



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Faculdade de Engenharia Química  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos



**LETÍCIA MARIA DE MELO**

**ESTUDO DA KOMBUCHA E SCOPY: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA, DE PERFIL  
NUTRICIONAL E OBTENÇÃO DE PELÍCULA POR DESIDRATAÇÃO**

**Patos de Minas - MG**  
**2024**

**LETÍCIA MARIA DE MELO**

**ESTUDO DA KOMBUCHA E SCOBY: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA, DE  
PERFIL NUTRICIONAL E OBTENÇÃO DE PELÍCULA POR  
DESIDRATAÇÃO**

Defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Dr<sup>a</sup> Marieli de Lima

Coorientador(a): Dr<sup>a</sup> Vivian Consuelo  
Reolon Schmidt

**Patos de Minas - MG  
2024**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M528  
2024

Melo, Letícia Maria de, 1992-  
Estudo da kombucha e SCOBY: Análise bibliométrica, de  
perfil nutricional e obtenção de película por  
desidratação [recurso eletrônico] / Letícia Maria de  
Melo. - 2024.

Orientador: Marieli de Lima.

Coorientador: Vivian Consuelo Reolon Schmidt.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.48>

Inclui bibliografia.

1. Alimentos - Indústria. I. Lima, Marieli de, 1985-,  
(Orient.). II. Schmidt, Vivian Consuelo Reolon, 1980-,  
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.  
Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.

CDU: 664

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia de Alimentos				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico n. 7/2024 - PPGEA				
Data:	Vinte e oito de fevereiro de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:10
Matrícula do Discente:	42212EAL010				
Nome do Discente:	Letícia Maria de Melo				
Título do Trabalho:	Estudo da kombucha e SCOBY: análise bibliométrica, de perfil nutricional e obtenção de película por desidratação				
Área de concentração:	Engenharia de Alimentos				
Linha de pesquisa:	Processos Biotecnológicos				

Reúne-se por webconferência (RNP) a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, assim composta: Marieli de Lima (Presidente - Orientadora), Marta Fernanda Zotarelli (Membro UFU) e Wiaslan Figueiredo Martins (Membro Externo).

Iniciando os trabalhos, a presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e a discente, agradeceu a participação do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da mesma se deu em conformidade às normas do Programa.

A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir a discente. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos legais, a Banca Examinadora, em sessão reservada, atribuiu o conceito final, considerando a discente:

Aprovada.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico integra os requisitos à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme será assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marieli de Lima, Presidente**, em 28/02/2024, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marta Fernanda Zotarelli, Membro de Comissão**, em 28/02/2024, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wiaslan Figueiredo Martins, Usuário Externo**, em 28/02/2024, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5153777** e o código CRC **9F6EF963**.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para o sucesso deste trabalho de pesquisa! Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus, cuja graça e orientação foram fundamentais ao longo desta jornada de pesquisa e aprendizado. Sua presença constante me fortaleceu nos momentos de dúvida e me deu confiança para enfrentar os desafios que surgiram durante a realização deste mestrado.

Ao meu noivo, Leandro Fukuda, agradeço por ser meu pilar de apoio, por seu amor incondicional, compreensão e encorajamento constante. Seu apoio foi fundamental durante este período desafiador. À minha família, especialmente meus pais (Ronaldo e Vani), meus irmãos (Gustavo e Guilherme), e meus amigos, meu mais profundo agradecimento pelo apoio inabalável, amor e incentivo ao longo desses 3 anos. Reconheço que o apoio e encorajamento fornecido por vocês durante esta jornada acadêmica foram essenciais.

Gostaria de agradecer à minha orientadora Marieli de Lima, pela orientação constante, paciência, apoio e *insights* valiosos ao longo destes anos. À minha coorientadora, Vivian Consuelo Reolon Schmidt, por sua orientação e contribuições ao longo deste processo de pesquisa. Também desejo estender meus agradecimentos aos membros da banca examinadora por dedicarem seu tempo e expertise para avaliar meu trabalho. Este trabalho não teria sido realizado sem o apoio e contribuições de todos vocês. Muito obrigado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

Kombucha é uma bebida milenar, tradicionalmente obtida pela fermentação do chá preto adoçado a partir do metabolismo da *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts* (SCOBY). Ao término da fermentação, dois produtos de interesse para a indústria são originados: a bebida com alto interesse comercial devido sua composição nutricional e o SCOBY rico em nutrientes e com potencial aplicação em diversas áreas. O objetivo deste trabalho foi realizar dois capítulos de revisão da literatura, sobre a Kombucha e SCOBY, abrangendo panorama histórico e perspectivas atuais, visão geral do perfil nutricional, aspectos sensoriais e potencial pós-biótico, bem como desenvolver um biofilme comestível, incorporado de SCOBY com polpa de maracujá sem sementes, empregando diferentes métodos de secagem (liofilização, secagem convectiva- SC e *Cast tape drying*- CTD) e analisar a influência da temperatura e espessura do material. Conforme evidenciado no capítulo 1, os primeiros registros sobre Kombucha ocorreram desde 1928, mas um aumento expressivo ocorreu nos últimos dez anos. Através do mapa de ocorrência de palavras-chaves utilizando kombucha, percebeu-se a associação de kombucha com alimentação funcional e atividades antioxidante e antimicrobiana, ratificando seu potencial nutracêutico. O termo SCOBY, por outro lado, foi caracterizado como um campo de pesquisa mais recente e associado à produção de celulose bacteriana (CB). No segundo capítulo, foram abordadas as características nutricionais da kombucha. Quanto ao teor de macronutrientes, a bebida é composta principalmente por carboidratos (sacarose, glicose e frutose), apresenta baixa concentração de proteínas e ausência de lipídeos. Enquanto o SCOBY é composto por carboidratos (fibras provenientes da CB), proteínas e lipídeos, estes últimos podem ser resultado da presença das células microbianas que compõem o SCOBY. Além disso, os produtos contêm uma vasta variedade de vitaminas (vitamina C e do complexo B), minerais (ferro, zinco, magnésio), compostos fenólicos, flavonoides e ácidos orgânicos com destaque para o ácido acético, glucônico e glucurônico. Ademais, revela ser um produto com potencial pós-biótico, por conter compostos como enzimas, ácidos graxos de cadeia curta, vitaminas e minerais, ácido D-sacárico1,4-lactona (DSL), ácidos orgânicos e celulose bacteriana. O terceiro capítulo demonstrou que as melhores condições de secagem do biofilme de SCOBY com maracujá, no CTD foi de 75 °C e 4 mm, sendo que nessa condição a umidade reduziu para 0,186 (b.s) após 90 minutos. Em contraste, para a secagem convectiva (65 °C e 4 mm), a umidade atingiu 0,18 (b.s) com um tempo de processo de 300 minutos. O biofilme é composto por carboidratos (3,87%), cinzas (0,82 %), fibra bruta (0,75%), com menores concentrações de lipídeos (0,52 %) e proteínas (0,43 %), além de compostos bioativos como fenólicos (8145,51 a 12355,95 mg GAE/g) e flavonoides (13,96 a 165,55 mg rutina/100g). Em síntese, os resultados indicam que o SCOBY excedente da kombucha, empregado como matéria-prima para a produção de um biofilme comestível por meio da SC e CTD, é uma alternativa promissora para o reaproveitamento deste resíduo da kombucha.

**Palavras-chaves:** Biofilme comestível, *Cast tape drying*, Celulose bacteriana, Compostos fenólicos, Pós-bióticos, Secagem convectiva.

## ABSTRACT

Kombucha is an ancient drink, traditionally obtained by fermenting sweetened black tea from the metabolism of Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). At the end of fermentation, two products of interest to the industry are created: the drink with high commercial interest due to its nutritional composition and the SCOBY rich in nutrients and with potential application in several areas. The objective of this work was to carry out two chapters of literature review, on Kombucha and SCOBY, covering a historical overview and current perspectives, an overview of the nutritional profile, sensory aspects and post-biotic potential, as well as developing an edible biofilm, incorporated with SCOBY. with seedless passion fruit pulp, using different drying methods (lyophilization, convective drying- SC and Cast tape drying- CTD) and analyzing the influence of temperature and material thickness. As evidenced in chapter 1, the first records of Kombucha occurred since 1928, but a significant increase has occurred in the last ten years. Through the map of occurrence of keywords using kombucha, the association of kombucha with functional nutrition and antioxidant and antimicrobial activities was noticed, confirming its nutraceutical potential. The term SCOBY, on the other hand, was characterized as a more recent field of research and associated with the production of bacterial cellulose (BC). In the second chapter, the nutritional characteristics of kombucha were discussed. Regarding the macronutrient content, the drink is mainly composed of carbohydrates (sucrose, glucose and fructose), has a low concentration of proteins and no lipids. While the SCOBY is composed of carbohydrates (fibers from CB), proteins and lipids, the latter may be the result of the presence of microbial cells that make up the SCOBY. Furthermore, the products contain a wide variety of vitamins (vitamin C and B complex), minerals (iron, zinc, magnesium), phenolic compounds, flavonoids and organic acids, with emphasis on acetic, gluconic and glucuronic acid. Furthermore, it reveals to be a product with post-biotic potential, as it contains compounds such as enzymes, short-chain fatty acids, vitamins and minerals, D-saccharic acid 1,4-lactone (DSL), organic acids and bacterial cellulose. The third chapter demonstrated that the best drying conditions for the SCOBY biofilm with passion fruit in the CTD was 75 °C and 4 mm, and in this condition the humidity reduced to 0.186 (b.s) after 90 minutes. In contrast, for convective drying (65 °C and 4 mm), the humidity reached 0.18 (b.s) with a process time of 300 minutes. The biofilm is composed of carbohydrates (3.87%), ash (0.82%), crude fiber (0.75%), with lower concentrations of lipids (0.52%) and proteins (0.43%), in addition to bioactive compounds such as phenolics (8145.51 to 12355.95 mg GAE/g) and flavonoids (13.96 to 165.55 mg rutin/100g). In summary, the results indicate that the surplus SCOBY from kombucha, used as raw material for the production of an edible biofilm through SC and CTD, is a promising alternative for the reuse of this kombucha residue.

