combinação ainda são pouco explorados, com escassez de estudos que avaliem a influência de sucos vegetais nas propriedades da kombucha, especialmente em comparações entre a versão tradicional e a saborizada com beterraba.

Diante dessas lacunas, este estudo se propõe a investigar como a adição de suco de beterraba afeta as características físico-químicas e a atividade antioxidante da kombucha. A relevância deste estudo se destaca em dois aspectos: no campo científico, ao contribuir para a compreensão dos impactos desse ingrediente no processo fermentativo e na funcionalidade da bebida, contribuindo para o desenvolvimento de novas formulações fermentadas; e no campo social, ao incentivar a criação de produtos mais saudáveis e naturais, atendendo à crescente demanda do consumidor por alternativas nutritivas e inovadoras.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os efeitos da adição de suco de beterraba nas características físico-químicas e na atividade antioxidante da kombucha.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) desenvolver uma formulação de kombucha saborizada com suco de beterraba e uma kombucha tradicional (sem adição de beterraba);
- b) determinar o pH e a concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) de ambas as kombuchas;
- c) avaliar a atividade antioxidante das kombuchas pelo método 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH);
- d) comparar os resultados físico-químicos e antioxidantes das kombuchas tradicional e saborizada.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Alimentos funcionais

Os hábitos alimentares da população têm evoluído ao longo do tempo, especialmente nos últimos anos, com a crescente busca por hábitos alimentares mais saudáveis e benéficos ao bem-estar. Esse fenômeno é impulsionado pelo aumento de mortes causadas por doenças como diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares, frequentemente relacionadas a uma alimentação inadequada e ao sedentarismo. Nesse contexto, os alimentos funcionais ganham destaque por fornecerem nutrientes essenciais e, adicionalmente, apresentarem propriedades benéficas à saúde, auxiliando na prevenção de doenças e na promoção do bem-estar (CAÑAS e BRAIBANTE, 2019).

A portaria nº 398 de 30 de abril de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define que:

O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999, p. 11).

Os alimentos funcionais são fontes de substâncias bioativas, como fibras, antioxidantes e ácidos graxos, que desempenham um papel essencial na promoção da saúde. Exemplos típicos incluem frutas como a maçã, que é uma excelente fonte de fibras e antioxidantes; peixes, como o salmão, que fornecem ácidos graxos essenciais ômega-3, conhecidos por suas propriedades anti-inflamatórias; e alimentos fermentados, como o iogurte, que contém probióticos benéficos para o equilíbrio da microbiota intestinal (CAÑAS e BRAIBANTE, 2019).

Entre os alimentos funcionais, os probióticos se destacam como microrganismos vivos que, ao serem ingeridos, ajudam a equilibrar a microbiota intestinal e promovem a saúde (EL-SAADONY *et al.*, 2021). Além disso, eles fortalecem o sistema imunológico e auxiliam na prevenção e no tratamento de doenças como diabetes e câncer (MAFTEI *et al.*, 2024).

A kombucha, uma bebida fermentada, destaca-se como uma fonte rica em vitaminas, enzimas, probióticos e ácidos orgânicos. Além de beneficiar a saúde gastrointestinal, seu consumo também fortalece o sistema imunológico e proporciona diversos efeitos positivos à saúde (LEAL *et al.*, 2018).

### 3.2 Kombucha

A kombucha é uma bebida agridoce produzida pela fermentação de chá adoçado com uma cultura simbiótica de bactérias acéticas e leveduras, conhecida como SCOBY (do inglês *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Consumida por seus benefícios à saúde, ela é rica em probióticos que ajudam a equilibrar a microbiota intestinal e melhorar a digestão. Além disso, fortalece o sistema imunológico, fornecendo ácidos orgânicos, vitaminas e outros compostos bioativos. A bebida também contém antioxidantes que auxiliam na neutralização dos radicais livres, ajudando a prevenir doenças degenerativas (LEAL *et al.*, 2018).

Acredita-se que a sua origem tenha sido na China por volta de 220 a. C., e seu nome é atribuído ao médico coreano Kombu, que teria introduzido a bebida no Japão para tratar problemas intestinais do imperador *Inkyo*. Com a expansão das rotas comerciais, a bebida se espalhou para países como a Rússia e outras regiões da Europa. Na década de 1960, pesquisadores suíços destacaram seus benefícios, comparando-os aos do iogurte, o que ajudou a impulsionar sua popularidade (JAYABALAN *et al.*, 2014).

Tradicionalmente é preparada à base de chá preto ou chá verde. Para cada litro de água, adicionam-se 5 g de folhas de chá e 50 g de açúcar, que servem como substrato para a fermentação microbiana. Em seguida, adiciona-se um SCOBY ou o líquido de uma fermentação anterior, na concentração de 10%, como cultura inicial para o processo de fermentação (LEAL *et al.*, 2018). Esse processo reduz o pH do meio, inibindo o crescimento de microrganismos indesejados (JAYABALAN *et al.*, 2014).

O período fermentativo dura geralmente de 7 a 10 dias, podendo variar conforme o estado do inóculo ou das preferências do consumidor. Nesse período, as leveduras e bactérias transformam o açúcar em ácidos orgânicos, como acético e glucônico, além de produzir gases como o dióxido de carbono, conferindo à bebida seu sabor característico. Também ocorre a formação de uma película de celulose na superfície do chá, causada pela ação dos microrganismos (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

Além da fermentação tradicional, a bebida pode passar por uma segunda etapa com adição de sucos de frutas ou vegetais, o que proporciona carbonatação e amplia a diversidade de sabores, tornando o produto mais atrativo ao mercado (COELHO *et al.*, 2020). Segundo Saud, Xiaojuan e Fahad (2024), a fermentação dos sucos aumenta os compostos bioativos, aprimora o sabor, prolonga a vida útil e melhora a biodisponibilidade de vitaminas e minerais.

### 3.3 Ingredientes da produção

Como citado anteriormente, a produção da kombucha requer a utilização de ingredientes essenciais que desempenham papéis fundamentais no processo fermentativo e na composição final da bebida. Entre os principais componentes estão a água, o chá, o açúcar e o SCOBY. A seguir, cada um desses ingredientes será abordado em detalhes, destacando sua importância no desenvolvimento e nas características finais da kombucha.

#### 3.3.1 Chá Verde

O chá verde é a segunda bebida não alcoólica mais consumida no mundo, atrás apenas da água (BORTOLINI *et al.*, 2021). Originário da China há cerca de 3.000 anos, é produzido a partir das folhas frescas da planta *Camellia sinensis*, o mesmo arbusto que também dá origem ao chá preto e ao oolong. A principal diferença entre esses tipos de chá está no processo de fermentação das folhas: enquanto no chá verde as folhas não são fermentadas, no chá preto ocorre uma fermentação completa, e no chá oolong, a fermentação é parcial (SAEED *et al.*, 2017).

