



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIEGO OLIVEIRA CAVALCANTE

**CAMINHOS DA KOMBUCHA - FORMAÇÃO DO SCOBY, PROCESSO DE
FERMENTAÇÃO E IMPACTOS NO MERCADO: UMA REVISÃO**

FORTALEZA-CE

2024

DIEGO OLIVEIRA CAVALCANTE

CAMINHOS DA KOMBUCHA - FORMAÇÃO DO SCOBY, PROCESSO DE
FERMENTAÇÃO E IMPACTOS NO MERCADO: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

FORTALEZA-CE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C364c Cavalcante, Diego Oliveira.

Caminhos da Kombucha - formação do SCOBY, processo de fermentação e impactos no mercado: uma revisão / Diego Oliveira Cavalcante. – 2024.
48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

1. Kombucha. 2. SCOBY. 3. Fermentação. 4. Chá. 5. Bactérias e leveduras. I. Título.

CDD 664

DIEGO OLIVEIRA CAVALCANTE

CAMINHOS DA KOMBUCHA - FORMAÇÃO DO SCOBY, PROCESSO DE
FERMENTAÇÃO E IMPACTOS NO MERCADO: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Andréa Cardoso de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Graduado Anderson Mota Pereira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

A minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha família, meus pais que sempre me apoiaram e me confortaram nos momentos mais difíceis, aos meus irmãos que sempre estiveram presente em minha vida, vocês são tudo para mim.

A Suelz Suyane Silva de Azevedo, por ter estado ao meu lado desde o momento em que nos conhecemos, nas nossas conquistas e derrotas, para sempre será o meu eterno amor. *Somos um par perfeito. Nunca duvide disso* (DARK, 2017).

Ao meu amigo de infância Falkner Moreira da Silva, por sempre me dar conselhos que me apoiasse tanto nos meus melhores e piores momentos.

Aos meus amigos de adolescência, Caio Felipe Holanda Ferreira e Mirella Freitas Carvalho, vocês são demais

Aos meus amigos que conheci na instituição, Antônio Silva, Augusto dos Santos, Natália Tavares a quem me ensinou muitas coisas e Natasha Maia, o grupo mais aleatório que já surgiu na minha vida.

Aos meus outros amigos que também conheci na universidade, Anderson Mota, por quem o considero um irmão, Bruno Caldas, Lucas Barbosa e Marcelo Conde, vocês são os amigos que apostei para sempre ter ao meu lado.

Ao Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França por não ter desistido de mim na orientação desse trabalho.

A professora participante da banca examinadora Andréa Cardoso de Aquino e ao graduado Anderson Mota Pereira pelo tempo e também por todo o apoio com colaborações e sugestões para que esse trabalho pudesse ser feito.

RESUMO

O presente trabalho, através de uma revisão de literatura, explora o desenvolvimento e a formação do SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) durante a fermentação do chá para a produção de kombucha. A pesquisa tem como objetivo investigar os fatores envolvidos na formação e desenvolvimento do SCOBY durante a fermentação do chá para a produção de kombucha. Ela aborda elementos microbiológicos, bioquímicos, ambientais, e de processos, visando uma compreensão detalhada da interação entre bactérias e leveduras, os tipos de chá e carboidratos usados, bem como o impacto desses fatores no controle da fermentação. A metodologia do trabalho baseia-se em uma revisão bibliográfica. Foram consultadas fontes científicas como artigos, dissertações e publicações em periódicos especializados em microbiologia, fermentação e alimentos funcionais. Os critérios de seleção incluíram publicações dos últimos 10 anos em português e inglês, focadas em aspectos relacionados à formação do SCOBY e seus benefícios à saúde. Os chás mais comumente usados na fermentação da kombucha são os de *Camellia sinensis*, como o chá verde e o chá preto. Essas variedades de chá são ricas em compostos bioativos, incluindo antioxidantes e vitaminas do complexo B, que auxiliam no desenvolvimento do SCOBY e na fermentação adequada da bebida. Além disso, o chá contém cafeína e polifenóis, que também contribuem para a qualidade do produto final. No quesito parâmetros, os que influenciam a fermentação são a temperatura (20°C – 30°C), o tempo (7 a 10 dias), pH (2,5 – 4,5), aeração, tipos de carboidrato (açúcar ou mel) e o tipo de chá que será utilizado (chá verde, chá preto, chá branco, chá amarelo, chá escuro e chá oolong). O controle adequado desses fatores é fundamental para garantir uma fermentação eficiente e uma bebida de qualidade, evitando que a kombucha desenvolva um sabor excessivamente ácido, como vinagre. Há um investimento muito grande no mercado de kombucha, ultrapassando a marca de US\$ 2,71 bilhões, impulsionando o mercado que se apresenta em contante crescimento com previsão que esse número dobre até o ano de 2028. No Brasil o investimento no ramo de kombucha gera retorno de R\$ 11 milhões anuais mensais. O trabalho fornece uma compreensão aprofundada dos fatores que influenciam a formação do SCOBY e a produção da kombucha. Através dessa análise, a pesquisa contribui para o aprimoramento da produção da bebida e serve como base para estudos futuros, além de destacar a relevância nutricional e funcional da kombucha no mercado atual.

Palavras-chave: Kombucha; SCOBY; Fermentação; Chá; Bactérias e leveduras

ABSTRACT

This study, through a literature review, explores the development and formation of SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) during tea fermentation for kombucha production. The research aims to investigate the factors involved in the formation and development of SCOBY during tea fermentation for kombucha production. It addresses microbiological, biochemical, environmental, and process elements, aiming for a detailed understanding of the interaction between bacteria and yeasts, the types of tea and carbohydrates used, as well as the impact of these factors on fermentation control. The methodology of the study is based on a literature review. Scientific sources such as articles, dissertations, and publications in journals specializing in microbiology, fermentation, and functional foods were consulted. The selection criteria included publications from the last 10 years in Portuguese and English, focusing on aspects related to SCOBY formation and its health benefits. The most commonly used teas in kombucha fermentation are those from *Camellia sinensis*, such as green tea and black tea. These varieties of tea are rich in bioactive compounds, including antioxidants and B-complex vitamins, which aid in the development of SCOBY and the proper fermentation of the beverage. Additionally, the tea contains caffeine and polyphenols, which also contribute to the quality of the final product. Regarding parameters, those that influence fermentation include temperature (20°C – 30°C), time (7 to 10 days), pH (2.5 – 4.5), aeration, types of carbohydrates (sugar or honey), and the type of tea used (green tea, black tea, white tea, yellow tea, dark tea, and oolong tea). Proper control of these factors is essential to ensure efficient fermentation and a quality beverage, preventing the kombucha from developing an overly acidic, vinegar-like taste. There is significant investment in the kombucha market, exceeding the \$2.71 billion mark, driving a market that is constantly growing, with predictions that this number will double by 2028. In Brazil, investment in the kombucha sector generates a return of R\$ 11 million annually. The study provides a deeper understanding of the factors influencing SCOBY formation and kombucha production. Through this analysis, the research contributes to the improvement of the beverage production and serves as a foundation for future studies, while highlighting the nutritional and functional relevance of kombucha in the current market.

Keywords: Kombucha; SCOBY; Fermentation; Tea; Bacteria and Yeasts

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma para produção de Kombucha	24
Figura 2 – Processo de biossíntese de celulose. (1991)	27
Figura 3 – A via de biossíntese da celulose em <i>A. xylinum</i> , utilizando a glicose como fonte de carbono, conforme descrito por Ross <i>et al.</i> (1991)	28
Figura 4 – Esquema simplificado da formação da película de celulose.	30
Figura 5 – Equação química da hidrólise	31
Figura 6 – Equação de conversão da glicose em etanol e gás carbônico	31
Figura 7 – Equação da Oxidação do Álcool Etilico	31
Figura 8 – Atividade metabólica do chá de kombucha, formação do ácido acético e da celulose	33
Figura 7 – SCOBY do tamanho do bocal do fermentador	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Palavras-chaves utilizadas para a realização da pesquisa	18
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C.	Antes de Cristo
SCOBY	Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast
pH	Potencial Hidrogeniônico
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CO ₂	Gás Carbônico
C ₆ H ₁₀ O ₅	Fórmula Química da Celulose
nm	Nanômetros
NaOH	Fórmula Química do Hidróxido de Sódio
G6P	Glicose-6-Fosfato
ATP	Adenosina Trifosfato
ADP	Adenosina Difosfato
G1P	Glicose-1-Fosfato
UDP-glicose	Uridina Difosfato Glicose
UTP	Uridina Trifosfato
PPi	Pirofosfato
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Fórmula Química do Açúcar (sacarose)
C ₆ H ₁₂ O ₆	Fórmula Química da Frutose
C ₆ H ₁₂ O ₆	Fórmula Química da Glicose
C ₂ H ₅ OH	Fórmula Química do Álcool (etanol)
CH ₃ COOH	Fórmula Química da Ácido Acético (vinagre)
AAB -	do inglês, Bactérias Ácido Acético

LAB -	do inglês, Bactérias Ácido Lático
LEV	Leveduras
°C	Graus Celsius
H+	Íons de Hidrogênio carregados positivamente
g	Gramas
IN	Instrução Normativa
H ₂ O	Fórmula Química da Água
ml	Mililitros
PRO	Profissional
Na	Sódio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
Zn	Zinco
Fe	Ferro
Ca	Cálcio
ABKom	Associação Brasileira de Kombucha
PIQ	Padrão de Identidade e Qualidade
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	METODOLOGIA	18
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1	Origem	19
4.2	Kombucha	19
4.3	SCOBY e STARTER	20
4.4	Produção e Controle de Qualidade	20
4.5	Microrganismos presentes no SCOBY	25
4.5.1	LEVEDURAS	25
4.5.2	BACTÉRIAS	25
4.6	Interação entre Bactérias e Leveduras	26
4.7	Metabolismo e Transformações	30
4.8	Influência dos Fatores Externos e Internos	33
4.8.1	TEMPERATURA	34
4.8.2	TEMPO	34
4.8.3	PH	35
4.8.4	TIPOS DE CHÁ	35
4.8.5	AERAÇÃO	37
4.8.6	TIPO DE CARBOIDRATO	38
4.9	Benefícios Probióticas	39
4.10	Tendências de Mercado	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A kombucha é uma bebida fermentada, produzida a partir de uma infusão de chá da planta *Camellia sinensis* (chá verde ou chá preto), açúcar, e uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras chamada SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) (DOS SANTOS, 2023). De acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 41, DE 17 DE SETEMBRO DE 2019, anexo 1, secção 1.2 a kombucha é definida como:

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

O resultado dessa fermentação é uma bebida com características funcionais, sabor agridoce, pH entre 2,5 e 3,5, e presença de compostos benéficos à saúde, como antioxidantes e probióticos. Além disso, a kombucha pode receber adições de suco, polpa de frutas e outros ingredientes autorizados pela legislação. (BRUINI, 2019; MAIER *et al*, 20009).

A origem da kombucha é incerta, mas acredita-se que tenha surgido na China por volta de 220 a.C., com a difusão subsequente para outras partes da Ásia e Europa Oriental. (JAYABALAN *et al.*, 2014). Historicamente, a bebida foi chamada de "chá de cogumelo" devido à aparência do SCOBY (DADA, 2021). A matéria-prima mais utilizada é o chá verde ou chá preto, que, além de fornecerem cafeína e polifenóis, são ricos em antioxidantes, essenciais para o processo fermentativo (MAIA, 2020). Durante a fermentação, as bactérias do SCOBY transformam o açúcar em ácido acético e outros ácidos orgânicos, enquanto as leveduras produzem dióxido de carbono e etanol, garantindo a carbonatação da bebida (SANTOS, 2016).

