



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO DE TECNOLOGIA EM GASTRONOMIA**

VITÓRIA GONÇALVES SIRQUEIRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FERMENTADOS
ACÉTICOS TIPO VINAGRE A PARTIR DA KOMBUCHA COM CAJUÍNA E
IMBIRIBA**

SÃO RAIMUNDO NONATO

2026

VITÓRIA GONÇALVES SIRQUEIRA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FERMENTADOS
ACÉTICOS TIPO VINAGRE A PARTIR DA KOMBUCHA COM CAJUÍNA E
IMBIRIBA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Tecnologia em Gastronomia do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí. Campus São Raimundo Nonato.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Cecilia Santos Silva
Coorientador(a): Prof^a. Andryelle Alves da Silva

SÃO RAIMUNDO NONATO

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sirqueira, Vitória Gonçalves

S621p Produção e caracterização físico-química de fermentados acéticos tipo vinagre a partir da kombucha com cajuína e imbiriba / Vitória Gonçalves Sirqueira. - 2026.
40 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gastronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus São Raimundo Nonato, 2026.

Orientadora : Profa Dra. Cecilia Santos Silva.

Coorientadora : Profa. Andryelle Alves da Silva.

1. vinagre artesanal. 2. fermentação acética. 3. padronização de processo. 4. alimento funcional. I.Título.

CDD - 641.5

Elaborado por Uliscley Silva Gomes CRB 15/938

VITÓRIA GONÇALVES SIRQUEIRA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FERMENTADOS
ACÉTICOS TIPO VINAGRE A PARTIR DA KOMBUCHA COM CAJUÍNA E
IMBIRIBA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Tecnologia em Gastronomia do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí. Campus São Raimundo Nonato.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Cecilia Santos Silva
Coorientador(a): Prof^a. Andryelle Alves da Silva

Aprovada em: 13/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Cecília Santos Silva (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Dr^a. Lucimara Lais Zachow
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Mest. Paulla Cristine Ribeiro de Almeida
UNIVASF/Campus Serra da Capivara

Dedico este trabalho ao meu primo Edson,
in memoriam, cuja memória permanecerá
sempre viva em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me permitido realizar esse sonho e por ter sido meu sustento em todos os momentos. À minha mãezinha, Nossa Senhora, por estar sempre zelando por mim e guiando meus passos.

Aos meus pais, Luiz e Elizângela, minha eterna gratidão. Sem vocês, nada disso seria possível. Obrigada por todo amor, apoio, esforço e por nunca medirem esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, Manoel e Ângela, por todo incentivo, companheirismo e apoio incondicional ao longo dessa caminhada.

Agradeço também aos amigos que se tornaram família durante esse processo e que tornaram essa jornada mais leve. Em especial, à “galelinha” (Andryelle, Davisson, Jafilania, Maria Eduarda, Marcos Vinícius e Thiago), que compartilharam comigo desafios, aprendizados e momentos inesquecíveis.

Àqueles que sempre foram meu lar, mesmo à distância — Mairyne, Luís Eduardo, Wagner, Jaqueline, Thayane, Camila, Carlos Eduardo e Marcos — obrigada por nunca soltarem minha mão e por serem meu porto seguro.

Minha gratidão à tia Silvania, tia Luzinete e à minha prima Aline, que sempre estiveram prontas para me ajudar quando precisei.

Agradeço à IFermentados pelo apoio durante o desenvolvimento do meu projeto e por todas as oportunidades que me proporcionou. De modo especial, à professora Gerlane, por sempre me incentivar a persistir e não desistir.

Por fim, agradeço imensamente à professora Cecília por ter aceitado a missão de me orientar neste trabalho. Obrigada por toda a paciência, dedicação e confiança durante todo esse processo.

RESUMO

A kombucha, bebida fermentada obtida da infusão de chá adoçado e da ação do SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), é tradicionalmente consumida por suas propriedades funcionais e probióticas, e vem sendo explorada como base para novos produtos, como o vinagre. A produção do vinagre envolve duas etapas principais: a fermentação alcoólica, em que leveduras convertem os açúcares em etanol, e a fermentação acética, conduzida por bactérias dos gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter*, que oxidam o etanol em ácido acético. Quando realizado de forma artesanal, especialmente pelo método de Orléans, o processo preserva compostos bioativos, como polifenóis, ácidos orgânicos, vitaminas e antioxidantes, além de conferir características sensoriais complexas ao produto final. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver fermentados acéticos tipo vinagre a partir do *starter* de kombucha com foco na padronização do processo de produção e na realização de análises físico-químicas ao longo do processo fermentativo. Foram desenvolvidas três formulações de kombucha: uma neutra e duas saborizadas com cajuína e imbiriba, com e sem adição extra de açúcar. Os resultados mostraram que a kombucha neutra apresentou um processo fermentativo mais estável, com redução gradual do pH e aumento contínuo da acidez. Em contrapartida, as formulações saborizadas apresentaram maior variação ao longo da fermentação, indicando que a adição de cajuína, imbiriba e açúcar interferiu na atividade dos microrganismos. Em todas as amostras houve redução dos sólidos solúveis, relacionada ao consumo de açúcares, sendo esse efeito mais evidente nas formulações com adição de açúcar. Apesar do aumento da acidez ao final do processo, os valores não atingiram o mínimo exigido pela legislação brasileira para a classificação como vinagre, caracterizando os produtos como fermentados acéticos. De forma geral, os resultados reforçam o potencial da kombucha como base para o desenvolvimento de fermentados acéticos com ingredientes regionais, ao mesmo tempo em que indicam a necessidade de ajustes no processo para atender aos padrões legais de qualidade.

Palavras-chave: vinagre artesanal; fermentação acética; padronização de processo; alimento funcional.

ABSTRACT

Kombucha, a fermented beverage obtained from the infusion of sweetened tea and the action of SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), is traditionally consumed for its functional and probiotic properties and is being explored as a base for new products, such as vinegar. Vinegar production involves two main stages: mild fermentation, in which yeasts convert sugars into ethanol, and acetic fermentation, conducted by bacteria of the genera *Acetobacter* and *Gluconobacter*, which oxidize ethanol into acetic acid. When carried out artisanally, especially using the Orléans method, the process preserves bioactive compounds such as polyphenols, organic acids, vitamins, and antioxidants, in addition to conferring complex sensory characteristics to the final product. This work aims to develop vinegar-type acetic ferments from kombucha, focusing on standardizing the production process and performing physicochemical analyses throughout the fermentation process. Three kombucha formulations were developed: one neutral and two flavored with cashew juice and imbiriba, with and without added sugar. The results showed that the neutral kombucha presented a more stable fermentation process, with a gradual reduction in pH and a continuous increase in acidity. In contrast, the flavored formulations showed greater variation throughout the fermentation, indicating that the addition of cashew juice, imbiriba, and sugar interfered with the activity of the microorganisms. In all samples, there was a reduction in soluble solids, related to sugar consumption, with this effect being more evident in the formulations with added sugar. Despite the increase in acidity at the end of the process, the values did not reach the minimum required by Brazilian legislation for classification as vinegar, characterizing the products as acetic ferments. Overall, the results reinforce the potential of kombucha as a base for the development of active ferments with regional ingredients, while also indicating the need for adjustments in the process to meet legal quality standards.