Devido ao seu processamento, o chá verde mantém um alto teor de polifenóis, especialmente as catequinas, compostos com reconhecidas propriedades funcionais benéficas à saúde. O chá verde possui uma maior concentração desses compostos bioativos em comparação a outros chás da *Camellia sinensis*, o que potencializa sua ação antioxidante (MIRANDA *et al.*, 2022). Esses compostos auxiliam na neutralização de radicais livres, reduzindo o risco de doenças crônicas, como o câncer (BORTOLINI *et al.*, 2021). O chá verde também é rico em proteínas, aminoácidos, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais, o que amplia sua diversidade nutricional (BORTOLINI *et al.*, 2021).

Os benefícios do chá verde estão principalmente associados às catequinas, sendo as mais comuns epicatequina, epigallocatequina, galato de epicatequina e galato de epigallocatequina (COELHO *et al.*, 2020). As catequinas possuem propriedades anti-inflamatórias, anticancerígenas, antibacterianas, antivirais, antifúngicas e antiparasitárias, além de efeitos hipocolesterolêmicos e hipolipidêmicos, conferindo diversos benefícios à saúde (SAEED *et al.*, 2017).

### 3.3.2 Açúcar

O açúcar é um termo que engloba diferentes tipos de carboidratos cristalizados, como sacarose, lactose e frutose. Ele pode ser encontrado em várias formas, como o açúcar refinado, cristal, confeitado e mascavo, entre outros. Tanto o açúcar cristal quanto o refinado contêm mais de 99% de sacarose, um dissacarídeo composto por carbono, hidrogênio e oxigênio. Conhecida como açúcar de mesa, a sacarose ocorre naturalmente em diversos vegetais, como pêssegos e beterrabas, além de ser frequentemente adicionada a alimentos industrializados (MANHANI *et al.*, 2014).

Na fermentação da kombucha, esse dissacarídeo atua como a principal fonte de carbono (NYHAN *et al.*, 2022). Uma parte significativa dela não é completamente fermentada e permanece no produto final (JAYABALAN *et al.*, 2014), influenciando tanto a taxa de fermentação quanto as características sensoriais da bebida, como sabor e acidez. Além disso, a sacarose afeta a produção de ácidos orgânicos, álcool e outros metabólitos durante a fermentação (COHEN, SELA e NOLDEN, 2023).

A cultura 'mãe' da celulose bacteriana também depende dessa fonte energética, uma vez que, não consegue sintetizar celulose em quantidades suficientes de forma independente (GOH *et al.*, 2012). De acordo com Vohra *et al.* (2019), o açúcar branco é a melhor opção para a fermentação da kombucha, pois sua composição química simples facilita sua degradação pelos microrganismos do SCOBY, resultando em uma maior produção de etanol.

### 3.3.3 SCOBY

O SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*) é uma cultura celulósica gelatinosa que se forma na superfície do líquido durante a fermentação do chá adoçado (ADNAN e SUDIN, 2024). Composto por uma simbiose de bactérias e leveduras, o SCOBY é conhecido como a 'mãe' da kombucha, pois gera uma nova camada de celulose denominada 'filha'. Durante a fermentação, novas camadas de celulose são formadas, criando uma matriz que abriga os microrganismos envolvidos no processo (SANTOS, 2016).

A composição microbiana do SCOBY varia conforme fatores como localização geográfica, condições da fermentação e origem do inóculo (KILMANOGLU, CINAR e DURAK, 2024). No entanto, como observado por Miranda *et al.* (2022), a microbiota do SCOBY é predominantemente composta por bactérias acéticas e leveduras, com menor presença de bactérias lácticas.

Os principais gêneros bacterianos do SCOBY são *Acetobacter* e *Gluconobacter*, com destaque para *Acetobacter xylinum*, uma bactéria acética que forma uma rede de celulose essencial para a simbiose microbiana (JAYABALAN *et al.*, 2014). Além de seu papel na fermentação, o ácido acético produzido por essa bactéria também contribui para inibir o crescimento de patógenos, como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, garantindo, assim, a segurança e a qualidade da bebida (COELHO *et al.*, 2022). Dentre as leveduras, os gêneros predominantes são *Zygosaccharomyces* e *Saccharomyces* (ADNAN e SUDIN, 2024).

Durante a fermentação, as leveduras do SCOBY utilizam a enzima invertase para hidrolisar a sacarose presente no chá em glicose e frutose. Em seguida, essas moléculas são metabolizadas, resultando na produção de etanol e dióxido de carbono. Simultaneamente, as bactérias acéticas consomem a glicose, gerando ácido glucônico e etanol, que é posteriormente convertido em ácido acético. Esse conjunto de reações é responsável pelo sabor agri-doce característico da kombucha (ADNAN e SUDIN, 2024).

### **3.4 Fermentação da kombucha**

A fermentação é um processo metabólico em que microrganismos, como bactérias e fungos, convertem açúcares e outros carboidratos em ácidos, gases ou álcool, geralmente em condições anaeróbicas. Na fermentação da kombucha, ocorre uma interação entre leveduras e bactérias do SCOBY, resultando em três tipos de fermentação simultâneas: alcoólica, acética e láctica (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

As três fermentações ocorrem simultaneamente e de forma interdependente, sendo que a duração do processo influencia diretamente o sabor e a acidez da kombucha. A duração da fermentação depende de vários fatores, como a composição e a quantidade de microrganismos, temperatura, aeração e formato do recipiente (LAUREYS, BRITTON, e DE CLIPPELEER, 2020).

### **3.5 Kombucha saborizada**

A adição de ingredientes naturais à kombucha tem sido amplamente estudada para avaliar seus efeitos sobre as características físico-químicas e funcionais da bebida. Diversas pesquisas analisam como frutas, vegetais e ervas influenciam parâmetros como pH, °Brix, compostos bioativos e atividade antioxidante (ANANTACHOKE *et al.*, 2023; WANDERLEY *et al.*, 2025).

A seguir, o Quadro 1 apresenta uma síntese de pesquisas que investigaram a kombucha saborizada, destacando os ingredientes utilizados, os parâmetros analisados e os principais resultados obtidos.

**Quadro 1 - Resumo de estudos sobre kombucha saborizada: formulações e resultados**

| Autor/Ano                      | Saborizante(s)             | Parâmetros Avaliados                                   | Principais Resultados                                                         |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Crispino <i>et al.</i> (2024)  | Cupuaçu, taperebá e bacuri | °Brix, etanol e atividade antioxidante                 | Elevação dos níveis de °Brix, etanol e atividade antioxidante                 |
| Khaleil <i>et al.</i> (2020)   | Goiaba                     | Atividade antioxidante e flavonóides                   | Aumento de flavonóides totais e atividade antioxidante                        |
| Saito, Santos e Mamede (2024)  | Cafê                       | pH e acidez volátil                                    | Aumento do pH e redução da acidez volátil                                     |
| Luvison, Danguí e Lima (2023)  | Manga                      | Atividade antioxidante, compostos fenólicos e taninos  | Redução da atividade antioxidante e aumento dos compostos fenólicos e taninos |
| Radin <i>et al.</i> (2023)     | Pitaya                     | Gradação alcoólica e acidez total titulável            | Aumento da gradação alcoólica e da acidez total titulável                     |
| Silva <i>et al.</i> (2024)     | Casca de uva               | °Brix, compostos fenólicos e atividade antioxidante    | Aumento do °Brix, do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante  |
| Schneider <i>et al.</i> (2021) | Bacupari                   | pH, acidez total titulável e °Brix                     | Aumento do pH, da acidez titulável e leve redução do °Brix                    |
| Schmitt <i>et al.</i> (2022)   | Suco de uva                | Açúcar redutores, flavonoides e atividade antioxidante | Aumento no teor de açúcar redutores, flavonoides e atividade antioxidante     |
| Ayed e Hamdi (2015)            | Suco de figueira da Índia  | pH e atividade antioxidante                            | Redução do pH e aumento da atividade antioxidante                             |

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Os achados indicam que as variações nas características físico-químicas e na atividade antioxidante da bebida dependem dos ingredientes adicionados e de suas concentrações, reforçando a importância de avaliar esses fatores no desenvolvimento de novas formulações.

