UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE

UNIDADE ACADÊMICA DE SAÚDE

CURSO DE BACHARELADO EM NUTRIÇÃO

MELISSA LIMA LINS

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE BEBIDA FERMENTADA SABORIZADA COM FRUTOS REGIONAIS *(TACINGA INAMOENA e SPONDIAS MOMBIN L.)*

Cuité - PB

2025

MELISSA LIMA LINS

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE BEBIDA FERMENTADA SABORIZADA COM FRUTOS REGIONAIS *(TACINGA INAMOENA e SPONDIAS MOMBIN L.)*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção de título de Bacharel em Nutrição, com linha específica em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.ª Dra. Vanessa Bordin Viera

Coorientador: Prof.ª Msc. Carlos Eduardo Alves Dantas

Cuité - PB

2025

L759p Lins, Melissa Lima.

Potencial antioxidante de bebida fermentada saborizada com frutos regionais (*Tacinga inamoena* e *Spondias mombin* L.). / Melissa Lima Lins. - Cuité, 2025.
49 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2025.
"Orientação: Profa. Dra. Vanessa Bordin Viera".
"Coorientador: Carlos Eduardo Alves Dantas".

Referências.
1. Nutrição humana. 2. Bebida saborizada. 3. Frutas regionais. 4. *Tacinga inamoena*. 5. *Spondias monbin* L. 6. Centro de Educação e Saúde. I. Viera, Vanessa Bordin. II. Dantas, Carlos Eduardo Alves. III. Título.

CDU 612.3(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO BIBLIOTECÁRIO Msc. Jesiel Ferreira Gomes - CRB-15/256

MELISSA LIMA LINS

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE BEBIDA FERMENTADA SABORIZADA COM FRUTOS REGIONAIS *(TACINGA INAMOENA e SPONDIAS MOMBIN L.)*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção de título de Bacharel em Nutrição, com linha específica em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovado em 14 de abril de 2025 .

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dra. Vanessa Bordin Viera
Universidade Federal de Campina Grande
Orientadora

Prof. Dra. Raphaela Veloso Rodrigues Dantas
Universidade Federal de Campina Grande
Examinadora

Prof.ª Dra. Heloísa Maria Ângelo Jerônimo
Universidade Federal de Campina Grande
Examinadora

Cuité - PB

2025

Firmado está escrito em Eclesiastes 4:12 que “ Um cordão de três dobras não se rompe com facilidade”. A Deus, meus pais (Ueliton Lins e Maricélia Lima), aos meus irmãos (Weslley e Walef) e aos meus avós (Manoel Nilo, Aldenora de Oliveira e Maria de Lourdes)

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em Provérbios 16:3, somos ensinados: “Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.” Com todo o meu coração, Senhor, entrego a Ti todos os meus sonhos, pois sei que, antes mesmo de eu ser gerado, Tu já me conhecias e me escolheste. Como está escrito em 2 Tessalonicenses 2:13: “Desde o princípio, Deus os escolheu para serem salvos, por meio da obra santificadora do Espírito e da fé na verdade.” Em Teus planos perfeitos, Senhor, encontro minha verdadeira identidade e propósito. Porquanto, Deus é infinitamente vasto — e tudo isso é obra d’Ele.

A Bíblia nos lembra 366 vezes: “Não temas.” Uma para cada dia do ano, inclusive para aquele em que o medo insiste em bater à porta. Não alimente as dúvidas, nem dê morada à incerteza. Confie. Na orquestra dos nossos dias, somos nós os maestros — e os pensamentos que nutrimos definem o ritmo da nossa jornada. Por isso, alimente-se de paz, de esperança e de propósitos que venham de Deus. A palavra “fim” carrega, em seu som breve, o peso dos encerramentos. Mas, quando olhada com olhos de esperança, revela-se também como semente de recomeços — pois todo fim, em essência, pode ser o prelúdio de um novo começo. Como nos ensina Eclesiastes 3:1-15 “ Tudo neste mundo tem o seu tempo; cada coisa tem a sua ocasião. Há um tempo de nascer e tempo de morrer, tempo de plantar e tempo de arrancar; tempo de matar e tempo de curar; tempo de derrubar e tempo de construir.” Confiar n’Ele é descansar na certeza de que Sua vontade é boa, perfeita e infinitamente maior do que tudo o que podemos imaginar. Nossos planos são importantes, mas é o Senhor quem guia cada passo e escreve, com amor, a nossa história. Quando entregamos o controle e simplesmente cremos, o Seu agir se manifesta com graça e poder. Como nos lembra Provérbios 16:20: “Quem examina cada questão com cuidado prospera, e feliz é aquele que confia no Senhor.”

Finalizo com um coração cheio de gratidão, elevando meu louvor a Deus e a meus preciosos "talismãs" — meus pais, que com tanto amor e dedicação caminham ao meu lado, ajudando-me a transformar meus sonhos em realidade. Como nos ensina Provérbios 27:17: "Assim como o ferro afia o ferro, assim também o homem afia o seu próximo." Sou profundamente grato por eles, que são o meu alicerce firme, sempre me inspirando a seguir em frente, a persistir pelos meus objetivos e a buscar o melhor em cada jornada.

O Salmo 91 reflete o abrigo divino em nossa caminhada: "Aquele que habita no abrigo do Altíssimo e descansa à sombra do Todo-poderoso pode dizer ao Senhor: 'Tu és o meu refúgio e a minha fortaleza, o meu Deus, em quem confio... Ele clamará a mim, e eu lhe darei

resposta; estarei com ele na adversidade, livrá-lo-ei e o honrarei. Vida longa eu lhe darei, e lhe mostrarei a minha salvação.'" Que possamos sempre encontrar descanso e segurança nas promessas do Senhor, confiando plenamente em Sua fidelidade. Aos meus irmãos, uma extensão de mim, meus amores, a quem confio tudo o que sou, minha eterna gratidão. Somos todos parte do alicerce que nos une, é uma dádiva divina caminharmos e crescermos juntos diante dos desafios. Como está escrito em Filipenses 1:3: “Dou graças a meu Deus toda vez que me lembro de vocês” e em 1 Tessalonicenses 5:11: “Portanto, incentivem-se uns aos outros e edifiquem-se mutuamente...” Que o Senhor continue a nos abençoar e a nos guiar, aproximando-nos cada vez mais de Sua presença e de Seu propósito a cada novo dia. Amo vocês com todo o meu coração! Aos meus tios(as), primos(as) e amigos(as), pois feliz é aquele amigo que nos ama em todos os momentos; é uma irmão na adversidade, dedico a vocês Provérbios 17:17, abreviando seus nomes: (L, C, B, Y, E, L, G, P, G, J, R, L, L, I, C, H, K, R e P). E, em especial a Cecília, te dedico 1 João 13:34, esse versículo que nos remete sobre o segundo mandamento que Jesus nos ensina, amai o próximo como a si mesmo. O seu amor para uns com os outros, é admiravelmente lindo, assim como sua fé em Cristo Jesus que pode ser expressada em João 4:12 onde nos diz sobre amar a Deus, "Ninguém jamais viu a Deus; se amarmos uns aos outros, Deus permanece em nós, e o seu amor está aperfeiçoado em nós." Se nós o amamos, Deus habita em nós – Embora não possamos vê-lo, ainda há uma maneira pela qual podemos ter certeza de que ele está perto de nós e que ele ainda habita em nós. Obrigada, Deus por te conhecer e por me permitir compartilhar essa jornada durante estes 4 anos. E gostaria de agradecer também, à minha orientadora, (Vanessa), e ao meu co-orientador, (Carlos), por acreditarem no meu potencial, oferecendo apoio, orientação e incentivo. Serei imensamente grata pela confiança e pelo aprendizado que me foram atribuídas. A sabedoria, paciência e dedicação de vocês foram fundamentais para a concretização deste trabalho que, sem dúvida, fizeram toda a diferença na sua construção. Gostaria de expressar minha gratidão também a todos os professores(as) do curso de Nutrição do CES, por todo o conhecimento que me foi transmitido ao longo da minha jornada acadêmica. Agradeço, também, ao grupo de pesquisa clinutri, com quem tive o privilégio de ter experiências enriquecedoras. Minha trajetória é um reflexo de todo o empenho, sabedoria e carinho de cada um de vocês.

{“Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês", diz o Senhor, "planos de fazê-los prosperar e não de lhes causar dano, planos de dar-lhes esperança e um futuro.. Jeremias 29:11}

LINS, M. L. **Potencial antioxidante de bebida fermentada saborizada com frutos regionais** *(Tacinga Inamoena e Spondias Mombin L.)***.** 2025. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2025.

RESUMO

O consumo de bebidas fermentadas, como a kombucha, tem aumentado significativamente, impulsionado pela busca por um estilo de vida saudável, com ênfase em produtos naturais e nutritivos. Originária da China, a kombucha é amplamente reconhecida por suas propriedades desintoxicantes e energizantes, sendo rica em compostos bioativos derivados do chá, como polifenóis e ácidos orgânicos. Esses componentes oferecem diversos benefícios à saúde, incluindo efeitos antioxidantes e antimicrobianos. Além disso, a bebida, frequentemente gaseificada e aromatizada com frutas ou ervas durante a segunda fermentação, tem conquistado cada vez mais adeptos. Objetivou-se desenvolver formulações de kombucha saborizada com frutas típicas do Nordeste e avaliar seu potencial antioxidante buscando valorizar os frutos locais e inovar no mercado de bebidas fermentadas. Para isso foram elaboradas três formulações de kombucha, sendo: KP (Padrão); KG (saborizada com polpa de gogóia) e KC (saborizada com polpa de cajá). Foram determinados o teor de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante total (FRAP e ABTS). Os resultados mostraram que a kombucha KP apresentou os maiores valores de compostos fenólicos totais (59,4 mg AGE/mL), flavonoides totais (8,3 mg CE/mL) e atividade antioxidante total (FRAP 0,3 µmol TEAC/mL e ABTS 2,2 µmol TEAC/mL) comparada com as demais formulações (KG e KC), destacando seu alto potencial antioxidante. No entanto, KC apresentou valores intermediários para compostos fenólicos e flavonoides totais (49,5 mg AGE/mL e 6,9 mg CE/mL, respectivamente), além de uma atividade antioxidante próxima ao controle (0,3 e 2,1 µmol TEAC/mL), indicando um bom potencial antioxidante. Em conclusão, os resultados demonstraram que, embora a kombucha padrão (KP) tenha apresentado os maiores valores de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante total, a kombucha saborizada com cajá (KC) também revelou um bom potencial antioxidante, com valores intermediários, o que a torna uma alternativa promissora. A kombucha saborizada com gogóia (KG), por outro lado, apresentou valores mais baixos em comparação com as outras formulações. Esses achados indicam que a combinação de kombucha com frutas típicas do Nordeste, como o cajá, pode oferecer benefícios nutricionais relevantes, contribuindo tanto para a valorização dos frutos locais quanto para a inovação no mercado de bebidas fermentadas.

Palavras-chaves: Bioativos, Gogóia, Caja, Kombucha.