Keywords: artisanal vinegar; acetic fermentation; process standardization; functional food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processos metabólicos envolvidos na produção de kombucha.....	20
Figura 2 - Imbiriba (<i>Xylopia</i> sp.), espécie nativa de regiões tropicais do Brasil.....	25
Figura 3 - Balde com a kombucha na primeira fermentação.....	29
Tabela 1 - Composição das amostras.....	30
Figura 4 - Amostras de kombucha neutra e saborizadas coletadas para análises físico-químicas.....	30
Figura 5 - Imagens do experimento realizado para a obtenção dos dados de acidez volátil pelo método de titulação ácido-base.....	32
Figura 6 - Variação dos parâmetros físico-químicos (°Brix, pH, teor alcoólico e acidez volátil) durante 40 dias de fermentação da kombucha neutra e das formulações saborizadas com cajuína e imbiriba, com e sem adição de açúcar...	33
Tabela 2 – Valores finais da acidez volátil após 40 dias de fermentação.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MRE	Ministério das Relações Exteriores
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IN	Instrução Normativa
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
mEq	miliequivalente
pH	Potencial de Hidrogênio
SCOBY	Colônia Simbiótica de Bactérias e Leveduras

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
---	-------------

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FERMENTAÇÃO DE ALIMENTOS.....	16
2.1	A KOMBUCHA.....	17
2.1.1	2.1.1 Processo de produção e vias metabólicas.....	18
2.2	O VINAGRE.....	20
2.3	FERMENTAÇÃO ACÉTICA E PRODUÇÃO DE VINAGRES.....	21
2.4	VINAGRE DE KOMBUCHA COMO PRODUTO INOVADOR.....	22
2.5	CAJUÍNA.....	23
2.6	IMBIRIBA.....	24
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
3.1	LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA.....	27
3.2	MATÉRIAS PRIMAS E MATERIAIS UTILIZADOS.....	27
3.2.1	Starter.....	28
3.3	PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO DE VINAGRE.....	28
3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	30
3.4.1	Determinação de pH.....	31
3.4.2	Determinação dos sólidos solúveis por refratometria (°Brix).....	31
3.4.3	Determinação de teor alcoólico (%v/v).....	32
3.4.4	Determinação da acidez volátil.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A gastronomia tem aplicado, cada vez mais, os princípios da sustentabilidade, aliando inovação à valorização de técnicas tradicionais, como a fermentação. Nesse contexto, o vinagre é um produto líquido obtido por fermentação alcoólica, seguida de fermentação acética, a partir de fontes de carboidratos. Além de sua versatilidade gastronômica, tem sido utilizado por diversas culturas com fins medicinais, havendo relatos de benefícios à saúde quando consumido regularmente (HO *et al.*, 2017).

A crescente busca por um estilo de vida saudável tem impulsionado a procura por alimentos que proporcionem benefícios à saúde e que sejam produzidos por processos mais ecológicos e sustentáveis (NIKOLIĆ *et al.*, 2024). Nesse cenário, os fermentados artesanais ganham destaque por associarem tradição, identidade cultural e potencial funcional. Entre eles, a kombucha tem se consolidado como uma bebida fermentada de crescente interesse científico e gastronômico, podendo ser utilizada como base para a produção de vinagres diferenciados.

Com o objetivo de obter produtos com qualidades nutricionais aprimoradas e perfis sensoriais mais complexos, destaca-se o método artesanal de produção, também conhecido como método de Orléans. Esse processo caracteriza-se por uma fermentação lenta e tradicional, envolvendo duas etapas fermentativas, o que possibilita a conversão da kombucha em vinagre artesanal (LIMA, 2023).

Paralelamente, o conceito de umami — considerado o quinto gosto básico — tem despertado interesse na gastronomia por sua capacidade de intensificar e equilibrar sabores. Presente em compostos como o ácido glutâmico, liberado durante processos de fermentação, o umami contribui para a complexidade sensorial de produtos fermentados, como o vinagre artesanal (HEALTHLINE, 2019). Assim, a utilização de ingredientes regionais pode potencializar tanto os aspectos sensoriais quanto o valor agregado do produto final.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo produzir fermentados acéticos do tipo vinagre artesanal a partir de kombucha, incorporando ingredientes regionais, como cajuína e imbiriba.

Como objetivos específicos, buscou-se: Produzir kombucha base para posterior elaboração de vinagre artesanal; Estabelecer um protocolo de produção de vinagre a partir da kombucha; Saborizar os fermentados acéticos de kombucha com cajuína e imbiriba; Avaliar a influência das matérias-primas adicionadas na dinâmica

do processo fermentativo e nos parâmetros físico-químicos envolvidos na produção do vinagre.

O trabalho apresenta, portanto, os fundamentos teóricos sobre a produção de vinagres, o processo fermentativo da kombucha e suas aplicações gastronômicas, além de descrever os materiais utilizados, o processo de elaboração dos vinagres e as metodologias analíticas adotadas.

No Brasil, o consumo de alimentos orgânicos cresceu 16% entre 2021 e 2023, com destaque para a região Nordeste, onde o aumento foi de 32% para 45% no mesmo período. Esse crescimento é impulsionado pela busca por produtos mais saudáveis e sustentáveis, livres de agrotóxicos e produzidos de forma artesanal (CNDL, 2023). Além disso, observa-se uma forte tendência de expansão no consumo de alimentos e bebidas que aliam funcionalidade e qualidade sensorial, estimulando a inovação em produtos formulados com ingredientes naturais, minimamente processados e sensorialmente atrativos (BHG, 2025; AP NEWS, 2024; FOOD & WINE, 2024; VOGUE BUSINESS, 2025).

Nos últimos anos, o vinagre de kombucha tem se destacado como uma alternativa funcional e artesanal aos vinagres tradicionais. Produzido a partir da fermentação prolongada da kombucha, esse produto é valorizado por seus potenciais benefícios à saúde, incluindo propriedades antioxidantes e possíveis efeitos positivos sobre a microbiota intestinal. A crescente conscientização acerca da saúde intestinal e do bem-estar tem impulsionado a demanda por alimentos fermentados, posicionando o vinagre de kombucha como uma opção atrativa para consumidores que buscam produtos naturais e funcionais. Ademais, sua versatilidade culinária, conferindo sabores complexos e singulares a diferentes preparações, tem contribuído para sua popularização entre profissionais e apreciadores da gastronomia. O mercado global de kombucha, incluindo seus derivados, apresenta crescimento expressivo, refletindo a consolidação dessa tendência de consumo consciente (ETPROTEIN, 2024). Tal cenário representa uma oportunidade estratégica para produtores diversificarem suas linhas de produtos.

Diante desse contexto, a possibilidade de desenvolver vinagres a partir de ingredientes regionais, com perfis sensoriais marcantes, além de explorar suas características físico-químicas e potenciais bioativos, reforça a relevância deste projeto, que busca evidenciar seu valor sob as perspectivas científica, funcional e gastronômica.

Nesse sentido, optou-se pela utilização da cajuína por se tratar de um produto com características sensoriais e tecnológicas singulares, além de ser reconhecida como patrimônio cultural do estado do Piauí, apresentando relevância histórica e identitária na região (FREITAS *et al.*, 2011; PAIVA *et al.*, 2012).

A escolha da imbiriba foi motivada, primeiramente, pela escassez de estudos científicos que abordem sua aplicação em processos fermentativos, evidenciando uma lacuna na literatura. Trata-se de uma planta aromática nativa do Brasil, amplamente encontrada na região da Caatinga, pertencente a espécies tradicionalmente descritas na flora medicinal e aromática brasileira (LORENZI; MATOS, 2008). Seu elevado potencial aromático e sua representatividade regional justificam sua seleção como ingrediente promissor para agregação de valor sensorial ao produto.

Além dos aspectos científicos e tecnológicos, a escolha do tema também foi motivada por interesse pessoal e trajetória acadêmica prévia, uma vez que a autora participou de projetos voltados à produção e estudo de fermentados junto ao grupo IFermentados, o que despertou o interesse em aprofundar pesquisas na área de fermentação aplicada à gastronomia e inovação alimentar.

2 FERMENTAÇÃO DE ALIMENTOS

A fermentação é uma das práticas mais antigas utilizadas pela humanidade para a conservação e transformação de alimentos, com registros que datam de mais de 10.000 anos a.C., em civilizações como a mesopotâmica, egípcia e chinesa. Originalmente empregada de maneira empírica para produzir pães, vinhos, queijos e outros alimentos, a fermentação foi se aperfeiçoando ao longo do tempo, passando de um processo espontâneo para um sistema controlado por culturas iniciadoras específicas (WILBURN; RYAN, 2017).