**Keywords:** Edible biofilm, Cast tape drying, Bacterial cellulose, Phenolic compounds, Postbiotics, Convective drying.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Passos metodológicos para a análise bibliométrica.

Figura 1.2 – Distribuição dos artigos relacionados à Kombucha por área de pesquisa e número médio de artigos por período.

Figura 1.3 – Mapa de palavras-chave mais citadas no campo de pesquisa kombucha.

Figura 1.4 – Mapa de palavras-chave mais citadas no campo de pesquisa SCOBY.

Figura 1.5 – Países com maior número de publicações sobre kombucha no período de 1928 a 2022.

Figura 2.1- Compostos presentes no kombucha/SCOBY com potencial pós-biótico.

Figura 3.1- Representação esquemática do processo de obtenção e secagem da amostra.

Figura 3.2- Equipamento *cast-tape drying* (CTD) utilizado nos experimentos.

Figura 3.3- Fotografia dos biofilmes submetidos a liofilização.

Figura 3.4- Superfície de resposta para os parâmetros de umidade b.s (a), espessura final (b), L\* (c), a\* (d), b\* (e) e  $\Delta E$  (f) dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem convectiva.

Figura 3.5- Fotografia dos biofilmes submetidos a secagem convectiva.

Figura 3.6- Superfície de resposta para os parâmetros de umidade b.s (a), espessura final (b), L\* (c), a\* (d), b\* (e) e  $\Delta E$  (f) dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem por CTD.

Figura 3.7- Fotografia dos biofilmes submetidos a secagem por CTD.

Figura 3.8- Curvas de secagem dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem por CTD (a, b e c) e secagem convectiva (d, e e f).

Figura 3.9- Representação gráfica da curva de secagem do biofilme de SCOBY com maracujá via CTD na temperatura de 75 °C nas espessuras de 3 mm, 4 mm e 5 mm.

Figura 3.10- Representação gráfica da curva de secagem do biofilme de SCOBY com maracujá via secagem convectiva na temperatura de 65 °C nas espessuras de 3 mm, 4 mm e 5 mm.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Composição centesimal do SCOBY.

Tabela 2.2- Perfil dos ácidos orgânicos presentes na kombucha e as condições de fermentação associada.

Tabela 3.1- Fatores experimentais codificados e reais para secagem em *cast-tape* e secagem convectiva do biofilme de SCOBY com maracujá.

Tabela 3.2- Modelos da literatura para cinética de secagem.

Tabela 3.3 – Umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$  dos biofilmes obtidos em diferentes condições de secagem por SC conforme condições do PCC 3<sup>2</sup> ortogonal.

Tabela 3.4- Modelo matemático com as variáveis para SC.

Tabela 3.5 – Umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$  dos biofilmes obtidos em diferentes condições de secagem por CTD conforme condições do PCC 3<sup>2</sup> ortogonal.

Tabela 3.6- Modelo matemático com as variáveis para secagem por CTD.

Tabela 3.7 – Parâmetros obtidos pelo modelo de Page (1949), Overhults et al. (1973) e Lewis (1921) para SC.

Tabela 3.8 – Parâmetros obtidos pelo modelo de Page (1949), Overhults et al. (1973) e Lewis (1921) para CTD.

Tabela 3.9 – Resultados obtidos do planejamento 2<sup>3</sup> para os parâmetros umidade (b.s), espessura final, cor (L\*, a\* e b\*) e  $\Delta E$ .

Tabela 3.10- Composição centesimal do biofilme de SCOBY com adição de maracujá, em comparação com SCOBY puro e maracujá isolado.

Tabela 3.11- Teores de compostos fenólicos totais e conteúdo total de flavonoides da amostra *in natura* (purê de SCOBY com maracujá) e do biofilme de SCOBY com maracujá submetido a SC e CTD.

Tabela 3.12- Atividade de água da amostra *in natura* e do biofilme de SCOBY com maracujá submetido a SC e CTD.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: PANORAMA HISTÓRICO E PERSPECTIVAS ATUAIS PARA KOMBUCHA E SCOPY: REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	13
1.1 INTRODUÇÃO .....	13
1.2 METODOLOGIA .....	14
1.3 EVOLUÇÃO DAS PUBLICAÇÕES E ÁREAS DE CONHECIMENTOS ENVOLVIDAS .....	16
1.4 CAMPO DE PESQUISA E PALAVRAS-CHAVES NOS ESTUDOS DA KOMBUCHA E SCOPY 17	
1.5 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA KOMBUCHA NO MUNDO .....	24
1.6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS .....	28
CAPÍTULO 2: KOMBUCHA E SCOPY: UMA VISÃO GERAL DO PERFIL NUTRICIONAL, ASPECTOS SENSORIAIS E POTENCIAL PÓS-BIÓTICO .....	41
2.1 INTRODUÇÃO .....	41
2.2 PERFIL NUTRICIONAL DA KOMBUCHA E SCOPY .....	42
2.2.1. Macronutrientes na Kombucha .....	43
2.2.2 Macronutrientes no SCOPY .....	45
2.2.3. Micronutrientes na Kombucha .....	47
2.2.4. Micronutrientes no SCOPY .....	49
2.2.5. Compostos fenólicos .....	49
2.2.6. Ácidos orgânicos .....	52
2.3 PERFIL SENSORIAL DA KOMBUCHA .....	57
2.4 POTENCIAL PÓS-BIÓTICO .....	59
2.5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS .....	65
CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES À BASE DE CULTURA SIMBIÓTICA DA KOMBUCHA (SCOPY) COM MARACUJÁ POR DESIDRATAÇÃO	80
3.1 INTRODUÇÃO .....	80
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	82
3.2.1 Purê de SCOPY com maracujá .....	82
Fonte: os autores (2024) .....	83
3.2.2 Delineamento experimental para os processos de secagem .....	83
3.2.3 Secagem por liofilização .....	85
3.2.4 Secagem convectiva (SC) .....	85
3.2.5 Secagem por <i>cast-tape drying</i> (CTD) .....	85
3.2.6 Estudo cinético dos métodos da secagem convectiva e por <i>cast-tape drying</i> .....	86

3.2.7 Avaliação das propriedades físicas dos biofilmes à base do SCOBY e polpa de maracujá	87
3.2.7.1 Cor instrumental .....	87
3.2.7.2 Espessura dos biofilmes .....	87
3.2.7.3 Composição centesimal .....	88
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	91
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	91
3.4.1.1- Secagem por liofilização .....	91
3.4.1.2 Secagem convectiva .....	92
3.4.1.3 Secagem por CTD .....	97
3.4.1.4 Umidade dos biofilmes de SCOBY com maracujá .....	102
3.4.1.5- Cinética de secagem .....	106
3.4.2 Comparação entre os métodos de secagem (SC X CTD) .....	109
3.4.3- Caracterização físico-química dos biofilmes de SCOBY com maracujá .....	113
3.4.3.1 Composição centesimal do biofilme de SCOBY com maracujá .....	113
3.4.3.2 Teor de compostos fenólicos totais (CFT) e conteúdo total de flavonoides (CTF) do biofilme de SCOBY com maracujá .....	114
3.4.3.3 Atividade de água do biofilme de SCOBY com maracujá .....	116
3.5 CONCLUSÃO .....	117

## ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Artigo de revisão. Neste capítulo, será apresentado um artigo de revisão centrado nos tópicos da Kombucha e SCOBY, realizado mediante uma abordagem bibliométrica. Por meio dessa análise, foram traçadas as tendências da evolução das publicações científicas, estudadas as palavras chaves mais recorrentes, e mapeado o campo de pesquisa global.
- Capítulo 2 – Artigo de revisão. Neste capítulo, será apresentado um artigo de revisão, com foco no perfil nutricional, aspectos sensoriais e o potencial pós-biótico da bebida Kombucha.
- Capítulo 3 – Artigo de pesquisa. Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento de biofilmes à base de cultura simbiótica da kombucha (SCOBY) com maracujá por processos de desidratação. Para isso, foram propostos diferentes métodos de secagem com variação de espessura e temperatura na produção de biofilmes comestíveis à base de SCOBY e polpa de maracujá, a fim de obter as melhores condições de secagem e comparar as características físico-químicas dos produtos obtidos.