ABSTRACT

The consumption of fermented beverages, such as kombucha, has significantly increased, driven by the search for a healthy lifestyle with an emphasis on natural and nutritious products. Originating from China, kombucha is widely recognized for its detoxifying and energizing properties, being rich in bioactive compounds derived from tea, such as polyphenols and organic acids. These components offer various health benefits, including antioxidant and antimicrobial effects. Additionally, the beverage, often carbonated and flavored with fruits or herbs during the second fermentation, has gained an increasing number of followers. The objective was to develop kombucha formulations flavored with typical fruits from the Northeast and evaluate their antioxidant potential, aiming to highlight local fruits and innovate in the fermented beverage market. Three kombucha formulations were developed: KP (Standard), KG (flavored with gogóia pulp), and KC (flavored with cajá pulp). The total phenolic content, total flavonoids, and total antioxidant activity (FRAP and ABTS) were determined. The results showed that the KP kombucha presented the highest values of total phenolic compounds (59,4 mg AGE/mL), total flavonoids (8,3 mg CE/mL), and total antioxidant activity (FRAP 0,3 µmol TEAC/mL and ABTS 2,2 µmol TEAC/mL) compared to the other formulations (KG and KC), highlighting its high antioxidant potential. However, KC showed intermediate values for total phenolic compounds and total flavonoids (49,5 mg AGE/mL and 6,9 mg CE/mL, respectively), in addition to an antioxidant activity close to the control (0,3 and 2,1 µmol TEAC/mL), indicating a good antioxidant potential. In conclusion, the results demonstrated that, although the standard kombucha (KP) showed the highest values of phenolic compounds, flavonoids, and total antioxidant activity, the kombucha flavored with cajá (KC) also revealed good antioxidant potential, with intermediate values, making it a promising alternative. On the other hand, the kombucha flavored with gogóia (KG) showed lower values compared to the other formulations. These findings suggest that combining kombucha with typical fruits from the Northeast, such as cajá, can offer relevant nutritional benefits, contributing both to the appreciation of local fruits and to the innovation in the fermented beverage market.

Keywords: Bioactive, Gogóia, Cajá, Kombucha.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da elaboração da kombucha 36

Figura 2 – Imagem da elaboração das kombuchas 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros da kombucha exigidos pela legislação brasileira. 25

Tabela 2 – Formulações das kombuchas. 35

Tabela 3 – Formulação do chá base 38

Tabela 4 – Teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante total das kombuchas 41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 15

2 OBJETIVO..... 17

2.1 OBJETIVO GERAL..... 17

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 17

3 REFERENCIAL TEÓRICO..... 18

3.1 BEBIDAS FERMENTADAS 18

3.1.1 Kombucha 18

3.1.1.1 Processo da produção da kombucha 19

3.1.1.2 Cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY) 20

3.1.1.3 Chá Verde *(Camellia Sinenses)* 22

3.1.1.4 Fermentação 23

3.1.1.5 pH 24

3.1.2 Legislação 25

3.2 FRUTAS REGIONAIS 26

3.2.1 Gogoia (*Tacinga Inamoena)* 26

3.2.2 Cajá (*Spondias Mombin L.)* 27

3.3 COMPOSIÇÃO MICROBIOLÓGICA, QUÍMICA E PROPRIEDADES BIOLÓGICAS 28

3.3.1 Como ocorre o processo da formação da parede celulósica 30

3.3.2 Antioxidantes Naturais 31

4 MATERIAIS E MÉTODOS..... 33

4.1 TIPO DE ESTUDO 33

4.2 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA 34

4.3 LOCAL DE EXECUÇÃO 34

4.4 OBTENÇÃO DA POLPA DE GOGOIA 34

4.5 ELABORAÇÃO DAS KOMBUCHAS 35

4.5.1 Preparo do chá 37

4.5.2 Primeira fermentação 38

4.5.3 Segunda fermentação 38

4.5.4 Determinação de compostos fenólicos totais 39

4.5.5 Determinação de compostos flavonoides totais 39

4.5.6 Determinação da atividade antioxidante total 39
4.5.7 Análise estatística 40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 41
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 43
REFERÊNCIAS..... 44

1 INTRODUÇÃO

O setor da indústria, especialmente das bebidas funcionais, tem registrado um grande crescimento no consumo de kombucha impulsionado pela crescente demanda dos consumidores por um estilo de vida mais saudável, com preferência por produtos sem aditivos químicos e com alto valor nutricional (Villarreal-Soto *et al*., 2018). Essa tendência é considerada uma das principais impulsionadoras para o desenvolvimento do setor de alimentos funcionais, sendo a kombucha uma das bebidas mais destacadas nesse contexto (Kim *et al.,* 2020).

A produção da kombucha remonta aproximadamente 220 a.C., no Nordeste da China, onde era consumida durante a Dinastia Tsin devido às suas propriedades desintoxicantes e energizantes. Acredita-se que o nome "kombucha" tenha origem em um médico japonês chamado Kombu, que teria levado uma amostra de SCOBY para o Japão e recomendado o uso desta bebida ao imperador (Leonarski *et al*., 2022). Com o tempo o consumo da kombucha se expandiu para a Rússia e Índia, por volta de 1800, tornando-se uma das principais bebidas consumidas pelos russos e alemães durante a Primeira Guerra Mundial (Freitas *et al.,* 2022).

A Kombucha se apresenta como uma bebida gaseificada refrescante, natural, probiótica, semelhante a um espumante. Suas propriedades antioxidantes e detoxificantes são doadas pelos princípios ativos do substrato fermentável, ou seja, o chá usado no preparo, que caracteristicamente é rico em compostos fenólicos, potentes antioxidantes (Chakravorty *et al.,* 2016; Filippis *et al.,* 2018). Além disso, os microrganismos presentes na fermentação conseguem realizar transformações enzimáticas de compostos orgânicos, gerando metabólitos eficientes como ácidos orgânicos, vitaminas, etanol, aminoácidos, enzimas hidrolíticas e minerais. A associação de leveduras e bactérias permite a utilização de substratos em diferentes vias metabólicas, resultando em uma variedade de compostos bioativos presentes na bebida (Jakubczyk, 2020; Kitwetcharoen, 2023). Diante disto, a kombucha apresenta uma composição bioativa que lhe confere diversos efeitos na saúde, tais como ações antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, imunomoduladoras e hepatoprotetoras (Saimaiti *et al.*, 2022).

Após ter sido fermentado por um período adequado, a kombucha pode ser ingerida *in natura* ou submetida a uma segunda fermentação em recipiente fechado, cuja etapa permitirá o aprisionamento do CO2 produzido, resultando na gaseificação da bebida. Ainda

durante a segunda fermentação, é possível adicionar de 20% a 25% de suco de frutas, frutas frescas, outro chá, ou até ervas e especiarias, para enriquecer o sabor e as propriedades da bebida. Embora essa etapa não seja essencial para o processo, ela representa uma verdadeira arte na produção de bebidas saborizadas e carbonatadas, e tem conquistado muitos adeptos (Crum e Lagory, 2016; Medeiros; Cechinel-Zanchett, 2019; Silva *et al*., 2020).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de kombucha saborizada com frutas nativas do Nordeste brasileiro, como o cajá e a gogóia, além de avaliar a atividade antioxidante da bebida produzida. Esses frutos, conhecidos por suas características organolépticas marcantes, são amplamente consumidos na região. Com a crescente demanda por alternativas alimentares saudáveis e sustentáveis, o estudo propõe explorar o potencial dessas frutas na produção de kombucha, uma bebida fermentada que tem conquistado popularidade devido aos seus benefícios para a saúde. Ao utilizar o cajá e a gogóia, o trabalho busca não apenas valorizar os frutos locais, mas também contribuir para a inovação no mercado de bebidas fermentadas, destacando a importância de preservar e promover a biodiversidade regional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial antioxidante de kombuchas saborizadas com frutos regionais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✔ Elaborar formulações de kombucha saborizadas com frutos regionais (cajá e gogoia);
- ✔ Determinar os compostos fenólicos totais e flavonoides totais das bebidas elaboradas;
- ✔ Avaliar a atividade antioxidante das bebidas elaboradas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BEBIDAS FERMENTADAS

A história das bebidas fermentadas é longa e variada, começando com fermentações espontâneas na antiguidade e evoluindo para métodos modernos no setor industrial, permitindo assim produção em grande escala. Isso ocorre devido ao processo de fermentação, que é um método antigo para preservação de alimentos, sendo também um sistema de conservação de energia de baixo custo, essencial para garantir a vida e a segurança dos alimentos. Recentemente, este bioprocesso foi aplicado para a produção e extração de compostos bioativos de plantas em indústrias de alimentos e bebidas (Villarreal-Soto *et al.*, 2018).

As bebidas fermentadas podem ser alcoólicas ou não alcoólicas, dependendo do processo e dos microrganismos utilizados. As alcoólicas geram álcool por fermentação anaeróbica, enquanto as não alcoólicas utilizam fermentação aeróbica, produzindo compostos benéficos com baixo teor alcoólico (geralmente abaixo de 0,5%). Elas também podem ser classificadas conforme suas matérias-primas, como grãos, frutas ou laticínios (Kaur; Ghoshal; Banerjee, 2019).

O mercado global de bebidas fermentadas, alcoólicas e não alcoólicas, foi estimado em 2,27 trilhões de dólares em 2024, com previsão de crescimento anual de 6,2% até 2029 (Mordor Intelligence, 2024). A cerveja e o vinho dominam as bebidas alcoólicas, enquanto o kombucha lidera entre as não alcoólicas. O crescimento do mercado é impulsionado pela crescente demanda por alimentos e bebidas nutritivas, refletindo mudanças nos hábitos de consumo e maior preocupação com a saúde.

3.1.1 Kombucha

A kombucha é uma bebida fermentada à base da infusão de chá (*Camellia sinensis*), açúcar e uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, denominada SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) (Leonarski *et al.,* 2022). O SCOBY é formado por bactérias láticas e acéticas, em especial, dos gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter* e leveduras (Costa *et al*., 2022). Ao ser adicionado ao chá com açúcar, o SCOBY inicia o processo de fermentação, produzindo diversos compostos bioativos. Esse processo ocorre em temperatura ambiente e

pode durar, em média, de 7 a 14 dias. Diversos chás podem ser utilizados na produção de kombucha, tais como chá-verde, vermelho, preto ou amarelo (Jakubczyk *et al.,* 2020).

Segundo Leal *et al*. (2018), vários aminoácidos encontrados na kombucha são originários das folhas de chá e outros são produzidos durante a fermentação pela atividade metabólica do SCOBY de kombucha. Entre os aminoácidos presentes no SCOBY, a lisina, leucina e isoleucina são encontrados em grande quantidade, enquanto outros, como alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, metionina, fenilalanina, prolina, treonina, triptofano e valina, são encontrados em menores concentrações. Além disso, tanto a kombucha quanto o chá apresentam alta concentração de vitaminas, sendo a vitamina C e algumas vitaminas do complexo B os principais componentes encontrados (Bishop *et al.*, 2022).