Atualmente a fermentação é considerada uma ferramenta estratégica da biotecnologia moderna. Graças aos avanços nas ciências ômicas (como genômica e metabolômica), no uso de biossensores e no desenvolvimento de biorreatores inteligentes, tornou-se possível controlar com precisão as condições fermentativas e os perfis sensoriais e funcionais dos produtos obtidos. Essa evolução tecnológica permitiu que a fermentação ganhasse espaço não apenas na indústria de alimentos, mas também nas áreas farmacêutica, cosmética e ambiental (CASTRO; SANTOS; SILVA, 2021).

Além de sua relevância industrial, a fermentação tem despertado interesse renovado por parte dos consumidores, especialmente diante da crescente demanda por alimentos naturais, funcionais e com atributos sensoriais sofisticados. Assim, ela representa uma ponte entre a tradição e a inovação, contribuindo para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e saudáveis na alimentação contemporânea (SIDDIQUI et al., 2023; MANNAA et al., 2021; THEONESTE NIYIGABA et al., 2025).

A fermentação de alimentos é um processo metabólico conduzido por microrganismos como bactérias, leveduras ou fungos, que convertem compostos orgânicos, geralmente açúcares, em produtos mais simples, como ácidos, gases ou álcoois. Este processo ocorre na ausência de oxigênio (anaerobiose) e pode conferir aos alimentos maior segurança microbiológica, valor nutricional, digestibilidade e complexidade sensorial. A fermentação também atua como método de conservação e é uma prática milenar presente em diversas culturas alimentares (TAMANG et al., 2016).

Os principais tipos de fermentação utilizados são:

- **Fermentação láctica:** realizada por bactérias ácido-láticas (como *Lactobacillus*), que convertem açúcares em ácido láctico. É comum na produção de iogurte, queijos, pickles e chucrute.
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3 + \text{energia(ATP)}$
- **Fermentação alcoólica:** conduzida por leveduras, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, que transformam açúcares em etanol e dióxido de carbono. Utilizada na produção de bebidas como vinho, cerveja e kombucha.
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{energia(ATP)}$
- **Fermentação acética:** envolve a conversão do etanol em ácido acético por bactérias acéticas (como *Acetobacter*). É o processo utilizado na produção de vinagres, incluindo o vinagre de kombucha.
 $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$
- **Fermentação propiônica:** realizada por bactérias do gênero *Propionibacterium*, que produzem ácido propiônico e dióxido de carbono; típica na produção de queijos como o emmental.
 $3C_3H_6O_3 \rightarrow 2C_3H_6O_2 + C_2H_4O_2 + CO_2 + H_2O + \text{energia}$

Cada tipo de fermentação confere características únicas aos alimentos, sendo fundamental para a diversificação de sabores, texturas e benefícios funcionais (TAMANG et al., 2016).

2.1 A KOMBUCHA

A kombucha é uma bebida fermentada milenar, tradicionalmente elaborada por meio da infusão de chá adoçado, o *Camellia sinensis* nas variedades preto ou verde, que passa por fermentação devido à ação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, conhecida como SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Durante o processo, os microrganismos consomem os açúcares e produzem compostos como ácidos orgânicos, dióxido de carbono, vitaminas do complexo B, enzimas e antioxidantes, resultando em uma bebida levemente ácida, efervescente e com características sensoriais únicas (SANTOS, 2016). O interesse moderno pela kombucha se deve não apenas ao seu sabor exótico, mas também aos potenciais benefícios à saúde atribuídos ao seu consumo, como ação antioxidante, antimicrobiana, detoxificante e reguladora do sistema digestivo (ROLIM, 2020).

Com a crescente popularização da kombucha no Brasil, especialmente em sua forma artesanal, surgiram preocupações regulatórias relacionadas à segurança do produto e à padronização da rotulagem. Por se tratar de uma bebida fermentada, há o risco de formação de álcool acima do limite permitido para alimentos não alcoólicos. Dessa forma, para garantir a segurança do consumidor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em parceria com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), regulamentou a produção e comercialização da kombucha por meio da Instrução Normativa n. 41/2019, que estabelece critérios como o teor alcoólico máximo de 0,5%, a exigência de boas práticas de fabricação e a proibição de alegações terapêuticas sem comprovação científica. Essas diretrizes visam assegurar um mercado mais confiável e transparente para produtos fermentados (BRASIL, 2023).

2.1.1 Processo de produção e vias metabólicas

A produção da kombucha consiste em um processo de fermentação não alcoólica dividido em etapas controladas para garantir uma bebida funcional, segura e com boa qualidade sensorial. Inicialmente, prepara-se uma infusão de chá adoçado com sacarose, que serve como alimento para os microrganismos. Após o resfriamento, a infusão é inoculada com o SCOBY, uma cultura simbiótica de leveduras e bactérias acéticas e lácticas.

A fermentação ocorre em temperatura ambiente (20 °C a 30 °C) por 7 a 14 dias, durante os quais as leveduras convertem açúcares em etanol e dióxido de carbono, e as bactérias transformam o etanol em ácido acético e outros ácidos orgânicos, conferindo acidez e efervescência naturais à bebida. Além disso, são produzidos compostos bioativos como polifenóis, enzimas e vitaminas.

Após essa etapa, a kombucha é coada para remover o SCOBY e resíduos sólidos. Em seguida, pode ser submetida à fermentação secundária, realizada em recipientes fechados, para intensificar a carbonatação e desenvolver sabores mais complexos. Nessa fase, adicionam-se frutas, sucos, especiarias ou ervas, que aumentam a diversidade sensorial e o valor nutricional. A fermentação secundária dura de 2 a 5 dias, seguida de refrigeração para estabilizar o produto e evitar pressão excessiva (ROLIM, 2020; SANTOS, 2016; BRASIL, 2023).

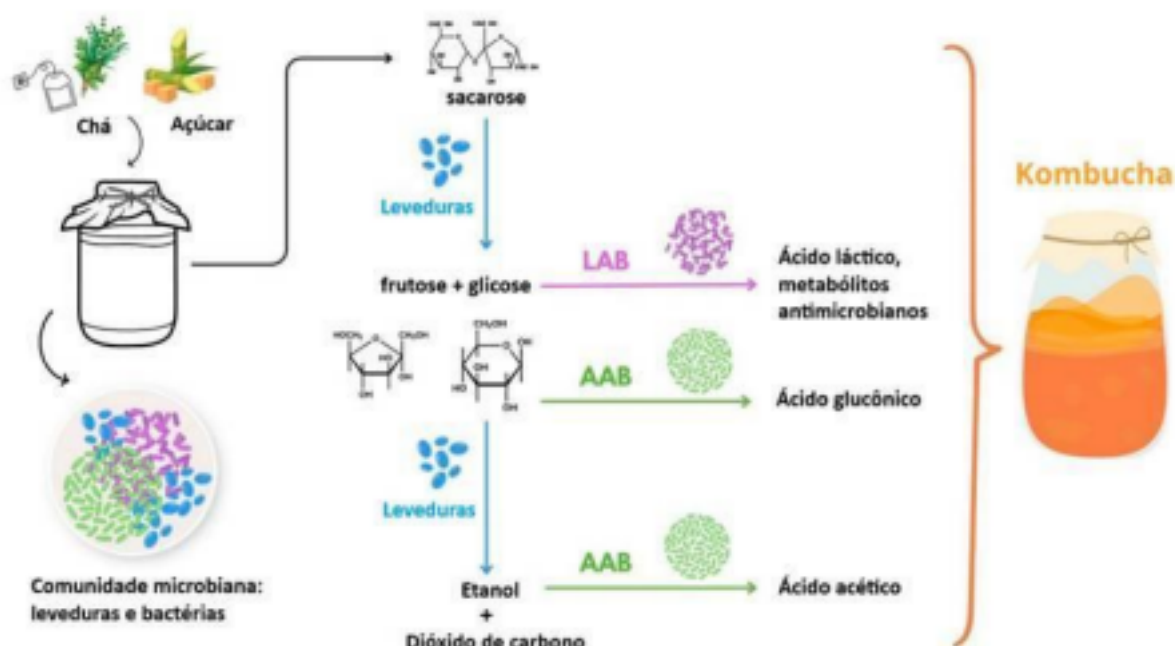
A produção de kombucha é resultado de uma fermentação simbiótica

realizada por leveduras e bactérias acéticas presentes no SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). O processo se inicia com a fermentação alcoólica, na qual as leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae* e *Zygosaccharomyces bailii*, hidrolisam a sacarose presente no chá adoçado em glicose e frutose. Esses monossacarídeos são então convertidos em etanol e dióxido de carbono, o que confere características efervescentes à bebida.