### 3.6 Atividade antioxidante

Os radicais livres são moléculas instáveis e altamente reativas devido à presença de um elétron desemparelhado. Para se estabilizarem, capturam elétrons de moléculas como

lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, desencadeando reações em cadeia que resultam em danos celulares. Esse processo leva ao estresse oxidativo, que está associado a inflamações e ao desenvolvimento de doenças como asma brônquica, diabetes, artrite, doenças cardiovasculares e câncer (SKORYK e HORILA, 2023).

Os antioxidantes são fundamentais na defesa do organismo contra os radicais livres, neutralizando seus efeitos e reduzindo os danos do estresse oxidativo. Atuam inibindo a formação de radicais livres e complexando metais que catalisam reações oxidativas. Os antioxidantes podem ser naturais ou sintéticos. Entre os principais exemplos estão o ácido ascórbico (vitamina C), carotenóides e compostos fenólicos, amplamente utilizados por sua eficácia na proteção celular (SUCUPIRA, 2012).

Diversos métodos determinam a atividade antioxidante, destacando-se FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), ABTS (2,2-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]) e DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil). O método DPPH é amplamente utilizado devido à sua rapidez, praticidade e estabilidade, permitindo avaliar com eficiência a capacidade antioxidante de diferentes compostos (SUCUPIRA, 2012).

### 3.7 Benefícios da kombucha

Embora amplamente associada a diversos benefícios para a saúde humana, a maioria dessas alegações foi investigada principalmente em modelos experimentais, com evidências científicas limitadas em estudos com humanos (JAYABALAN *et al.*, 2014). Seus efeitos benéficos são frequentemente atribuídos aos ácidos orgânicos e compostos fenólicos gerados durante o processo de fermentação (MIRANDA *et al.*, 2022).

Estudos indicam que a kombucha exibe atividade antioxidante devido ao seu alto teor de compostos fenólicos, particularmente flavonoides, encontrados nos ingredientes utilizados. O estresse oxidativo está associado a condições como diabetes e câncer, e os compostos bioativos da kombucha podem contribuir para efeitos antidiabéticos e anticancerígenos (MIRANDA *et al.*, 2022). Sua atividade antioxidante também está ligada ao fortalecimento do sistema imunológico, alívio da inflamação e redução dos sintomas da artrite (JAYABALAN *et al.*, 2014).

Além disso, a kombucha tem sido investigada por sua capacidade de inibir microrganismos patogênicos, como *Helicobacter pylori* (associada a úlceras gástricas) e *Escherichia coli* (causadora de diarreia). Isso se deve ao seu baixo pH, aos compostos

presentes nos substratos, como as catequinas do chá, e aos metabólitos gerados pelas bactérias e leveduras do SCOBY, como ácido acético e outros ácidos orgânicos (MIRANDA *et al.*, 2022; WATAWANA *et al.*, 2015).

A kombucha também pode contribuir para a melhora da função hepática e gastrointestinal, apresentar propriedades desintoxicantes e auxiliar na redução do colesterol e da pressão arterial (MIRANDA *et al.*, 2022). Sua ação hepatoprotetora e desintoxicante está ligada à atividade antioxidante, especialmente aos polifenóis do chá, que combatem o estresse oxidativo, fator chave no desenvolvimento de doenças hepáticas (JAYABALAN *et al.*, 2014; LEAL *et al.*, 2018). Os polifenóis também ajudam a prevenir doenças cardiovasculares ao inibir a oxidação do LDL (colesterol ruim), prevenindo a formação de ateroma, e ao melhorar o metabolismo do colesterol, reduzindo sua absorção e a de triacilglicerol por meio da inibição da lipase pancreática (LEAL *et al.*, 2018).

Embora as alegações sobre os benefícios da kombucha para a saúde não sejam oficialmente reconhecidas, ela pode ser considerada um alimento de alto valor em uma dieta equilibrada (JAYABALAN *et al.*, 2014).

### 3.8 Beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma planta dicotiledônea da família *Amaranthaceae* (anteriormente *Chenopodiaceae*), cultivada amplamente em diversas regiões do mundo (SENTKOWSKA e PYRZYŃSKA, 2023). Existem diversos biótipos de beterraba, sendo três de grande relevância econômica: a beterraba açucareira, destinada à produção de açúcar; a beterraba forrageira, utilizada na alimentação animal; e a beterraba hortícola, cujas raízes são consumidas como alimento humano, sendo a última a mais cultivada no Brasil (PEREIRA *et al.*, 2022).

A beterraba hortícola, também conhecida como beterraba vermelha ou de mesa, é uma planta bienal cujas raízes tuberosas, de formato globular, sabor doce e coloração púrpura, são comestíveis (ARAÚJO, VALES e SOARES, 2023). Originária da região do Mediterrâneo, especialmente das áreas costeiras da Europa e do Norte da África, a beterraba tem sido apreciada tanto como alimento quanto por suas propriedades medicinais ao longo dos séculos (SENTKOWSKA e PYRZYŃSKA, 2023).

A beterraba vermelha, reconhecida por seu alto conteúdo de compostos bioativos, se destaca como fonte de vitaminas (C, A e complexo B), minerais (potássio, sódio, magnésio, cálcio, ferro, manganês, fósforo e selênio), além de carotenoides, nitrato, polifenóis e

betalaínas (SENTKOWSKA e PYRZYŃSKA, 2023). Entre esses compostos, as betalaínas se destacam. Esses pigmentos hidrossolúveis são divididos em betacianinas, responsáveis pela cor violeta, e betaxantinas, que conferem uma tonalidade amarelo-alaranjada. As betacianinas, em particular, possuem potentes propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas e anti-inflamatórias, além de efeitos hepatoprotetores, ajudando a equilibrar o sistema intestinal e imunológico (FU *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, o interesse pela beterraba vermelha aumentou, especialmente devido às suas atividades biológicas e ao crescente reconhecimento de suas propriedades funcionais e preventivas de doenças, consolidando-a como um alimento funcional (SENTKOWSKA e PYRZYŃSKA, 2023). Para aproveitar seus benefícios, a beterraba pode ser consumida de diversas formas, como crua, em sucos, fermentada, processada em geleias ou desidratada, entre outras alternativas (GULDIKEN *et al.*, 2016).