De acordo com Júnior *et al.* (2022), os potenciais terapêuticos e funcionais da kombucha são associados aos seus constituintes químicos, e suas atividades biológicas são frequentemente avaliadas em estudos utilizando testes *in vitro* e/ou *in vivo*. Os metabólitos liberados durante o processo de fermentação são responsáveis pelos efeitos benéficos atribuídos à kombucha. A bebida é conhecida por suas propriedades antioxidantes, que dependem de três fatores cruciais: a infusão do chá, o SCOBY e o processo de fermentação. Embora o chá contenham compostos antioxidantes em quantidades significativas por si só, o processo de fermentação pode ampliar ainda mais o potencial antioxidante da bebida (Batista *et al.,* 2022)

Segundo De Filippis *et al*. (2018), os microrganismos que predominam durante a fermentação do kombucha são bactérias do ácido láctico, bactérias do ácido acético e leveduras (Tian, P.; *et al;* 2020). A composição microbiológica do kombucha não é bem definida, pois pode variar de acordo com sua origem, substratos e condições de produção (Jayabalan *et al.*, 2014).

3.1.1.1 Processo de produção da kombucha

O processo de produção da kombucha é variável em função de diversos fatores, tais como a região onde é produzida, o chá e demais matérias-primas utilizadas, bem como os microrganismos e as condições em que a fermentação é conduzida (Coelho *et al.,* 2020; Bishop *et al*., 2022).

Apesar de ser diverso, o processo produtivo da kombucha apresenta etapas comuns. De acordo com Coelho *et al.* (2020), geralmente o processo se inicia com o preparo de um chá

base, misturando-se água quente e proporções de 1 a 2% de erva e 5 a 10% de açúcar, mantendo-se o chá em infusão por cerca de 10 min.

Após o período de infusão, o chá base é resfriado à temperatura ambiente e o SCOBY é adicionado. O frasco contendo o chá e o SCOBY é então coberto com papel toalha preso com elástico e a mistura é posta para fermentar à temperatura ambiente por um período de 5 a 7 dias. Após o término da fermentação, as culturas serão removidas e o líquido resultante está pronto para ser ingerido ou ser submetido a uma outra fermentação (Blauth, 2019; Coelho et al., 2020).

Caso a bebida não seja envasada após a primeira fermentação, ela pode ser adicionada de um novo chá adoçado e/ou saborizada com frutas ou outras matérias-primas, procedendo-se com uma nova fermentação à temperatura ambiente por mais 2 a 3 dias (Coelho *et al*., 2020) em recipiente fechado, o que promoverá o aprisionamento de gás na bebida, tornando-a gaseificada (Maia et al., 2020). Após o tempo da segunda fermentação, a bebida é então refrigerada com intuito de cessar o processo fermentativo e pode ser consumida (Coelho *et al.*, 2020).

3.1.1.2 Cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY)

O SCOBY é uma simbiose de bactérias e leveduras embebida em uma película polimérica de celulose que forma um biofilme flutuante no chá, compondo dois compartimentos não mutuamente exclusivos: um líquido e o outro sólido - o biofilme contido nele. Todos os microrganismos deste consórcio se nutrem a partir do açúcar adicionado à bebida (preferindo a glicose a frutose). Como resultado de seu metabolismo produzem álcool e diversos ácidos em quantidades variáveis, dependendo do tempo de fermentação e das demais condições do cultivo. Com o passar do tempo o pH do meio é alterado, de aproximadamente 5 para 2,5, o que contribui para inibir o crescimento de bactérias potencialmente contaminantes, garantindo a presença somente das bactérias probióticas e leveduras do SCOBY (Sreeramulu *et al.,* 2000; Villarreal-Soto *et al.,* 2018).

Este biofilme, chamado SCOBY, pode ser formado a partir de um chá já fermentado que é acrescentado de quantidade igual de chá fresco adoçado e deixado em repouso por alguns dias. Após aproximadamente 3 a 4 dias já começa a formação da película celulósica na superfície do chá, que vai aumentando de espessura com o

passar do tempo. Outra forma de produção do SCOBY é a partir de uma cultura já madura que é depositada em um chá fresco. Esta irá fermentar o chá ao mesmo tempo que produzirá uma nova cultura na superfície do líquido ou aderida a ela própria, que facilmente pode ser removida e usada em uma nova fermentação (Bruschi *et al.,* 2018).

Logo, as bactérias dominantes da cultura do chá de kombucha são bactérias do ácido acético (AAB) que são bactérias aeróbicas capazes de usar álcool como substrato para formar ácido acético. Essas bactérias, em contraste com a levedura, requerem grandes quantidades de oxigênio para seu crescimento e atividade. O processo metabólico é baseado na conversão de acetaldeído em etanol e hidrato de acetaldeído em ácido acético pela enzima acetaldeído desidrogenase (Jayabalan et al., 2007). Muitos microrganismos são isolados do SCOBY, incluindo bactérias do ácido acético *(Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp. e *Komagataeibacter* spp.), bactérias do ácido láctico (*Lactococcus* spp. e *Lactobacillus* spp.) e leveduras (*Brettanomyces* spp., *Kloeckera* spp ., Saccharomyces *spp* ., *Saccharomycodes spp., Schizosaccharomyces* spp., *Torulaspora* spp. e *Zygosaccharomyces* spp.).A diversidade de microrganismos com potencial probiótico interagindo entre si e com o ambiente líquido é a razão das propriedades benéficas da bebida produzida (Xia. X.; *et al.,* 2019). Adicionalmente, é relevante destacar que os microrganismos presentes nesta bebida podem ser classificados em duas categorias: aqueles associados ao biofilme de celulose e os que permanecem em suspensão no líquido (Villarreal-Soto, SA; *et al*., 2018). No entanto, a identificação precisa de AAB no nível de espécie frequentemente apresenta desafios devido às limitações de caracterização fenotípica e à alta similaridade de sequência (≥ 99,5%) do rDNA 16S entre espécies filogeneticamente relacionadas (Mamlouk e Gullo 2013 ; De Roos e De Vuyst 2018).

Por fim, a maioria das espécies de leveduras pode fermentar açúcar para etanol, mas muitos processos modernos de fermentação alcoólica são iniciados por uma única cultura inicial, comumente *Saccharomyces cerevisiae* devido à sua alta eficiência. No entanto, leveduras não *Saccharomyces* estão se tornando cada vez mais usadas na indústria em fermentações mistas (vinho, tequila etc.) para enriquecer o perfil aromático e aumentar a complexidade e a cinética do produto final (Lopez, Beaufort, Brandam e Taillandier, 2014 ; Nehme, Mathieu e Taillandier, 2008). As interações microbianas entre leveduras *Saccharomyces* e não *Saccharomyces* parecem ser uma opção vantajosa no processamento de fermentação mista, tendo vários benefícios, como evitar os riscos de fermentação parada, a adição de aromas e sabores, permite a modificação de parâmetros indesejados, entre outros

(Sun, Gong, Jiang e Zhao, 2014). E nesse sentido, a interação das leveduras do Kombucha tem se mostrado um consórcio gerador de características finais desejáveis.

3.1.1.3 Chá verde

Segundo Blanco 2020, *Camellia sinensis* é uma planta de origem asiática pertencente à família theaceae. Conhecida popularmente como chá verde, chá da índia, chá preto ou "green tea", o seu cultivo, que ocorre em mais de trinta países do mundo, origina-se preferencialmente por meio de estacas possuindo uma folha desenvolvida da planta com um tamanho de três a quatro centímetros.

O chá das folhas e brotos da planta *Camellia sinensis*, é amplamente consumido mundialmente, os principais processamentos conhecidos são: o chá verde, o chá oolong (processamento entre o verde e o preto) e o chá preto. O chá verde se caracteriza por não ser fermentado em seu processamento e vêm sendo estudado e consumido devido à popularidade dos potenciais benefícios à saúde atribuídos pelo alto teor em polifenois, seu principal constituinte. Estes têm potencial antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano, anticancerígena, anti-hiperglicêmica, anti-cardiovascular e antiobesidade (Soares, 2014; Soares, 2018; Parol, 2019; Xing *et al.,* 2019; Passos, 2020).

Os benefícios do chá verde se devem à sua composição química, que inclui diversas classes de compostos fenólicos, além de cafeína, carboidratos, aminoácidos e certos micronutrientes como as vitaminas E, B e C, cálcio, magnésio, zinco, potássio e ferro. Os principais flavonoides presentes no chá verde são as catequinas, como: a catequina , a galocatequina , a epicatequina , a epigalocatequina , a epicatequina galato e a epigalocatequina galato (Vázquez *et al.*, 2017). Contém também, compostos químicos conhecidos por sua potente ação antioxidante, destacando-se entre eles os flavonoides, como quercetina, miricetina e kaempferol. Entre esses, os flavonoides representam cerca de 3%, enquanto as catequinas correspondem a aproximadamente 30%. Além desses, a bebida também possui outros componentes, como água, proteínas, carboidratos, vitaminas C e K, sais minerais, cafeína, aminoácidos, flúor, além de taninos e metilxantinas. (Saigg, Silva, 2009; Anneli *et al.,* 2016).

3.1.1.4 Fermentação

A fermentação é influenciada por muitos fatores, como temperatura, pH, quantidade de oxigênio, CO2 dissolvido, sistema operacional, fornecimento de precursores, taxa de cisalhamento no fermentador, bem como a natureza e composição do meio (Marsh *et al.*, 2014). Qualquer variação nesses fatores pode afetar a taxa de fermentação, o espectro, o desempenho, as propriedades organolépticas, a qualidade nutricional e outras propriedades físico-químicas do produto. Diferentes variedades de plantas, concentrações de açúcar, tempo de fermentação e composição do fungo do chá podem ser responsáveis por diferenças na composição e, portanto, as atividades biológicas também seriam afetadas (Wolfe & Dutton, 2015).

Diversas classificações vêm sendo usadas para caracterizar o vasto espectro de alimentos fermentados, as quais incluem alguns aspectos como a diversidade de microrganismos, os diferentes grupos de alimentos, os tipos de fermentação envolvida e as matérias primas usadas (Navarrete-Bolaños, 2012).

As diferenças entre as classificações podem ser reduzidas se considerarmos que existem quatro grandes processos de fermentação: (1) alcoólica: está associada à conversão de carboidratos em álcool (C2H5OH) e CO2, utilizada para produzir bebidas fermentadas alcoólicas. (2) láctica: consiste no processo pelo qual os açúcares são convertidos em ácido láctico (C3H6O3), usados para contribuir na segurança microbiana, oferecer mais vantagens nutricionais e sensoriais ao produto fermentado. (3) acética: neste tipo de fermentação alguns substratos (por exemplo, açúcar ou soluções alcoólicas) são convertidos em ácido acético (CH3COOH) na presença de oxigênio em excesso. (4) alcalina: processo através do qual a proteína, usada como matéria-prima, é dividida em aminoácidos e peptídeos, elevando o pH, provocando ao alimento forte sabor e odor amoniacal (Navarrete-Bolaños, 2012). Entretanto, os tipos mais utilizados pela indústria alimentícia são: fermentação alcoólica, lática e acética (Nespolo *et al.*, 2015).