## PANORAMA HISTÓRICO E PERSPECTIVAS ATUAIS PARA KOMBUCHA E SCOBY: REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

### RESUMO

Kombucha é uma bebida obtida a partir do chá preto adoçado e fermentado por uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (Symbiotic culture of bacteria and yeasts-SCOBY). A popularidade crescente dessa bebida vem sendo associada a propriedades nutracêuticas. Este trabalho objetivou investigar os avanços científicos associados a Kombucha e ao SCOBY por meio de uma revisão bibliográfica e bibliométrica. Foram realizadas buscas de artigos científicos indexados na plataforma *Web of Science* com restrição temporal até outubro de 2023 e posterior análise de dados pelo software *VOSviewer*. Constatou-se que os registros sobre Kombucha ocorrem desde 1928, mas um aumento expressivo ocorreu nos últimos dez anos. Através do mapa de ocorrência de palavras-chaves utilizando kombucha, percebeu-se a associação de kombucha com alimentação funcional e atividades antioxidante e antimicrobiana, ratificando seu potencial nutracêutico. O termo SCOBY, por outro lado, foi caracterizado como um campo de pesquisa mais recente e associado à produção de celulose bacteriana, material com aplicação nas áreas de alimentos, eletrônicos, cosméticos e biomédicos. SCOBY e Kombucha, portanto, foram evidenciados como produtos da indústria de alimentos que representam mundialmente interesse científico e de mercado devido às suas potencialidades, que ainda não foram completamente elucidadas.

**Palavras-chave:** Análise bibliométrica, Atividade antioxidante, Antimicrobiana, Celulose bacteriana, Compostos fenólicos e Fermentação.

## **HISTORICAL OVERVIEW AND CURRENT PERSPECTIVES FOR KOMBUCHA AND SCOBY: LITERATURE REVIEW AND BIBLIOMETRIC ANALYSIS**

### **ABSTRACT**

Kombucha is a drink obtained from sweetened black tea and fermented by a symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). The growing popularity of this drink has been associated with nutraceutical properties. This work aimed to investigate the scientific advances associated with Kombucha and SCOBY through a bibliographic and bibliometric review. Searches were carried out for scientific articles indexed on the Web of Science platform with a time restriction until October 2023 and subsequent data analysis using the VOSviewer software. It was found that records about Kombucha have been occurring since 1928, but a significant increase has occurred in the last ten years. Through the Keywords occurrence map, the association of kombucha with functional nutrition and antioxidant and antimicrobial activities was noticed, confirming its nutraceutical potential. The term SCOBY, on the other hand, was characterized as a more recent field of research and associated with the production of bacterial cellulose, a material with applications in the areas of food, electronics, cosmetics and biomedical. SCOBY and Kombucha, therefore, were highlighted as products from the food industry that represent worldwide scientific and market interest due to their potential, which has not yet been completely elucidated.

**Keywords:** Antioxidant activity, Antimicrobial, Bacterial cellulose, Phenolic compounds and Fermentation.

# **CAPÍTULO 1: PANORAMA HISTÓRICO E PERSPECTIVAS ATUAIS PARA KOMBUCHA E SCOBY: REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

## **1.1 INTRODUÇÃO**

Kombucha é uma bebida milenar, tradicionalmente obtida pela fermentação do chá preto adoçado a partir do metabolismo da Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY) (BHATTACHARYA et al., 2018). Recentemente, tanto no setor de bebidas quanto na literatura científica, essa bebida tem ganhado destaque. De fato, o crescente interesse em uma dieta saudável e um envelhecimento ativo têm impulsionado a popularidade de alimentos fermentados, como a kombucha (CARDOSO et al., 2020). Aliado a isso, a kombucha emerge como opção promissora para substituir os refrigerantes por ser também uma bebida carbonatada mas com baixo teor calórico (BARAKAT et al., 2022), levando a uma notável expansão do mercado global de kombucha, estimado em US\$ 3,5 a US\$ 5 bilhões até 2025 (KIM; ADHIKARI, 2020). Atualmente, existem mais de 200 variedades distintas desta bebida disponíveis em todo o mundo (ANTOLAK; PIECHOTA; KUCHARSKA, 2021).

A fermentação é uma tecnologia de conservação de alimentos que pode proporcionar o aumento do valor nutricional e da digestibilidade dos alimentos. Além disso, pode contribuir para a produção de metabólitos ativos benéficos à saúde o que valoriza mais ainda sua aplicação (AYED; BEN ABID; HAMDI, 2017).

Em relação à kombucha, a popularidade dessa bebida fermentada tem sido relacionada a diversos efeitos à saúde humana, como potencial antimicrobiano (CARDOSO et al., 2020), anticarcinogênico (VILLARREAL-SOTO et al., 2019), anti-inflamatório (VÁZQUEZ-CABRAL et al., 2017), antioxidante (VITAS et al., 2018), in vivo anti-hiperglicêmico (GAMBOA-GÓMEZ et al., 2017), entre outros. Esses efeitos estão associados a uma composição diversa, derivado da presença de ácidos orgânicos, como acético, glucônico, glucurônico, málico, tartárico, pirúvico, cítrico e láctico, bem como açúcares como frutose, glicose e sacarose. Além disso, a kombucha tem sido apontada como uma fonte em potencial de vitaminas (B1, B2, B6, B12 e C), aminas biogênicas, aminoácidos, purinas, lipídios, algumas enzimas hidrolíticas, etanol, ânions, minerais, dióxido de carbono e ácido D-sacárico (DSL) (FREITAS; SOUSA; WURLITZER, 2022; SOARES; LIMA; SCHMIDT, 2021).

Os efeitos profiláticos e as características terapêuticas das bebidas kombucha, juntamente com a necessidade de valorizar os subprodutos da indústria, tem mostrado em vários estudos a capacidade de modular as características da kombucha conforme as necessidades requeridas da população (BARAKAT et al., 2022). Nesse viés, o dinamismo na ascensão desse setor pode levar ao desenvolvimento de novos produtos, indo além do conceito nutricional. Para mais avanços, a comunidade científica tem buscado identificar os fatores-chave que afetam as atividades biológicas da Kombucha e como as modificações na composição do substrato podem influenciar a fermentação, bem como as condições ideais de condução do processo fermentativo como temperatura, tempo, proporção de SCOBY/substrato (NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017a) e, por consequência, os benefícios à saúde dos produtos finais comerciais.

Até a última década, o interesse era voltado apenas para o consumo da bebida fermentada, e o SCOBY era usado apenas para iniciar outro lote de fermentação. No entanto, esse material tem sido tratado recentemente como um biomaterial valioso para utilização, particularmente pela presença de celulose bacteriana (CB) em sua constituição (BELL et al., 2023). A celulose bacteriana contida no SCOBY possui fibrilas mais finas e não ramificadas quando comparada à celulose vegetal, o que possibilita alta área superficial, maior absorção de água e melhor resistência mecânica no estado úmido. Além disso, a alta cristalinidade, biocompatibilidade, não toxicidade, alta porosidade caracterizam esse biopolímero como promissor para diversas aplicações, como em biomateriais, bioenergia, fortificação de alimentos e embalagens (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021).

Diante do potencial tecnológico e dos estudos que apontam aos benefícios desse alimento para a saúde, objetivou-se caracterizar o contexto científico em torno da kombucha e SCOBY. Para isso, buscou-se verificar a evolução histórica do conhecimento associado a esses produtos, identificando as temáticas atuais e de prospecção futura que vêm sendo desenvolvidas no meio científico para a elucidação das propriedades da bebida e possíveis aplicações do SCOBY.