O suco de beterraba é uma das formas mais populares de consumo, devido à sua praticidade e ao processo simples de fabricação (AMELIA, ARDYANTO e SARI, 2024). Além disso, esse suco é promovido como bebida esportiva, destacando-se pelo nitrato inorgânico, que melhora a tolerância ao exercício, regula os vasos sanguíneos e aumenta o fornecimento de oxigênio aos músculos esqueléticos. Assim, a beterraba, quando utilizada em produtos alimentícios, contribui para a saúde humana e oferece oportunidades para o desenvolvimento de alimentos funcionais (THEBA, NAYI e RAVANI, 2024).

### 3.9 Legislação brasileira

Com a crescente popularidade da kombucha, a produção, antes limitada ao âmbito doméstico, passou a ser industrializada para fins comerciais, exigindo a definição de padrões de produção, composição e outras características. Além disso, é essencial que a rotulagem seja clara e objetiva para os consumidores. Assim, o Brasil se tornou o primeiro e único país do mundo a possuir uma legislação específica para a kombucha com a criação da Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019 (BRASIL, 2019; SUHRE, 2020).

A Instrução Normativa nº 41 de 17 de setembro de 2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento define que:

Kombucha é a bebida fermentada obtida através da respiração aeróbia e fermentação anaeróbia do mosto obtido pela infusão ou extrato de *Camellia sinensis* e açúcares por cultura simbiótica de bactérias e leveduras microbiologicamente ativas (SCOBY) (BRASIL, 2019, p. 13).

A kombucha é considerada alcoólica quando apresenta entre 0,6% e 8,0% de álcool por volume, sendo obrigatória a indicação do teor alcoólico no rótulo. Para kombuchas com menos de 0,5% de álcool, a concentração alcoólica também deve ser informada caso ultrapasse 0,05%. Além disso, é vedado o uso de alegações sobre propriedades funcionais ou de saúde não autorizadas pela legislação específica da ANVISA (BRASIL, 2019).

A normativa define os ingredientes obrigatórios na composição da kombucha, que incluem: água potável, infusão ou extrato aquoso de *Camellia sinensis*, açúcares e culturas simbióticas de bactérias e leveduras viáveis para a fermentação. Além disso, é permitida a adição de sucos, frutas, extratos vegetais, mel, especiarias e outros aditivos aprovados pela ANVISA (BRASIL, 2019). Além de estabelecer a definição, composição e proibições relacionadas à produção e comercialização da kombucha, a Instrução Normativa define, ainda, os parâmetros analíticos, que estão apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Parâmetros analíticos da kombucha exigidos pela legislação brasileira**

| Parâmetro                                                      | Mínimo | Máximo |
|----------------------------------------------------------------|--------|--------|
| pH                                                             | 2,5    | 4,2    |
| Graduação alcoólica (% v/v) kombucha sem álcool                | -      | 0,5    |
| Graduação alcoólica (% v/v) kombucha com álcool                | 0,6    | 8,0    |
| Acidez volátil (mEq/L)                                         | 30     | 130    |
| Pressão (atm a 20°C) na kombucha adicionada de CO <sub>2</sub> | 1,1    | 3,9    |

Fonte: BRASIL, 2019.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia das Fermentações da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados, situada em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

## **4.2 Obtenção da matéria-prima**

Os SCOBYs e o chá de arranque foram obtidos da coleção do Laboratório de Tecnologia das Fermentações. Para adaptação ao meio, as culturas passaram por três ciclos fermentativos de 7 dias cada. Esse processo envolveu a ativação gradual com chá verde, iniciando com 250 mL, passando para 500 mL e, por fim, 1 L. Essa adaptação progressiva visa otimizar o desenvolvimento da colônia e a eficiência fermentativa da kombucha. O chá verde, o açúcar cristal orgânico e as beterrabas foram adquiridos no comércio da cidade.

## **4.3 Preparo do chá**

O preparo do chá seguiu a metodologia descrita por Rodrigues *et al.* (2021) e Jayabalan *et al.* (2014), com adaptações. Inicialmente, 1 L de água foi fervido por 5 minutos. Após a fervura, adicionou-se sacarose na concentração de 50 g/L. Quando a temperatura da solução atingiu 60 °C, foram adicionados 4 sachês de chá verde, seguindo a proporção indicada na embalagem (1 sachê para cada 250 mL de água). O chá foi deixado em infusão por 5 minutos e, em seguida, filtrado com papel filtro.

## **4.4 Primeira fermentação**

A fermentação foi conduzida de acordo com a metodologia de Jayabalan *et al.* (2014), com adaptações. Após o resfriamento, o chá foi transferido para um frasco de vidro com capacidade para 1,3 L, onde foi adicionada a cultura SCOBY juntamente com 10% de chá de arranque. O recipiente foi coberto com um guardanapo de papel preso por elásticos, permitindo a troca de gases com o ambiente externo e prevenindo a contaminação por insetos. A infusão foi incubada em BOD a 26 °C por 5 dias.

## **4.5 Preparo do suco de beterraba**

Para o preparo do suco, as beterrabas foram lavadas, higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos, enxaguadas e armazenadas a 4 °C. Utilizou-se 100 g de beterraba e 250 mL de água, batidos no liquidificador, coados e armazenados em garrafa.

#### 4.6 Segunda fermentação

Para a segunda fermentação, utilizou-se garrafa PET de 600 mL, na qual foram adicionados 250 mL de suco de beterraba e 250 mL de kombucha, em proporção 50:50 (v/v), conforme metodologia de Schmitt *et al.* (2020). A garrafa foi amassada antes de ser fechada, a fim de remover o ar, e mantida em BOD por 3 dias para permitir a carbonatação (MAIA *et al.*, 2020).

#### 4.7 Caracterização físico-química

Foram realizadas análises físico-químicas de pH e sólidos solúveis totais (°Brix), conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O pH foi determinado com pHmetro digital de bancada (Simpla® pH 140) e os sólidos solúveis por refratômetro digital (Ionlab®), com amostras em temperatura ambiente. As coletas ocorreram diariamente durante todo o processo fermentativo. Os resultados foram apresentados em tabela, com médias e desvios padrões.

#### 4.8 Atividade antioxidante (DPPH)

A atividade antioxidante foi avaliada pelo potencial de eliminação do radical livre estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) seguindo o protocolo descrito por Polez *et al.* (2023), desenvolvido pela Embrapa. Para isso, preparou-se uma solução de DPPH a 0,06 mM, dissolvendo 2,4 mg de DPPH em 100 mL de álcool metílico P.A (99,9%). A solução foi filtrada e armazenada em ambiente escuro, sob refrigeração. Em seguida, 10 µL a 30 µL das amostras foram adicionados em microtubos de 1,5 mL, completando o volume para 150 µL com água purificada. Após isso, foram adicionados 450 µL da solução de DPPH (0,06 mM). As reações foram agitadas e, após 30 minutos, transferiram-se 200 µL de cada reação para tubos de ensaio. Após uma hora, a absorbância foi medida em duplicata no espectrofotômetro a 515 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição do DPPH e calculados conforme a seguinte equação:

$$\text{Inibição do DPPH (\%)} = \left( \frac{A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}}}{A_{\text{controle}}} \right) \times 100$$

Onde:

- $A_{\text{controle}}$  = Absorbância do DPPH sem a amostra;
- $A_{\text{amostra}}$  = Absorbância da solução de DPPH com a amostra.