O processo de produção da kombucha envolve etapas controladas que garantem sua qualidade e segurança. Após a infusão do chá e a adição de açúcar, o SCOBY e o STRATER (chá de arranque) são introduzidos em um recipiente que permite a troca de oxigênio com o ambiente, essencial para a oxidação do etanol em ácido acético pelas bactérias. A fermentação inicial dura de 7 a 10 dias, sendo fundamental o controle da temperatura (entre 20°C e 30°C), do pH (mantido entre 2,5 e 4,5) e dos níveis de açúcar (SANTOS, 2016; BRUINI, 2019). Após essa etapa, a bebida pode passar por uma segunda fermentação, onde ocorrem a adição de sabores e a intensificação da carbonatação (MORENO; STIEBE 2021).

Os benefícios da kombucha vão além do seu caráter funcional, destacando-se pelas propriedades probióticas e antioxidantes que melhoram a saúde digestiva e fortalecem o

sistema imunológico (FERREIRA, 2022). A bebida também é capaz de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos, como a *Escherichia coli* e a *Salmonella typhi*, devido à sua acidez (FERREIRA, 2022). A presença de vitaminas do complexo B e de ácidos orgânicos também contribui para a saúde geral do consumidor (BATISTA, 2019).

A crescente demanda por opções alimentares mais saudáveis tem impulsionado o mercado de kombucha, tanto em nível global quanto no Brasil. No mercado internacional, o setor atingiu a marca de US\$ 2,71 bilhões em 2023, com expectativa de crescimento contínuo até 2028 (MORDOR INTELLIGENCE, 2023). No Brasil, o consumo da bebida cresceu substancialmente desde 2017, levando à fundação da Associação Brasileira de Kombucha (ABKom) em 2018 (ABKom, 2020). Empresas nacionais têm investido em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a criação de novos sabores e diversificação de produtos, como a adição de frutas e ervas, consolidando a kombucha como uma alternativa popular entre consumidores que buscam alimentos e bebidas funcionais (MORDOR INTELLIGENCE, 2023).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo investigar, utilizando-se de uma revisão bibliográfica, os principais fatores microbiológicos da interação entre bactérias e leveduras, tanto para a formação do SCOBY como para a formação do STARTER, além de analisar os substratos e as condições ambientais para que se obtenha uma kombucha de melhor qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo investigar, através de uma revisão bibliográfica, os principais fatores microbiológicos da interação entre bactérias e leveduras. Além disso, busca-se uma abordagem sobre os fatores bioquímicos, como os tipos de substratos que podem ser utilizados, os fatores ambientais, exemplo dos fatores externos e internos, e fatores de processos, para um controle de qualidade efetivo, envolvidos na formação e desenvolvimento do SCOBY durante a fermentação do chá e para a produção da kombucha.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os microrganismos envolvidos na formação do SCOBY: detectar e descrever as principais bactérias e leveduras presentes no SCOBY, bem como os seus comportamentos para que ocorra a formação do biofilme.
- Analisar os substratos utilizados na fermentação do chá de kombucha: descrever quais os tipos de chá são utilizados e suas propriedades e também quais as fontes de carboidratos podem ser usadas.
- Avaliar as condições ambientais ideais para a formação e crescimento do SCOBY: exemplificar com o são as influências de fatores externos como temperatura, disponibilidade de oxigênio e tempo de fermentação; assim como os fatores internos como pH, teores de álcool e quantidade de açúcar disponível no meio.
- Revisar a literatura científica relacionada ao processo de fermentação da kombucha: expor os principais aspectos nutricionais e funcionais que a bebida possui para um maior bem estar e melhoria de saúde do consumidor, bem como as tendências de mercado no ramo da kombucha.

3 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica consistiu na pesquisa e seleção de artigos científicos, livros, dissertações, teses, e publicações em periódicos especializados no campo da microbiologia, fermentação e alimentos funcionais. As fontes foram obtidas principalmente em bases de dados acadêmicas como Google Scholar, Scielo, PubMed e ScienceDirect, além de consultas em repositórios institucionais e portais de eventos científicos.

Para a seleção das referências, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- Período de publicação: apenas trabalhos publicados nos últimos 10 anos foram considerados, a fim de garantir a atualidade das informações.
- Idioma: foram priorizados trabalhos em português e inglês, devido à maior acessibilidade e relevância dos estudos disponíveis nessas línguas.
- Relevância do conteúdo: selecionaram-se fontes que abordavam diretamente a temática da produção de kombucha, formação do SCOBY e seus benefícios à saúde, com foco em pesquisas que apresentavam resultados experimentais, revisões sistemáticas ou revisões narrativas da literatura.

A pesquisa foi organizada em etapas, começando pela identificação das palavras-chave associadas ao tema, a tabela 1 mostra a palavras-chaves.

Tabela 1 — Palavras-chaves utilizadas para a realização da pesquisa.

Kombucha	SCOBY	STARTER	Chá de Arranque
Leveduras	Bactérias	Simbiose	Simbiose de Bactérias e Leveduras
Chá	Fermentação	Influência	Substratos
Celulose	Benefícios		

Fonte: o autor.

Em seguida, realizou-se a análise dos títulos e resumos dos artigos encontrados para filtrar aqueles que se adequavam aos objetivos do estudo. Posteriormente, os trabalhos selecionados foram lidos e analisados integralmente, extraindo-se as informações mais relevantes.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Origem

As origens da kombucha não são precisas, acredita-se que a mesma tenha se originado pelo nordeste da China (JAYABALAN *et al.*, 2014). Desde a antiguidade o consumo de chá na China é muito grande, isso acabou levando a novas formas e descobertas de outros tipos diferentes de chá do tradicional, a kombucha era conhecida como “chá de cogumelo” e há relatos de que a mesma tenha sido descoberta por volta de 220 a.C quando um dos consumidores ao preparar o chá deixou-o maturar, ou seja, sofrer a fermentação, com isso ele observou que a bebida ficava diferente da que era tradicionalmente consumida; após essa descoberta a mesma acabou por se difundir a outros países da Ásia e a Europa Oriental. (DADA, 2021).

4.2 Kombucha

A kombucha é considerada uma bebida feita a partir do chá doce fermentado, em sua composição é comum utilizar o chá verde ou o chá preto para ser fermentado e normalmente é utilizado uma fonte de carboidrato como por exemplo o açúcar (SANTOS, 2016). O chá irá sofrer o processo fermentativo, para isso alguns ingredientes são necessários como o SCOBY, bem como o chá de arranque ou STARTER. Em um intervalo de tempo de 7 a 10 dias de fermentação surge a kombucha, uma bebida agridoce e que possui carbonatação, com um sabor semelhante a sidra (SANTOS, 2016).

Conforme estabelecido na PORTARIA N° 103, de 20 de setembro de 2018, do MAPA, a kombucha é caracterizada como uma bebida carbonatada. Sua produção ocorre por meio de processos de respiração aeróbica e fermentação anaeróbica de um mosto feito com infusões de plantas e açúcares, utilizando um consórcio de bactérias e leveduras que atuam de forma simbiótica. O resultado é uma bebida com sabor agridoce, apresentando um pH entre 2,5 e 3,5 e uma acidez titulável mínima de 6,0% de acidez volátil. Além disso, a kombucha pode conter adições de suco, polpa de frutas, extratos vegetais, especiarias, mel, aromas naturais e outros aditivos autorizados pela legislação específica da ANVISA (BRUINI, 2019).

4.3 SCOBY e STARTER

O SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*), que também é conhecido como “mãe kombucha”, é uma película de celulose onde a mesma consegue abrigar as colônias de bactérias e leveduras. O SCOBY possui uma composição variada, tanto para microrganismo como para outros componentes, dependendo do chá que ele irá fermentar (BRUINI, 2019). O SCOBY irá fazer um dos papéis mais importantes na fermentação do chá, ele se forma na superfície do líquido e toma a forma de onde está alocado. No seu crescimento ocorre a formação de novas películas com as mais recentes se formando na parte de cima do chá e empurrando as mais antigas para baixo. (JAYABALAN *et al.*, 2014; BRUINI, 2019).

É de suma importância que juntamente ao SCOBY, o chá também receba o STARTER, conhecido como chá de arranque ou até mesmo “vinagre”, ele é uma solução acidificante que, como o nome já indica, irá dar o pontapé inicial na fermentação. (DOS SANTOS, 2023).

O STARTER surge quando o chá é fermentado por muito tempo pelo SCOBY, entre 21 a 30 dias, após o início do processo (SIMÕES, 2021). Ele possui a mesma composição do SCOBY, podendo ser considerado também como um SCOBY líquido (MAI KOMBUHCA, 2023). Assim como o SCOBY o STARTER possui ácido acético, álcool, açúcares, bem como outros subprodutos como ésteres, vitaminas, enzimas e outros componentes encontrados na kombucha, entretanto em uma quantidade muito maior de ácido acético, leveduras e bactérias. (SIMÕES, 2021).

4.4 Produção e Controle de Qualidade

A kombucha é uma bebida que pode ser realizada tanto para consumo caseiro como para fins comerciais, podendo divergir um pouco no seu processo, mas possui um padrão de produção que pode ser seguido.

Antes de realizar o processo de fermentação da kombucha deve-se observar os ingredientes de preparo da bebida. A Instrução Normativa de número 41/2019 (IN N° 41/2019) explana quais os ingredientes obrigatórios e básicos que a kombucha deve ser preparada, eles são: água potável; *Camellia sinensis*, sendo possível utilizar a infusão do chá ou até mesmo um extrato aquoso; açúcar; SCOBY, película de celulose própria para a fermentação alcoólica e acética da kombucha. É muito comum a utilização de outros tipos de ingredientes, tais como

a infusão de outras espécies de chá (vegetais), frutas, mel, vegetais e gás carbônico industrial puro, esses ingredientes podem ser adicionados a kombucha ou não ou podem até mesmo servir como substitutos, como é o caso do mel que pode substituir o açúcar. (SILVA, 2022)

Para que a fermentação da kombucha ocorra de forma eficaz a escolha e higienização dos materiais é papel fundamental para o processo, isso serve para evitar a contaminação por parte desses materiais mal higienizados; para isso o principal produto para fazer a limpeza é o ácido peracético (FERREIRA, 2022).

O ácido peracético ($C_2H_4O_3$) é constituído de uma solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido acético (CH_3COOH) e água (H_2O), sendo uma substância corrosiva e tóxica, o seu manuseio deve ser com os EPIs adequados, além de possuir um odor parecido com o do vinagre, entretanto mais forte. De acordo com a portaria nº 15 de 23/08/1988 da ANVISA o ácido peracético é classificado como desinfetante, ou até mesmo esterilizante, possuindo suas propriedades mesmo na presença de matéria orgânica (AVANZQUIMICA).

O ácido acético é um dos ácidos que é formado durante a fermentação da kombucha, portanto a utilização do ácido peracético é ideal na limpeza e sanitização dos materiais, tendo em vista que o ácido peracético também possui ácido acético em sua composição. É importante salientar a utilização correta da água no preparo da kombucha, pois água com muito cloro ou um pH distante do neutro pode afetar negativamente o SCOBY, matando os microrganismos ali existentes, para isso a utilização de água filtrada é fundamental para o processo. (CRUM; LAGORY, 2016).

A produção da kombucha se inicia na infusão do tipo de chá da *Camellia sinenses* a ser usado, tanto chá verde como o chá preto, em ambos os casos são feito uma infusão de 5 gramas de chá para cada litro de água, entre 5% a 20% de carboidrato, que comumente é utilizado a sacarose, entretanto outros podem ser utilizados como o mel; 10% do STARTER, que também é conhecido como chá de arranque e uma unidade de SCOBY, tudo adicionado em um fermentador (SHURE, 2020).