Posteriormente, as bactérias acéticas, como *Acetobacter* e *Gluconobacter*, convertem o etanol em ácido acético, que diminui o pH, dando à kombucha o sabor azedo característico. (SANTOS, 2016; ANDRADE et al., 2025). Além desses dois processos principais, a fermentação da kombucha envolve também a síntese de diversos metabólitos secundários com potencial funcional. Durante o metabolismo microbiano, são produzidas vitaminas do complexo B, ácido ascórbico (vitamina C), ácidos orgânicos como o láctico, succínico e málico, e enzimas com ação digestiva.

Os polifenóis presentes no chá original também sofrem modificações estruturais, o que pode aumentar sua atividade antioxidante. Essa complexa rede metabólica é o que confere à kombucha seu perfil sensorial característico e seus potenciais benefícios à saúde. A interação entre as leveduras e as bactérias é, portanto, essencial para o equilíbrio bioquímico da bebida e para sua qualidade final (ROLIM, 2020; SANTOS, 2016). A Figura 01 abaixo demonstra o que ocorre nos processos descritos.

Figura 1 - Processos metabólicos envolvidos na produção de kombucha.



Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2025).

2.2 O VINAGRE

O vinagre é um produto obtido por meio da fermentação acética, processo biológico no qual bactérias acéticas, principalmente dos gêneros *Acetobacter* e *Komagataeibacter*, oxidam o etanol presente em um líquido fermentado, convertendo o predominantemente em ácido acético, na presença de oxigênio (ADAMS; MOSS, 2008). Esse processo representa a etapa final de uma fermentação em duas fases, sendo a primeira a fermentação alcoólica, conduzida por leveduras, responsável pela conversão dos açúcares em etanol, e a segunda a fermentação acética, que confere ao vinagre seu caráter ácido e propriedades sensoriais específicas.

Do ponto de vista químico, o vinagre é caracterizado por uma solução aquosa contendo ácido acético como principal componente, além de outros ácidos orgânicos, como ácido láctico, málico e glucônico, bem como compostos fenólicos, minerais e substâncias voláteis, cuja composição varia conforme a matéria-prima utilizada e o método de produção (SOLIERI; GIUDICI, 2009). Essas substâncias são responsáveis pelo aroma, sabor e possíveis propriedades funcionais do produto final.

No Brasil, o vinagre é regulamentado pela Instrução Normativa nº 36/1999 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que o define como um produto obtido pela fermentação acética de um mosto alcoólico e estabelece que deve apresentar acidez total mínima de 4 g de ácido acético por 100 mL, equivalente a 4% (m/v) (BRASIL, 1999). A legislação também permite a produção de vinagre a partir de diferentes matérias-primas fermentescíveis, incluindo frutas, cereais, vinho, álcool e outros substratos de origem vegetal.

Diversos métodos podem ser empregados na produção de vinagre, destacando-se o método tradicional de Orleans, caracterizado por fermentação lenta e superficial, que favorece o desenvolvimento de aromas complexos, e os processos submersos, nos quais a fermentação ocorre de forma acelerada sob maior controle tecnológico (TESFAYE et al., 2002). A escolha do método influencia diretamente o tempo de fermentação, a composição química e as características sensoriais do produto.

Além de seu uso culinário como condimento e conservante, o vinagre tem sido amplamente estudado devido às suas propriedades funcionais, atribuídas principalmente ao ácido acético e a compostos bioativos presentes em vinagres de frutas e fermentações artesanais (ILANGO et al., 2022). Nesse contexto, o vinagre obtido a partir da kombucha representa uma alternativa inovadora, uma vez que resulta da continuidade da fermentação de uma bebida já naturalmente ácida e rica em microrganismos benéficos, apresentando potencial para produção artesanal e valorização de substratos alternativos, como frutas tropicais e ingredientes regionais.

2.3 FERMENTAÇÃO ACÉTICA E PRODUÇÃO DE VINAGRES

Segundo a literatura, a fermentação prolongada da kombucha promove o aumento de sua bioatividade, sobretudo pelo acúmulo de ácidos orgânicos, com destaque para o ácido acético. Assim, o prolongamento do tempo de fermentação pode viabilizar a obtenção de um produto com características semelhantes às do vinagre. (TRIVUNOVIĆ, Z. et al., 2025).

A produção de vinagres pode ser realizada de forma industrial ou artesanal, sendo esta última caracterizada por processos mais lentos e cuidadosos, que priorizam a qualidade sensorial e a preservação de compostos bioativos. Entre os métodos tradicionais, destaca-se o método de Orléans, no qual o líquido alcoólico

fermentado é disposto em barris de madeira com orifícios para entrada de ar, permitindo a oxidação natural do etanol. Esse tipo de produção confere ao vinagre características diferenciadas, como maior complexidade aromática e sabor mais suave. Além disso, a utilização de matérias-primas fermentadas naturalmente, como frutas, sucos ou bebidas fermentadas (a exemplo da kombucha), amplia a diversidade funcional e gastronômica do produto final, tornando os vinagres artesanais apreciados tanto na culinária quanto por consumidores que buscam alimentos mais naturais e benéficos à saúde (FONSECA; SILVA; ALMEIDA, 2020).

Após a etapa inicial de fermentação alcoólica, realizada pelas leveduras do SCOBY, a kombucha passa por uma segunda fermentação espontânea, onde bactérias acéticas oxidam o etanol presente, promovendo a acidificação do meio e originando um vinagre com propriedades únicas. Esse vinagre preserva compostos bioativos do chá e dos ingredientes adicionais utilizados (como frutas e especiarias), mantendo características antioxidantes, antimicrobianas e sensoriais intensas. O processo, quando conduzido de forma artesanal e controlada, alinha-se ao método de Orléans, valorizando a fermentação lenta e a complexidade de sabores, o que contribui para um produto de elevada qualidade sensorial e nutricional (SANTOS, 2016; ROLIM, 2020; OLIVEIRA et al., 2018).

2.4 VINAGRE DE KOMBUCHA COMO PRODUTO INOVADOR

O vinagre de kombucha tem sido objeto de crescente interesse por parte da comunidade científica e de setores gastronômicos devido ao seu potencial como produto funcional e inovador. Originado a partir da segunda fermentação da kombucha, o vinagre é resultado da atividade de bactérias acéticas que oxidam o etanol produzido durante a primeira fermentação alcoólica. O processo confere à bebida um pH mais ácido e conserva características sensoriais e bioativas do substrato inicial, como os polifenóis do chá, vitaminas do complexo B, ácidos orgânicos e compostos antioxidantes. A produção artesanal, quando comparada à industrial, tende a preservar melhor esses compostos, o que valoriza ainda mais sua inserção em nichos de mercado voltados à alimentação saudável e natural (SOUZA, 2023).

Estudos realizados por Villarreal-Soto et al. (2018) demonstraram que o vinagre de kombucha possui composição química comparável, e por vezes superior,

a vinagres tradicionais produzidos a partir de frutas como maçã e uva. Os autores destacam, por exemplo, a elevada presença de ácido glucônico, glucurônico e acético, além de compostos fenólicos que atuam como antioxidantes naturais. A análise microbiológica também revelou que, mesmo após o processo de acidificação, o vinagre de kombucha pode conter cepas vivas benéficas à microbiota intestinal, especialmente quando armazenado de forma não pasteurizada. Isso reforça seu potencial como alimento funcional, o que o diferencia de outros vinagres comerciais frequentemente submetidos a processos de filtração e pasteurização que reduzem seu valor nutricional.