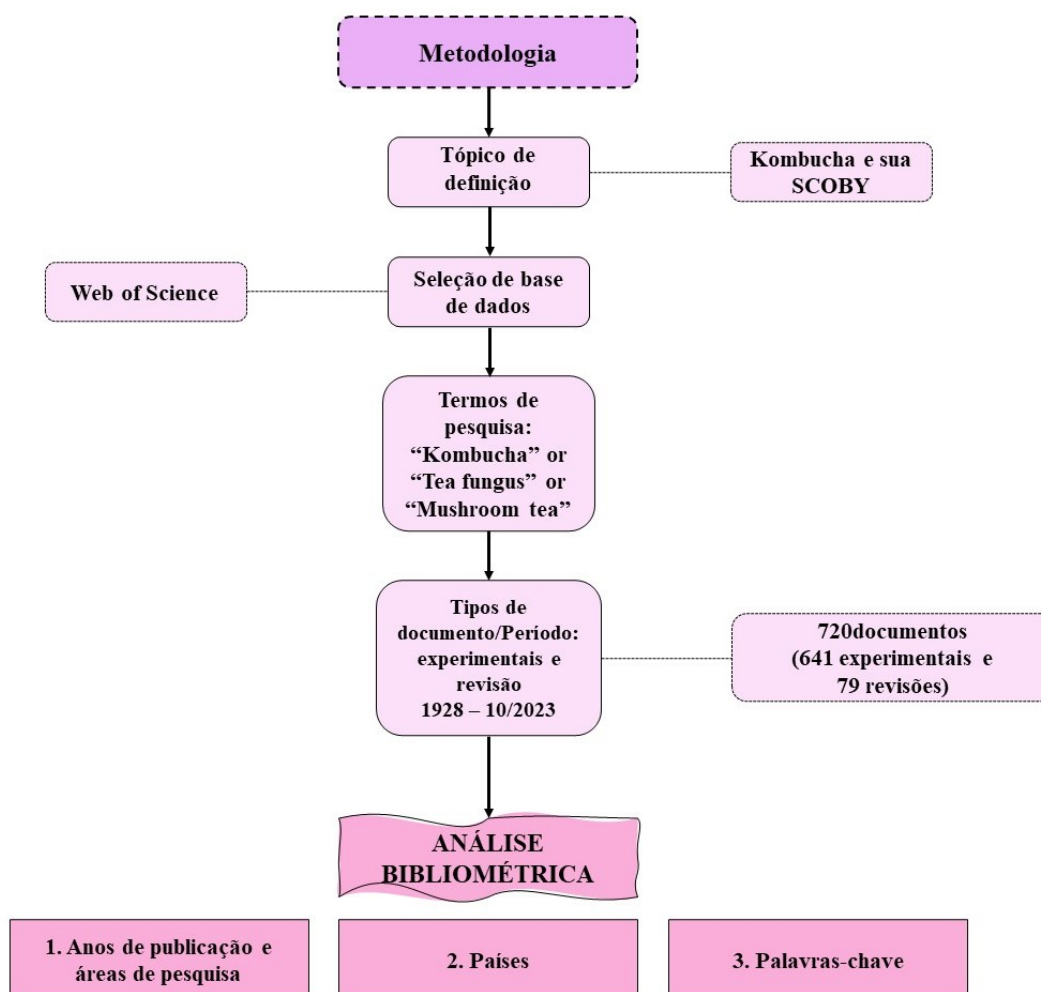
## 1.2 METODOLOGIA

A coleta de dados foi baseada em publicações científicas indexadas no banco de dados *Web of Science Core Collection (WOS)*. A busca foi realizada na seção “pesquisa avançada”, combinando as palavras de busca: “Kombucha” OR “Tea fungus” OR “Mushroom tea”. Os termos de busca foram inseridos no campo de tópico do *Web of*

*Science*, que realiza a busca por títulos, resumos, palavras-chave e palavras-chave mais. Não foram adotados critérios de exclusão para a realização dessa pesquisa. Na etapa seguinte, a busca foi realizada pela primeira vez sem restrições de data, incluindo todos os artigos publicados até o ano da busca (1928- 2023 - Outubro). Apenas artigos experimentais e estudos de revisão foram incluídos nas buscas. A busca não se restringiu a nenhum idioma específico. A partir daí, foram identificados 720 documentos. Por fim, o conjunto de dados obtido foi exportado e analisado no software bibliométrico *VOsViewer*.

As etapas da estratégia de busca e seleção dos estudos para análise bibliométrica são sintetizados na Figura 1.1.

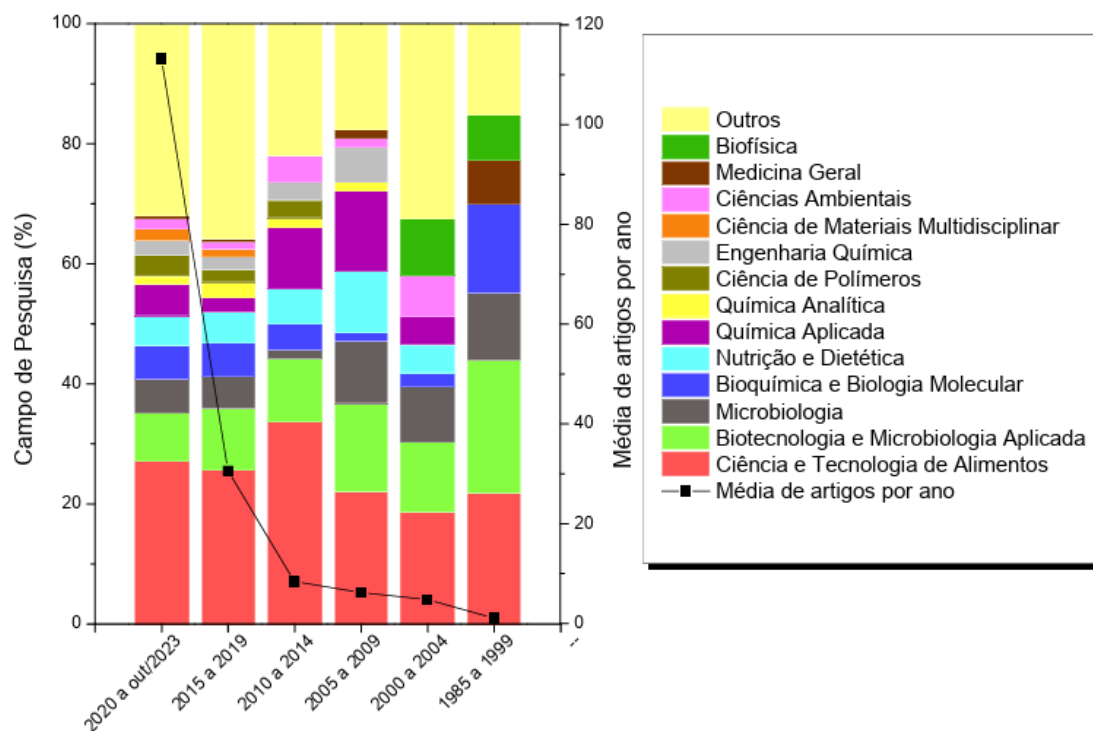
Figura 1.1 – Passos metodológicos para a análise bibliométrica.



### 1.3 EVOLUÇÃO DAS PUBLICAÇÕES E ÁREAS DE CONHECIMENTOS ENVOLVIDAS

Os primeiros relatos indexados na base de dados *Web of Science* em relação ao termo ‘kombucha’ ocorreram nos anos de 1928 e 1929. O objetivo dos autores era associar farmacologicamente os benefícios empíricos relatados pela população com a composição da bebida (HERMANN; WOCHENSCHRIFT, 1929). Embora esses relatos tenham despertado o interesse da comunidade científica, a publicação seguinte ocorreu apenas 16 anos depois, em 1945, o que pode estar relacionado à escassez de itens básicos para fabricação da bebida, como açúcar e chás, em decorrência do período ser marcado pelas guerras mundiais (JAYABALAN et al., 2014; SOARES; LIMA; SCHMIDT, 2021). Homburger and Reed (1945) observaram que a administração oral da kombucha não protegeu ratos contra a intoxicação por vitamina D em nenhuma dosagem quando administrado de forma isócrona. Em seguida, as investigações referentes à kombucha foram escassas durante 40 anos, em que foram publicados trabalhos que identificaram moléculas com capacidade bioativa na bebida. A partir daí, ocorreu uma maior frequência de publicações, com média de 1,1 artigos publicados por ano até 1999 (Figura 1.2). Recentemente, houve um aumento da média de publicações anuais, com um crescimento acelerado principalmente a partir de 2015, alcançando 113,25 publicações por ano de 2020 a outubro de 2023.

Figura 1.2 – Distribuição dos artigos relacionados à Kombucha por área de pesquisa e número médio de artigos por período.



De 1985 a 1999, “Microbiologia aplicada a biotecnologia” foi o campo de pesquisa com maior ocorrência (22,2 %), com artigos associados aos microrganismos presentes e seus respectivos metabólitos. Durante esse período, maior atenção foi dada à caracterização da kombucha em termos de compostos e microrganismos. O campo de pesquisa “Ciência e Tecnologia de Alimentos” aparece como a segunda temática mais relevante (21,7 %) de 1985 a 1999, tornando-se a área temática com maior ocorrência até outubro de 2023. Apesar disso, nos anos mais recentes houve uma redução no percentual correspondente a “Ciência e Tecnologia de Alimentos” em comparação com o período de 2010 a 2014. Isso acontece por consequência da maior diversificação de campos de pesquisa associadas à kombucha, aumentando a distribuição de ocorrências por temática.

#### 1.4 CAMPO DE PESQUISA E PALAVRAS-CHAVES NOS ESTUDOS DA KOMBUCHA E SCOBY

O conjunto de dados bibliográficos foi analisado em outubro de 2023 com o software *VOSviewer*. Então, foi criado o mapa baseado nas palavras-chaves mais frequentes e suas respectivas conexões na temática sobre kombucha. Na Figura 1.3 estão apresentadas as 39 palavras-chaves pesquisadas com mais frequência no campo. O tamanho dos círculos apresentados no mapa está correlacionado à ocorrência de cada palavra, enquanto as conexões indicam temáticas que ocorrem de forma simultânea. As



na kombucha seja observada principalmente entre leveduras e bactérias acéticas, no kefir ocorre com prevalência de leveduras e bactérias lácticas (NGUYEN et al., 2015; YANG et al., 2010). As similaridades entre as bebidas têm incentivado pesquisas que buscam aprimorar suas propriedades funcionais, como no estudo de Nguyen et al. (2015), que visaram melhorar as propriedades funcionais da bebida Kombucha a partir do isolamento de estirpes de *Lactobacillus* presentes no kefir, cultivando-as em chá preto adoçado.

Durante os anos de 2016 a 2019, um novo direcionamento nas pesquisas está voltado às propriedades funcionais da bebida kombucha. Palavras-chave como atividade antioxidante, estresse oxidativo, compostos fenólicos, atividade antimicrobiana e ácido glucurônico demonstram o interesse da comunidade científica em entender o impacto da fermentação e do processo sobre os compostos e funcionalidades da bebida. Fato que pode ser observado pela incidência de palavras-chave, como antioxidantes, estresse oxidativo, compostos fenólicos, propriedades antimicrobianas e ácido glucurônico, demonstrando o interesse da comunidade científica em compreender o efeito da fermentação na composição e nas características funcionais da bebida.