O início de preparação da kombucha é na fervura da água, onde o chá é infundido com o auxílio de *bags de voal* para não entrar em contato direto com a água, isso é importante pois não é interessante que haja restos da erva dentro do chá, garantido não irá passar para o SCOBY; o chá é feito em água aquecida a $85^{\circ}C$ por cerca de 10 minutos e, após essa infusão, é adicionado o açúcar, que irá se dissolver com o tempo (LEAL, 2022). Depois que a mistura é resfriada a uma temperatura de ambiente de 22 a $30^{\circ}C$ e adoçada ela então é transferida para o fermentador, lá é adicionado o SCOBY juntamente com o STARTER, a etapa de resfriamento é importante, pois se o SCOBY for adicionado ao chá ainda quente as bactérias e

leveduras não conseguirão sobreviver e conseqüentemente a fermentação não ocorrerá, após esse processo o fermentador é então coberto por material poroso, como um pano fino para que haja a troca de oxigênio com o meio externo além da formação dos ácidos na kombucha. O mais ideal é que a fermentação ocorra em temperatura controlada para que haja um melhor acompanhamento da bebida, que irá fermentar em um intervalo de tempo de 7 a 12 dias. (SHURE, 2020; FERREIRA, 2022).

Ambientes que possuem temperaturas mais baixas é normal que a fermentação da kombucha ocorra de forma mais lenta também, o contrário também ocorre: em regiões com as temperaturas mais elevadas a fermentação ocorre de forma mais rápida e em alguns casos ocorre a contaminação por fungos por conta desse aumento de temperatura (FERREIRA, 2022). No final dessa fermentação, a kombucha já apresenta um sabor mais característico, esse sabor inclui aspectos como um sabor não tão doce e também mais ácido, com isso ela já está pronta para seguir para a etapa de envase. (RODRIGUES, 2021)

Após a fermentação ocorrer nos fermentadores o SCOBY então é retirado e armazenado em um recipiente que contenha o STARTER (chá de arranque) para que ele resseque, o recipiente deve ser armazenado em um local seguro e longe de possíveis contaminações, utilizado também um pano para que ocorra a troca de oxigênio com o meio externo. Após o tempo de fermentação e verificação da qualidade, a kombucha é então retirada do fermentador e colocada na envasadora, o envase acontece em garrafas ice de 275 ml (LEAL, 2022). Após o envase das garrafas é realizada o lacre com tampas no estilo *twist off* com o auxílio de um arrolhador, podendo ser tanto manual como semi-automático *Prylocker* PRO, após o arrolhamento as garrafas são deixadas em um local para a segunda fermentação.

A segunda fermentação é realizada dentro das garrafas já envasadas, essa fermentação pode ocorrer com a kombucha em seu sabor natural ou pode ser feita com saborização, podendo acontecer através de frutas ou especiarias ou até mesmo por sucos. Essa segunda fermentação ocorre sem a presença do SCOBY, apenas com as leveduras e bactérias presentes na própria bebida. Sendo realizada em anaerobiose ela acontece em temperatura controlada, bem como na primeira fermentação e, além de dar um saborização na kombucha essa segunda fermentação serve para aumentar o gás no interior da garrafa, gerando assim uma substância fricante. (MORENO; STIEBE 2021.) No meio do processo da segunda fermentação ocorre a rotulagem das garrafas. Nessa etapa uma garrafa é separada para ser utilizada com manômetro, ou seja, ela não é arrolhada com tampa. A utilização do manômetro é fundamental nesse processo pois é através dele que ocorre o monitoramento e o

controle da pressão do gás dentro da garrafa, isso serve para evitar que as garrafas estourem no processo tendo em vista que muito acúmulo de gás na garrafa de vidro pode ocasionar uma explosão. Após as garrafas atingirem a pressão desejada elas são armazenadas na geladeira para depois serem comercializadas.

É muito comum as empresas optarem pela saborização das kombuchas, tendo em vista que isso funciona como um atrativo ao cliente para o seu potencial consumo. Nessa etapa de segunda fermentação, onde ocorre a saborização da kombucha, que ainda continua com o seu metabolismo ativo, tendo em vista que a bebida continua viva, isso é muito importante, pois, ao ser adicionado os outros ingredientes para a saborização, ela ainda vai continuar a produzir os ácidos orgânicos. (RODRIGUES, 2021).

A figura 1 mostra um fluxograma da produção da kombucha.

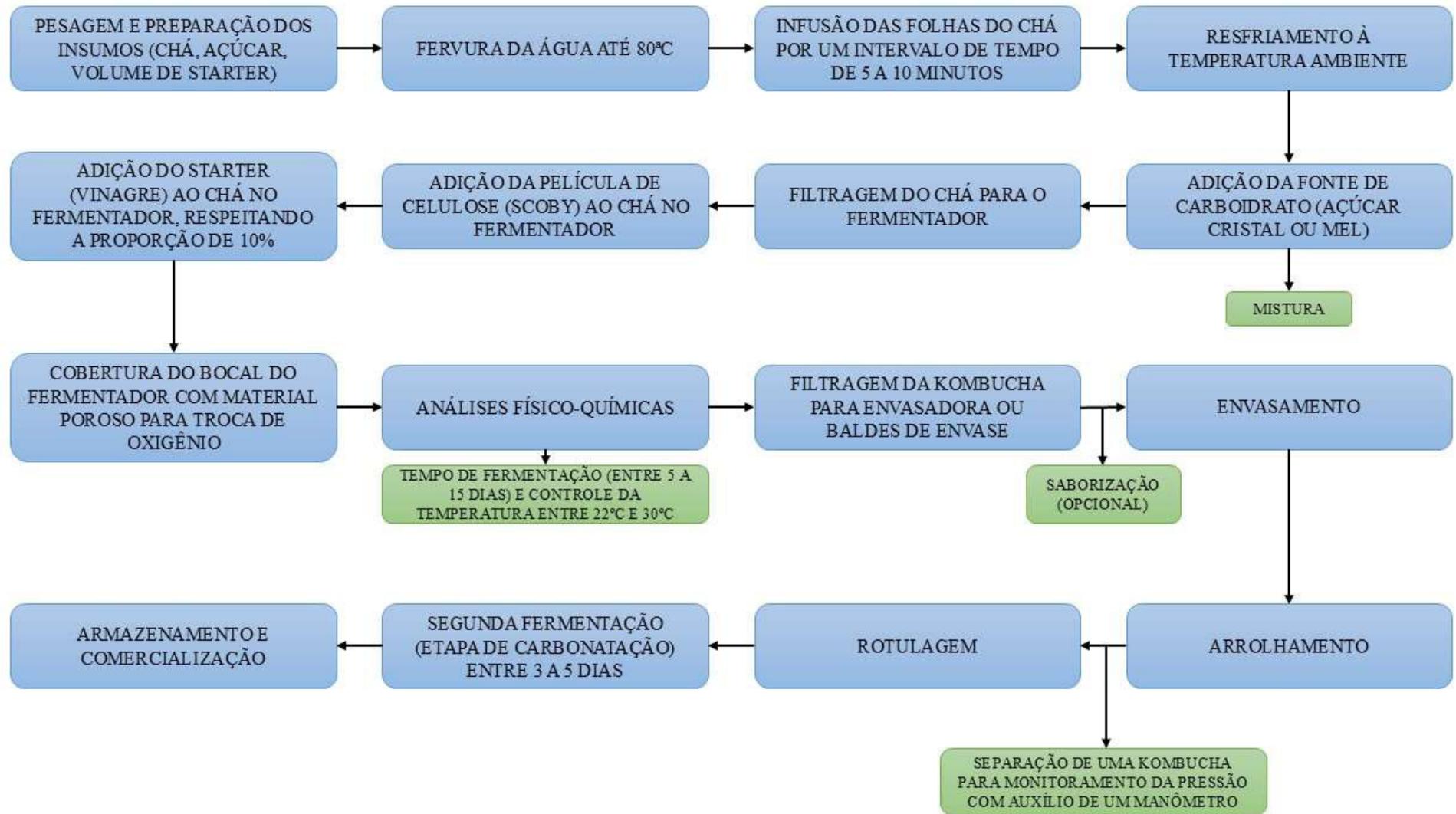


Figura 1: Fluxograma para produção de kombucha. Fonte: o autor.

4.5 Microrganismos presentes no SCOBY

4.5.1 LEVEDURAS

Leveduras são microrganismos unicelulares pertencentes ao reino Fungi, caracterizados por um crescimento assexuado que ocorre principalmente por brotamento ou fissão. Esses organismos são classificados de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (KURTZMAN *et al.*, 2011). No contexto da kombucha, diversos estudos identificaram a presença de leveduras pertencentes a vários gêneros distintos, incluindo *Saccharomyces*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces/Dekkera*, *Candida*, *Torulospora*, *Kloeckera/Hanseniaspora*, *Pichia*, *Torula*, *Torulopsis*, *Mycotorula* e *Mycoderma* (JAYABALAN *et al.*, 2014).

Estudos apontam que dentre essas leveduras isoladas as mais comuns são classificadas entre leveduras fermentativas e leveduras produtoras de ácido. (TEOH *et al.*, 2004).

Leveduras fermentativas são uma espécie de leveduras que conseguem realizar fermentação, dentre elas a mais famosa é a fermentação alcoólica. Essa fermentação envolve um processo metabólico no qual as leveduras consomem o açúcar e os transformam em álcool e dióxido de carbono (CO₂), esse processo ocorre sem a presença do oxigênio. (MAICAS, 2020)

As leveduras que são responsáveis por produzir ácidos são conhecidas como leveduras acéticas, elas conseguem formar diferentes tipos de ácidos como o acético e o lático (KAWAHATA, 2006; RODRIGUES, 2012). Elas são de suma importância para o processo de fermentação da kombucha, bem como o processo de formação do SCOBY, pois conseguem produzir o vinagre, que no caso da kombucha será o STARTER, enquanto que as leveduras que conseguem fabricar o ácido lático são as principais responsáveis pela fermentação da kombucha.

4.5.2 BACTÉRIAS

Bactérias são organismos microscópicos unicelulares que pertencem ao reino Monera. Elas são classificadas como procariontes, logo não possuem um núcleo verdadeiro ou organelas membranosas internas, isso ajuda na grande mutagenicidade desses seres. Possuem formas e estruturas diversas incluindo esféricas (cocos), em forma de bastão (bacilos)

ou espiraladas (espirilos ou espiroquetas), além disso algumas bactérias também podem formar colônias, biofilmes ou estruturas mais complexas. (TEIXEIRA, 2020).

A presença de bactérias na kombucha é fundamental para a formação do SCOBY, dentre elas destacam-se as bactérias acéticas do gênero *Acetobacter*, *Gluconobacter* e *Gluconacetobacter*, com destaque para a *Gluconobacter xylinus* e a *Acetobacter xylinum*, pois é através desses dois gêneros que a película de celulose do SCOBY consegue se formar. Encontraram-se outros gêneros de bactérias na kombucha, como bactérias lácticas *Lactobacillus*, onde se predomina a *Lactobacillus kefiranofaciens* e *Lactococcus* (SANTOS, 2016; DUFRESNE, C.; FARNWORTH, E., 2000).

4.6 Interações entre Bactérias e Leveduras

A celulose, cuja fórmula molécula se apresenta como: $C_6H_{10}O_5$, é um dos materiais orgânicos mais encontrados na natureza, sendo produzido por diversos seres como plantas, fungos, algas e também bactérias. A celulose, que é encontrada na fermentação da kombucha, possui vários compostos que ajudam na sua formação tais como fibras, ferro, proteínas, ácido fólico, entre outros. (DA SILVA, 2023).