A utilização do vinagre de kombucha na gastronomia contemporânea também tem se mostrado promissora, sendo adotado como ingrediente versátil por chefs que buscam enriquecer pratos com camadas de acidez, sabor umami e notas aromáticas complexas. A fermentação natural aliada à escolha de ingredientes como frutas nativas ou especiarias regionais amplia sua aplicabilidade e identidade sensorial, o que o torna atrativo tanto para consumidores quanto para iniciativas de valorização de produtos artesanais com apelo territorial. Assim, o vinagre de kombucha se posiciona como uma inovação relevante não apenas no contexto da alimentação saudável, mas também como ferramenta de experimentação culinária e cultural, associando saberes tradicionais à ciência moderna dos alimentos (VILLARREAL-SOTO et al., 2018; SANTOS, 2016).

2.5 CAJUÍNA

A cajuína é uma bebida típica do Nordeste brasileiro, especialmente associada ao estado do Piauí, obtida a partir do suco clarificado do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), submetido a um processo térmico que promove sua estabilização físico-química e microbiológica. Diferentemente de outras bebidas derivadas do caju, a cajuína caracteriza-se por ser não alcoólica, límpida e de coloração âmbar, preservando compostos nutricionais e sensoriais do fruto (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

O processo tradicional de obtenção da cajuína envolve a extração do suco do pedúnculo, seguida de clarificação, geralmente por adição de agentes clarificantes naturais, e posteriormente faz-se o tratamento térmico, responsável pela inativação de enzimas e microrganismos, bem como pela formação da coloração característica

por reações de escurecimento não enzimático (FREITAS et al., 2011). Esse processamento resulta em um produto estável, com sabor adocicado e aroma suave, amplamente aceito sensorialmente.

Do ponto de vista químico, a cajuína apresenta elevado teor de açúcares fermentescíveis, como glicose e frutose, além de vitamina C, compostos fenólicos, minerais e outros constituintes bioativos provenientes do pedúnculo do caju (RUFINO et al., 2010). Essa composição confere à cajuína potencial não apenas nutricional, mas também tecnológico, especialmente como substrato para processos fermentativos, uma vez que fornece fonte de carbono adequada ao crescimento de leveduras e bactérias.

Embora tradicionalmente consumida como bebida não fermentada, estudos têm demonstrado que produtos derivados do caju podem ser utilizados com sucesso na elaboração de bebidas fermentadas e vinagres, devido à sua composição rica em açúcares e compostos bioativos (PAIVA et al., 2012). Nesse contexto, a utilização da cajuína como base para a produção de kombucha e, posteriormente, vinagre, representa uma alternativa inovadora, aliando a valorização da matéria-prima regional à diversificação de produtos fermentados artesanais.

Assim, a aplicação da cajuína em fermentações alcoólicas e acéticas insere-se em uma perspectiva de aproveitamento integral do caju e de desenvolvimento de novos produtos com identidade regional, podendo contribuir tanto para a agregação de valor econômico quanto para o fortalecimento de práticas sustentáveis na agroindústria de alimentos.

2.6 IMBIRIBA

A imbiriba, também conhecida regionalmente como imbiriba-de-cheiro, pertence ao gênero *Xylopia* (família Annonaceae) e é uma planta nativa de regiões tropicais do Brasil, especialmente encontrada em áreas do Norte e Nordeste (Figura 2). Tradicionalmente, diferentes partes da planta, como sementes, casca e frutos, são utilizadas na culinária regional e na medicina popular, principalmente devido ao seu aroma característico e às propriedades atribuídas aos seus constituintes bioativos (LORENZI; MATOS, 2008).

Figura 2 - Imbiriba (*Xylopi*a sp.), espécie nativa de regiões tropicais do Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Do ponto de vista químico, a imbiriba apresenta óleos essenciais ricos em compostos terpênicos, além de alcaloides, flavonoides e outros metabólitos secundários, os quais estão associados a atividades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias relatadas na literatura (SILVA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018). Esses compostos conferem à imbiriba potencial tecnológico e funcional, podendo influenciar tanto a estabilidade microbiológica quanto o perfil sensorial de produtos alimentícios.

Embora o uso da imbiriba em processos fermentativos ainda seja pouco explorado cientificamente, estudos envolvendo plantas aromáticas e especiarias demonstram que a adição desses ingredientes pode interferir na cinética da fermentação, na atividade microbiana e na formação de compostos voláteis, contribuindo para a complexidade sensorial do produto final (MARSH et al., 2014; ILANGO et al., 2022). Nesse sentido, a incorporação da imbiriba em fermentações de kombucha e na posterior produção de vinagre pode atuar como agente aromatizante natural e como fonte complementar de compostos bioativos.

Além disso, a presença de substâncias com potencial antimicrobiano na imbiriba pode exercer efeito seletivo sobre a microbiota fermentativa, favorecendo o crescimento de microrganismos ácido tolerantes, como as bactérias acéticas, sem

inviabilizar o processo fermentativo. Esse aspecto é particularmente relevante em fermentações prolongadas, como na produção de vinagres artesanais, nas quais o equilíbrio microbiano é fundamental para o desenvolvimento adequado da acidez e do perfil químico do produto.

Assim, a utilização da imbiriba em conjunto com a cajuína na elaboração de vinagre de kombucha representa uma estratégia inovadora, que alia valorização de ingredientes regionais, potencial funcional e diversificação de produtos fermentados. A escassez de estudos científicos envolvendo a aplicação da imbiriba em fermentações alimentares reforça a relevância do presente trabalho, que contribui para ampliar o conhecimento sobre o uso de espécies nativas brasileiras em processos biotecnológicos de interesse alimentar.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo possui caráter exploratório e experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa, visando a produção e caracterização do vinagre artesanal de kombucha, bem como a realização de análises químicas ao longo de todo o bioprocessamento, a fim de avaliar seu potencial funcional.

3.1 LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA

O projeto foi executado no Laboratório de Química do Instituto Federal do Piauí, campus São Raimundo Nonato, em parceria com a sala de produção da IFermentados, uma *spin-off* acadêmica localizada no próprio IFPI, dedicada ao desenvolvimento de bebidas fermentadas com ingredientes regionais.

Os testes foram realizados ao longo de três meses, contemplando todas as etapas do processo, desde a produção da kombucha até a obtenção do vinagre. Esse período corresponde ao tempo necessário para a fabricação artesanal, também conhecida como método de Orléans.

3.2 MATÉRIAS PRIMAS E MATERIAIS UTILIZADOS

Na elaboração do vinagre artesanal de kombucha, foram utilizados matéria prima de origem natural e acessível, com foco na preservação das propriedades funcionais e na manutenção da qualidade sensorial do produto final. Os ingredientes principais incluíram água potável filtrada, açúcar cristal, chá verde (*Camellia Sinensis*) da marca Yamamotoyama, obtido através da loja virtual Chá Do, e uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), previamente cultivada no laboratório da IFermentados. Além disso, foram adicionadas cajuína e imbiriba durante o processo de fermentação secundária, com objetivo de enriquecer o perfil sensorial e potencial funcional do vinagre.

Também foram utilizados materiais e equipamentos adequados para garantir o controle e a padronização das etapas e processos, são eles: baldes de plástico esterilizados (com capacidade entre até 10 litros), pano de tecido fino (perfect pano multiuso) para cobertura dos recipientes, elástico para vedação, colheres para a manipulação da cultura, balança digital para pesagem dos ingredientes, termômetro

culinário para controle de temperatura, refratômetro para medição de sólidos solúveis e pHmetro para controle de acidez. Para as análises laboratoriais, foram utilizados materiais como béqueres, pipetas graduadas, provetas, buretas, funis e soluções padronizadas, como a de NaOH, para a medida da acidez volátil das amostras. Todos os materiais utilizados foram previamente esterilizados com solução sanitizante (ácido peracético) e armazenados de forma que evitasse contaminação, assegurando as condições ideais de higiene e segurança durante a produção.

3.2.1 Starter

O *starter*, ou cultura iniciadora, consiste em um conjunto de microrganismos selecionados e adicionados intencionalmente ao substrato com a finalidade de iniciar e conduzir o processo fermentativo de forma controlada. Esses microrganismos podem incluir bactérias, leveduras ou associações simbióticas entre ambos, sendo responsáveis pela conversão de açúcares em metabólitos como ácidos orgânicos, etanol, dióxido de carbono e compostos aromáticos (Adams & Moss, 2008; Jay et al., 2005).