#### 4.9 Análise estatística

Os resultados dos parâmetros analisados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) utilizando o programa *Statistica* para verificar se há diferença significativa entre as formulações, considerando um nível de significância de  $p < 0,05$ .

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

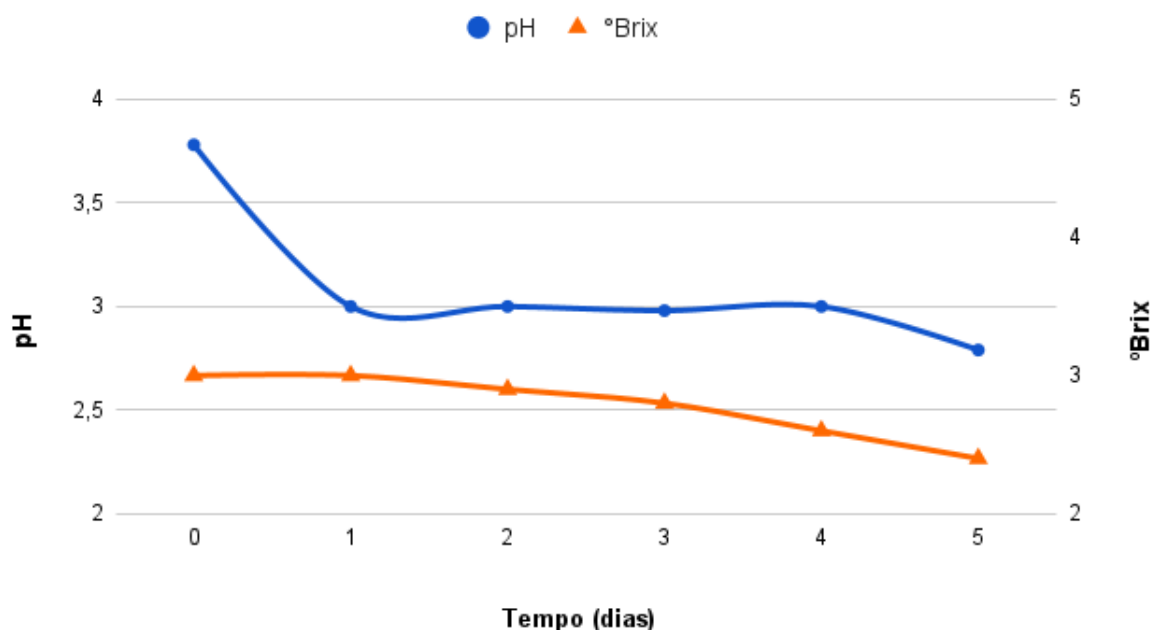
#### 5.1 Fermentação da kombucha tradicional e saborizada

O processo fermentativo da kombucha altera suas características físico-químicas, sendo o pH e o °Brix parâmetros essenciais para avaliar a acidificação e a concentração de sólidos solúveis, principalmente açúcares, ao longo do tempo. O monitoramento desses fatores garante a eficácia da fermentação e a qualidade do produto final (CRUZ, 2023; SOUZA, 2022). A seguir, a evolução desses parâmetros será discutida em mais detalhes.

##### 5.1.1 Evolução do pH e °Brix da kombucha tradicional

A Figura 1 apresenta a variação dos parâmetros analisados durante a fermentação da kombucha tradicional. Observa-se um comportamento característico do processo fermentativo da kombucha, com a redução progressiva dos valores de pH e sólidos solúveis (°Brix) ao longo do tempo.

**Figura 1** – pH e °Brix da kombucha saborizada ao longo da fermentação (5 dias)



**Fonte:** Elaborado pela autora.

O pH da kombucha tradicional diminuiu de 3,78 para 2,79 ao longo da fermentação, indicando um aumento da acidez. Um comportamento semelhante foi reportado por Filippis *et al.* (2018), que observaram uma redução de 3,5 para 2,5 após sete dias de fermentação. Já Neffe-Skocińska *et al.* (2017), ao analisarem a fermentação de kombucha com chá-preto e chá-verde a 30°C, registraram valores finais de 2,71 após o mesmo período.

A diminuição do pH ocorre devido ao aumento da acidez das amostras, resultante da produção de ácidos orgânicos ao longo da fermentação. Esse fenômeno está diretamente relacionado à atividade metabólica das leveduras e das bactérias acéticas presentes no SCOBY. O ácido acético, em particular, é o principal composto produzido durante a fermentação, conferindo à kombucha suas características sensoriais e propriedades conservantes (JAYABALAN *et al.*, 2014).

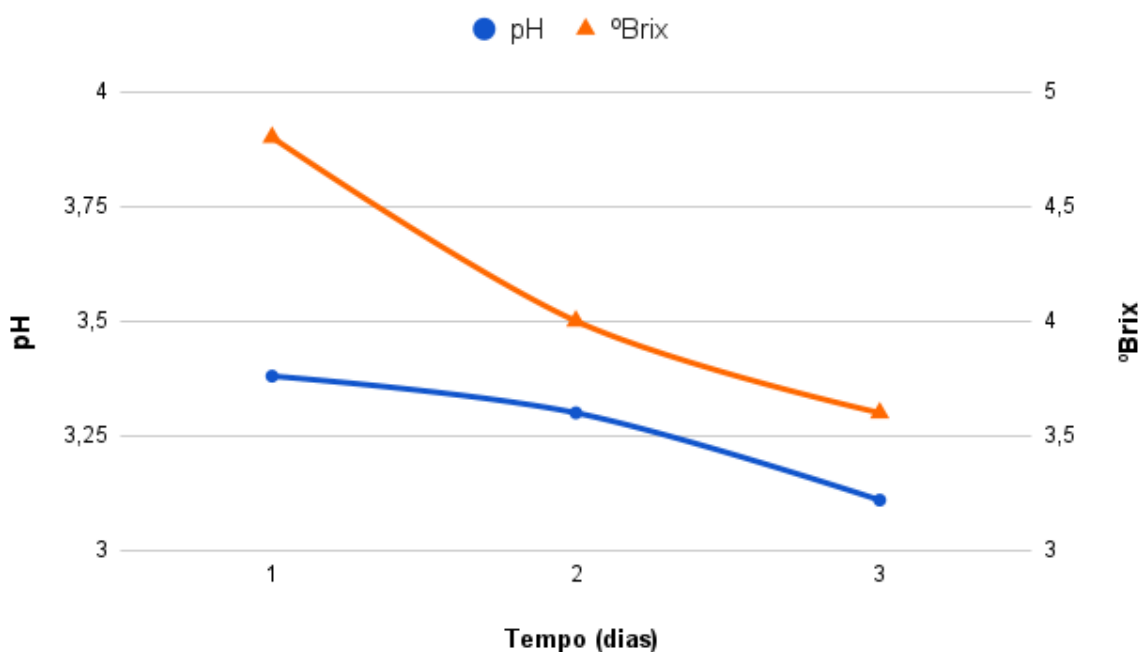
Os sólidos solúveis também apresentaram uma redução significativa ao longo do processo fermentativo, diminuindo de 3,00° Brix para 2,40° Brix. Essa queda ocorre devido ao consumo da sacarose, que é metabolizada pelas leveduras e convertida em etanol e dióxido de carbono. Posteriormente, as bactérias acéticas utilizam o etanol para produzir ácido acético e outros compostos orgânicos (ADNAN e SUDIN, 2024; LAUREYS, BRITTON e DE CLIPPELEER, 2020).