A celulose bacteriana possui a mesma fórmula molecular quando comparada com a celulose de plantas, entretanto a sua estrutura é a principal diferença entres esses dois tipos de celuloses, o que a confere, características únicas. A celulose bacteriana consegue formar nanofibrilas de largura aproximada de 1,5 nm, isso lhe confere uma maior área superficial quando comparada com a celulose de plantas, resultando também em uma maior capacidade de retenção de água, além de possuir uma maior resistência mecânica, flexibilidade e elasticidade. Outras características que a celulose bacteriana apresenta são uma maior durabilidade, maior densidade, além de ser biodegradável e atóxica; por ser de caráter atóxico essa celulose não causa problemas ao usuário caso o mesmo entre em contato com ela por ingestão, por contato com a pele ou até mesmo inalação. (LIMA, 2015; DA SILVA, 2023)

As celuloses bacterianas são mais puras do que as celuloses vegetais, pois não contêm lignina e hemiceluloses, o que facilita sua purificação utilizando substâncias como NaOH (LIMA, 2015). Essa pureza é atribuída à capacidade das bactérias de sintetizar celulose a partir de várias fontes de carbono. Em particular, a glicose, uma das fontes mais comuns de carbono, é convertida pelas bactérias em película de celulose durante seu processo metabólico, desempenhando um papel fundamental na produção da celulose (ANTONIO, 2012).

O chá, ao ser fermentado pelas leveduras e bactérias, produz uma película de celulose com características gelatinosas que fica na superfície do chá. Esse processo é chamado de biossíntese de celulose. Com o passar dos dias, essa película consegue criar novas camadas, onde as mais recentes ficarão mais à superfície. (DA SILVA, 2023). A figura 2 mostra a biossíntese de celulose no decorrer do tempo.



Figura 2: Processo de biossíntese de celulose. Fonte: o autor.

Os microrganismos responsáveis pela produção dessa celulose (SCOBY) são as bactérias acéticas, como as do gênero *Acetobacter xylinum* e *Acetobacter aceti*. Essas bactérias possuem enzimas chamadas de celulose sintase, que são específicas para catalisar a adição de unidades de glicose à cadeia em crescimento e estão localizadas na membrana celular da bactéria. (DA SILVA, 2023).

Para que ocorra a transformação da glicose em celulose é necessário uma série de etapas. Primeiramente as bactérias convertem a glicose para glicose-6-fosfato (G6P) através da enzima glicocinase, esse processo utiliza-se uma molécula de ATP (energia) e libera uma de ADP. Em seguida, através da utilização da enzima fosfoglicomutase, a molécula de G6P é transformada em glicose-1-fosfato (G1P). Por fim a G1P é convertida para uridina difosfato glicose (UDP-glicose) através da enzima chamada UDP-glicose pirofosforilase, nessa etapa é utilizado uma molécula de UTP e libera a uma molécula de pirofosfato (PPi). É a UDP-glicose que dá origem a molécula de celulose. Na etapa final a celulose sintase realiza a união dessas moléculas de glicose para a formação de cadeias longas de $\beta(1 \rightarrow 4)$ glicanas, que, quando se agrupam conseguem formar as fibras de celulose. (VIEIRA, 2013). A figura 3 mostra uma representação do como acontece a formação da celulose.

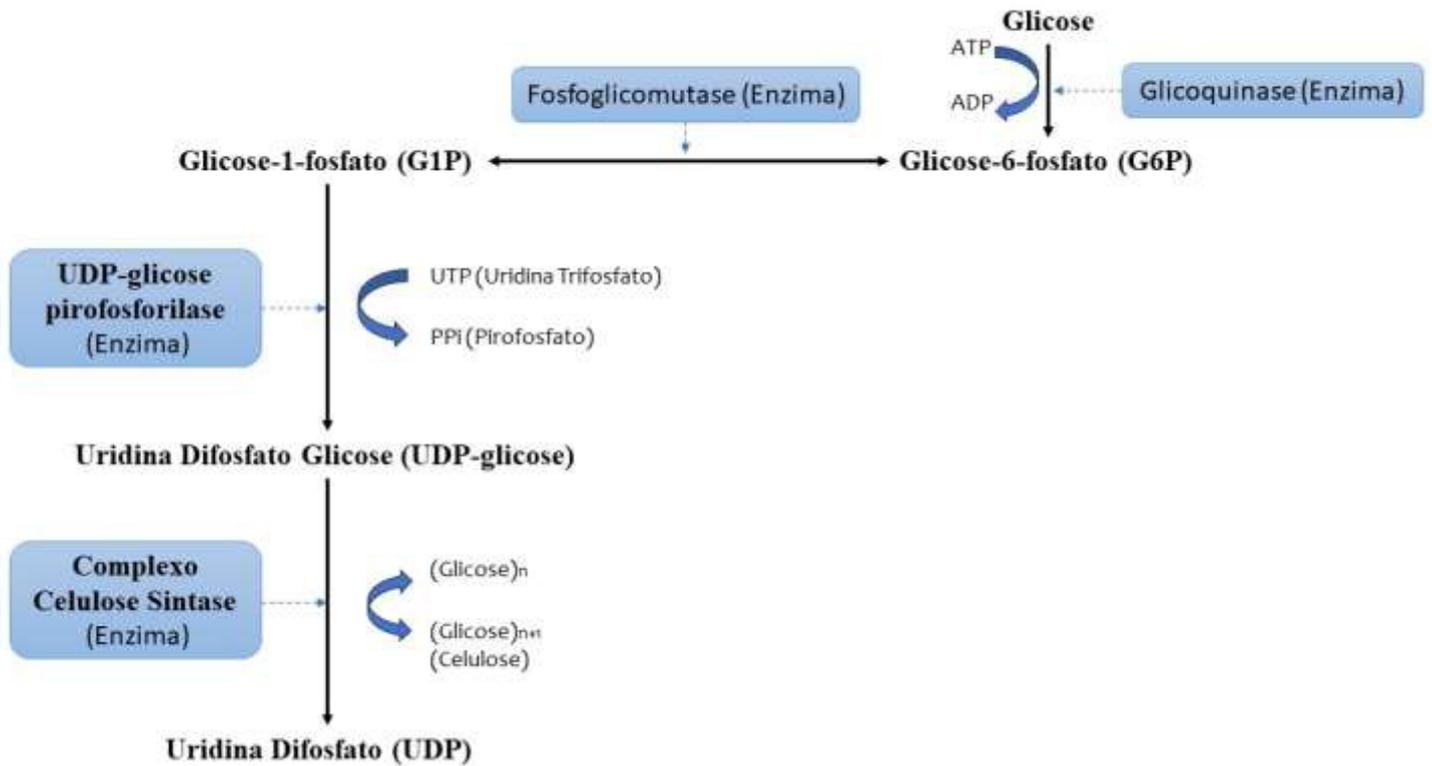


Figura 3: A via de biossíntese da celulose em *A. xylinum*, utilizando a glicose como fonte de carbono, conforme descrito por Ross *et al.* (1991). Fonte: VIEIRA, 2013, com adaptações.

No decorrer desse processo, há um acúmulo dessa celulose e, conseqüentemente, a formação dessa estrutura gelatinosa que fica flutuando no meio, o SCOBY. Esse, por sua vez, pode ser influenciado por fatores externos, como temperatura e exposição da película ao ar, ou fatores internos, como pH do meio, quantidade de açúcar dissolvido no chá e concentrações de oxigênio presentes no meio (DA SILVA, 2023).

Dependendo do tipo de cepa utilizada, isso vai conferir ao biofilme diferentes características (MAIA, 2020). A sinergia existente entre as leveduras e as bactérias ácido acéticas conseguem elevar a produção de celulose criando assim as camadas de biofilme, nesse sistema. Embora ocorram relações de competição entre esses dois microrganismos distintos, a cooperação consegue prevalecer beneficiando a ambos os seres. (GULLO *et al.*, 2018; MAY *et al.*, 2019).

Um dos principais componentes para que a fermentação ocorra no chá é o oxigênio. As bactérias produtoras de celulose formam a película através da troca de oxigênio com o meio, bem como do oxigênio dissolvido no chá, isso permite a multiplicação das bactérias e a criação da rede de celulose. (DA SILVA, 2023).

A película se forma na parte superior do meio à medida que o crescimento microbiano ocorre e a espessura da camada tende a aumentar, com as películas mais recentes situando-se no topo, enquanto nas camadas inferiores ficam as mais antigas. Tanto na parte superior quanto na parte inferior do meio, a fermentação ocorre através da troca de oxigênio, no entanto, devido à maior disponibilidade de oxigênio na superfície, as películas mais novas se formam nessa região, onde são comumente encontradas com uma abundância de leveduras e bactérias. (DA SILVA, 2023).

Enquanto houver condições adequadas para o crescimento do SCOBY, ele continuará formando camadas até atingir o fundo do recipiente. Isso pode causar o "sufocamento" das bactérias nas camadas inferiores, que ficarão presas e, por consequência, se tornarão inativas (MAIA, 2020).

A celulose, de uma forma geral, pode ser empregada em diversos campos distintos, como por exemplo, na indústria de papel ou de madeira, atua como um agente dispersante, emulsificador ou gelificante, além disso, possui características que permitem sua utilização em várias áreas, como na indústria de alimentos, onde pode ser usada como suplemento ou embalagem para alimentos. Na indústria têxtil, ela é usada na produção de tecidos, e na indústria de componentes eletrônicos, desempenha um papel significativo. A celulose também é eficaz no processo de biossorção em águas e efluentes para a remoção de metais pesados (DA SILVA, 2023; DONINI *et al*, 2010).

A celulose bacteriana, em particular, pode ser utilizada como material biomédico, como membrana para tratamento de hemodiálise, e como carreador de fármacos de liberação controlada (ANTONIO, 2012). Durante a fermentação do chá, a celulose é produzida como um subproduto secundário, embora seja essencial para a fermentação e fabricação da kombucha, a celulose resultante é um produto final da fermentação. (DA SILVA, 2023).

A produção de celulose através da fermentação do chá possui um custo muito baixo, pois requer apenas o meio adequado e tempo suficiente, portanto, a kombucha é uma alternativa viável para a produção do SCOBY, que pode ser utilizado como uma forma de celulose para diversas aplicações industriais (DA SILVA, 2023). A figura 4 representa um esquema simplificado de como ocorre o processo de formação da película de celulose

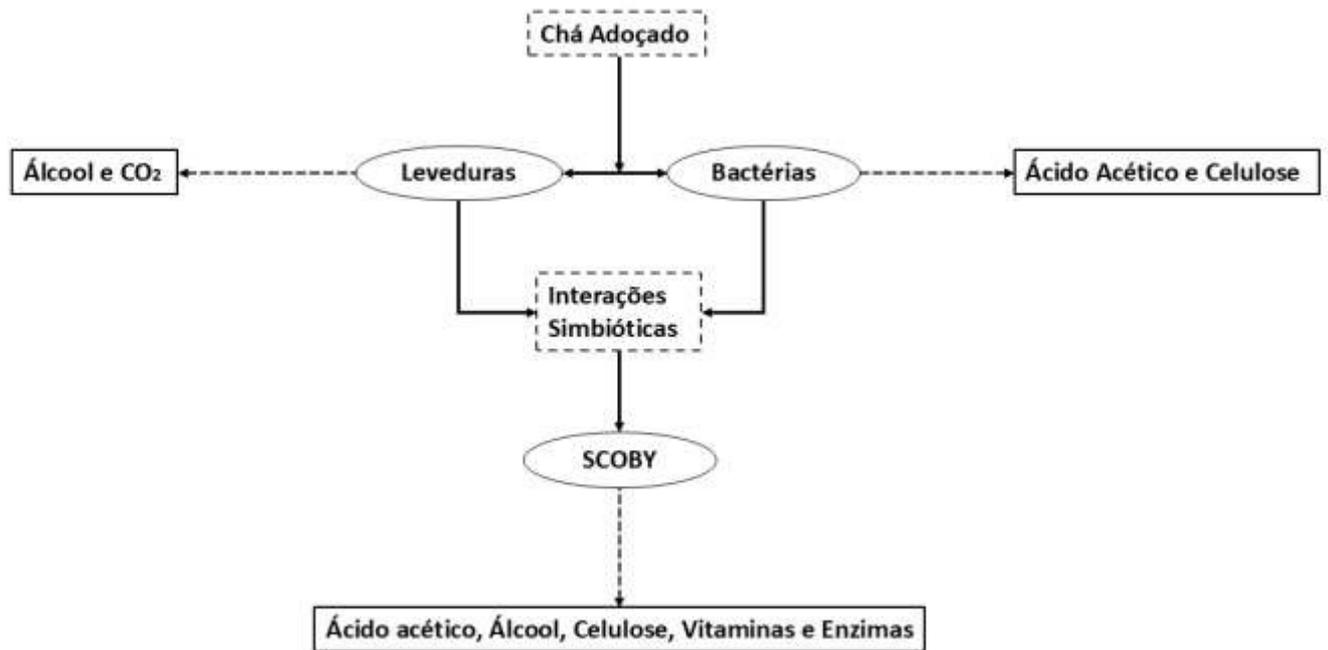


Figura 4: Esquema simplificado da formação da película de celulose. Fonte: o autor.