No decorrer do processo de fermentação o estágio inicial, o meio é caracterizado por uma elevada concentração de sacarose, leve acidez e presença de oxigênio, condições atribuídas à adição do inóculo (Mohd Ariff *et al.*, 2023).A proliferação e as atividades metabólicas de diversos microrganismos induzem o acúmulo de metabólitos microbianos variados, resultando em uma redução progressiva da concentração do substrato e dos valores de pH do meio (Kim & Adhikari, 2020; Sargol Mazraedoost, 2020). A fase final da

fermentação é frequentemente distinguida pela transição para um ambiente mais anaeróbico, com concentrações reduzidas de substrato e acidez aumentada. Este estágio é caracterizado pela presença de uma película de celulose robusta sobre o licor fermentado, juntamente com um aumento significativo nas populações de leveduras e AAB (Nyhan *et al.* 2022).
A quebra da ligação alfa-1,4-glicosídica da sacarose leva à liberação de uma mistura equimolar de glicose e frutose. No processo de fermentação do kombucha, as células de levedura empregam enzimas invertase ou sacarase (beta-frutofuranosidase) para hidrolisar a sacarose em glicose e frutose. A atividade da invertase permanece inalterada pela faixa de pH ácido (3,5–5,5) tipicamente encontrada na fermentação do kombucha (Jayabalan *et al.* 2016 ; Emiljanowicz e Malinowska-Pańczyk 2020). Consequentemente, os ácidos produzidos durante a fermentação não inibem a atividade da invertase, permitindo a hidrólise contínua da sacarose em glicose e frutose. Por meio da glicólise, as células de levedura metabolizam a glicose e a frutose e, finalmente, convertem-nas em etanol, dióxido de carbono e glicerol (Laureys *et al*. 2020).

O açúcar é essencial na produção da kombucha, visto que é o substrato para a simbiose de bactérias e leveduras que o transformarão nas substâncias que a caracterizam. De acordo com a RDC nº 271 de 22 de setembro de 2005, o açúcar é definido como a sacarose obtida do caldo de cana de açúcar ou de beterraba (Brasil, 2005). O açúcar branco é considerado o melhor substrato na fermentação da Kombucha (Reiss, 1994).

Nesse contexto, durante o processo, o chá começa a liberar um aroma fermentado e há formação de bolhas de gás, resultado do ácido carbônico produzido na reação. O tempo ideal de fermentação é de 7 a 12 dias e a temperatura varia de 22º a 30º C. Ao longo de sua fermentação ocorre um aumento da acidez em razão da produção de ácidos orgânicos (Jayabalan *et al.*, 2014; Villarreal-Soto *et al.*, 2018)

3.1.1.5 pH

O pH é um dos parâmetros ambientais mais importantes que afetam a fermentação da kombucha, porque alguns dos ácidos formados, como acético e glucônico, podem ser responsáveis pelas atividades biológicas das bebidas resultantes. Ele também está

intimamente relacionado ao crescimento microbiano e às mudanças estruturais dos compostos fitoquímicos que podem influenciar a atividade antioxidante (Hur *et al*., 2014). Além disso, de acordo com Šaponjac e Vulić (2014), para obter uma bebida azeda agradável, a fermentação deve ser encerrada quando a acidez total atingir o valor ótimo de 4 a 5 g/L. No entanto, o período de tempo para obter esse valor pode diferir dependendo da origem do meio e das condições de fermentação.

3.1.2 Legislação

No Brasil, a Instrução Normativa n° 41 de 2019 estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade da kombucha em território nacional. Segundo a normativa, a kombucha é definida como “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). O uso de ingredientes opcionais é permitido, tais quais: frutas; vegetais; especiarias; mel; melado; açúcares de origem vegetal; gás carbônico (CO2); fibras, vitaminas, sais minerais e outros nutrientes; e aromatizantes e corantes naturais (Brasil, 2019)

Outra informação importante trazida pela norma diz respeito à denominação do produto, pois a kombucha deve ser identificada como "kombucha de" (seguido do nome da espécie vegetal usada na infusão), acrescida de (seguido do ingrediente adicionado após a fermentação), como suco, polpa, especiarias, extrato vegetal, mel, aroma, ou uma combinação destes, conforme a composição final do produto (Brasil, 2019). A Instrução Normativa nº 41/2019, traz consigo os parâmetros analíticos que devem ser observados pelos produtores e importadores do produto (Brasil, 2019). Os parâmetros de qualidade definidos pela legislação brasileira podem ser observados na Tabela 01.

Tabela 01 - Parâmetros da kombucha exigidos pela legislação brasileira.

Parâmetros	**Mínimo**	**Máximo**
pH	2,5	4,2
Graduação alcoólica (% v/v) Kombucha sem álcool	-	0,5
Graduação alcoólica (%	0,6	

v/v) Kombucha com álcool		8,0
Acidez volátil (mEq/L)	30	130
Pressão (atm a 20°C) na kombucha adicionada de CO2	1,1	3,9

Fonte: Brasil (2019).

3.2 FRUTAS REGIONAIS

Os frutos nativos do Nordeste brasileiro são adaptados ao clima da região, marcado por altas temperaturas e secas prolongadas. Esses frutos, além de estarem bem ajustados ao solo local, são símbolos da identidade nordestina e têm um papel fundamental na cultura da região. Com suas propriedades nutritivas, eles são usados de diversas formas, como em receitas tradicionais, incluindo sucos, doces, geleias e até mesmo em bebidas fermentadas.

O sabor exótico e a versatilidade desses frutos impulsionam o desenvolvimento de novos produtos alimentícios e ajudam a valorizar a cultura regional. Exemplos disso são a gogoia e o cajá, frutos com características únicas que desempenham um papel essencial na gastronomia e nas tradições do Nordeste.

3.2.1 Gogoia

A região semiárida do Brasil possui várias espécies de frutas nativas com grande potencial de exploração (Silva et al., 2009; Dantas et al., 2013), das quais a *Tacinga inamoena*, conhecida como quipá, cumbeba ou gogóia pode ser elencada. As espécies de cactáceas de ocorrência no bioma Caatinga, ainda são pouco estudadas do ponto de vista de caracterização aprofundada dos frutos e suas diferentes porções. Alguns estudos, todavia, mais recentemente, têm avaliando, além da qualidade, o potencial funcional, através de dados quantitativos de compostos bioativos, como fenólicos e betalaínicos, com também os aspectos da pós-colheita (Carneiro *et. al*., 2019).

O diferencial na qualidade do fruto de cacto está relacionado ao perfil de compostos antioxidantes, especialmente os do gênero *Opuntia*, que apresentam pigmentos betalaínas e

compostos fenólicos, como flavonoides e ácidos fenólicos (Stintzing et al., 2005; Kim et al., 2011; Dhaouadi et al., 2013). A forma como esses compostos atuam na redução do estresse oxidativo pode variar de acordo com suas propriedades físico-químicas, condições do meio e biomarcadores inflamatórios, cuja regulação depende da dose do extrato e do tempo de ação (Tesoriere et al., 2005).

Com características próprias, a gogoia é um fruto do tipo baga não climatérica, com coloração que varia do amarelo ao laranja e porção basal avermelhada ou toda vermelha fosca, suas sementes de cor amarronzadas estão dispersas ao longo da polpa suculenta e translúcida envolta de uma camada carnosa, sua parte externa são compostas por espinhos de celulose, quase imperceptíveis a olho nu, bastante irritantes em contato com a pele e de difícil remoção (Andrade, 1989; Souza, 2007; Nascimento, 2015; Lima, 2016).

Embora reconhecida como fonte de compostos bioativos são escassos os estudos desta espécie, principalmente quanto a extração e utilização de seus pigmentos. Os tecidos vegetais são fontes de pigmentos naturais, sendo esse processo uma característica marcante na bioquímica dessas estruturas, que envolve a conversão da clorofila nos pigmentos naturais específicos de cada planta. Entre esses pigmentos, os carotenoides e as betalaínas se destacam, devido sua pigmentação o qual possuem cores atraentes que variam do vermelho ao amarelo (Coultate, 2004; Chitarra, 2005; Fennema; Damodaran; Parkin, 2010).

Diversas linhas de pesquisa têm impulsionado a exploração do potencial das cactáceas, com destaque para o potencial tecnológico. A indústria alimentícia utiliza uma variedade de corantes com a finalidade de restaurar a cor dos alimentos, que pode ser perdida durante o processamento, ou para realçar a cor, tornando-os mais atraentes (Barrows; Lipman; Bailey, 2003; El-Wahab; Moram, 2013). Um estudo recente realizado por Dionísio (2017) investigou o potencial tecnológico da gogóia, a partir da extração da mucilagem, um carboidrato de características gelatinosas, que pode ser incorporado a produtos alimentícios, proporcionando aumento de volume e permitindo sua adição a outras matrizes alimentares processadas. Contudo, aplicações do fruto no desenvolvimento de novos produtos precisam ser exploradas, especialmente em bebidas.

3.2.2 Cajá

O cajá é um fruto pertencente à família *Anacardiaceae*, que por sua vez engloba diversas espécies. Esta possui aproximadamente 81 gêneros e 800 espécies. No Brasil, estão catalogados 14 gêneros com 57 espécies, sendo 14 espécies endêmicas (Silva-Luz; Pirani,

2010). Entre as espécies frutíferas importantes destacam-se as do gênero *Spondias*, dentre as quais o cajá está presente.

O cajá (*Spondias mombin* L.) é uma fruta nativa dos trópicos, comumente encontrada no Nordeste do Brasil, onde desempenha um papel significativo como fonte de renda para pequenos produtores locais e como matéria-prima para a indústria de sucos (da Costa, Mercadante, 2018; Giuffrida *et al.,* 2015). A fruta possui formato ovóide, mesocarpo pouco carnoso, amarelo-alaranjado quando madura, tendo um sabor agridoce, além de ser extremamente aromática, sendo essa característica responsável, em parte, pela sua boa aceitabilidade (Bosco *et al.*, 2000; Soares, 2005).

Estudos têm mostrado que, além das aplicações econômicas, o cajá é rico em bioativos, e seus flavonoides, carotenoides, vitaminas, triterpenos e conteúdo fenólico total podem ser associados a diversas aplicações biológicas, como atividades anti-inflamatórias, antimicrobianas, hipoglicêmicas e antioxidantes (Cabral *et al.,* 2016 ; Sampaio *et al.,* 2018 ; Schiassi *et al.*, 2018).

Tem um aspecto funcional relevante, pois possui elevado teor de carotenoides, vitamina C e taninos, que podem atuar como substâncias antioxidantes colaborando para o aumento do consumo e interesse das indústrias alimentícias que o utiliza como matéria-prima (Mattietto *et al*., 2010).

3.3 COMPOSIÇÃO MICROBIOLÓGICA, QUÍMICA E PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DA KOMBUCHA

Para a preparação da bebida é necessário utilizar materiais em condições assépticas (Jakubczyk *et al.,* 2020). As propriedades medicinais assim como os componentes bioativos são muito conhecidos, sua composição química é bastante variável em função do tempo, temperatura de fermentação, quantidade de açúcar, tipo de chá e os microrganismos presentes na cultura. Os ácidos orgânicos, vitaminas e polifenois estão presentes em grande parte das kombuchas estudadas (Petry; Weschenfelder, 2020).