A utilização de *starters* permite maior padronização, segurança microbiológica e previsibilidade da fermentação, reduzindo o risco de contaminação e garantindo características sensoriais específicas ao produto final. Em fermentações artesanais, o *starter* pode ser obtido a partir de lotes anteriores (retroinoculação) ou por culturas selecionadas e mantidas sob condições controladas (Hui, 2012).

Na produção de kombucha, o *starter* é composto pelo líquido previamente fermentado e pelo SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*), que contém uma comunidade simbiótica de bactérias acéticas e leveduras responsáveis pela fermentação alcoólica seguida da fermentação acética. Esse consórcio microbiano é essencial para a formação dos ácidos orgânicos, compostos bioativos e características sensoriais típicas da bebida e de seus derivados, como o vinagre (Greenwalt et al., 2000; Villarreal-Soto et al., 2018).

3.3 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO DE VINAGRE

A produção do vinagre de kombucha foi realizada em duas etapas

fermentativas: uma alcoólica (primeira fermentação) e outra acética (segunda fermentação), com base no processo tradicional da kombucha e utilizado, posteriormente, o método de Orléans, conhecido por sua abordagem artesanal e estática.

A quantidade inicial de kombucha produzida foi equivalente a 20 litros, inicialmente foi levado ao fogo 6 litros de água filtrada até atingir uma temperatura de aproximadamente 80 °C, posteriormente, com o fogo desligado foi adicionado o chá verde e deixado em infusão por 13 minutos, em seguida o chá foi coado e diluído 100 g de açúcar, depois foi acrescido 12 L de água em temperatura ambiente para baixar a temperatura do chá atingindo aproximadamente 30 °C e por fim foi colocado 2 litros (correspondente a 10% do volume total) de starter e o SCOBY. A bebida foi coberta com duas toucas descartáveis que teve o intuito de evitar uma possível contaminação (física, química e microbiológica) e permitir a entrada de oxigênio para ser realizada a primeira fermentação que teve duração de 7 dias.

Figura 3 - Balde com a kombucha na primeira fermentação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após esse período, foi retirado o SCOBY, e o mosto foi dividido em três baldes (6L cada), um dos baldes não foi submetido à saborização, enquanto nos

outros dois foi realizada essa etapa, no qual em um deles foi adicionado ainda uma quantidade extra de açúcar. Nessa fase, portanto, foi adicionada a Cajuína e imbiriba (previamente aquecida para retirada dos óleos essenciais). Depois de saborizadas, o SCOBY foi colocado novamente nos baldes. É importante ressaltar que o intuito de adicionar mais açúcar em um balde é o de observar o comportamento do processo fermentativo na presença de maior disponibilidade de substrato e elucidar melhor os processos metabólicos que ocorre na produção do vinagre. A Tabela 1 apresenta a composição das três amostragens:

Tabela 1 - Composição das amostras

Amostra	Sabor	Açúcar	Starter	Água potável filtrada
A	Neutra	5g/L	0,6L (10% de starter)	5,4L
B	Cajuína com Imbiriba	5g/L	0,6L (10% de starter)	5,4L
C	Cajuína com Imbiriba	5g/L + 10g/L	0,6L (10% de starter)	5,4L

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata, com o objetivo de monitorar a evolução do processo fermentativo e caracterizar o vinagre obtido a partir da fermentação da kombucha neutra e das formulações saborizadas com cajuína e imbiriba, com e sem adição de 10% de açúcar. Ao longo de 40 dias, em intervalos previamente definidos, foram acompanhados os parâmetros pH, sólidos solúveis totais (°Brix), teor alcoólico e acidez volátil, possibilitando a avaliação da dinâmica fermentativa e da conversão dos açúcares em compostos alcoólicos e ácidos orgânicos. Além disso, foram realizadas observações de características qualitativas, tais como turbidez, formação de biofilme e coloração.

Figura 4 - Amostras de kombucha neutra e saborizadas coletadas para análises físico-químicas.



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Essas análises finais permitiram verificar a conformidade do vinagre produzido com os padrões físico-químicos descritos na literatura para fermentados acéticos, sendo conduzidas conforme metodologias oficiais e procedimentos analíticos padronizados, garantindo a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados.

3.4.1 Determinação de pH

O pH das amostras foi determinado pelo método de leitura direta a partir do pHmetro de bancada modelo mPA-210 provido de eletrodo. Possibilitando assim, uma medida simples, direta e precisa do pH.

3.4.2 Determinação dos sólidos solúveis por refratometria (°Brix)

A quantidade dos sólidos solúveis das amostras obtidas foi estimada pelo índice de refração com o auxílio de um refratômetro, o qual é medido e expresso por °Brix, quando comparado com tabelas de referências indica o teor de açúcar aproximado presente na amostra. É possível considerar que 1 °Brix equivale a aproximadamente 1 g de sólidos solúveis, principalmente carboidratos, dissolvidos em 100 g do líquido (CORAZZA; RODRIGUES; NOZAKI, 2001).

3.4.3 Determinação de teor alcoólico (%v/v)

O teor alcoólico foi determinado por um medidor portátil da marca ABValuer. O princípio básico do dispositivo baseia-se na medição da densidade da solução.

3.4.4 Determinação da acidez volátil

A determinação da acidez volátil foi realizada por meio de titulação ácido-base. Inicialmente, foram determinadas a acidez total e a acidez fixa das amostras. Para a determinação da acidez total, uma alíquota da amostra foi titulada com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH 0,1M), utilizando-se fenolftaleína como indicador, até o aparecimento de coloração rosada persistente. Já para a acidez fixa, a amostra foi submetida à destilação simples para separar os ácidos voláteis, principalmente o ácido acético e depois repetido o mesmo processo da acidez total.

Posteriormente, a acidez volátil foi obtida pela diferença entre os valores de acidez total e acidez fixa, sendo os resultados expressos em miliequivalentes por litro (mEq/L).

Figura 5 - Imagens do experimento realizado para a obtenção dos dados de acidez volátil pelo método de titulação ácido-base.