4.7 Metabolismo e Transformações

Durante o processo de fermentação para produção da kombucha ocorrem várias interações metabólicas entre as leveduras e bactérias com o meio que elas estão presentes. As primeiras reações que acontecem no meio vêm das leveduras, se destacando as do gênero *Saccharomyces*, que produzem a enzima invertase e elas fazem a hidrólise da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) em frutose ($C_6H_{12}O_6$) e glicose ($C_6H_{12}O_6$), além de produzirem etanol (C_2H_5OH) e dióxido de carbono (CO_2) (SANTOS, 2016). A reação de hidrólise da sacarose está representada na figura 5.

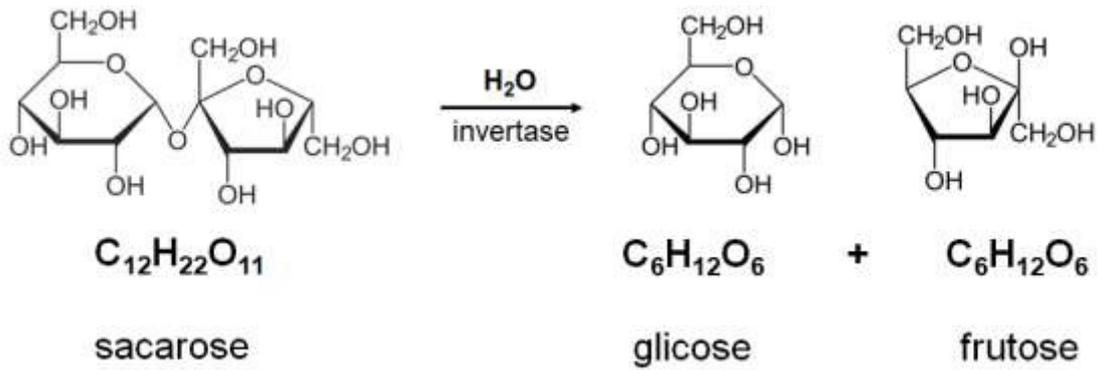


Figura 5: Equação química da hidrólise. Fonte: SANTOS, 2022.

Na figura 6 está representada a formação do etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) e do dióxido de carbono (CO_2) pelo consumo da glicose pela *S. cerevisiae*.

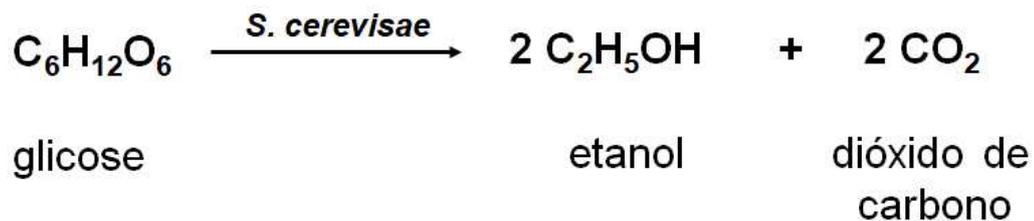


Figura 6: Equação de conversão da glicose em etanol e gás carbônico. Fonte: SANTOS, 2022.

Durante o processo de formação do SCOBY é muito comum o dióxido de carbono ficar entre uma película e outra, sendo assim é normal apresentar bolhas em filmes mais recentes.

A glicose é muito consumida pelas bactérias do gênero *Saccharomyces*, enquanto que a frutose é mais consumida pelas do gênero *Zygosaccharomyces*. (CABRAL, 2015).

A produção do etanol, por meio das leveduras, é aproveitada pelas bactérias acéticas. Bactérias do gênero *Acetobacter* conseguem oxidar o álcool para a transformação de ácido acético (vinagre) (CH_3COOH). (SANTOS, 2016). A figura 7 mostra o processo de oxidação do etanol para ácido acético.

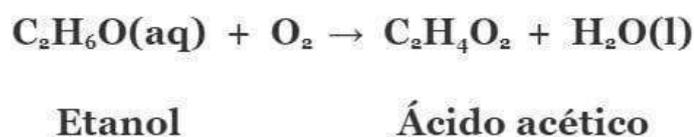


Figura 7: Equação da Oxidação do Álcool Etilico. Fonte: DIAS, 2023.

A produção do etanol pelas leveduras, bem como a produção do ácido acético pelas bactérias, cria uma forma de defesa contra patógenos, portanto, durante a fermentação que ocorre por exposição ao oxigênio, o produto não se contamina. (SANTOS, 2016). O ácido acético é o responsável pelo sabor ácido característico da kombucha.

Durante o processo de fermentação, realizada pelas bactérias e leveduras, é essencial realizar as medições adequadas para determinar os parâmetros ideais de fermentação.

Um dos principais fatores que ocorre na fermentação é a diminuição do pH, isso se dá por conta da produção dos ácidos orgânicos. (SANTOS, 2016). Como as principais representantes da fermentação são as bactérias do gênero *Acetobacter*, é comum se encontrar diferentes tipos de ácidos após a metabolização dos açúcares e outros compostos presentes no meio, dentre eles o ácido acético, ácido lático e ácido glucônico estão presentes no meio, o que acarreta na diminuição do pH (SILVA, 2022). É normal visualizar uma clarificação do chá quando comparado com o original, isso ocorre por conta das alterações desses parâmetros, pH e sólidos solúveis, totais durante a fermentação (MCGEE, 2007).

Os sólidos solúveis totais, assim como o pH, é um dos principais indicadores do processo de fermentação, ele é medido pelo índice de refração em graus brix (°Brix) utilizando-se o refratômetro. No decorrer da fermentação, observa-se um decréscimo nos valores de sólidos solúveis totais, mais especificamente entre o segundo e quarto dia de fermentação onde é visto com mais intensidade, isso representa o consumo do açúcar pelos microrganismos (LOPES *et al*, 2021)

Na fermentação os açúcares simples são formados quando há uma decomposição dos dissacarídeos em monossacarídeos através de enzimas e também por conta da presença dos ácidos resultantes. A glicose e a frutose se formam quando as moléculas de sacarose se ligam ao sítio ativo das enzimas e as reações continuam a acontecer gerando também outros produtos (PALUDO, 2017).

A partir da análise dos subprodutos da hidrólise da sacarose feita pelas leveduras a quantidade de frutose é inferior quando comparada quantidade de glicose no final da fermentação, isso significa que a frutose possui a preferência pelas leveduras como a principal fonte de carbono. (PALUDO, 2017)

Na figura 8 está uma representação do que acontece no processo aeróbico, quando as leveduras transformam a sacarose em frutose e glicose, bem como a conversão da frutose em etanol e em ácido acético pelas bactérias lácteas. O esquema também representa a

conversão da glicose em ácido glucônico e glucurônico pelas bactérias acéticas (RODRIGUES, 2021).

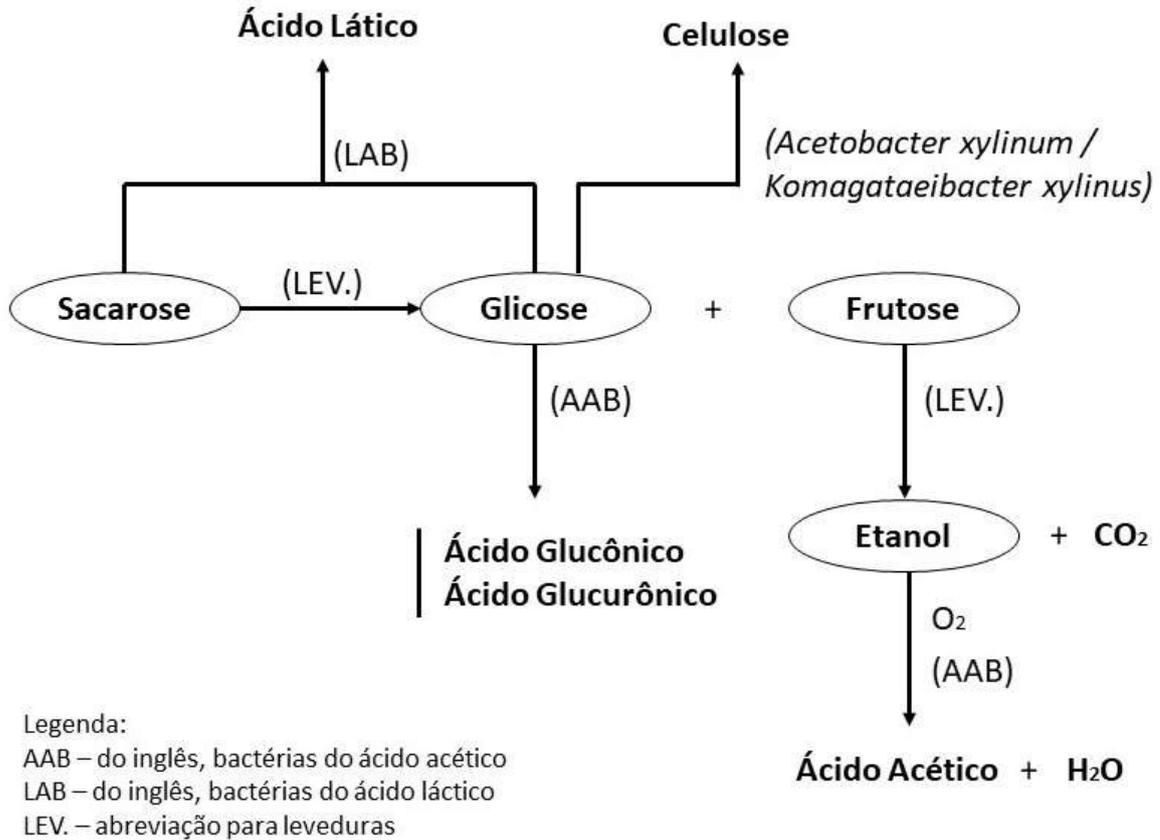


Figura 8: Atividade metabólica do chá de kombucha, formação do ácido acético e da celulose. Fonte: DOS SANTOS, 2023, com adaptações

4.8 Influência dos Fatores Externos e Internos

A kombucha, por ser uma bebida fermentada, possui sensibilidade a alguns fatores que possam acelerar ou retardar a fermentação. Ela sofre influência de fatores como pH, trocas de oxigênio com o meio, tipo de carboidrato para fermentação, tipos de folhas do chá, tempo e temperatura de fermentação. (MARSH, 2014). A variação de qualquer um desses fatores influencia diretamente no resultado final da kombucha (MAIA, 2022).