Logo, o SCOBY é um biofilme obtido da associação simbiótica entre leveduras e bactérias acéticas que também é chamado de “chá de fungo”, pois parece um tapete fúngico quando cultivado em condições estáticas. Este biofilme cresce em chá adoçado e resfriado para formar um filme celulósico (Jayabalan *et al.*, 2016).

Os principais microrganismos associados ao SCOBY da kombucha são bactérias acéticas como as espécies *Komagataeibacter* , *Gluconobacter* e *Acetobacter* (Roos & Vuyst, 2018), bactérias do ácido láctico como *Lactobacillus* , *Lactococcus* (Marsh, Hill, Ross, & Cotter , 2014) e leveduras *Schizosaccharomyces pombe*, *Saccharomycodes ludwigii*, *Kloeckera apiculata*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Torulaspora delbrueckii*, *Brettanomyces bruxellensis* (Coton *et al.,* 2017). Seu processo de fermentação também leva à formação de um biofilme flutuante na superfície do meio de crescimento devido à atividade de certas cepas de AAB (Watawana, Jayawardena, Gunawardhana, Waisundara, 2016). Os principais ácidos presentes são acético, glucônico, ácido tartárico, málico e, em menor proporção, cítrico. Todos esses ácidos são responsáveis por seu sabor ácido característico (Jayabalan, Marimuthu, Swaminathan, 2007).

A principal propriedade biológica almejada por quem consome a bebida, em suma, é a simbiótica (combinação entre probióticos e prebióticos), que pode controlar e equilibrar a microbiota intestinal (Watawana *et al.,* 2015; Bruschi *et al.,* 2018). Esta ação é referente ao teor de microrganismos probióticos presentes no chá fermentado, que irão reduzir a permeabilidade intestinal, competir com componentes patogênicos por sítios de adesão e nutrientes que podem estar presentes e recrutar células de defesa para o local. Além deste controle e melhora no perfil do microbiota intestinal, estes microrganismos podem agir prevenindo diarreias, intolerância à lactose, doença de Crohn, síndrome do intestino irritável e, também colaborar com o aumento da imunidade (Medeiros; Cechinel- Zanchett, 2019). No caso da kombucha, as bactérias e leveduras atuam como probióticos e a celulose formada atua como prebiótico (Watawana *et al.*, 2015).

Em relação ao sabor, segundo Leal *et al.* 2018, a kombucha é levemente ácida e carbonatada, o que proporciona maior aceitação entre os consumidores. Pode ser um substituto de baixo teor alcoólico para vinhos espumantes ou refrigerantes devido ao seu alto grau de carbonatação, constituindo uma alternativa mais saudável (Paludo, 2017). A kombucha pode ser encontrada no mercado em versões sem álcool e com baixo teor alcoólico (menos de 0,5% de álcool), ou ainda em versões alcoólicas (Nummer, 2013; Brasil, 2019).

O conhecimento detalhado da composição e das propriedades da kombucha é crucial para entender melhor sua cinética. No entanto, a composição e a concentração de metabólitos dependem da fonte de inóculo (Nguyen, Nguyen, Nguyen e Le, 2015), da concentração de açúcar e chá (Fu, Yan, Cao, Xie e Lin, 2014 ; Watawana e outros 2017), do tempo de

fermentação (Chen e Liu, 2000) e da temperatura usada (Jayabalan *et al.,* 2008 ; Lončar, Djurić, Malbaša, Kolarov e Klašnja, 2006). Qualquer alteração nas condições de fermentação pode afetar o produto final

3.3.1 Como ocorre o processo da formação da parede celulósica

As bactérias produzem duas formas de celulose: celulose I e celulose II. A celulose I é um polímero em forma de fita composto de feixes de microfibrilas, enquanto a celulose II é um polímero amorfo que é termodinamicamente mais estável do que a celulose I (Podolich *et al.,* 2016).

No primeiro estado, as bactérias produtoras de celulose aumentam sua população através do consumo do oxigênio dissolvido. Durante esse tempo, o microrganismo sintetiza certa quantidade de celulose no meio líquido e apenas as bactérias que estão na interface ar/meio podem manter sua atividade e produzir celulose, que é formada por camadas sobrepostas. Conforme o tempo de fermentação avança, a espessura da membrana é aumentada pela geração de novas camadas na superfície, formando uma estrutura suspensa no meio de cultura. O desenvolvimento do biofilme junto com o hidrogênio e a ligação CH continuará durante toda a fermentação, sua síntese atingirá seu limite quando crescer para baixo, aprisionando todas as bactérias, que então se tornaram inativas devido ao suprimento insuficiente de oxigênio (Esa, Tasirin e Rahman, 2014). As bactérias que permanecem na fase líquida do meio de cultura estão em um estado dormente e podem ser reativadas e usadas como inóculo em uma fermentação posterior (Ruka, Simon e Dean, 2012). Este biofilme possui alta cristalinidade, alta resistência à tração, extrema insolubilidade na maioria dos solventes, maleabilidade, alto grau de polimerização, é 100 vezes mais fino que o das fibrilas de celulose obtidas de plantas e sua capacidade de retenção de água é mais de 100 vezes maior (Chawla, Bajaj, Survase e Singhal, 2009). Uma de suas principais características é sua pureza, que o distingue do vegetal que contém hemicelulose e lignina (Sulaeva, Henniges, Rosenau e Potthast, 2015), mas também seu alto grau de cristalinidade (> 60%) onde os cristais formados são compostos de celulose tipo Iα e Iβ. Essas propriedades únicas, bem como sua pureza, permitiram muitas aplicações bem-sucedidas no campo de materiais biomédicos (Kuo, Chen, Liou e Lee, 2015). O biofilme pode variar dependendo das cepas utilizadas, tempo de cultura e aditivos químicos presentes no meio de cultura (Lee, Gu, Kafle, Catchmark, & Kim, 2015), mas também é hipotetizado que a celulose microbiana obtida de uma cultura de Kombucha pode produzir um biofilme com características diferentes daquelas

de fontes típicas (Nguyen, Flanagan, Gidley, & Dykes, 2008). Existem vários fatores a serem considerados para maximizar o rendimento da celulose microbiana e otimizar o processo, por exemplo, o volume do meio inoculado, o tempo de incubação, a área de superfície e as condições de altura da superfície (Cacicedo *et al.,* 2015). A remoção das partes amorfas das nanofibrilas por meio de hidrólise ácida pode produzir nanocristais, que podem ser usados para diferentes propósitos em diversas áreas, como embalagens de alimentos ou aplicações médicas (Campano, Balea, Blanco, & Negro, 2016).

3.3.2 Antioxidantes naturais

Um antioxidante é o responsável por retardar ou inibir a oxidação de um substrato (Halliwell; Gutteridge, 1999). Devido a sua estabilidade, ela doa um elétron para o radical livre, o neutralizando (Halliwell, 1995). Assim, o sistema de defesa de antioxidantes minimiza os níveis de radicais livres, permitindo que funções essenciais do organismo continuem sem danos (Halliwell, 2011).

Quando presentes em excesso, os radicais livres levam ao estresse oxidativo, causando prejuízos ao organismo (Kuma R; Pandey, 2015;Guan; Lan, 2018). Alguns dos radicais livres são espécies reativas derivadas do oxigênio (ERO), instáveis e altamente reativas, que são resultantes do processo metabólico aeróbico tradicional, mas tornam-se prejudiciais quando seus níveis se encontram elevados. Tal desequilíbrio é denominado estresse oxidativo e pode resultar na degradação de estruturas biológicas essenciais para o funcionamento orgânico celular (Abdalla, *et al,* 2001) e proporcionar o desenvolvimento ou agravamento de doenças.

Segundo Rahmani *et al.* (2019), a influência da fermentação da kombucha na atividade antioxidante depende da composição microbiológica da cultura utilizada na fermentação e da composição fitoquímica do material vegetal testado. Geralmente a kombucha contém muitos compostos com atividade antioxidante, como compostos fenólicos, vitaminas solúveis em água, ácidos orgânicos e minerais (Chen; Liu, 2000).

A cultura utilizada para fermentar o chá de kombucha pode apresentar variações na composição microbiológica de acordo com sua origem, localização geográfica, clima, tempo de fermentação e meio utilizado para o processo fermentativo, o que pode explicar a variação na concentração de compostos fenólicos e em seu potencial antioxidante (Chu e Chen, 2006 , Malbaša *et al.,* 2011, Watawana *et al*., 2015). Os complexos fenólicos presentes no chá podem

sofrer biotransformação durante o processo fermentativo, devido à exposição ao ambiente ácido e à ação de enzimas liberadas pelas bactérias e leveduras do SCOBY, resultando em uma alteração do potencial antioxidante do produto fermentado.

Compostos com alto potencial antioxidante podem ser convertidos em compostos com menor capacidade de neutralizar radicais livres, devido a alterações estruturais causadas pela ação enzimática microbiológica. Fatores estruturais, como o número de grupos hidroxila ou metoxila fenólicos, grupos hidroxila flavona , grupos ceto e grupos carboxílicos livres, entre outras características de compostos fenólicos individuais podem alterar sua atividade antioxidante (Jayabalan *et al.,* 2008). No entanto, essas mudanças estruturais também podem aumentar a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos ou alterar sua atividade contra diferentes radicais livres (Jakubczyk *et al*., 2020 , Jayabalan *et al.*, 2008).

Seus benefícios à saúde ocorrem devido à sua capacidade de atuar como antioxidante a partir dos polifenois presentes na bebida (Chakravorty *et al*., 2016). Os compostos fenólicos (polifenois) são amplamente encontrados em vegetais, frutas e cereais, sendo um grupo diverso de metabólitos secundários de plantas. Esses compostos são caracterizados por seu esqueleto de carbono, dividido nos seguintes grupos: ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, taninos, lignanas, cumarinas, curcuminoides e quinonas (Alara *et al*., 2021 ; Basli *et al.*, 2017). Os flavonoides estão fortemente presentes na kombuchá, esse chá fermentado possui como um de seus benefícios seu poder antioxidante que está ligado ao teor elevado de polifenóis. Seres humanos expostos ao estresse oxidativo, são muito beneficiados pelo produto, claro que vai depender da composição da infusão do chá e das cepas presentes para que se define exatamente quais os principais compostos (Jakubczy *et al.*, 2020).

Dessa forma, muitos dos benefícios do chá verde e do kombucha são atribuídos ao seu alto potencial antioxidante, devido ao seu alto teor de compostos fenólicos. Esses compostos participam da neutralização de radicais livres, que são substâncias que em excesso podem gerar um fenômeno chamado estresse oxidativo, causando potenciais danos às estruturas celulares, além de desempenharem papel importante no desenvolvimento de doenças crônicas e degenerativas, como artrite, doenças autoimunes, câncer, cardiovasculares e neurodegenerativas (Pham-Huy *et al.,* 2008 , Shang *et al.,* 2021). Os compostos bioativos presentes nessas bebidas também têm a capacidade de inibir algumas enzimas, como a α-amilase e a α-glicosidase, que participam da digestão de carboidratos, proporcionando potencial benefício a indivíduos com diabetes (Gao *et al.*, 2013 , Permatasari *et al.*, 2021). Entretanto, o método de preparação e a origem das matérias-primas podem exercer grande

influência no teor fenólico presente nas bebidas, bem como no seu potencial antioxidante e bioativo (Chu e Chen, 2006 , Malbaša *et al.*, 2011 , Saimaiti *et al*., 2022 , Watawana *et al*., 2015).