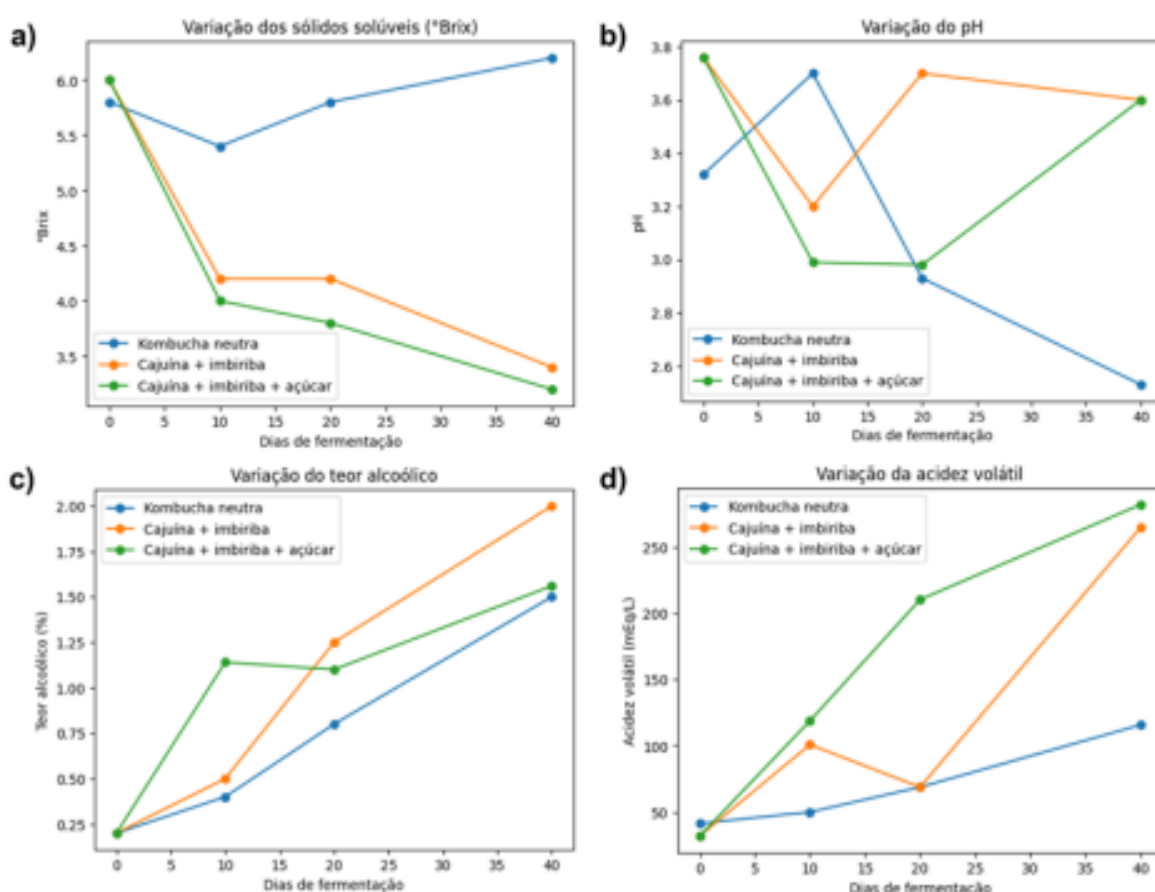


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos parâmetros físico-químicos ao longo dos 40 dias de fermentação permitiu compreender melhor como a kombucha se comporta quando utilizada como base para a produção de vinagre, bem como os efeitos da adição de ingredientes na dinâmica do processo fermentativo. De modo geral, os resultados obtidos demonstram que a fermentação ocorreu de forma distinta entre as amostras, evidenciando que a composição do meio exerce papel fundamental na atividade microbiana, conforme na Figura 6.

Figura 6 - Variação dos parâmetros físico-químicos (°Brix, pH, teor alcoólico e acidez volátil) durante 40 dias de fermentação da kombucha neutra e das formulações saborizadas com cajúna e imbiriba, com e sem adição de açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na kombucha neutra (A), os valores de sólidos solúveis (°Brix) - Figura 6(a) - apresentaram pequenas oscilações ao longo do período experimental, iniciando em

5,8 no dia zero, reduzindo para 5,4 aos 10 dias, retornando a 5,8 aos 20 dias e atingindo 6,2 aos 40 dias. Esse comportamento pode ser explicado pela menor disponibilidade inicial de açúcares fermentescíveis, além da possível liberação de metabólitos solúveis, como ácidos orgânicos e polissacarídeos extracelulares produzidos pelo SCOBY, que podem contribuir para o aumento aparente do °Brix (JAYABALAN et al. 2014).

Já na kombucha de cajuína com imbiriba (B), observou-se redução mais pronunciada dos sólidos solúveis, com valores de °Brix diminuindo de 6,0 no dia zero para 4,2 aos 10 e 20 dias, alcançando 3,4 aos 40. Para a amostra de kombucha de cajuína com imbiriba acrescida de 10% de açúcar (C), os valores de °Brix reduziram de 6,0 no início para 4,0 aos 10 dias, 3,8 aos 20 dias e 3,2 aos 40 dias. Esses menores valores finais de °Brix para as amostras saborizadas, evidenciam portanto um consumo mais intenso dos açúcares adicionados, o que pode ter favorecido uma fermentação mais ativa e prolongada.

Agora analisando os dados do pH, Figura 6(b), é possível observar a diminuição desse parâmetro ao longo do processo fermentativo. Tal comportamento é um indicativo claro da formação de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, resultante da oxidação do etanol pelas bactérias acéticas (*Acetobacter* e *Gluconobacter*). Conforme pode ser visto nos gráficos, a amostra A apresentou comportamento decrescente ao longo da fermentação, passando de 3,32 no início para 2,53 ao final do experimento. Já nas amostras saborizadas, observou-se uma queda inicial mais acentuada do pH, especialmente na formulação com açúcar, indicando maior atividade metabólica em consequência da maior oferta de substrato. O aumento ou estabilização do pH que pode ser observado em alguns pontos intermediários pode estar associado a reações de tamponamento do meio, à formação de compostos intermediários ou à adaptação da microbiota ao ambiente ácido. (JAYABALAN et al. 2014)

Com relação aos dados do teor alcoólico, observado no gráfico da Figura 6(c), pode ser observado um aumento gradual, variando de 0,2% no dia zero para 1,50% em 40 dias na amostra da kombucha neutra. Já na amostra B, o teor alcoólico apresentou aumento expressivo durante a fermentação, passando de 0,2% no início para valores superiores a 2,0% aos 40 dias. E para a amostra C, o teor alcoólico aumentou expressivamente nos primeiros 10 dias, atingindo 1,14%, porém manteve-se em torno de 1,1% aos 20 dias e alcançando apenas 1,56% aos 40 dias.

Esse crescimento mais moderado posteriormente, pode indicar uma transição antecipada para a fase acética, com parte do etanol sendo consumido pelas bactérias acéticas.

Por fim, os dados da acidez volátil, Figura 6(d), mostraram um aumento progressivo em todas as amostras, confirmando a conversão do etanol em ácido acético, característica essencial da produção de vinagre. A amostra C apresentou os maiores valores de acidez volátil, evidenciando que a maior concentração de açúcar favoreceu inicialmente a produção de etanol, que depois foi oxidado a ácido acético em maior proporção. A kombucha neutra, por sua vez, apresentou o aumento mais gradual da acidez, indicando um processo fermentativo mais lento, porém contínuo. Já a amostra apenas saborizada mostrou um comportamento intermediário, coerente com sua composição.

Conforme observado no gráfico, os valores de acidez volátil foram expressos em mEq/L. No entanto, para possibilitar a comparação com os limites estabelecidos pela legislação brasileira para vinagres, foi necessária a conversão desses valores para g de ácido acético por 100 mL, uma vez que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece como requisito mínimo a acidez de 4 g de ácido acético por 100 mL (4% m/v) para esse tipo de produto. Então, considerando que 1 mEq de ácido acético corresponde a 0,060 g/L, foram determinados os valores finais da acidez volátil após 40 dias de fermentação, conforme mostrado na Tabela 02. Os valores finais obtidos variaram entre 0,69 e 1,68 g/100 mL, inferiores ao mínimo de 4 g/100 mL exigido pela legislação brasileira para a classificação do produto como vinagre. Dessa forma, embora o aumento progressivo da acidez confirme a ocorrência da fermentação acética, os produtos obtidos não atenderam aos requisitos legais, sendo mais adequadamente classificados como fermentados acéticos em processo de maturação.

Tabela 2 – Valores finais da acidez volátil após 40 dias de fermentação

Amostra	Sabor	Acidez volátil (mEq/L)	g ácido acético/ 100 mL
A	Neutra	115 mEq/L	0,69 g/100 mL
B	Cajuína com Imbiriba	260 mEq/L	1,56 g/100 mL
C	Cajuína com Imbiriba	280 mEq/L	1,68 g/100 mL

fonte: elaborado pelo autor (2026).

Apesar de não atenderem ao padrão legal, os dados de acidez volátil são tecnicamente coerentes com o processo fermentativo observado. E o que pode ser colocado em questão é que o tempo de fermentação (40 dias) e a adaptação microbiana possivelmente não foram suficientes para alcançar a acidez mínima exigida por lei. Isso mostra que a produção de vinagre a partir da kombucha pode exigir maior tempo de fermentação acética, melhor controle de oxigenação e até mesmo estratégias de condução específicas para elevar a acidez final.