4.8.1 TEMPERATURA

A temperatura é um dos principais fatores de fermentação, tendo em vista que ela consegue influenciar na cinética da microbiota ou até mesmo na cinética dos componentes químicos. A temperatura consegue afetar diretamente no crescimento microbiano, sendo que há a existência de uma temperatura ideal para o crescimento da simbiose. Quando a variação da temperatura se faz presente, isso influencia diretamente na velocidade de crescimento desses microrganismos e, por consequência, na velocidade de formação da película de SCOBY (BATISTA, 2019).

Estudos feitos com bactérias ácidas e acéticas em diferentes temperaturas de fermentação (entre 20 e 30°C) mostraram diferenças nas concentrações de compostos fenólicos, bem como na quantidade de ácido glicônico e glicurônico, observou-se uma diferença de crescimento das microbiotas nessas temperaturas, isso ocasionou uma diferença de velocidade na formação do SCOBY. (MAIA, 2020).

As variações de temperaturas entre regiões em que as kombuchas são fabricadas ocasiona uma diferença de sabor (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018). Em ambientes onde a temperatura é mais elevada chegando a um ideal para as bactérias e leveduras, bem como para a cinética química que ocorre na fermentação, o SCOBY é mais facilmente formado, tendo em vista que ambientes mais quentes possui a tendência a acelerar os processos fermentativos e isso ocasiona na formação mais rápida do SCOBY.

4.8.2 TEMPO

O tempo de fermentação é uma outra variável de suma importância para o processo, pois, com o passar dos dias, as reações bioquímicas que acontecem no chá irão formar os princípios ativos da kombucha e também os outros constituintes da bebida. O tempo de fermentação é fundamental para se obter uma bebida com um sabor marcante de chá fermentado e é de suma importância haver o controle dessa variável para que a bebida não sofra os processos que a torne com gosto de vinagre (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

Com o passar do tempo, a kombucha sofre os processos fermentativos. No terceiro dia, há o surgimento do ácido lático e após 2 semanas de fermentação há uma quantidade significativa na concentração de ácido acético, resultando, com isso, em um gosto avinagrado. Portanto, faz-se necessário esperar um tempo de 6 a 10 dias de fermentação para uma bebida mais suave. (GREENWALT *et al.*, 2000).

O consumo frequente de uma grande quantidade de ácidos da kombucha após o período de 15 dias pode ser prejudicial ao ser humano (MAIA, 2020).

4.8.3 pH

O pH (Potencial Hidrogeniônico) é a medida utilizada para saber a concentração de íons H⁺ na solução, ele é calculado através de uma escala que pode variar entre básico (alcalino - valores acima de 7 até o 14), o ácido (valores abaixo de 7 até o 0) e o neutro (valor igual a 7) (BURINI, 2019). Ele é um dos parâmetros que mais afeta o ambiente fermentativo da kombucha (MAIA, 2020).

A fermentação da kombucha leva a bebida a valores mais baixos de pH, tornando-a mais ácida, isso ocorre por conta da formação dos ácidos, onde se destaca mais o ácido acético, sendo esse formado a partir da conversão do açúcar em etanol, realizado pelas leveduras, esse açúcar então é convertido em ácido acético pelas bactérias (BURINI, 2019).

O controle e verificação do pH durante a fermentação é uma etapa importante para a obtenção de uma bebida com gosto suave, o monitoramento do pH evita a grande quantidade de ácido acético produzido que pode atingir valores entre 2,5 e 4,2 (DA SILVA, 2023). Entretanto, a fins de consumo humano, o pH não pode estar abaixo de 3, pois valores mais ácidos podem ocasionar complicações ao estômago e intestino (MAIA, 2020). O tempo e a temperatura, bem como as outras condições de fermentação como o chá a ser fermentado e o tipo de carboidrato, influenciam diretamente nos valores de pH (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

Assim como o tempo e a temperatura o pH é um fator crucial para o crescimento do SCOBY, tendo em vista que o ambiente ácido formado pela fermentação cria uma barreira contra possíveis contaminantes, o pH baixo também proporciona um ambiente favorável para as bactérias formadoras da celulose.

4.8.4 TIPOS DE CHÁS

Segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 41, DE 17 DE SETEMBRO DE 2019 o chá utilizado para se fazer kombucha é o da planta *Camellia sinenses*, ele possui características que são benéficas à saúde, apresentando compostos químicos que ajudam na simbiose de leveduras e bactérias para a formação do SCOBY, bem como na fermentação do chá (BATISTA, 2019).

A concentração de cafeína que está no chá no início do processo é de suma importância para o desenvolvimento do SCOBY. Há um decréscimo em sua concentração com o decorrer da fermentação fazendo com que o conteúdo final apresente menos cafeína do que no início (MAIA, 2020). Os polifenóis da classe dos flavonoides são os responsáveis por dar as características de adstringência e amargor ao chá verde, eles são solúveis em água e também são incolores, além de representar cerca de 30% do peso seco da folha de *Camellia sinenses* (BRAIBANTE *et al.*, 2014).

A planta *Camellia sinenses* apresenta variedades, mesmo o chá preto e o chá verde sendo os mais comumente utilizados na preparação da kombucha, ela possui 6 famílias: chá verde, chá preto, chá branco, chá amarelo, chá escuro e chá oolong. Sendo a diferença entre elas a maturidade das folhas coletadas, se são jovens ou mais velhas, bem como na forma de preparo do chá (MAIA, 2020; CHÁ DÕ, 2021).

O chá verde é feito a partir das folhas verdes, elas são secadas, escaldadas e fervidas, isso ajuda a evitar a oxidação enzimáticas das catequinas e, como ele não é oxidado, também apresenta um alto nível de antioxidantes (BATISTA, 2019; CHÁ DÕ, 2021). O chá preto se apresenta com uma quantidade menor de catequina, isso acontece, pois ele é produzido a partir da oxidação aeróbica de folhas envelhecidas, possuindo de 85% a 100% de oxidação, sendo que o controle e lentidão desse processo acaba por se obter melhores resultados (BATISTA, 2019; CHÁ DÕ, 2021). O chá branco é o menos processado dos chás, possui um sabor doce por conta do murchamento das folhas, sendo rico em proteínas e possuindo uma oxidação baixa, algo em torno de 8% a 16% (CHÁ DÕ, 2021). Quanto ao chá amarelo, ele apresenta um sabor fresco e suavidade, sendo muito complexo de se produzir por quase não ter oxidação, isso acontece devido a ele ser umidificado para sofrer a oxidação e, quando se inicia, há a interrupção do processamento de oxidação. Esse processo é repetido até que se chegue no ponto desejado, isso gera um chá com uma leve oxidação tornando-o um dos mais raros e sendo feito em apenas algumas províncias da China (CHÁ DÕ, 2021). O chá escuro é fermentado e envelhecido de duas formas distintas: a lenta e a rápida; na lenta ele é envelhecido de forma natural, o que pode levar um processo de anos. Quanto ao envelhecimento rápido, ele é feito a partir do cozimento (CHÁ DÕ, 2021). O chá oolong, também conhecido como chá do Dragão Negro, por conta do formato enrolado das folhas, possui características próximas do verde e do preto e possui níveis de oxidação entre 17% a 85%. No seu processo, é feito uma agitação das folhas com o objetivo de romper as paredes celulares, ocasionado uma liberação de enzimas e em uma oxidação diferente, gerando um sabor e aromas únicos (CHÁ DÕ, 2021).

O tipo de chá é fundamental para o crescimento do SCOBY, pois apesar de haver a semelhança entre eles, os chás possuem características únicas que irão passar para o SCOBY e essas pequenas características irão influenciar de forma direta ou indireta na velocidade de formação da película. É importante ressaltar que não é viável haver a mistura de SCOBY na fermentação do chá, pois a diferença de chá pode alterar as características, como odor e cor.

4.8.5 AERAÇÃO

O oxigênio é um dos principais componentes para a fermentação da kombucha, a sua presença na reação faz com que ocorra a conversão do etanol para o ácido acético, sem essa reação o pH da bebida não iria diminuir. Ele vai ajudar no potencial redox das reações químicas do ambiente e também sendo o principal componente das bactérias aeróbias (BATISTA, 2019). O SCOBY se forma na presença de bactérias acéticas, as do gênero *Gluconacetobacter xylinus*, no qual elas formam as nanofibrilias responsáveis pela formação da película de celulose; logo, faz-se necessários recipientes com bocais grandes para haver a troca de ar com o ambiente externo, como principal componente o oxigênio. (SANTOS, 2021). A figura 9 mostra SCOBY formado em um fermentador, na figura o SCOBY adquire o diâmetro do fermentador que o mesmo está inserido.



Figura 9: SCOBY do tamanho do bocal do fermentador. Fonte: o autor.

4.8.6 TIPO DE CARBOIDRATO

A principal fonte de extração do açúcar é a cana-de-açúcar. Entretanto, o açúcar pode ser extraído de outras fontes como a beterraba, embora ela apresente um sabor mais amargo quando comparado com a cana. O açúcar cristal é o principal produto resultante do processamento da cana de açúcar, apresentando mais de 99% de sacarose e ele é utilizado na fermentação da kombucha, sendo o principal carboidrato das bactérias e leveduras (BATISTA, 2019).

Estudos apontam que na fermentação da kombucha, quando atinge valores de pH próximos ou iguais a 3, acontece uma maior produção de biomassa, em condições de 60 g de açúcar por litro de chá (SHARMAN; BHARDWAJ, 2019).

Outra fonte de carboidrato utilizada para a fermentação da kombucha é o mel, possuindo diferentes açúcares em sua composição de 2% de sacarose, 38% de glicose e 40% de frutose. Ele é uma ótima fonte de açúcar para os microrganismos e também possui outros componentes como aminoácidos, ácidos orgânicos, enzimas, minerais, proteínas, entre outros. O tipo de mel possui ampla variação, pois depende do pólen da flor que as abelhas irão polinizar. Pode ser fermentado pelos microrganismos quando adicionado em uma quantidade considerável de água, pois os açúcares presentes ficam mais disponíveis para o consumo (BATISTA, 2019). O mel possui um processo de fermentação um pouco mais rápido, pois a frutose e glicose estão mais disponíveis para o consumo da simbiose, diferente do açúcar cristal que apresenta majoritariamente a sacarose, que primeiramente vai ser hidrolisada para depois ser transformada em glicose e frutose e servir de substrato para os microrganismos. Tendo em vista essa disponibilidade que ele apresenta, a fermentação da kombucha utilizando o mel apresentar valores de pH mais baixo de forma mais rápida o que gera um aparecimento mais rápido da película de celulose durante a fermentação. (BATISTA, 2019).

O tipo de carboidrato usado é importante na etapa de formação do SCOBY, pois, a depender do tipo utilizado, a película consegue se formar mais rapidamente ou mais lentamente, mas é importante ressaltar que não é viável misturar os SCOBYS e os STARTERS (chá de arranque) de diferentes fontes de carboidratos, já que as características do tipo de açúcar de um podem ser transportadas para o outro.

4.9 Benefícios e Probióticas

A kombucha é uma bebida que consegue melhorar a saúde humana, através dos seus compostos bioativos como os compostos fenólicos, principalmente polifenóis, provenientes da folha da *Camellia sinensis*, que conseguem dar a bebida propriedades funcionais significativas. (DADA, 2021). Dentro do chá são encontrados os compostos como a vitamina C e do complexo B, os ácidos acéticos, cítrico, málico, tartárico, glucônico, glucurônico; taninos, cafeína e teofilina. (BATISTA, 2019).

A kombucha possui características antioxidantes, entretanto não se sabe com definição qual a origem certa dessa atividade, porém estudos relatam que essa atividade pode vir de um efeito de vários compostos e não apenas de um só (MAIER *et al*, 20009).