Além da atividade antioxidante presente nas kombuchas, a bebida apresenta também uma grande atividade antibacteriana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas patogênicas (Velicanski *et al.*, 2014). O principal componente antibacteriano é o ácido acético, cuja concentração na bebida kombucha influencia diretamente seu potencial antimicrobiano. Testes com a bebida neutralizada, no entanto, apresentaram ação antibacteriana contra Staphylococcus aureus, o que indica que a atividade antibacteriana não está associada apenas à acidez, mas também a outros metabólitos biossintetizados durante o processo de fermentação (Ayde; Ben Abid; Hamdi, 2017; Velicanski *et al*., 2014).

Alguns pesquisadores relataram atividades antioxidantes das bebidas fermentadas obtidas pelo kombucha no chá preto ou verde para radicais livres (Bhattacharya et al., 2016; Chu; Chen, 2006). Pure e Pure (2016) reportaram que bebidas fermentadas formuladas com chá de três ervas apresentaram maior poder antioxidante que as infusões não fermentadas. As amostras fermentadas inibiram o radical livre DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil) em 92,91%, enquanto as infusões não fermentadas inibiram em 69,93%. Velićanski *et al.* (2014) observaram que o kombucha à base de erva-cidreira mostrou uma maior atividade antioxidante em comparação com a bebida tradicional feita a partir do chá preto. Os dados provenientes dos estudos, portanto, evidenciaram que as kombuchas apresentam atividade de redução de radicais livres (Sun; Li; Chen, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo consiste em uma pesquisa experimental, com abordagem quantitativa e explicativa, com o objetivo de analisar a possível presença de antioxidantes na bebida. A importância da análise desses resultados está em comprovar o impacto da saborização da kombucha com frutas nativas sobre as características antioxidantes da bebida. A pesquisa busca avaliar relações de causa e efeito a partir dos dados numéricos obtidos em laboratório e análise estatística.

4.2 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Os ingredientes utilizados na preparação do chá foram obtidos da seguinte forma: a água potável foi adquirida diretamente do sistema de abastecimento de água da UFCG - *Campus* Cuité; o chá verde (Maratá; lote: 327), o açúcar cristal (Alegre; lote: 227M5), e a polpa congelada de cajá (Sterbom; lote: 201/3) foram adquiridos no comércio local da cidade de Cuité - PB; os frutos de gogoia foram coletados no Povoado Maniçoba (-6.2307637955354345, -36.44206253299749), zona rural do município de Currais Novos - RN, no terceiro trimestre de 2024; e o SCOBY da kombucha foi obtido por meio de doação para a presente pesquisa, proveniente do Laboratório de Biotecnologia, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - *Campus* Currais Novos.

4.3 LOCAL DE EXECUÇÃO

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), no Laboratório de Análise Sensorial (LATED) e no Laboratório de Bromatologia (LABROM), todos localizados na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - *Campus* Cuité.

4.4 OBTENÇÃO DA POLPA DE GOGOIA

Os frutos (gogoia) maduros com casca amarelo-alaranjada foram coletados e transportados em sacos plásticos até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos do CES/UFCG. Inicialmente os frutos foram lavados em água corrente para a retirada de sujidades grosseiras, e em seguida foram sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 20 min. Após a sanitização, os frutos foram enxaguados e submetidos ao despolpamento manual com auxílio de facas. Foram feitos dois cortes transversais nas duas extremidades de cada fruto e um corte único ao longo do pericarpo, a fim de facilitar a extração na polpa aderida às sementes. A polpa extraída foi então acondicionada em recipiente plástico e armazenada sob congelamento (-18 °C) até a sua utilização.

4.5 ELABORAÇÃO DA KOMBUCHA

Foram elaboradas três formulações de kombuchas, sendo: KP (padrão), KG (saborizada com polpa de gogoia) e KC (saborizada com polpa de caja). As formulações e seus respectivos ingredientes podem ser visualizados na Tabela 2.

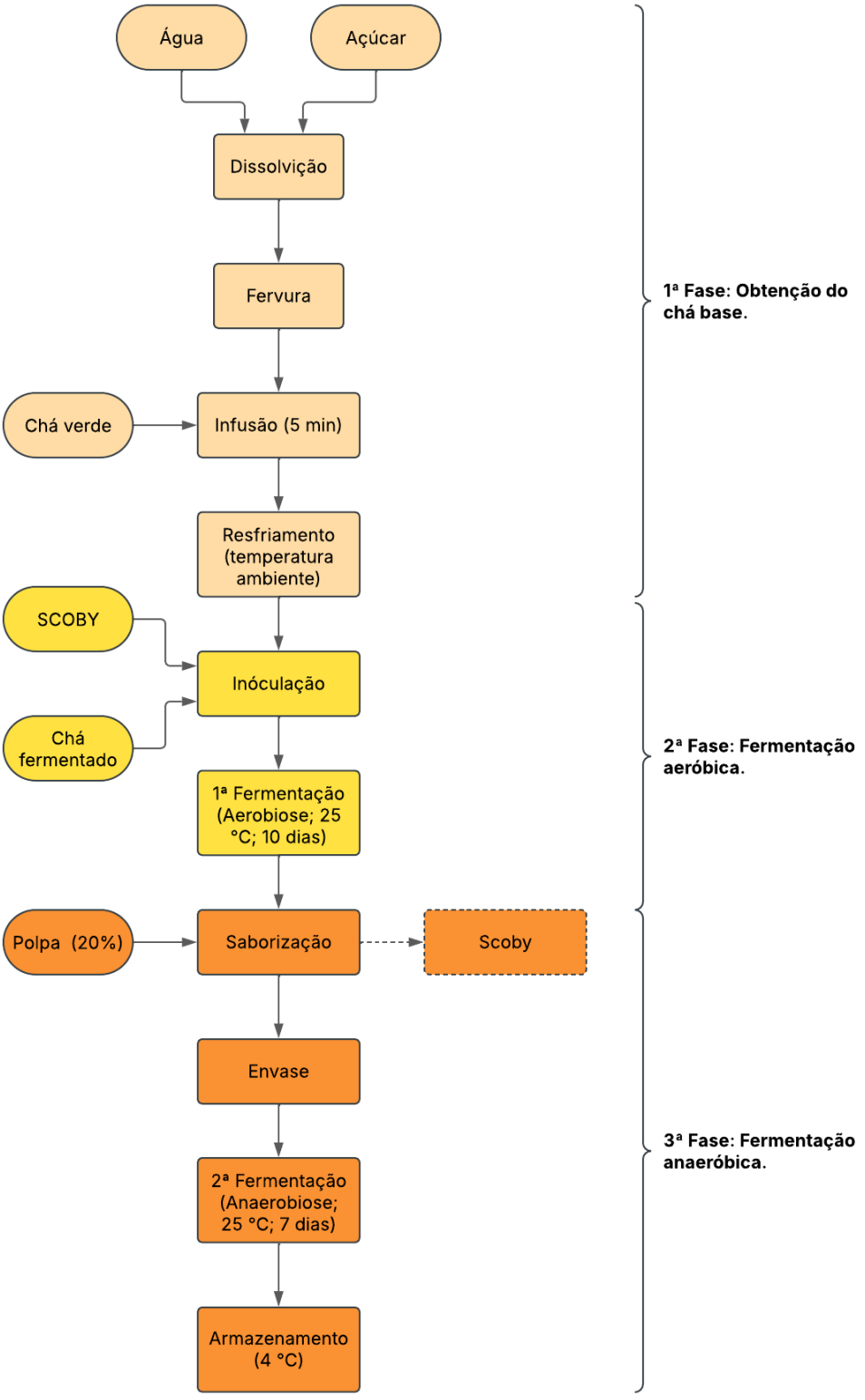
Tabela 2 - Formulações das kombuchas

Ingredientes	**KP**	**KG**	**KC**
Volume de chá base fermentado	450 ml	360 ml	360 ml
Polpa de gogoia	-	90 ml	-
Polpa de cajá	-	-	90 ml

Fonte: Autoria Própria (2025). KP - Kombucha padrão; KG - Kombucha saborizada com gogoia; KC - Kombucha saborizada com cajá.

O processo de produção das kombuchas foi definido mediante testes prévios, como apresentado nas Figuras 1 e 2. De maneira sucinta, a produção foi dividida em três momentos: a etapa inicial com o preparo do chá base a ser fermentado; a etapa intermediária sendo a primeira fermentação em condição de aerobiose; e a etapa final sendo a segunda fermentação em condição de anaerobiose, concomitante à saborização.

Figura 1 - Fluxograma da elaboração da kombucha



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 2 - Imagem da elaboração das kombuchas

4.5.1 Preparo do Chá

A formulação do chá pode ser visualizada na Tabela 3. Inicialmente 50 g de açúcar foram dissolvidos em 1 L de água, sendo essa mistura submetida à ebulição. Após a fervura do líquido, foram adicionadas aproximadamente 3,25 g de chá verde (*Camellia sinensis*), mantido em infusão por 5 min. Ao final do tempo de infusão, o chá foi filtrado e transferido para um recipiente de vidro previamente higienizado, onde foi mantido em descanso até atingir a temperatura ambiente.

Tabela 3 - Formulação do chá base.

Ingredientes	**Quantidades**
Água	1 L
Chá Verde	3,25 g
Açúcar	50 g
Scoby	10 g
Chá fermentado previamente	150 mL

Fonte: Autoria Própria (2025).

4.5.2 Primeira fermentação

A primeira fermentação foi iniciada com a adição do SCOBY ao chá. Foram colocados 10 g da película celulósica (SCOBY) e 150 mL de chá previamente fermentado no chá preparado. Em seguida, o frasco foi coberto com um papel toalha, preso com um elástico, para permitir que a fermentação ocorresse com a ação dos microrganismos aeróbios. O processo fermentativo foi mantido em temperatura ambiente (25 ± 2 °C) por 10 dias, ao abrigo da luz. Além disso, a adição do líquido do SCOBY ao chá, durante o processo artesanal da kombucha, tem a função de acidificar o meio, o que ajuda a prevenir a proliferação de microrganismos indesejáveis.

4.5.3 Segunda fermentação

Após a primeira fermentação, a película celulósica formada foi retirada, e as alíquotas do chá fermentado foram transferidas para garrafas de polietileno de 500 mL. O volume de cada alíquota foi determinado com base nas formulações descritas na Tabela 2, de forma que o volume final em cada garrafa fosse de 450 mL. O tratamento controle (KP) corresponde à kombucha sem adição de polpa, enquanto KG e KC se referem às kombuchas com adição de 20% de polpa de gogoia (KG) e cajá (KC), respectivamente. As garrafas foram levemente pressionadas e fechadas, e a segunda fermentação ocorreu em ambiente escuro e à temperatura ambiente (25 ± 2 °C) por 7 dias. Após esse período, as kombuchas foram refrigeradas (4 ± 2 °C) para interromper a fermentação. As bebidas permaneceram armazenadas sob refrigeração até a realização das análises.