A análise bibliométrica das palavras-chave revelou a importância das propriedades e compostos presentes na bebida para a indústria de alimentos, demonstrando relevante potencial pelo uso, uma vez que aparecem palavras como atividade antioxidante e antimicrobiana, podendo atribuir alegação de bebida funcional ao produto. Essas propriedades estão relacionadas principalmente aos grupos químicos presentes na bebida (SHAHBAZI et al., 2018), como os compostos fenólicos (BHATTACHARYA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2023), vitamina C, ácidos orgânicos e outros. Além disso, foi demonstrado que a ação sinérgica entre os compostos presentes na bebida também pode ser responsáveis por conferir efeitos benéficos (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019; JAYABALAN et al., 2008).

Conforme o esperado, o mapa de palavras-chave tem um grande destaque em termos aos efeitos funcionais relacionados a kombucha. A propriedade antioxidante é a que mais se destaca no mapa, totalizando 98 ocorrências. Durante o processo fermentativo da bebida, muitos compostos são liberados, alguns dos quais possuem propriedades de eliminação de radicais livres (AMARASINGHE; WEERAKKODY; WAISUNDARA, 2018).

Dentre os compostos capazes de conferir o efeito antioxidante à kombucha é possível destacar a presença dos compostos fenólicos (AMARASINGHE; WEERAKKODY; WAISUNDARA, 2018; JAFARI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023; SHAHBAZI et al., 2018; VELIĆANSKI et al., 2014). Além dos compostos fenólicos, outros metabólitos presentes na bebida também contribuem para os efeitos antioxidantes da bebida. A vitamina C gerada durante a fermentação, por exemplo foi correlacionada com uma maior atividade antioxidante (MALBAŠA et al., 2011).

Outra palavra-chave em destaque na Figura 1.3 corresponde às propriedades antimicrobianas da bebida. Um aspecto importante da fermentação é a capacidade de desencadear uma ação efetiva contra microrganismos patogênicos. O baixo valor de pH (3,2), principalmente na presença de ácido acético apresentou ação antimicrobiana contra quatro espécies de *Candida* (*krusei*, *glabrata*, *albicans* e *tropicalis*) e duas bactérias Gram-negativas (*Escherichia coli* e *Haemophilus influenzae*) (IVANIŠOVÁ et al., 2020). O efeito antibacteriano das bebidas kombucha está relacionado principalmente ao ácido acético e outros ácidos orgânicos (RADOJČIN et al., 2021; VELIĆANSKI et al., 2014), assim como os compostos fenólicos, enzimas, proteínas e bacteriocinas (BATTIKH et al., 2013; VITAS et al., 2018).

A fração polifenólica da kombucha, composta principalmente de catequina e *isorhamnetin*, foi testada contra *Vibrio cholerae*, e os resultados mostraram que esses compostos foram capazes de permear a membrana celular bacteriana e gerar um estresse oxidativo, conferindo a kombucha um potencial efeito antibacteriano (BHATTACHARYA et al., 2018). Recentemente, Noronha et al. (2022), avaliaram os efeitos antimaláricos *in vitro* da kombucha contra *P. falciparum*, e sugeriram que essa propriedade pode estar relacionada ao conteúdo fenólico presente na bebida, como a galocatequina galato, quercetina e catequina.

No estudo realizado por Cardoso et al. (2020), verificou-se que o chá verde apresentou uma maior capacidade de inibir bactérias patogênicas, como *E. coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*, em comparação ao chá preto. Tal efetividade foi associada a presença de uma maior acidez e de um maior número de catequinas no chá verde, bem como a presença exclusiva de um composto fenólico chamado *verbascosideo*, o qual apresenta atividade antibacteriana.

A Kombucha de erva cidreira apresentou atividade inibitória contra bactérias Gram-negativas como *E. coli*, *Salmonella* sp. e *Citrobacter freundii*. Esse efeito pode ser explicado pela presença de vários compostos presentes na bebida, como o ácido acético, e por componentes não ácidos, como os taninos originados do chá ou outros metabólitos produzidos pelo SCOBY (VELIĆANSKI et al., 2014). Com o decorrer da fermentação e conseqüente aumento dos ácidos orgânicos, ocorre uma redução do pH do chá, que induz uma falta de oxigênio e favorece a redução da carga microbiana patogênica (IVANIŠOVÁ et al., 2020; LEAL et al., 2018).

Contudo, a partir de meados de 2019, uma mudança no foco das pesquisas começa a ser notada, com o aparecimento da CB (biofilme, kombucha SCOBY, sustentabilidade) e os aspectos microbiológicos representado pelas palavras probióticos, fungos, bactérias, microbioma e *Komagataeibacter* tornando-se cada vez mais proeminente nas pesquisas. As bebidas fermentadas apresentam bom conteúdo nutricional (BASCHALI et al., 2017), pois contêm microrganismos potencialmente benéficos, semelhante a cepas probióticas, bem como seus metabólicos, enfatizando a importância da comunidade microbiana presente na kombucha (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021). No entanto, para que um produto receba alegação probiótica, alguns critérios são recomendados, com base em diretrizes propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização para Agricultura e Alimentação (FAO), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e órgãos internacionais (BRASIL, 2018; MANASSI et al., 2022). Para ser considerado um probiótico, o microrganismo deve satisfazer vários critérios essenciais. Primeiramente, ele deve estar vivo e presente em quantidades suficientes, além disso, sua linhagem precisa ser identificada. Esses microrganismos também devem ser capazes de conferir benefícios ao hospedeiro, e ser seguro para o consumo humano. Para validar os benefícios, é fundamental que tenham sido submetidos a testes e estudos clínicos rigorosos que demonstrem sua eficácia e segurança.

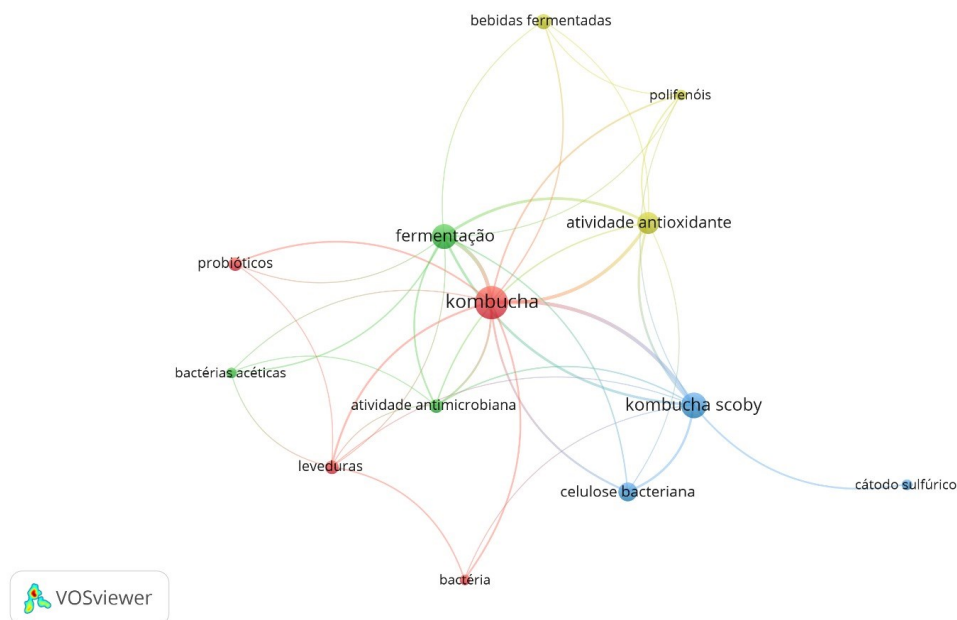
A utilização inadequada do termo “probióticos” é uma ocorrência frequente, possivelmente relacionada tanto à divulgação de artigos que destacam os benefícios a saúde do consumo da kombucha (COSTA et al., 2022; JAYABALAN et al., 2014; PERMATASARI et al., 2022; UŢOIU et al., 2018), quanto à presença de microrganismos vivos (AL-MOHAMMADI et al., 2021; GAGGIÀ et al., 2018; HARRISON; CURTIN, 2021; JAYABALAN et al., 2014; LEE et al., 2022; NGUYEN

et al., 2015; WANG et al., 2020a). Entretanto, esses benefícios estão associados aos compostos presentes na bebida (AMARASINGHE; WEERAKKODY; WAISUNDARA, 2018; BHATTACHARYA et al., 2018). Dessa forma, embora as palavras-chaves evidenciem a palavra “probiótico”, ainda não há comprovação científica de que esses microrganismos estejam presentes em quantidades suficientes na kombucha para caracterizá-lo como probiótico e proporcionar benefícios a saúde.

Ressalta-se que as palavras-chaves evidenciadas a partir de 2020 representam as tendências atuais no estudo de kombucha. Nesse contexto, há grande interesse no estudo sobre a kombucha, bem como sua cadeia produtiva e seus benefícios. Contudo, ainda são poucas as pesquisas voltadas para o SCOBY originado do processo fermentativo da bebida.

Embora o SCOBY tenha como principal função a fermentação da kombucha e o grande interesse da comunidade científica tenha sido compreender a relação entre a microbiota e a modulação das propriedades funcionais da bebida; novas aplicações da película foram descritas na literatura (KRUK et al., 2021; TANG et al., 2021; TORÁN-PEREG et al., 2021). Diante disso, uma busca utilizando SCOBY como palavra-chave na análise bibliométrica foi realizada a fim de dimensionar o conhecimento mais atual e abrangente sobre a utilização não convencional do SCOBY. Foram encontradas apenas 13 palavras-chave, cujo mapa de ocorrências está apresentado na Figura 1.4. Observou-se a presença da palavra “celulose bacteriana”, um dos principais componentes do SCOBY. Os materiais a base de celulose bacteriana têm sido alvo constante de estudo por se alinharem aos princípios da Química verde (BRUNO et al., 2021; ORLANDO et al., 2020) e desempenharem funções tecnológicas apreciáveis, como a resistência mecânica (AZEREDO; ROSA; MATTOSO, 2017; TAPIAS et al., 2022).