Outros estudos apontam as antocianinas como as responsáveis pelas atividades antioxidantes e destruição dos radicais livres. (SINGLETERY *et al*, 20007); entretanto, outros estudos acreditam que os polifenóis, advindos da fermentação das bactérias, juntamente com as catequinas sejam os responsáveis pelas propriedades antioxidantes da bebida, pois eles encontram-se em elevadas concentrações. (DADA, 2021).

Os antioxidantes conseguem reduzir a carga de radicais livre presentes em nosso organismo, esses mesmos radicais livres são os responsáveis por certas doenças como Parkinson, Alzheimer, pode ocasionar também envelhecimento e até mesmo obesidade (FERREIRA, 2022). A vitamina C é um dos principais compostos antioxidantes encontrados na kombucha, ele também é um dos principais responsáveis pela eliminação dos radicais livres e outras espécies que reagem com o oxigênio (VITAS *et al*, 2013)

Atualmente, uma das procuras principais de quem quer melhorar a saúde e busca um estilo de vida mais saudável é a ingestão de probióticos na sua dieta, tendo em vista que os microrganismos probióticos conseguem melhorar o sistema imune e melhorar os regulamentos do intestino, além de conseguir fazer uma regulação na flora intestinal e consequentemente melhorar a digestão (FERREIRA, 2022). Essa microbiota intestinal, quando se encontra em equilíbrio, age com uma barreira contra patógenos externos, protegendo-nos de doenças como viroses, além de fortalecer e aperfeiçoar o sistema imune (DOS SANTOS BRUSCHI, 2018).

A microbiota encontrada na kombucha, além de função probiótica, também conseguem atuar no crescimento e beneficiamento das bactérias já existentes no nosso intestino, isso graças às microcélulas que também se encontram na bebida. (KOZYROVSKA *et al*, 2014). Graças à rica quantidade de microrganismo funcionais é possível encontrar uma quantidade muito grande de ácidos orgânicos, como por exemplo o ácido acético, ácido láctico, ácido tartárico, o ácido glucônico, ácido málico, dentre outros ácidos; e aminoácidos como por exemplo a lisina. Além de ser possível encontrar também vitaminas do complexo B (B1, B2, B5, B6, B7, B9 e B12) e vitamina C; assim como enzimas, além de antioxidante e elementos fundamentais para uma boa saúde do corpo, como por exemplo, Sódio (Na), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Cálcio (Ca) (FERREIRA, 2022; JARDIM; MAYNARD 2022)

A kombucha também apresenta outros diferenciais em sua composição, como por exemplo a atividade antimicrobiana. Ela se apresenta como um pH ácido, isso já uma das principais barreiras contra microrganismo contaminantes, principalmente os patogênicos como a *Escherichia coli* e *Samonella typhi*. (FERREIRA, 2022). Microrganismos gram-

positivos e gram-negativos também não conseguem crescer no meio por conta do ácido acético e das catequinas (JAYBANALAN, 2014); outros ácidos como o ácido cítrico, ácido pirúvico e até mesmo o ácido láctico conseguem fazer uma inibição no crescimento de microrganismos invasores; outros compostos também apresentam um papel fundamental contra a proliferação de microrganismos invasores, com enzimas, proteínas, compostos fenólicos (derivados do chá), taninos e bacteriocinas. (FERREIRA, 2022). Outros estudos apresentaram resultados eficazes contra a *Staphylococcus aureus*, o que reforça a tese que metabólitos biossintetizados que se formam durante a fermentação conseguem atuar de forma significativa em outros patógenos. (MENDONÇA, 2022)

4.10 Tendências de Mercado

A população mundial está cada vez mais a procura de uma forma mais saudável de se alimentar, tendo em vista a consciência de que ter uma vida mais corrida e agitada requer uma alimentação mais natural e que possa trazer benefícios à saúde (SCHEDENFFELDT, 2024). O mercado da kombucha vem justamente para atender a essa demanda, sendo essa população mais consciente um nicho novo a buscar por essa bebida. Ela é uma boa alternativa, pois apresenta o seu aspecto funcional e de caráter probiótico, o que ajuda na melhoria e bem estar das pessoas que a consomem; ela apresenta várias características como compostos bioativos, o que gera uma gama de efeitos benéficos a saúde, isso quando ela é ingerida de forma constante (SCHEDENFFELDT, 2024; PALUDO, 2017). Em consequência dessa crescente demanda para o consumo de kombucha, o mercado tende a aumentar a padronização e o controle na hora de produção da kombucha, sendo essa demanda essencial para que as empresas possam investir cada vez mais nesse mercado (PALUDO, 2017).

De acordo com um relatório feito em 2015 pela consultoria americana *Micro Market Monitor*, mostrou que a kombucha era a bebida que mais crescia em vendas e produção no que diz respeito a alimentos funcionais, possuindo uma taxa média de crescimento de 25% anuais. De acordo com a *Kombucha Brewers International*, que é uma associação comercial sem fins lucrativos voltada para a promoção e proteção do comércio de kombucha, mostrou, também no ano de 2015, que os investimentos nesse setor ultrapassaram a marca de 700 milhões de dólares; de acordo com essa associação, a estimativa é que o mercado tenda a triplicar esse valor, atingindo a marca de 1,8 bilhões de dólares até o final da década (SANTOS, 2021).

Entretanto, ainda se tratando de números globais, o mercado de kombucha, até o ano de 2023, contava com um investimento de cerca de US\$ 2,71 bilhões o que se confirmou a expectativa de ascensão da bebida no mercado, ascensão essa que tende a se perdurar, pois a tendência é dobrar o investimento até o ano de 2028, passando assim para a casa de US\$ 4,26 bilhões (MORDOR INTELLIGENCE, 2023).

No Brasil, a produção de kombucha começou a crescer a partir do ano de 2017, com isso a Associação Brasileira de Kombucha (ABKom) foi fundada em 2018; hoje em dia, ela reúne cerca de 50 empresas que produzem a bebida, com uma produção média mensal de 2 mil a 5 mil garrafas, somando 500 mil litros por mês e gerando um faturamento de 11 milhões de reais (ABKom, 2020). A fabricação e consumo de kombucha tem-se mostrado em crescimento, tanto no Brasil quanto em escala global, isso levou ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) a elaborar e publicar a Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019, que estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para a kombucha (SANTOS, 2021).

O aumento no consumo de kombucha foi impulsionado pela substituição de bebidas carbonatadas, como por exemplo os refrigerantes, isso aconteceu, pois, parte dos consumidores desejavam reduzir ou eliminar essa opção de refrigerante das suas dietas; com isso, em busca de alternativas mais saudáveis, a kombucha se tornou uma alternativa por apresentar propriedades funcionais com benefícios à saúde. Por conta dessas propriedades benéficas, a kombucha despertou interesse entre grupos de risco e pacientes imunocomprometidos (SCHEDENFFELDT, 2024), pacientes esses que podem apresentar alguns tipos de doenças como hipertensão, colesterol alto, gases, diabetes, entre outros problemas (BARROS; FREITAS, 2020). Mesmo com um valor de mercado mais alto, os consumidores estão dispostos a comprar, pois os benefícios oferecidos pela kombucha são satisfatórios (SCHEDENFFELDT, 2024).

Devido ao alto consumo dessa bebida, as indústrias precisaram pensar em como eles podem inovar no quesito novos sabores de kombuchas, para isso um investimento forte em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) se faz necessário para a elaboração de novos sabores de kombucha, a utilização de limão, morango, abacaxi, caju, alfazema, cúrcuma dentre outros ingredientes, acaba por fazer novas variações de kombucha (MORDOR INTELLIGENCE, 2023).

No quesito escolha de sabor os consumidores mais velhos tem uma preferência para os sabores mais tradicionais e sem saborização, ou seja, há um consumo por bebidas de sabor original de chá verde e também do sabor original de chá preto; o contrário é observado

quanto ao público mais jovem, pois os mesmos preferem as kombuchas saborizadas com gengibre, limão, morango, abacaxi, café, dentre outros (BARROS; FREITAS, 2020).

Além das alternativas de saborização com alguma fruta também é possível a criação de novos sabores utilizando outros tipos de erva como por exemplo a do chá mate. Sendo necessário a utilização de proporção de 1:1 na mistura das ervas para a infusão do chá, a utilização de outra erva é uma forma de criação de um novo sabor, no caso da utilização da erva de mate é uma vantagem, pois dá a bebida novas variações de substratos e também de outras propriedades funcionais, agregando ainda mais ao mercado uma variação de sabor para outros consumidores (MORENO; STIEBE; MICHIELIN, 2021).

Outra forma de expandir o mercado com novos sabores é a utilização de outros substratos para substituir a sacarose, sendo possível a utilização de mel como uma fonte alternativa, esse substrato consegue dar um novo sabor a kombucha, além de alterar as propriedades sensoriais da mesma, com isso é mais uma tendência de mercado que objetiva outros tipos de públicos (FREITAS, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, a identificação dos microrganismos envolvidos revelou a importância da interação entre bactérias e leveduras no SCOBY. A compreensão das principais espécies presentes, como as bactérias do gênero *Acetobacter*, *Gluconobacter* e *Gluconacetobacter*, além de leveduras como as *Saccharomyces*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces* e *Zygosaccharomyces*; suas funções e como elas colaboram na formação do biofilme é fundamental para otimizar o processo fermentativo e garantir a qualidade do produto final.

A análise dos substratos utilizados na fermentação destacou a relevância dos tipos de chá e das fontes de carboidratos, evidenciando como essas variáveis influenciam a eficiência da fermentação e a qualidade da kombucha produzida. A escolha adequada dos ingredientes é vital para o sucesso do processo e para a obtenção das características desejadas na bebida. Os chás do tipo verde e do tipo preto são os mais comumente utilizados tendo em vista as suas características e também o sabor. O açúcar é outro ingrediente muito utilizado na produção de kombucha pois o mesmo é de fácil acesso no mercado.

Além disso, a avaliação das condições ambientais foi essencial para compreender fatores como temperatura sendo apresentada em um intervalo de 22°C a 30°C; disponibilidade de oxigênio, pH que pode variar entre 2,5 e 4,5, sendo o apropriado ao consumo humano acima de 3; teores de álcool e a quantidade de açúcar ou até mesmo a substituição para o mel como uma outra fonte de carboidrato, afetam o crescimento e a formação do SCOBY. Este conhecimento permite a criação de ambientes controlados que favoreçam uma fermentação mais eficiente e uma produção de kombucha de alta qualidade.

A revisão da literatura científica trouxe à tona aspectos nutricionais e funcionais da kombucha, confirmando seus benefícios potenciais para a saúde através de vitaminas e minerais além da presença de antioxidantes que ajuda na prevenção de doenças, e por fim o seu caráter antimicrobiano, o que faz com que a kombucha evite o crescimento de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella Typhi* e *Staphylococcus aureus*.

Conclui-se também que a kombucha vem ganhando destaque no mercado devido à crescente demanda por alternativas saudáveis. O mercado da bebida fermentada tem mostrado um crescimento significativo, tanto global chegando à marca de US\$ 2,71 bilhões no ano de 2023, quanto nacional, no Brasil apresentando números na marca de 11 milhões de reais mensal; isso ocasionou um aumento de investimentos e expansão na produção de kombucha. O desenvolvimento de novos sabores e inovações na produção são fatores-chave

para a expansão desse mercado, que segue atendendo tanto consumidores mais tradicionais quanto os que preferem kombuchas saborizadas. A tendência de diversificar ingredientes, como o uso de ervas e mel, reflete o potencial de mercado e a busca contínua por produtos diferenciados.