4.5.4 Determinação de compostos fenólicos totais

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais utilizou-se a metodologia descrita por Liu *et al*. (2002), com adaptações. Onde, 250 µL da kombucha foi misturada em tubo de ensaio com 1250 µL do reagente Folin-Ciocalteau a 10%. As soluções foram agitadas por 30 s em Vortex (Logen Scientific, modelo LSM56-II-VM, Fortaleza, Ceará, Brasil) e armazenadas em temperatura ambiente (23 ± 0,5 °C) na ausência da luz por 6 min. Após, foram adicionadas 1000 µL da solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi levada ao banho maria (Novatecnica®, modelo NT232, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 50 ± 1 °C, durante 5 min. Em seguida, a absorbância foi verificada a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL Photonics®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Também foi realizado um teste branco com a ausência dos extratos para zerar o espectrofotômetro. O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA). Os resultados foram expressos como miligramas equivalentes de ácido gálico (EAG) por cem gramas da amostra (mg EAG/100 g).

4.5.5 Determinação de compostos flavonoides totais

Para a avaliação de flavonoides totais foi utilizado o método proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999), onde uma alíquota de 0,5 mL da kombucha foi adicionada à 2 mL de água destilada em um tubo de ensaio. Em seguida, adicionou-se 150 µL de nitrito de sódio a 5%. Após 5 min, 150 µL de cloreto de alumínio a 10% foi adicionado e, após 6 min, 1 mL de hidróxido de sódio a 1 M, seguido pela adição de 1,2 mL de água destilada. A absorbância da amostra foi medida a 510 nm usando um espectrofotômetro (BEL Photonics®) contra um branco na ausência dos extratos. O teor de flavonoides totais do extrato foi determinado usando uma curva padrão de equivalente de catequina (EC) (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos como miligramas equivalentes de catequina (EC) por 100 g de amostra (mg CE/100 g).

4.5.6 Determinação da atividade antioxidante total

Para a avaliação da atividade antioxidante foram utilizados dois métodos distintos: FRAP (Ferric reducing ability of plasma) e ABTS (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline)-6-sulfonic acid), cujas metodologias seguem descritas a seguir.

Para determinação da atividade antioxidante por meio da redução do ferro (FRAP) foi utilizada a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996), adaptada por Pulido *et al.* (2000). O reagente FRAP foi preparado exatamente no momento da análise, através da mistura de 11 mL de solução tampão acetato de sódio anidro a 0,3 M (pH 3,6), 1,1 mL de solução TPTZ (2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine) a 10 mM/L em uma solução de HCl a 40 mM e cloreto férrico (FeCl3) a 20 mM. Para a análise, uma alíquota de 200 µL da kombucha foi adicionada a 1800 µL do reagente FRAP em um tubo de ensaio e levados ao banho maria (Novatecnica®) a 37 ± 1 °C por 30 min. A absorbância foi medida a 593 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics®). A curva padrão foi realizada com Trolox 1 mM) e os valores expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CAET) por gramas de amostra (µmol TEAC/g).

O método ABTS foi realizado de acordo com a metodologia de Ksurveswaran *et al*. (2007), com algumas modificações. Inicialmente, formou-se o radical ABTS•+ a partir da reação de 5 mL de solução de ABTS•+ (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline) -6-sulfonic acid) a 7 mM com 88 µL de solução de persulfato de potássio 140 mM (concentração final de 2,45 mM), que foram incubados em temperatura de 25 °C, na ausência de luz, durante 12-16 h. Uma vez formado o radical, o mesmo foi diluído em água destilada até obter o valor de absorbância de 0,800 (± 0,020) a 734 nm. Em ambiente escuro foi transferido para um tubo de ensaio uma alíquota de 100 µL da kombucha e adicionado 500 µL do radical ABTS•+. Após, os tubos de ensaio foram mantidos em repouso na ausência de luz por 6 min. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância a 734 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics®). Também foi feita uma solução "controle" que consistiu em uma alíquota de 100 µL do solvente extrator do extrato adicionada de 500 µL do radical ABTS•+. A solução "branco" foi o solvente extrator de cada extrato, utilizada para zerar o espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em micromoles de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) por grama de amostra (µmol TEAC/g).

4.5.7 Análise estatística

Todas as análises foram feitas em triplicata e os resultados foram expressos como média seguida do desvio-padrão. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância

(ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de nível de significância ($p \leq 0.05$), utilizando-se o software estatístico SPSS 17.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A kombucha conquistou reconhecimento como uma bebida funcional devido ao seu alto conteúdo de substâncias benéficas à saúde, incluindo polifenóis, flavonoides, ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas, oligoelementos e compostos orgânicos voláteis (Kitwetcharoen *et al.,* 2023 ; Klawpiyapamornkun *et al.,* 2023 ; Wu *et al.,* 2023).

A tabela 4 apresenta o teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e a atividade antioxidante das kombuchas elaboradas.

Tabela 4 - Teor de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante total das kombuchas

Parâmetros	**KP**	**KG**	**KC**
Fenólicos Totais (mg AGE/mL)[1]	59,4 ±3,23[a]	43,9 ±0,40[c]	49,5 ±0,63[b]
Flavonoides Totais (mg CE/mL) [2]	8,3 ±0,40[a]	5,9 ±0,40[c]	6,9 ±0,66[b]
FRAP (µmol TEAC/mL) [3]	0,3 ±0,02[a]	0,2 ±0,00[c]	0,3 ±0,02[b]
ABTS (µmol TEAC/mL) [3]	2,2 ±0,03[a]	2,0 ±0,05[c]	2,1 ±0,05[b]

KP - Kombucha padrão; KG - Kombucha saborizada com gogoia; KC - Kombucha saborizada com cajá.[1]Os resultados são expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (GAE) por mililitro de amostra (mg EGA/mL); [2]Os resultados são expressos em miligramas de equivalente de catequina (CE) por mililitro de amostra (mg EC/mL); [3]Os resultados são expressos em micromol de Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) por mililitro de amostra (µmol TEAC/mL). Abreviaturas: FRAP - capacidade redutora férrica do plasma; ABTS•+ - ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzo-tiazolina)-6-sulfónico.[a-c]Média ±desvio-padrão com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos.

Em relação ao teor de fenólicos totais, os resultados indicam que a kombucha padrão (KP) apresenta valor significativamente maior (59,4 mg AGE/g) em comparação com a kombucha saborizada com gogóia (KG) (43,9 mg AGE/g) e a saborizada com cajá (KC) (49,5 mg AGE/g) ($p<0,05$). A maior concentração de compostos fenólicos totais observada na KP pode ser atribuída ao fato de que esses compostos são principalmente derivados do chá verde utilizado na fermentação, já que a bebida foi preparada com uma quantidade maior desse chá, resultando em maior retenção desses compostos. Segundo Pham-Huy *et al.* (2008) e Shang *et al.* (2021), os benefícios do chá verde e da kombucha são atribuídos ao seu alto potencial

antioxidante, devido ao elevado teor de compostos fenólicos. O teor de fenólicos totais encontrado neste trabalho é superior ao de outras bebidas fermentadas produzidas a partir de cereja, ameixa, damasco, morango, caqui, uva, laranja e romã, que apresentaram uma variação de 4,42 a 16,47 mg GAE/100 mL (Morales *et al.,* 2023). Cardoso *et al.* (2020) desenvolveram kombuchas com chá verde e chá preto, obtendo valores de fenólicos totais de 0,70 e 1,09 mg GAE/mL, respectivamente, inferiores aos encontrados neste estudo.

Os resultados para flavonoides totais (Tabela 4) mostraram que a KP apresentou o maior teor, seguida pela KC e KG, todas diferindo estatisticamente entre si. Resultados inferiores foram relatados por Zubaidah *et al.* (2018) que ao desenvolverem kombucha fermentada a partir do suco de *Salacca zalacca* ((Gaerth.) Voss), encontraram um teor de flavonóides totais de 3,0 mg QE/mL.

Com relação ao teor de flavonoides totais verificou-se que todas as kombuchas diferiram estatisticamente entre si, com KP apresentando maior teor, seguido de KC e KG respectivamente (Tabela 4). O maior teor de flavonóides totais encontrados na KC pode sugerir que o tipo de base (no caso, chá verde) tem uma contribuição substancial para o teor final de flavonoides.

Resultados superiores foram encontrados por Freitas (2022) que ao avaliar o efeito da adição de suco de caju clarificado (cajuína) na kombucha, detectaram valores de 20,15 mg QE/mL (T1 -kombucha sem adição de cajuína, somente com chá verde), 19,11 mg QE/mL (T2 - 30% de cajuína adicionada na primeira fermentação), 25,74 mg QE/mL (T3 - 30% de cajuína adicionada com acidez da kombucha próxima de 3g de ácido acético/L) e 15,26 mg QE/mL (T4 - 30% de cajuína adicionada ao final da fermentação).

Para as atividades antioxidantes totais (FRAP e ABTS) pode-se observar que ambas tiveram o mesmo comportamento. Todas as formulações diferiram estatisticamente entre si, sendo que KP apresentou maior atividade antioxidante total, seguido de KC e KG, respectivamente (Tabela 4). Esses resultados estão diretamente relacionados à capacidade antioxidante, servindo como um indicativo da eficácia da bebida em neutralizar os radicais livres (Sun; Li; Chen, 2015).

O valor de ABTS está diretamente relacionado à capacidade antioxidante, servindo como um indicativo da eficácia da bebida em neutralizar os radicais livres (Sun; Li; Chen, 2015). Farias, (2024) encontrou atividade antioxidante em kombucha de chá verde e ora-pro-nobis valores entre 1,5–3,4 mM TE/g, observa-se que, apesar das diferenças nas

unidades utilizadas, ambos os trabalhos evidenciam atividade antioxidante significativa em kombuchas elaboradas com diferentes substratos.

A atividade antioxidante está relacionada à presença de compostos bioativos, como polifenóis e flavonoides, cuja concentração tende a ser elevada em alimentos e bebidas fermentados. Essa interação ocorre devido à ação dos fitoquímicos e às alterações nas estruturas dos compostos fenólicos do chá — como as catequinas — promovidas por enzimas microbianas (Degirmencioglu *et al.,* 2020; Muhialdin *et al.,* 2019).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a bebida fermentada obtida a partir de chá verde, sem adição de saborizantes, apresentou valor superior em relação às formulações saborizadas com gogóia e cajá. Esse resultado está associado à maior concentração de compostos fenólicos e flavonoides, presentes no chá verde. Por fim, as variações observadas nos estudos quantitativos entre as diferentes formulações reforçam a influência dos ingredientes e das condições de fermentação na qualidade funcional da bebida final, destacando a relevância do controle técnico no desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS

Araruna, M. E.; Silva, P.; Almeida, M.; Rêgo, R.; Dantas, R.; Albuquerque, H.; Cabral, I.; Apolinário, N.; Medeiros, F.; Medeiros, A.; Santos, V.; **Tablet of Spondias mombin L. Developed from Nebulized Extract Prevents Gastric Ulcers in Mice via Cytoprotective and Antisecretory Effects. Molecules.** 2021 Mar 12;26(6):1581. doi: 10.3390/molecules26061581. PMID: 33809398; PMCID: PMC8001497.