A conversão dos açúcares em ácidos ao longo da fermentação explica a diminuição do teor de sólidos solúveis, tornando a kombucha progressivamente menos doce e mais ácida. Esse fenômeno é esperado em processos fermentativos bem conduzidos, garantindo a formação dos compostos característicos da bebida. Ao final da fermentação, o teor de açúcar disponível é consideravelmente reduzido, resultando em um sabor mais ácido e complexo.

### 5.1.2 Evolução do pH e °Brix da kombucha saborizada

A Figura 2 apresenta a variação dos parâmetros analisados durante a fermentação da kombucha saborizada. Observou-se um padrão semelhante ao da fermentação da kombucha tradicional, com redução nos valores de pH e sólidos solúveis (°Brix) ao longo do tempo.

**Figura 2** – pH e °Brix da kombucha saborizada ao longo da fermentação (3 dias)



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Logo após a adição do suco de beterraba, a kombucha apresentou um pH de 3,38, evidenciando uma redução da acidez após a saborização. O aumento do pH da bebida após a saborização pode estar associado ao pH naturalmente mais alto do suco de beterraba em comparação à kombucha fermentada. Segundo Kale *et al.* (2018), o suco de beterraba possui um pH médio de 6,3, o que pode ter contribuído para a elevação temporária do pH da bebida após sua adição. No entanto, ao longo da fermentação, o pH diminuiu para 3,11, refletindo o aumento esperado da acidez durante o processo.

O teor de sólidos solúveis da kombucha aumentou após a saborização, atingindo um valor inicial de 4,8° Brix. Esse aumento era esperado, pois a beterraba é rica em açúcares, especialmente sacarose, o que contribui para sua doçura característica (KALE *et al.*, 2018). No entanto, com o avanço da fermentação, o teor de sólidos solúveis reduziu para 3,6° Brix, indicando o consumo dos açúcares pela cultura de microrganismos.

## 5.2 Comparação físico-química entre kombucha tradicional e saborizada

Os valores obtidos na caracterização das kombuchas tradicional e saborizada (Tabela 1) estão dentro dos padrões de segurança e qualidade estabelecidos pela legislação brasileira.

Tabela 1 - Caracterização físico-química das kombuchas tradicional e saborizada

| Parâmetro                       | KT        | KS        | ANOVA |
|---------------------------------|-----------|-----------|-------|
| pH                              | 3,09±0,35 | 3,26±0,14 | NS    |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 2,78±0,24 | 4,13±0,61 | **    |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

**Nota:** Média ± desvio padrão. KT = kombucha tradicional (sem adição de beterraba); KS = kombucha saborizada (com beterraba); ANOVA = Análise de Variância; NS = não significativo; \*\* = significativo (p<0,01).

A Instrução Normativa nº 41/2019 (BRASIL, 2019) determina que o pH da kombucha deve estar entre 2,5 e 4,2 para garantir a segurança microbiológica da bebida. No presente estudo, a kombucha tradicional apresentou um pH médio de 3,09, enquanto a kombucha saborizada registrou 3,26, ambos dentro da faixa recomendada. Esses valores estão alinhados com os dados reportados por Cardoso *et al.* (2020) e indicam que a bebida mantém um nível de acidez adequado para o consumo. Valores de pH inferiores a 2,5 indicam uma alta concentração de ácido acético, podendo tornar a bebida excessivamente ácida e prejudicial à saúde. Por outro lado, valores superiores a 4,2 podem comprometer a segurança microbiológica da kombucha, favorecendo o crescimento de microrganismos indesejáveis.

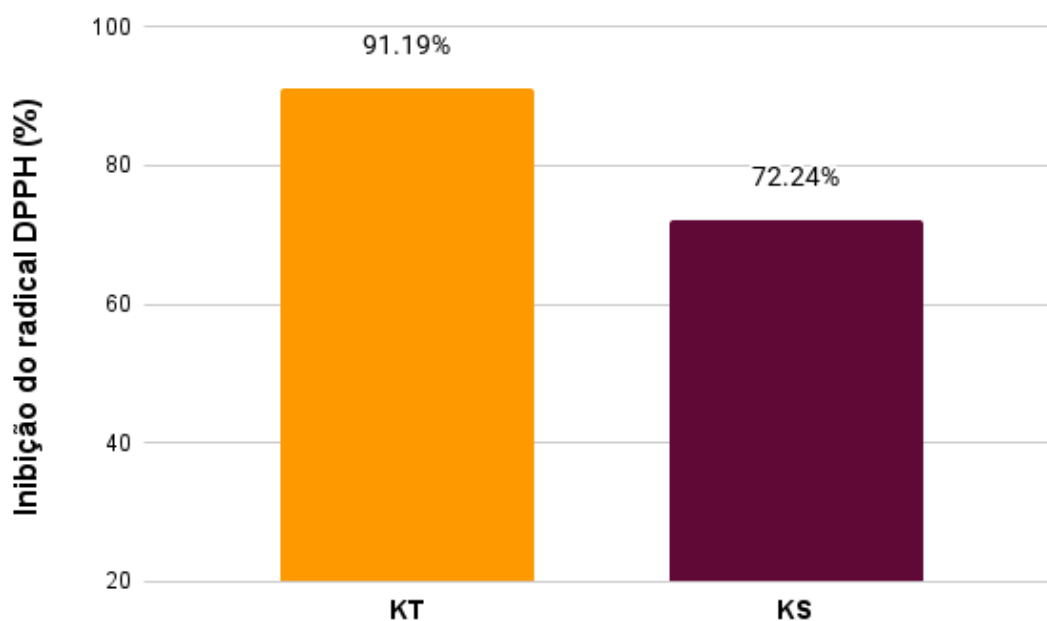
Na análise de sólidos solúveis, a kombucha tradicional apresentou um valor médio de 2,78° Brix. Após o processo de saborização, houve um aumento significativo (p<0,01) de aproximadamente 49%, elevando o teor de sólidos solúveis para 4,13° Brix. Esse aumento é justificado pela presença natural de açúcares, minerais e compostos bioativos na beterraba, que elevam a concentração de sólidos solúveis da bebida.