Contudo, diante dos resultados obtidos, pode-se dizer que a estratégia de saborizar a kombucha com cajuína e imbiriba, e ainda a de adicionar açúcar extra, foi interessante, uma vez que a incorporação dessas matérias-primas pode ter influenciado a dinâmica fermentativa, possivelmente em função das suas características químicas, como a presença de compostos fenólicos, ácidos orgânicos e açúcares fermentescíveis, que podem interferir no metabolismo do consórcio microbiano. De acordo com Villarreal-Soto et al. (2018), a composição do substrato exerce influência direta sobre a cinética da fermentação da kombucha, podendo alterar o equilíbrio entre a produção e o consumo de ácidos orgânicos, refletindo em variações no pH ao longo do processo fermentativo. Resultados semelhantes também são descritos por Jayabalan et al. (2014), que destacam que ingredientes adicionados à kombucha podem modificar o ambiente fermentativo, afetando a atividade das bactérias acéticas e, consequentemente, o perfil ácido do produto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que a kombucha é uma base viável para a produção de fermentados acéticos, na qual permite a elaboração de produtos diferenciados a partir da inclusão de ingredientes regionais, como a cajuína e a imbiriba. Acompanhando a evolução dos parâmetros físico-químicos ao longo de 40 dias de fermentação, foi possível compreender melhor como a composição do meio fermentativo influencia o comportamento do processo e as características do produto final.

Foi visto que a kombucha neutra, ou seja, sem passar pelo processo de saborização, apresentou uma fermentação mais regular e previsível, com redução gradual do pH e aumento contínuo da acidez, sinalizando um processo mais equilibrado. Já as kombuchas saborizadas apresentaram variações mais acentuadas ao longo do tempo, especialmente no comportamento do pH, sugerindo que a adição de cajuína, imbiriba e açúcar interferiu na atividade dos microrganismos e na dinâmica de produção dos ácidos orgânicos. A maior redução dos sólidos solúveis e os maiores valores de acidez observados nas amostras com adição de açúcar reforçam que a maior oferta de açúcares fermentescíveis intensificou o processo fermentativo.

Apesar de ter sido observado aumento progressivo da acidez volátil em todas as amostras, os valores finais, após conversão para g de ácido acético por 100 mL, não atingiram o mínimo estabelecido pelo MAPA para a classificação do produto como vinagre. Dessa forma, os produtos obtidos podem ser considerados fermentados acéticos, indicando que ajustes no processo, como maior tempo de fermentação ou melhor controle das condições fermentativas, seriam necessários para atender aos padrões legais.

De maneira geral, os resultados obtidos reforçam o potencial da kombucha como uma matriz versátil para o desenvolvimento de novos produtos fermentados, além de evidenciarem a importância da formulação do meio fermentativo na condução do processo. O estudo contribui para o entendimento da produção de fermentados acéticos a partir da kombucha e abre possibilidades para futuras pesquisas voltadas à otimização do processo e à valorização de ingredientes regionais na elaboração de produtos inovadores.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. R.; MOSS, M. O. Food microbiology. 3. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008.
- ANDRADE, D. K. A. et al. Kombucha: an old tradition into a new concept of a beneficial, health-promoting beverage. *Foods*, v. 14, n. 9, p. 1547, 2025.
- AP NEWS. With 'functional' beverages, brands rush to quench a thirst for drinks that do more than taste good. 2024. Disponível em: <https://apnews.com/article/8493fbe5d838bde849768446bea98483>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- BHG – BETTER HOMES & GARDENS. 2025 food trends you're about to see everywhere. 2025. Disponível em: <https://www.bhg.com/2025-food-trends-8752164>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapeamento da regulamentação da kombucha no Brasil. Brasília, DF: MAPA/ANVISA, 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 36, de 29 de outubro de 1999. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade do vinagre. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1999.
- CASTRO, R. J. S.; SANTOS, J. S.; SILVA, B. C. M. Fermented foods: current trends in microbial biotechnology for food applications. *Food Research International*, v. 140, p. 110–117, 2021.
- CNDL. Pesquisa aponta crescimento de 16% no consumo de alimentos orgânicos no Brasil em 2023. Disponível em: <https://cndl.org.br/varejosa/pesquisa-aponta-crescimento-de-16-no-consumo-de-alimentos-organicos-no-brasil-em-2023>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. *Química Nova*, v. 24, p. 449–452, 2001.
- ETPROTEIN. Emerging trends in the global kombucha market. 2024. Disponível em: <https://www.etprotein.com/pt/emerging-trends-in-the-global-kombucha-market/>. Acesso em: 30 maio 2025.
- FONSECA, K. A.; SILVA, G. D.; ALMEIDA, P. C. R. Vinagres artesanais: tradição, inovação e funcionalidade. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 55–67, 2020.
- FOOD & WINE. Repackaging diet culture: how 'functional' food took over the snack aisle. 2024. Disponível em: <https://www.foodandwine.com/functional-foods-diet-culture-11733783>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- FREITAS, C. A. S. et al. Processamento e qualidade da cajuína. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 718–724, 2011.
- GREENWALT, C. J.; LEDFORD, R. A.; STEINKRAUS, K. H. Determination and

characterization of the antimicrobial activity of kombucha. *Food Microbiology*, v. 17, p. 115–123, 2000.

HEALTHLINE. What is umami and how can you use it? 2019. Disponível em: <https://www.healthline.com/nutrition/umami>. Acesso em: 17 jul. 2025.

HO, C. W. et al. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: a review. *Food Chemistry*, v. 221, p. 1621–1630, 2017.

HUI, Y. H. (Ed.). *Handbook of food and beverage fermentation technology*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

ILANGO, K. et al. Traditional vinegars: production, composition and functional properties. *Fermentation*, v. 8, n. 11, 2022.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. *Modern food microbiology*. 7. ed. New York: Springer, 2005.

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.

LIMA, J. K. A. *Elaboração de vinagre de kombucha artesanal com potencial funcional*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MANNA, M. et al. Evolution of food fermentation processes and the use of multi-omics in deciphering the roles of the microbiota. *Foods*, v. 10, n. 11, p. 2861, 2021.

MARSH, A. J. et al. A metagenomic and physicochemical analysis of the microbiome of kombucha. *Food Microbiology*, v. 38, p. 171–178, 2014.

NIKOLIĆ, M. et al. Health-promoting properties of fermented foods and their production with sustainable technologies: a review. *Food Bioscience*, v. 58, p. 104975, 2024.

OLIVEIRA, M. S. et al. Atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos vegetais nativos do Brasil. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 12, p. 120–128, 2018.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. *Aproveitamento industrial do pedúnculo de caju*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000.

PAIVA, F. F. A. et al. *Produtos derivados do caju: aspectos tecnológicos e nutricionais*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.

ROLIM, V. A. O. *Kombucha: uma bebida milenar e seus benefícios à saúde*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

RUFINO, M. S. M. et al. Compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutas tropicais brasileiras. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, supl. 1, p. 45–51, 2010.

SANTOS, M. J. dos. Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016.

SIDDIQUI, A. et al. An overview of fermentation in the food industry – looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, v. 10, n. 1, 2023.

SILVA, R. A. et al. Composição química e atividade biológica de óleos essenciais de espécies do gênero *Xylopi*a. *Revista Brasileira de Plantas Medicin*ais, v. 16, n. 3, p. 598–605, 2014.

SOLIERI, L.; GIUDICI, P. *Vinegars of the world*. Milan: Springer, 2009.

SOUZA, R. A. Avaliação sensorial de vinagre de kombucha (*Medusomyces gisevii*). 2023. Disponível em: <https://utfpr.edu.br>. Acesso em: 12 jun. 2025.

TAMANG, J. P. et al. *Fermented foods and beverages of the world*. Boca Raton: CRC Press, 2010.

TESFAYE, W. et al. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, v. 13, p. 12–21, 2002.

THEONESTE NIYIGABA, J. et al. Advances in fermentation technology: a focus on health and safety. *Applied Sciences*, v. 15, n. 6, p. 3001, 2025.

TRIVUNOVIĆ, Z. et al. Herbal kombucha vinegar: biotechnological perspective, biological potential and sensory evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2025.

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

VOGUE BUSINESS. 6 food trends fashion needs to know about in 2025. 2025. Disponível em: <https://www.voguebusiness.com>. Acesso em: 12 jun. 2025.

WILBURN, J. R.; RYAN, E. P. Fermented foods in health promotion and disease prevention. In: _____. *Fermented foods in health promotion and disease prevention*. Amsterdam: Elsevier, 2017. p. 3–19.