Benzie, I. F. F.; Strain, J. J. **Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay.** Anal Biochem, v. 239, p. 70-76, 1996.

Bishop P; Pitts ER; Budner D; Thompson-Witrick KA, Bishop P, Pitts ER, et al. Chemical **Composition of Kombucha. Beverages.** 2022;8(3):45.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.** LWT-Food Science and Technology, 28(1), 25-30.

Brasil. **Instrução Normativa no 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em todo o território nacional.** Diário Oficial da União. 17 set 2019; Seção 1.

Brasil. **Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde,** 2016. 190p

Câmara, G.B**. Desenvolvimento de bebidas fermentadas com coprodutos de frutas com potencial antioxidante.** 2022. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

Cardoso, Bryan Fernandes; Reis, Luana de Brito dos. **Bebidas fermentadas: um panorama nacional baseado em documentos patentários.** 2024. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

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,Volume 128,2020,108782,ISSN 0963-9969,https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782.

Coelho, R. M. D. et al**. Kombucha: Review. International Journal of Gastronomy and Food Science,** v. 22, p. 100272, dez. 2020. disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X20301499

Coelho, Robson Rogério Pessoa et al. **Características tecnológicas de frutos do quipá (Tacinga inamoena) em 3 estádios de maturação.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1388–1398, jul./set. 2020. DOI: 10.34188/bjaerv3n3-056. ISSN 2595-573X. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/14446/11997

Chakravorty, S.; Bhattacharya, S.; Bhattacharya, D.; Sarkar, S.; Gachhui, R.; Kombucha: **A Promising Functional Beverage Prepared From Tea.** Non-alcoholic Beverages Vol 6 Sci Beverages. 2019;1:285–327.

Dantas, Renato & Silva, Silvanda & Dantas, Ana & George, Henrique & Lima, Renato & Ricardo, de & Mariany, Cruz & Rosana, Sousa & Santos, Djail & Rejane, Maria. (2016). **Bioactive compounds and antioxidant activity of Tacinga inamoena (K. Schum.) [NP Taylor Stuppy] fruit during maturation.** African Journal of Agricultural Research. 11. 1511-1518. 10.5897/AJAR2015.10541.

da Anunciação, T.A.; Guedes, J.D.S.; Tavares, P.P.L.G.; de Melo Borges, F.E.; Ferreira, D.D.; Costa, J.A.V.; Umsza-Guez, M.A.; Magalhães-Guedes, K.T. **Biological Significance of Probiotic Microorganisms from Kefir and Kombucha: A Review.** Microorganisms 2024, 12, 1127. https://doi.org/ 10.3390/microorganisms12061127

De Oliveira Júnior, SD, de Araújo, JS, de Asevedo, EA et al. **Exploração de filmes à base de pectina extraída da casca da cajá-amarela (Spondias mombin L.) para embalagem ativa de alimentos.** Biomass Conv. Bioref. 13 , 1565–1579 (2023). https://doi.org/10.1007/s13399-021-01321-3

Değirmencioğlu, Nurcan et al. **Impact of tea leaves types on antioxidant properties and bioaccessibility of kombucha.** Journal of Food Science and Technology, v. 58, n. 6, p.

2304-2312, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13197-020-04741-7. Acesso em:

20 jan. 2022.

Gonçalves, M. dos S., Macêdo, A. P. A., Izabel, J. D., Couto, R. D., & Medeiros, J. M. B. (2020). **Estudo Prospectivo sobre Preparações Medicinais do Chá Verde. Cadernos De Prospecção**, 13(3), 823. https://doi.org/10.9771/cp.v13i3.29340

Farias, Jean Lucas Ribeiro de. **Potencial antioxidante de kombucha de chás (Camellia sinensis) e ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata Miller).** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2023. Disponível

em:https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31907/1/potencialantioxidantekombucha.pdf

Freitas, Ana Karoline Nogueira**. Efeito da adição de suco clarificado de caju nas características tecnólogicas e propriedades sensoriais da kombucha.** 2022. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1152668/1/TS-2022.015.pdf

Freitas A, Sousa P, Wurlitzer N. **Alternative raw materials in kombucha production.** Int J Gastron Food Sci. 2022;30:100594

Jakubczyk K, Kałduńska J, Kochman J, Janda K. **Chemical Profile and Antioxidant Activity of the Kombucha Beverage Derived from White, Green, Black and Red Tea. Antioxidants.** 2020;9(5):447.

Klawpiyapamornkun, **Tharinee et al. Enhancing the chemical composition of kombucha fermentation by adding Indian gooseberry as a substrate. Fermentation,** v. 9, n. 3, p. 291, 2023.

Kim J, Adhikari K. **Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research. Beverages.** 2020; 6:15.

Kitwetcharoen, Haruthairat et al. **Kombucha healthy drink—recent advances in production, chemical composition and health benefits. Fermentation,** v. 9, n. 1, p. 48, 2023.

Kombucha: Matérias-primas, composição química e atividades biológicas - Capitulo 18 - Volume 4 CTA, publicado no livro: Ciência e tecnologia de alimentos: Pesquisas e avanços-Garon Food Academy -DOI: https://doi.org/10.53934/9786585062060-18. Disponível em :https://agronfoodacademy.com/kombucha-materias-primas-composicao-quimica-e-atividades-biologicas/

Ksurveswaran, S.; Cai, Y. Z.; Corke, H.; Sun, M. **Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants.** Food Chemistry, v. 102, n. 3, p. 938-953, 2007

Leal, J. M; Suárez, L.V; Jayabalan, R; Oros, J.H; Escalante-Aburto A. **A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites.** CyTA – J of Food. 2018;16(1):390–9.

Leonarski, E. ; Guimarães, A. C. ; Cesca, K.; Poletto, P. ; **Production process and characteristics of kombucha fermented from alternative raw materials.** Food Biosci. 2022;49:101841.

Liu, M.; LI, X. Q.; Weber, C.; Lee, C. Y.; Brown, J.; Liu, R. H. **Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries.** Journal Agricultural Food Chemistry, v. 50, 2926–2930, 2002.

Maia, Y. L. M. *et al.* **Kombucha: características e aspectos biológicos.** Referências Em Saúde Do Centro Universitário Estácio De Goiás, 3(01), 114–123. Disponível em: https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/rrsfesgo/article/view/208

Mendonça, G. R., Pereira, A. L. F., Ferreira, A. G. N., Santos Neto, M., Dutra, R. P., & Abreu, V. K. G. (2020). **Propriedades antioxidantes e efeitos antimicrobianos da kombucha: revisão da evidência científica**. Revista Contexto &Amp; Saúde, 20(40), 244–251. Disponível em: https://doi.org/10.21527/2176-7114.2020.40.244-251

Morales, Diego *et al*. Novel **kombucha beverages with antioxidant activity based on fruits as alternative substrates**. Lwt, v. 189, p. 115482, 2023.

Oliveira, F. G. de. **Benefícios de probióticos caseiros Kefir e Kombucha : uma revisão de literatura.** Handle.net, 2020. disponível em: https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2939

Prajapati, K., Prajapati, J., Patel, D. *et al.* **Avanços multidisciplinares na fermentação do kombucha, eficácia na saúde e evolução do mercado.** *Arch Microbiol* 206 , 366 (2024). https://doi.org/10.1007/s00203-024-04086-1

Pulido, R.; Bravo, L.; Saura-Calixto, F. **Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 48, n. 8, p. 396-402, 2000.

Saimaiti A, Huang SY, Xiong RG, Wu SX, Zhou DD, Yang ZJ, et al. **Antioxidant Capacities and Polyphenol Contents of Kombucha Beverages Based on Vine Tea and Sweet Tea. Antioxidants.** 2022;11(9):1655.

Silvino, A, S, Rayssa Caroline et al. **Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (Spondias Mombin L.).** Revista Desafios. Vol.4. 2.ed; 1-11, 2017. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/335557785_Qualidade_nutricional_e_parametros_morfologicos_do_fruto_caja_Spondias_Mombin_L

Silva, Daniella Pereira da **Influência de substratos alternativos na fermentação de kombuchá para obtenção demembrana celulósica.** / Daniella Pereira da Silva. – 2022. Disponível em:https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/49342/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Daniella%20Pereira%20da%20Silva.pdf

Silva Júnior, Jayme César da. **Casca de gogoia (Tacinga inamoena):fonte de corantes naturais.** - João Pessoa, 2018 - Disponível em:https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15790

Souza, J.; Santos, D.; Silva Da Nóbrega, G. **KOMBUCHA: Consumo, benefícios e comercialização.** Universidade Católica do Salvador - UCSAL. Anais da 22ª Semana de Mobilização Científica - SEMOC | 2019-10. Disponível em: https://ri.ucsal.br/items/c2abc8d1-c47a-4d84-824c-ecac20a69a8c.

Sun, Tzu Ying; Li, Jia Shiun; Chen, Chinshuh. **Effects of blending wheatgrass juice on enhancing phenolic compounds and antioxidant activities of traditional kombucha beverage.**Journal of Food and Drug Analysis, v. 23, n. 4, p. 709–718, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.01.009. Acesso em: 16 jan. 2022.

Teixeira Oliveira J, Machado da Costa F, Gonçalvez da Silva T, Dotto Simões G, Dos Santos Pereira E, Quevedo da Costa P, Andreazza R, Cavalheiro Schenkel P, Pieniz S. **Green tea and kombucha characterization: Phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential.** Food Chem. 2023 May 15;408:135206. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135206. Epub 2022 Dec 12. PMID: 36528993. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622031685?via%3Dihub

Urzedo, N. D. R**. O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão bibliográfica abrangendo os anos 2000 a 2020.** 40f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em química Industrial) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em:https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30879

Vellosa, J. C. R., Biavatti, M., Françóia, P. C. O., de Mello, B. J., de Almeida, A. C., & Bueno, G. E. (2021). **Estresse oxidativo: uma introdução ao estado da arte / Oxidative stress: an introduction to the state of art.** *Brazilian Journal of Development*, *7*(1), 10152–10168. https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-688

Villarreal-Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souchard JP, Taillandier P. **Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review.** J Food Sci. 2018 Mar;83(3):580-588. doi: 10.1111/1750-3841.14068. PMID: 29508944.

Wu, XiZubaidah, E. *et al.* **Potential of snake fruit (Salacca zalacca (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium,** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Volume 13, 2018, Pages 198-203,ISSN 1878-8181, https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.12.012.aoya et al. **Dynamic changes in microbial communities, physicochemical properties, and flavor of kombucha made from fu-brick tea.** Foods, v. 12, n. 23, p. 4242, 2023.

Zhishen, J.; Mengcheng, T.; Jianming, W. **The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals.** Food Chemistry. v. 64, n. 4, p. 555 – 559, 1999.

Zubaidah, E. *et al.* **Potential of snake fruit (Salacca zalacca (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium,** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Volume 13, 2018, Pages 198-203,ISSN 1878-8181, https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.12.012.