Figura 1.4 – Mapa de palavras-chave mais citadas no campo de pesquisa SCOBY.



Além disso, a biocompatibilidade e a capacidade de utilização como ingrediente da CB são propriedades intensamente requeridas para indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos (SHI et al., 2014; WANG et al., 2021). É importante destacar que quase todas as palavras presentes nessa figura também aparecem na Figura 1.3, com exceção da palavra “cátodo de enxofre”, o que demonstra a interconexão de toda a cadeia produtiva e do SCOBY com os efeitos funcionais atribuídos a bebida. A conexão entre o SCOBY e a palavra “cátodo de enxofre”, foi reportada por Kalaiappan et al. (2019), que utilizaram o SCOBY para testar a criação de um cátodo de carbono derivado de fontes biológicas para ser aplicado em baterias de lítio-enxofre. Essa estratégia foi considerada simples, econômica e de alto rendimento, demonstrando que esse subproduto pode ser utilizado em áreas distintas.

Embora pouco investigadas, as aplicações do SCOBY são diversas e resultados promissores foram descritos. Por exemplo, o primeiro artigo que avaliou a aplicação do SCOBY pela indústria, foi na alimentação animal em 2005. No trabalho proposto por (MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005), os autores descreveram o uso do SCOBY como dieta suplementar para frangos de corte. O enriquecimento da ração com 150 g SCOBY/kg favoreceu o aumento no consumo da ração e o peso corporal dos animais em relação ao controle. Os benefícios obtidos com o enriquecimento de ração com SCOBY, podem estar relacionados ao fato de que a utilização de fibras insolúveis pode aumentar o tamanho e peso da moela, melhorar a

digestibilidade dos nutrientes e a saúde do trato gastrointestinal (JIMÉNEZ-MORENO et al., 2019). Esses resultados foram significativos e demonstraram potencial para outros setores, despertando o interesse da comunidade científica nesse subproduto rico em nutrientes que até então era utilizado apenas como *starter* para nova fermentação, com o excedente da produção sendo desprezado como resíduo (MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005).

O princípio da menção do SCOBY como palavra-chave foi reportado pela primeira vez em 2014. Jayabalan et al. (2014) realizaram um levantamento bibliográfico das possibilidades de aplicações do SCOBY, demonstrando que esse subproduto originado durante a fermentação consiste em uma tendência de mercado para diversas aplicações. Após 17 anos, esse consórcio microbiano vem sendo estudado em diversas áreas, como na indústria de alimentos (KRUK et al., 2021; TORÁN-PEREG et al., 2021), áreas bioquímicas e de engenharia (AMARASEKARA; WANG; GRADY, 2020; JONES; SRUBAR, 2022; KALAIAPPAN et al., 2019, 2020; PATHY et al., 2022; TANG et al., 2021), com o intuito de explorar suas potenciais aplicações em processos de fermentação industrial, desenvolvimentos de novos produtos e produção de biomateriais sustentáveis.

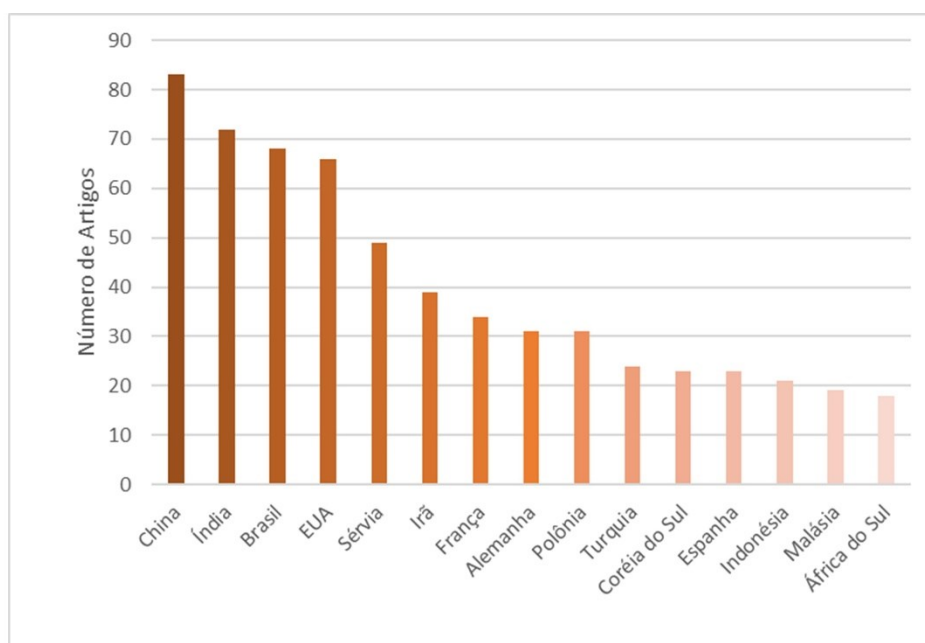
## 1.5 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA KOMBUCHA NO MUNDO

Em relação à estratificação das publicações por países a China foi o país que mais estudou o tema, com 83 publicações no decorrer do período avaliado, conforme Figura 1.5, que apresenta o número de publicações por país associadas às palavras-chave. Era esperado que a China tivesse uma grande contribuição no número de publicações referentes a kombucha, uma vez que a bebida surgiu na região da antiga Manchúria, e há evidências de que os chineses têm longa história de consumo da bebida (BISHOP et al., 2022; FERREMI LEALI et al., 2022).

A kombucha tornou-se popular na China desde a dinastia *Tsin*, pois os povos que habitavam aquela região acreditavam nas propriedades desintoxicantes da bebida (JÚNIOR et al., 2022). Além disso, a China é um grande produtor de chá, contemplando a produção de inúmeras variedades, sendo os tipos mais comuns na região os chás verde e preto, elementos essenciais para a produção da kombucha (PAN et al., 2022).

O interesse da Índia pela kombucha provavelmente está relacionado ao aumento do consumo de bebidas fermentadas, devido à conscientização da população por hábitos alimentares mais saudáveis (INTELLIGENCE MORDOR, 2021; LAMBA; GOOMER; SAXENA, 2019). A busca por alimentos que promovam efeitos funcionais pode ser atribuída a diversos fatores, como a superpopulação indiana e os níveis de poluição, que contribuem para o aumento da transmissão de doenças (SCOTT; PETSAKOS; SUAREZ, 2019). Além disso, o baixo teor calórico que tem sido demonstrado em estudos recentes (XU et al., 2022; ZUBAIDAH et al., 2019a, 2019b), desponta kombucha como excelente alternativa no setor de bebidas, uma vez que a população indiana tem alta predisposição a diabetes mellitus e o país tem visto um aumento da doença em todos os estratos socioeconômicos da sociedade (UNNIKRISSHANNAN; ANJANA; MOHAN, 2016).

Figura 1.5 – Países com maior número de publicações sobre kombucha no período de 1928 a 2022.



O consumo de produtos fermentados, como a kombucha, é um hábito culturalmente valorizado pelos indianos como promotor da saúde (MALLAPPA et al., 2021). As preferências alimentares, os substratos disponíveis na região e o clima são outros fatores que impulsionam o consumo de alimentos fermentados na Índia (TAMANG, 2022). Estudos sobre frequência alimentar em Mumbai constataram que 85% dos entrevistados tinham o hábito de consumir chá (GANESH; TALOLE;

DIKSHIT, 2009). Assim, o aumento nas pesquisas sobre kombucha neste país pode ser relacionado à necessidade de compreender como a matéria-prima e o processo empregado influenciam a composição da bebida fermentada obtida e, conseqüentemente, nos seus efeitos promotores da saúde (BISHOP et al., 2022; ZUBAIDAH et al., 2019b).

Entre os efeitos funcionais da bebida, os estudos demonstram que o chá fermentado pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar no controle do diabetes mediante testes realizados em ratos (XU et al., 2022; ZUBAIDAH et al., 2019b, 2019a). Seu aspecto de saúde pode também estar associado ao aumento no número de pesquisas, tendo em vista que os países que mais pesquisaram sobre kombucha coincidentemente apresentaram, em 2021, os maiores números de indivíduos portadores de diabetes na faixa etária de 20-79, tendo a China 140,9 milhões de diabéticos, seguida da Índia com 72,2 milhões (ALTAS, 2021).

Embora seja um produto muito popular no oriente, a kombucha também passou a ser comercializada nas regiões do ocidente (BISHOP et al., 2022; TAMANG et al., 2020). A disseminação por meio de mídias sociais de que a kombucha pode proporcionar efeitos positivos na saúde contribuiu para a sua popularidade e disponibilidade nos Estados Unidos. Isso estimulou muitas empresas multinacionais de alimentos e bebidas a investirem no ramo da kombucha, por meio de aquisição ou investimento em empresas deste ramo, atribuindo aos Estados Unidos, o título de principal mercado consumidor da bebida (BISHOP et al., 2022; KIM; BHATTARAI; ADHIKARI, 2022; SAVARY et al., 2021). Além disso, a população americana consome kombucha como um substituto saudável para o refrigerante (KIM; BHATTARAI; ADHIKARI, 2022). Uma pesquisa realizada nos EUA com consumidores da kombucha revelou que 98% dos participantes responderam que consomem a bebida baseados na visão de uma dieta saudável, uma vez que consideram baixo o teor de açúcar e calorias da bebida (KIM; BHATTARAI; ADHIKARI, 2022).