Em suma, este trabalho contribui para uma compreensão mais aprofundada dos fatores que influenciam a formação do SCOBY e a produção de kombucha, oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas e aprimoramentos na produção dessa bebida funcional.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, Regina Vasconsellos, *et al.* **Produção de celulose bacteriana a partir de diferentes substratos.** *Revista Técnico-Científica do IFSC*, 2012, 176-176.
- BARROS, Vinicius Costa; FREITAS, Adriana Crispim de. **Perfil de Consumidores de Kombucha no Brasil e no Mundo.** Convibra, Maranhão, 2020. Disponível em: <https://convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/artigo27320_4_20202443.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 41**, de 17 de setembro de 2019.
- BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes, *et al.* **A química dos chás.** *Química Nova na escola*, 2014, 36.3: 168-175.
- BRUINI, Beatriz. **Aspectos físico-químicos e microbiológicos no processo de fabricação da Kombucha.** *Revista Engenharia*, 2019, 11.1: 48-67.
- BATISTA, Maira Eloisa. **Influência dos tipos de substratos na cinética mássica de produção da película celulósica do Kombucha.** 2019. *Bachelor's Thesis*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CABRAL, Sara, *et al.* **Occurrence of FFZ genes in yeasts and correlation with fructophilic behaviour.** *Microbiology*, 2015, 161.10: 2008-2018.
- CRUM, Hannah; LAGORY, Alex. **The big book of kombucha: brewing, flavoring, and enjoying the health benefits of fermented tea.** Storey Publishing, 2016.
- DADA, Ana Paula, *et al.* **Caracterização de kombucha elaborado a partir de chá verde.** *Research, Society and Development*, 2021, 10.15: e576101522992-e576101522992.
- DA SILVA, Paula Juliana. **Celulose bacteriana de cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY).** 2023. *PhD Thesis*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- DIAS, Munique. **A oxidação dos álcoois: é quando o vinho vira vinagre!.** *blog do enem*. 25 abr. 2023. Disponível em: <<https://blogdoenem.com.br/quimica-oxidacao-alcoois/>>. Acesso em: 24 mar. 2023
- DONINI, Ígor AN *et al.* **Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana.** *Eclética Química*, v. 35, p. 165-178, 2010.
- DOS SANTOS, Nayara Barbosa, *et al.* **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DA KOMBUCHA: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA.** *Arquivos do Mudi*, 2023, 27.1: 15-28.

DOS SANTOS BRUSCHI, Jefferson; DOS SANTOS SOUSA, Rogéria Cristina; MODESTO, Karina Ribeiro. **O ressurgimento do chá de kombucha.** *Revista de Iniciação Científica e Extensão*, 2018, 1.Esp 162-168.

DUFRESNE, C.; FARNWORTH, E. **Tea, Kombucha, and health: a review.** *Food research international*, 2000, 33.6: 409-421.

FERREIRA, Grazielle, *et al.* **Os benefícios da kombucha na sociedade moderna uma revisão da literatura.** 2022. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)*. Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2022.

FREITAS, Ana Karoline Nogueira. **Efeito da adição de suco clarificado de caju nas características tecnológicas e propriedades sensoriais da kombucha.** 2022. *Trabalho de Conclusão de Curso (PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ALIMENTOS) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ*, Fortaleza, 2022.

GASPAR, Roberta Paulino Lopes. **Kombucha como alimento potencialmente psicobiótico.** 2022. *PhD Thesis*. Universidade de São Paulo.

GREENWALT, C. J.; STEINKRAUS, K. H.; LEDFORD, R. A. **Kombucha, the fermented tea: microbiology, composition, and claimed health effects.** *Journal of food protection*, 2000, 63.7: 976-981.

GULLO, Maria, *et al.* **Biotechnological production of cellulose by acetic acid bacteria: current state and perspectives.** *Applied microbiology and biotechnology*, 2018, 102: 6885-6898.

JARDIM, Laryssa Paniago; MAYNARD, Dayanne da Costa. **Os efeitos dos probióticos contidos na bebida fermentada kombucha na saúde e na microbiota intestinal.** 2022.

JAYABALAN, Rasu, *et al.* **A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus.** *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2014, 13.4: 538-550.

KAPP, Julie M.; SUMNER, Walton. **Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit.** *Annals of epidemiology*, 2019, 30: 66-70.

KAWAHATA, Miho, *et al.* **Yeast genes involved in response to lactic acid and acetic acid: acidic conditions caused by the organic acids in *Saccharomyces cerevisiae* cultures induce expression of intracellular metal metabolism genes regulated by *Aft1p*.** *FEMS yeast research*, 2006, 6.6: 924-936.

KOZYROVSKA, Natalya Oleksiyvna, *et al.* **Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology.** *Biopolymers and Cell*, 2012.

KURTZMAN, Cletus P.; FELL, Jack W.; BOEKHOUT, Teun. **Definition, classification and nomenclature of the yeasts.** In: *The yeasts*. Elsevier, 2011. p. 3-5.

LEAL, Rayrone Suelyton da Silva. **Influência da concentração de carboidrato na produção de kombucha.** 2022.

LIMA, Lais R., *et al.* **Nanocristais de celulose a partir de celulose bacteriana.** *Química Nova*, 2015, 38: 1140-1147.

LOPES, Poliana Mônica Santos, *et al.* **Acompanhamento do processo fermentativo durante a produção de Kombucha.** 2021.

MAIA, Yara Lúcia Marques, *et al.* **Kombucha: características e aspectos biológicos.** *Referências em Saúde do Centro Universitário Estácio de Goiás*, 2020, 3.01: 114-123.

MAICAS, Sergi. **The role of yeasts in fermentation processes.** *Microorganisms*, 2020, 8.8: 1142.

MAIER, Thorsten, *et al.* **Residues of grape (*Vitis vinifera L.*) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants.** *Food Chemistry*, 2009, 112.3: 551-559.

MARSH, Alan J., *et al.* **Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples.** *Food microbiology*, 2014, 38: 171-178.

MAY, Alexander, *et al.* **Kombucha: A novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem.** *PeerJ*, 2019, 7: e7565.

MCGEE, Harold. **On food and cooking: the science and lore of the kitchen.** *Simon and Schuster*, 2007.

MENDONÇA, Gislane Romano, *et al.* **Propriedades antioxidantes e efeitos antimicrobianos da Kombucha: revisão da evidência científica.** *Revista Contexto & Saúde*, 2020, 20.40: 244-251.

MORDOR INTELLIGENCE. **Tamanho do mercado de Kombucha e análise de ações: tendências e previsões de crescimento (2023 – 2028).** 2023. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/kombucha-market>>. Acesso em: 10 ago. de 2024.

MORENO, Helenita; STIEBE, Jessica; MICHIELIN, Eliane Maria Zandonai. **Kombucha: Produção, Consumo e Potencialidades, uma revisão.** *Trabalho de Conclusão de Curso* (Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos com Ênfase em Alimentos Funcionais) - Instituto Federal de Santa Catarina. 2021.

NGUYEN, Vu Tuan, *et al.* **Characterization of cellulose production by a *Gluconacetobacter xylinus* strain from Kombucha.** *Current Microbiology*, 2008, 57: 449-453.

PALUDO, Natália. **Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial.** 2017.

RODRIGUES, Fernando, *et al.* **The fate of acetic acid during glucose co-metabolism by the spoilage yeast *Zygosaccharomyces bailii*.** *PLoS One*, 2012.

RODRIGUES, Eduarda. **AValiação da produção de fermentado acético a partir de kombucha vencida proveniente da produção industrial**. 6º *Simpósio de Segurança Alimentar*, Gramado, Rio Grande do Sul, 2021.

ROSS, Peter; MAYER, Raphael; BENZIMAN, Moshe. *Cellulose biosynthesis and function in bacteria*. *Microbiological reviews*, 1991, 55.1: 35-58.

SANTOS, Alda Ernestina dos. **Jack responde: Como que o álcool pode virar cachaça?**. IFMG Com Ciência. 17 de ago. 2022. Disponível em: <[https://ciencia.bambui.ifmg.edu.br/index.php/arquivos/arquivo/agosto-2022/como-que-o- alcool-pode- virar-cachaca](https://ciencia.bambui.ifmg.edu.br/index.php/arquivos/arquivo/agosto-2022/como-que-o-alcool-pode- virar-cachaca)>. Acesso em: 24 de mar. 2024.

SANTOS, Brena Larissa Medeiros. **Estudo dos aspectos da produção da kombucha na indústria**. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, 2021.

SANTOS, Mafalda Jorge dos. **Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração**. 2016. *PhD Thesis*.

SANTOS, Nicolle Silva. **Produção de kombucha, caracterização de sua microbiota e análises físico-químicas**. 2021. 41 f., il. *Trabalho de conclusão de curso* (Bacharelado em Farmácia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SCHEDENFFELDT, Beatriz Ferrari. **Tecnologia de produção de kombucha e seus benefícios para a saúde**. 2024. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino, 2024. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/19664>>.

SHARMA, Chhavi; BHARDWAJ, Nishi K. *Biotransformation of fermented black tea into bacterial nanocellulose via symbiotic interplay of microorganisms*. *International journal of biological macromolecules*, 2019, 132: 166-177.

SILVA, Daniella Pereira da. **Influência de substratos alternativos na fermentação de kombuchá para obtenção de membrana celulósica**. 2022. *Master's Thesis*. Universidade Federal de Pernambuco.

SIMÕES, Thiago. **Guia completo: Como fazer kombucha em casa - Receita passo a passo**. *CURUMIM Kombucha*, Rio de Janeiro, 20 de abr. de 2021. Disponível em: <<https://www.curumimkombucha.com.br/post/como-fazer-sua-kombucha-em-casa#:~:text=Esse%C3%A9%20o%20segredo%20por,in%C3%ADcio%20ao%20processo%20de%20fermenta%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 03 de mar. de 2024.

SINGLETERY, Keith W.; JUNG, Kwan-Jae; GIUSTI, Monica. *Anthocyanin-rich grape extract blocks breast cell DNA damage*. *Journal of medicinal food*, 2007, 10.2: 244-251.

SUHRE, Tais. **Kombuchas produzidas e comercializadas no Brasil: características físico-químicas e composição microbiana**. 2020.

TEIXEIRA, Daniel de Azevedo. **Microbiologia básica**. Minas Gerais: NICE, 2020.

TEOH, Ai Leng; HEARD, Gillian; COX, Julian. **Yeast ecology of Kombucha fermentation**. *International journal of food microbiology*, 2004, 95.2: 119-126.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Biblioteca Universitária, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2019/10/guia-de-citacao-06.10.2019.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2024.

VIEIRA, Denise Cristina Moretti. **Produção de biofilme (membrana de biocelulose) por Gluconacetobacter xylinus em meio de resíduos de frutas e folhas de chá verde**. 2013. *PhD Thesis*. Universidade de São Paulo.

VILLARREAL-SOTO, Silvia Alejandra, *et al.* **Understanding kombucha tea fermentation: a review**. *Journal of food science*, 2018, 83.3: 580-588.

VITAS, Jasmina S., *et al.* **The antioxidant activity of kombucha fermented milk products with stinging nettle and winter savory**. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, 2013, 19.1: 129-139.

ABKOM - Associação Brasileira de Kombucha. 2020. Disponível em: <<https://abkom.org.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ÁCIDO PERACÉTICO. QUÍMICA AVANZI. Disponível em: <<https://avanziquimica.com.br/acido-peracetico/>>. Acesso em: 15 mai. 2024

Como Fazer Kombucha em Casa: Receita Base. *Mai Kombucha*. 19 out. 2021. Disponível em: <<https://maikombucha.pt/blogs/news/como-fazer-kombucha>>. Acesso em: 21 mar. 2023

Quais são os tipos de chá? 6 famílias diferentes. *Chá Dō*, 2021. Disponível em: <<https://chado.com.br/quais-sao-as-familias-do-cha-seis-familias-diferentes/>>. Acesso em: 28 abr 2024.