Um resultado semelhante foi observado por Júnior *et al.* (2021), em que a adição das frutas pitanga e umbu-cajá aumentou a doçura da kombucha devido ao seu teor natural de açúcar. Esse efeito resultou em níveis mais elevados de °Brix em comparação com a kombucha tradicional, sugerindo que os açúcares das frutas foram menos consumidos pelas leveduras durante a fermentação. Isso pode indicar uma alteração no processo fermentativo, o que afeta a composição final da bebida e suas características sensoriais.

### 5.3 Atividade antioxidante das kombuchas

Os resultados da análise da atividade antioxidante das kombuchas tradicional e saborizada encontram-se representados na Figura 3, expressos em % de inibição do radical DPPH.

**Figura 3** – Atividade antioxidante (% de inibição do DPPH) média das kombuchas



**Fonte:** Elaborado pela autora.

**Nota:** KT = kombucha tradicional (sem adição de beterraba); KS = kombucha saborizada (com beterraba).

A análise da atividade antioxidante demonstrou que a kombucha tradicional apresentou uma taxa de inibição de 91,19%, um valor semelhante ao reportado por Jakubczyk *et al.* (2024), que foi de 91,26%. No entanto, a kombucha saborizada apresentou uma atividade antioxidante significativamente menor, atingindo 72,24%. Esses resultados indicam

uma redução de aproximadamente 21% na atividade antioxidante após a adição do suco de beterraba.

Essa diminuição pode estar associada à queda do pH da kombucha, um processo natural da fermentação que pode comprometer a estabilidade dos antioxidantes. Segundo Madzuki *et al.* (2024), as betalaínas, pigmentos responsáveis pela coloração característica da beterraba, apresentam maior estabilidade em pH entre 4,0 e 6,0. Em valores mais baixos, elas tendem a se degradar, resultando na perda de atividade antioxidante. Além disso, a exposição à luz pode causar a fotodegradação das betalaínas, reduzindo sua estabilidade e levando à perda de intensidade da cor e da atividade antioxidante.

Outro fator que pode ter contribuído para essa redução é a diluição causada pela adição do suco de beterraba. A kombucha contém compostos antioxidantes derivados do chá e do processo de fermentação, e a adição do suco pode ter diminuído sua concentração relativa ao aumentar o volume total da bebida. Resultado semelhante foi observado por Luvison, Danguí e Lima (2023), que encontraram uma menor taxa de inibição do DPPH nas kombuchas saborizadas com manga em comparação às tradicionais. No entanto, a maioria dos estudos reunidos no Quadro 1, relata um comportamento oposto, com aumento da atividade antioxidante após a saborização.

Contudo, mais estudos são necessários para entender melhor o que realmente causou a redução na atividade antioxidante, se foi a queda no pH, a diluição da bebida ou a degradação das betalaínas. Esses fatores precisam ser analisados com mais detalhes para que se tenha uma resposta mais precisa.

## 6 CONCLUSÃO

Em suma, este estudo buscou investigar o impacto da adição de suco de beterraba na fermentação da kombucha, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de novas formulações fermentadas. A comparação entre a kombucha tradicional e a saborizada revelou que a adição do suco influenciou parâmetros físico-químicos, como os sólidos solúveis totais (°Brix), além de reduzir a atividade antioxidante ao final da fermentação.

Esses resultados indicam que, embora o suco de beterraba possa enriquecer a kombucha com atributos nutricionais e sensoriais, ele também pode comprometer parte de seus benefícios antioxidantes. Ainda assim, a bebida saborizada continua sendo uma opção interessante e nutritiva, combinando compostos bioativos de dois ingredientes funcionais amplamente reconhecidos. Dessa forma, encontrar um equilíbrio na formulação torna-se essencial para preservar os compostos benéficos e garantir a aceitação do consumidor.

Entre as limitações do estudo, destacam-se o uso de uma única concentração de suco, um tempo fixo de fermentação e a ausência de análise sensorial. Assim, pesquisas futuras devem considerar diferentes concentrações, variações no tempo de fermentação e testes de aceitação para validar o potencial comercial da bebida.

De maneira geral, este trabalho reforça a importância de compreender como ingredientes vegetais interagem no processo fermentativo, fornecendo informações relevantes para o avanço científico, para a indústria de alimentos funcionais e para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis, naturais e inovadores.

## REFERÊNCIAS

- ADMASSIE, M. A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. **World Journal of Food Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 19–24, 2018.
- ADNAN, A.; SUDIN, A. S. N. The state of play: symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY) in textile industry. **Jurnal Teknologi**, v. 86, n. 3, p. 175–186, 2024.
- AMELIA, R. T.; ARDYANTO, T. D.; SARI, Y. Investigation of antioxidant activity from beetroot juice (*Beta vulgaris* L) as a healthy drink for the prevention of non-communicable disease. **AcTion Aceh Nutrition Journal**, v. 9, n. 1, p. 82–90, 2024.
- ANANTACHOKE, N. *et al.* Kombucha beverages produced from fruit, vegetables, and plants: a review on their pharmacological activities and health benefits. **Foods**, v. 12, n. 9, p. 1818, 2023.
- ARAÚJO, I. N.; VALES, P. F. DE O.; SOARES, I. F. Efeitos da ingestão do suco de beterraba (*Beta vulgaris* L.) em praticantes de exercício físico. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 17, n. 107, p. 753–762, 2023.
- AYED, L.; HAMDI, M. Manufacture of a beverage from cactus pear juice using “tea fungus” fermentation. **Annals of Microbiology**, v. 65, n. 4, p. 2293–2299, 2015.
- BORTOLINI, D. G. *et al.* Processing, chemical signature and food industry applications of *Camellia sinensis* teas: an overview. **Food Chemistry: X**, v. 12, 100160, 2021.
- BRASIL. Instrução Normativa n.º 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 18 set. 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-41-de-17-de-setembro-de-2019-216803534>>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- BRASIL. Portaria n.º 398, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 1999. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/prt0398\\_30\\_04\\_1999.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/prt0398_30_04_1999.html)>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A química dos alimentos funcionais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 216–223, 2019.
- CARDOSO, R. R. *et al.* Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**, v. 128, e108782, 2020.
- COELHO, E. B. *et al.* Antibacterial activity of Kombucha against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* and Minas Frescal cheese production with Scoby. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e37711225721, 2022.

COELHO, R. M. D. *et al.* Kombucha: Review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, n. 1, e100272, 2020.

COHEN, G.; SELA, D. A.; NOLDEN, A. A. Sucrose Concentration and Fermentation Temperature Impact the Sensory Characteristics and Liking of Kombucha. **Foods**, v. 12, n. 16, p. 3116, 2023.

CRISPINO, A. C. S. *et al.* Development of flavored kombuchas with Amazonian fruits: bioactive compounds evaluation and antioxidant capacity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 96, supl. 1, e20230356, 2024.

CRUZ, Sheila da Rocha Couto. **Estudos físico-químicos de kombucha fermentada em três tipos de açúcares (cristal, demerara e mascavo)**. 2023. 41 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

EL-SAADONY, M. T. *et al.* The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 117, p. 36–52, 2021.