No Brasil, esse aumento nas pesquisas também pode ser justificado pela tendência de saudabilidade e bem-estar, no qual os consumidores buscam por alimentos considerados benéficos a saúde (COELHO et al., 2020; FIESP, 2020). A preocupação da população com a prevenção de doenças impulsionam a busca por alimentos com propriedades bioativas (NORONHA et al., 2022). Além disso, a indústria de alimentos

utiliza a fermentação para o desenvolvimento de novos produtos, tendo em vista a demanda por bebidas funcionais (VARGAS; FABRICIO; AYUB, 2021). O crescimento do veganismo—também pode ter contribuído para esse aumento, visto que exige da indústria de alimentos esforços para atender às necessidades desse público que buscam produtos de origem vegetal, contexto em que a kombucha se destaca por se tratar de uma matriz vegetal (IVANIŠOVÁ et al., 2020; PIMENTEL et al., 2021).

Segundo Četojević-Simin et al. (2012), a kombucha apareceu pela primeira vez na região dos Bálcãs entre a primeira e a segunda guerras mundiais. Contudo, foi na década de 1960 que a bebida aumentou sua popularidade, quando o hábito de consumir bebidas fermentadas tornou-se aceitável na Europa (MIRANDA et al., 2022). Nos países europeus, como a Sérvia, as bebidas fermentadas vêm sendo apreciadas como componente dietético, principalmente pela vida útil prolongada sem uso de conservantes artificiais e facilidade de manutenção da qualidade em condições ambientais (BASCHALI et al., 2017).

A literatura retrata evidências de que consumir kombucha pode trazer efeitos benéficos para a saúde, contribuindo para a prevenção de certas doenças, como a obesidade, melhorias no perfil lipídico e efeitos hepatoprotetores (JUNG et al., 2019; PERMATASARI et al., 2021, 2022). Assim, um aspecto importante que pode justificar o aumento nas pesquisas na Sérvia está relacionado com a busca por medidas que melhorem a qualidade de vida da população, uma vez que é comprovada a alta prevalência de doenças crônicas não transmissíveis no país. Cerca de 48,8% da população da Sérvia possui alguma patologia, além do alto índice de sobrepeso e obesidade. Em 2019 foi identificado que 57,1% da população com mais de 15 anos era portadora dessa patologia (STATISTICAL OFFICE OF THE REPUBLIC OF SERBIA, 2021).

Espera-se que haja um aumento progressivo no consumo desta bebida em diversos países, devido aos compostos funcionais presentes nela que podem contribuir para a prevenção de doenças, acompanhando o interesse crescente da população por rotinas de vida e hábitos alimentares saudáveis. Além disso, muitas companhias de alimentos e bebidas estão investindo em empresas que produzem kombucha, o que pode levar a uma maior diversificação de sabores e utilização de ingredientes inovadores,

contribuindo também para o aumento do consumo dessa bebida (KIM; BHATTARAI; ADHIKARI, 2022).

No entanto, é importante ressaltar que a maioria dos estudos realizados até o momento com o intuito de investigar os efeitos benéficos, como propriedades antioxidante, potencial anti-inflamatórios e antimicrobiano, bem como possíveis efeitos na saúde metabólica, foi testada em modelos animais e *in vitro*. Isso torna necessária a realização de testes em humanos para avaliar os reais benefícios da kombucha, determinar recomendações dietéticas, estabelecer níveis máximos toleráveis e identificar possíveis contaminantes. Além disso, são necessários estudos para verificar a alegação da kombucha como bebida probiótica, bem como as propriedades antioxidante, anti-inflamatória, antibacteriana, antidiabetes, entre outras.

## 1.6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A análise bibliométrica foi uma ferramenta importante, demonstrando as tendências e perspectivas de pesquisa sobre kombucha e SCOBY nos últimos 94 anos de publicação. Observou-se um notável aumento no número de artigos publicados com foco nessa temática, com um crescimento expressivo a partir de 2015. Os países líderes nas pesquisas na área foram a China, Índia e o Brasil. A investigação das palavras-chaves evidenciou que a maioria dos estudos está associada aos efeitos benéficos atribuídos à composição da kombucha/SCOBY, destacando-se as palavras-chaves como kombucha (354), fermentação (109) e atividade antioxidante (98).

Ao compreender a riqueza de compostos presentes na kombucha/SCOBY e o potencial de utilização do SCOBY, este levantamento contribui para o avanço do conhecimento nesse campo. As descobertas enfatizam a importância de explorar a kombucha como uma fonte promissora de compostos benéficos para a saúde e incentivam investigações futuras que explorem ainda mais seu potencial terapêutico e aplicações na indústria de alimentos e bebidas. Além disso, o aproveitamento do SCOBY pode representar uma valiosa oportunidade para explorar de forma sustentável um recurso natural rico em celulose ainda pouco explorado. O contínuo crescimento das pesquisas nessa área revela um interesse crescente na compreensão dos benefícios proporcionados por essa bebida fermentada, abrindo caminho para novas oportunidades de estudo como a busca por comprovação probiótica e desenvolvimento de produtos inovadores.

## REFERÊNCIAS

- ABUDUAIBIFU, A.; TAMER, C. E. Evaluation of physicochemical and bioaccessibility properties of goji berry kombucha. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 9, p. 1–14, 27 set. 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14077>
- AL-MOHAMMADI, A. R. et al. Chemical constitution and antimicrobial activity of kombucha fermented beverage. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 11–13, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26165026>
- ALTAS, I.-D. Five questions on the IDF Diabetes Atlas. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 102, n. 2, p. 147–148, nov. 2021.
- AMARASEKARA, A. S.; WANG, D.; GRADY, T. L. A comparison of kombucha SCOBY bacterial cellulose purification methods. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1–7, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1982-2>
- AMARASINGHE, H.; WEERAKKODY, N. S.; WAISUNDARA, V. Y. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of kombucha “Tea Fungus” during extended periods of fermentation. **Food Science and Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 659–665, 2018. <https://doi.org/10.1002/fsn3.605>
- ANTOLAK, H.; PIECHOTA, D.; KUCHARSKA, A. Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). **Antioxidants**, v. 10, n. 10, p. 1541, 28 set. 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10101541>
- AYED, L.; BEN ABID, S.; HAMDI, M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. **Annals of Microbiology**, v. 67, n. 1, p. 111–121, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13213-016-1242-2>
- AZEREDO, H. M. C.; ROSA, M. F.; MATTOSO, L. H. C. Nanocellulose in bio-based food packaging applications. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 664–671, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.013>
- BARAKAT, N. et al. Kombucha analogues around the world: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1–25, abr. 2022. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2069673>
- BASCHALI, A. et al. Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages

- consumed in European countries: A neglected food group. **Nutrition Research Reviews**, v. 30, n. 1, p. 1–24, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0954422416000202>
- BATTIKH, H. et al. Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas. **Journal of Food Biochemistry**, v. 37, n. 2, p. 231–236, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2011.00629.x>
- BELL, F. et al. **Designing Interactions with Kombucha SCOBY**. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. **Anais...**New York, NY, USA, NY, USA: ACM, 26 fev. 2023. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3569009.3571841>
- BHATTACHARYA, D. et al. Antibacterial activity of polyphenolic fraction of Kombucha against *Vibrio cholerae*: targeting cell membrane. **Letters in Applied Microbiology**, v. 66, n. 2, p. 145–152, 2018. <https://doi.org/10.1111/lam.12829>
- BISHOP, P. et al. Kombucha: Biochemical and microbiological impacts on the chemical and flavor profile. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. March, p. 100025, out. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100025>
- BRASIL. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 241, DE 26 DE JULHO DE 2018.**
- BRUNO, E. G. R. et al. BIOEMBALAGEM COM CELULOSE BACTERIANA DO SCOBY DE KOMBUCHA. **Revista Brasileira de Processos Químicos**, v. 2, n. 2763–5406, p. 1–85, 2021.
- CARDOSO, R. R. et al. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**, v. 128, n. November 2019, p. 108782, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782>
- ČETOJEVIĆ-SIMIN, D. D. et al. Bioactivity of Lemon Balm Kombucha. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 5, p. 1756–1765, 10 jul. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0458-6>
- COELHO, R. M. D. et al. Kombucha: Review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, n. October, p. 100272, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>

COSTA, M. A. DE C. et al. Kombuchas from Green and Black Tea Modulate the Gut Microbiota and Improve the Intestinal Health of Wistar Rats Fed a High-Fat High-Fructose Diet. **Nutrients**, v. 14, n. 24, 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14245234>

DIMIDI, E. et al. Fermented foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. **Nutrients**, v. 11, n. 8, 2019. <https://doi.org/10.3390/nu11081806>

FERREMI LEALI, N. et al. Reconstruction of Simplified Microbial Consortia to Modulate Sensory Quality of Kombucha Tea. **Foods**, v. 11, n. 19, p. 3045, 30 set. 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11193045>

FIESP. Sensorialidade Prát Qualidade. **Brasil food Trends**, p. 1–176, 2020.