FILIPPIS, F. D. *et al.* Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation. **Food Microbiology**, v. 73, p. 11–16, 2018.

FU, Y. *et al.* Red Beetroot Betalains: Perspectives on Extraction, Processing, and Potential Health Benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 42, p. 11595–11611, 2020.

GOH, W. N. *et al.* Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 1, p. 109–117, 2012.

GULDIKEN, B. *et al.* Home-Processed Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in Antioxidant Properties and Bioaccessibility. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 6, p. 858, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAKUBCZYK, K. *et al.* Fermented Tea as a Food with Functional Value—Its Microbiological Profile, Antioxidant Potential and Phytochemical Composition. **Foods**, v. 13, n. 1, p. 50, 2024.

JAYABALAN, R. *et al.* A Review on Kombucha Tea-Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 538–550, 2014.

JÚNIOR, J. C. S. *et al.* Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 44, e101380, 2021.

KALE, R. G. *et al.* Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 2977–2979, 2018.

KHALEIL, M. M. *et al.* A Bioprocess Development Study of Polyphenol Profile, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Kombucha Enriched With *Psidium guajava* L. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 9, n. 6, p. 1204–1210, 2020.

KILMANOGLU, H.; CINAR, A. Y.; DURAK, M. Z. Evaluation of microbiota-induced changes in biochemical, sensory properties and volatile profile of kombucha produced by reformed microbial community. **Food Chemistry: X**, v. 22, e101469, 2024.

LAUREYS, D.; BRITTON, S. J.; DE CLIPPELEER, J. Kombucha Tea Fermentation: A Review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 78, n. 3, p. 165–174, 2020.

LEAL, J. M. *et al.* A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. **CyTA - Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018.

LUVISON, A.; DANGUI, A. Z.; LIMA, K. P. de. Desenvolvimento de kombucha de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) saborizado com manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 17, n. 1, p. 4057-4079, 2023.

MADZUKI, I. N. *et al.* Thermal and photostability of betacyanin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **Journal of Agrobiotechnology**, v. 15, n. S1, p. 88–97, 2024.

MAFTEI, N.-M. *et al.* The Potential Impact of Probiotics on Human Health: An Update on Their Health-Promoting Properties. **Microorganisms**, v. 12, n. 2, p. 234, 2024.

MAIA, Y. L. M. *et al.* Kombucha: Características e Aspectos Biológicos. **Revista Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás**, v. 3, n. 1, p. 114–123, 2020.

MANHANI, T. M. *et al.* Sacarose, suas propriedades e os novos edulcorantes. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 17, n. 1, p. 113–125, 2014.

MIRANDA, J. F. *et al.* Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 2, p. 503–527, 2022.

NEFFE-SKOCIŃSKA, K. *et al.* Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. **CyTA - Journal of Food**, v. 15, n. 4, p. 601–607, 2017.

PEREIRA, T. R. de C. *et al.* Functional and technological properties of beetroot: a bibliographic survey. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 9, 14901-01a, 2022.

POLEZ, V. L. P. *et al.* Método de avaliação antioxidante de material vegetal por DPPH em microplaca e controle de qualidade. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2023. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1159918>>. Acesso em: 10 out. 2024.

RADIN, D. *et al.* Desenvolvimento de uma bebida funcional de kombucha a partir de chá verde (*Camellia sinensis* L.) utilizando mel e pitaya (*Hylocereus lemairei*) em diferentes etapas de fermentação. **Anais da Mostra de Iniciação Científica do Instituto Federal Catarinense Campus Concórdia**, v. 13, n. 1, p. 11, 2023.

RODRIGUES, G. L.; LOPES, P. M. S.; COELHO, R. M. D. Acompanhamento do processo fermentativo durante a produção de kombucha. In: **Ciências Naturais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, p. 482–499, 2021.

SAEED, M. *et al.* Green tea (*Camellia sinensis*) and L-theanine: Medicinal values and beneficial applications in humans—A comprehensive review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 95, p. 1260–1275, 2017.

SAITO, M. S.; SANTOS, W. A. dos; MAMEDE, M. E. de O. Coffee-flavoured kombucha: Development, physicochemical characterisation, and sensory analysis. **Fermentation**, v. 10, n. 7, p. 334, 2024.

SANTOS, M. J. dos. **Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) — Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/19346>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SAUD, S.; XIAOJUAN, T.; FAHAD, S. The consequences of fermentation metabolism on the qualitative qualities and biological activity of fermented fruit and vegetable juices. **Food Chemistry: X**, v. 21, n. 1, e101209, 2024.

SCHMITT, J. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de kombucha em função da proporção de suco de uva e tempo de fermentação secundária. In: **7º Simpósio de Segurança Alimentar: Inovação com Sustentabilidade**, 2020. Disponível em: <[https://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3\\_56.pdf](https://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_56.pdf)>. Acesso em: 5 dez. 2024.

SCHNEIDER, L. C. *et al.* Caracterização físico-química da kombucha saborizada com polpa do fruto da *Salacia crassifolia*. In: **Anais do 14º SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos**. Campinas: Anais eletrônicos, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/slaca/slaca-2021/papers/caracterizacao-fisico-quimica-da-kombucha-saborizada-com-polpa-do-fruto-da-salac?lang=en>>. Acesso em: 2024.

SENTKOWSKA, A.; PYRZYŃSKA, K. Old-fashioned, but still a superfood—Red beets as a rich source of bioactive compounds. **Applied Sciences**, v. 13, n. 13, p. 7445, 2023.

SILVA, M. E. T. *et al.* Avaliação do potencial de utilização de casca de uva no desenvolvimento de kombucha. **Nutrivisa**, v. 11, n. 1, e12132, 2024.

SKORYK, O. D.; HORILA, M. V. Oxidative stress and disruption of the antioxidant defense system as triggers of diseases. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, v. 14, n. 4, p. 665–672, 2023.

SOUZA, J. S. de. **Caracterização físico-química da bebida fermentada kombucha**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022.

SUCUPIRA, N. R. *et al.* Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2012.

SUHRE, T. **Kombuchas produzidas e comercializadas no Brasil: características físico-químicas e composição microbiana**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal

do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em:  
<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/211888/001115269.pdf>>. Acesso em: 2024.

THEBA, T.; NAYI, P.; RAVANI, A. Beetroot-based blended juice: Process development, physico-chemical analysis and optimization of novel health drink. **Food Chemistry Advances**, v. 4, n. 14, e100607, 2024.

VILLARREAL-SOTO, S. A. *et al.* Understanding kombucha tea fermentation: A review. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 3, p. 580–588, 2018.

VOHRA, B. *et al.* Effects of medium variation and fermentation time towards the pH level and ethanol content of kombucha. In: **UKM FST POSTGRADUATE COLLOQUIUM**, 2018, Bangi. **Proceedings of the Universiti Kebangsaan Malaysia, Faculty of Science and Technology 2018 Postgraduate Colloquium**. [S. l.]: AIP Conference Proceedings, v. 2111, n. 1, e040008, 2019.

WATAWANA, M. I. *et al.* Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. **Journal of Chemistry**, v. 2015, p. 1–11, 2015.