FREITAS, A.; SOUSA, P.; WURLITZER, N. Alternative raw materials in kombucha production. **International Journal of Gastronomy and Food Science Alter**, v. 30, n. September, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100594>

GAGGIÀ, F. et al. Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbiology, Chemistry and Antioxidant Activity. **Nutrients**, v. 11, n. 1, p. 1, 20 dez. 2018. <https://doi.org/10.3390/nu11010001>

GAMBOA-GÓMEZ, C. I. et al. In vitro and in vivo assessment of anti-hyperglycemic and antioxidant effects of Oak leaves ( *Quercus convallata* and *Quercus arizonica* ) infusions and fermented beverages. **Food Research International**, v. 102, p. 690–699, dez. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.040>

GANESH, B.; TALOLE, S. D.; DIKSHIT, R. Tobacco, alcohol and tea drinking as risk factors for esophageal cancer: A case-control study from Mumbai, India. **Cancer Epidemiology**, v. 33, n. 6, p. 431–434, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2009.09.002>

HARRISON, K.; CURTIN, C. Microbial Composition of SCOBY Starter Cultures Used by Commercial Kombucha Brewers in North America. **Microorganisms**, v. 9, n. 5, p. 1060–1081, 14 maio 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9051060>

HERMANN, S.; WOCHENSCHRIFT, K. PHARMAKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN UBER DIE SOGENANNTTE KOMBUCHA UND DEREN

EINFLUSS AUF DIE TOXISCHE VIGANTOLWIRKUNG. p. 1752–1757, 1929.

<https://doi.org/10.1007/BF01863403>

HOMBURGUES, E.; REED, C. I. On the alleged antitoxic action of kombucha for vitamin D. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, p. 139–140, 1945.

<https://doi.org/10.3181/00379727-59-15008>

INTELLIGENCE MORDOR. GLOBAL FERMENTED FOODS AND BEVERAGES MARKET. p. 1–34, 2021.

IVANIŠOVÁ, E. et al. The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of kombucha tea beverage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 5, p. 1840–1846, 16 maio 2020. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04217-3>

JAFARI, R. et al. Kombucha microbial starter with enhanced production of antioxidant compounds and invertase. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 29, n. September, p. 101789, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101789>

JAYABALAN, R. et al. Preservation of Kombucha Tea—Effect of Temperature on Tea Components and Free Radical Scavenging Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 19, p. 9064–9071, 8 out. 2008. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>

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. <https://doi.org/10.1021/jf8020893>

JIMÉNEZ-MORENO, E. et al. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. **Poultry Science**, v. 98, n. 6, p. 2531–2547, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pey599>

JONES, R. J.; SRUBAR, W. V. Biomineralization of Symbiotic Cultures of Bacteria and Yeast (SCOBY) Cellulose Aerogels. **Advanced Engineering Materials**, 2022. <https://doi.org/10.1002/adem.202200681>

JUNG, Y. et al. Effect of Kombucha on gut-microbiota in mouse having non-alcoholic fatty liver disease. **Food Science and Biotechnology**, v. 28, n. 1, p. 261–267, 2019.

<https://doi.org/10.1007/s10068-018-0433-y>

JÚNIOR, J. C. DA S. et al. Kombucha: Formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. **Current Research in Food Science**, v. 5, n. February, p. 360–365, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.023>

KALAIAPPAN, K. et al. Kombucha scoby-based carbon as a green scaffold for high-capacity cathode in lithium–sulfur batteries. **Ionics**, v. 25, n. 10, p. 4637–4650, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11581-019-03018-0>

KALAIAPPAN, K. et al. Kombucha SCOBY-based carbon and graphene oxide wrapped sulfur/polyacrylonitrile as a high-capacity cathode in lithium-sulfur batteries. **Frontiers of Chemical Science and Engineering**, v. 14, n. 6, p. 976–987, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11705-019-1897-x>

KIM, J.; ADHIKARI, K. Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research. **Beverages**, v. 6, n. 1, p. 15, mar. 2020. <https://doi.org/10.3390/beverages6010015>

KIM, J.; BHATTARAI, U.; ADHIKARI, K. The Healthy Eater’s Idea and Related Behavior of a Healthy Diet—A Case Study with Kombucha Drinkers. **Beverages**, v. 8, n. 2, p. 1–17, 2022. <https://doi.org/10.3390/beverages8020025>

KRUK, M. et al. Application of the “SCOBY” and Kombucha Tea for the Production of Fermented Milk Drinks. **Microorganisms**, v. 9, n. 1, p. 123, 7 jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010123>

LAAVANYA, D.; SHIRKOLE, S.; BALASUBRAMANIAN, P. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. **Journal of Cleaner Production**, v. 295, p. 126454, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126454>

LAMBA, J.; GOOMER, S.; SAXENA, S. K. Study the lactic acid bacteria content in traditional fermented Indian drink: Kanji. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 16, n. May 2018, p. 100143, jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100143>

LEAL, J. M. et al. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and

metabolites. **CYTA - Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018.

<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>

LEE, K. R. et al. Kombucha fermentation using commercial kombucha pellicle and culture broth as starter. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, p. 1–7, 2022.

<https://doi.org/10.1590/fst.70020>

MALBAŠA, R. V et al. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1727–1731, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.048>

MALLAPPA, R. H. et al. Microbial diversity and functionality of traditional fermented milk products of India: Current scenario and future perspectives. **International Dairy Journal**, v. 114, p. 104941, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104941>

MANASSI, C. F. et al. Functional meat products: Trends in pro-, pre-, syn-, para- and post-biotic use. **Food Research International**, v. 154, n. February, p. 111035, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111035>

MIRANDA, J. F. et al. Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 2, p. 503–527, 14 fev. 2022.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16029>

MURUGESAN, G. S.; SATHISHKUMAR, M.; SWAMINATHAN, K.

Supplementation of waste tea fungal biomass as a dietary ingredient for broiler chicks. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 16, p. 1743–1748, 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.01.006>

NEFFE-SKOCIŃSKA, K. et al. Contenido de ácido y efectos de las condiciones de fermentación en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de bebidas de té de Kombucha. **CYTA - Journal of Food**, v. 15, n. 4, p. 601–607, 2017.

<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1321588>

NGUYEN, N. K. et al. Lactic acid bacteria: promising supplements for enhancing the biological activities of kombucha. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 1–6, 2015.

<https://doi.org/10.1186/s40064-015-0872-3>

NORONHA, M. C. DE et al. Black tea kombucha: Physicochemical, microbiological and comprehensive phenolic profile changes during fermentation, and antimalarial

activity. **Food Chemistry**, v. 384, n. February, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132515>

OLIVEIRA, J. T. et al. Green tea and kombucha characterization: Phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential. **Food Chemistry**, v. 408, n. November 2022, p. 3–9, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135206>

ORLANDO, I. et al. Chemical Modification of Bacterial Cellulose for the Development of an Antibacterial Wound Dressing. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, n. September, p. 1–19, 2020. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.557885>

PAN, S. Y. et al. Tea and tea drinking: China's outstanding contributions to the mankind. **Chinese Medicine (United Kingdom)**, v. 17, n. 1, p. 1–40, 2022.

<https://doi.org/10.1186/s13020-022-00571-1>

PATHY, A. et al. Malachite green removal using algal biochar and its composites with kombucha SCOBY: An integrated biosorption and phycoremediation approach.

**Surfaces and Interfaces**, v. 30, n. February, p. 101880, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.101880>

PERMATASARI, H. K. et al. Kombucha tea from seagrapes (*Caulerpa racemosa*) potential as a functional anti-ageing food: in vitro and in vivo study. **Heliyon**, v. 7, n. 9, p. e07944, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.04.015>

PERMATASARI, H. K. et al. Kombucha drink enriched with sea grapes (*Caulerpa racemosa*) as potential functional beverage to contrast obesity: An in vivo and in vitro approach. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 49, p. 232–240, jun. 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07944>

PIMENTEL, T. C. et al. Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. **Food Research International**, v. 140, n. December 2020, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110033>

RADOJČIN, M. et al. Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. **Processes**, v. 9, n. 1, p. 1–21, 2021. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>

REZAC, S. et al. Fermented foods as a dietary source of live organisms. **Frontiers in**

**Microbiology**, v. 9, n. AUG, 2018. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01785>

SAVARY, O. et al. Tailor-made microbial consortium for Kombucha fermentation: Microbiota-induced biochemical changes and biofilm formation. **Food Research International**, v. 147, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110549>

SCOTT, G. J.; PETSAKOS, A.; SUAREZ, V. Not by Bread Alone: Estimating Potato Demand in India in 2030. **Potato Research**, v. 62, n. 3, p. 281–304, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9411-x>

SHAHBAZI, H. et al. Effect of medicinal plant type and concentration on physicochemical, antioxidant, antimicrobial, and sensorial properties of kombucha. **Food Science and Nutrition**, v. 6, n. 8, p. 2568–2577, 2018. <https://doi.org/10.1002/fsn3.873>

SHI, Z. et al. Utilization of bacterial cellulose in food. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 539–545, mar. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.012>

SOARES, M. G.; LIMA, M.; SCHMIDT, V. C. R. Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 110, n. February, p. 539–550, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.017>

STATISTICAL OFFICE OF THE REPUBLIC OF SERBIA. **The 2019 Serbian national health survey**. [s.l: s.n.].

TAMANG, J. P. et al. Fermented foods in a global age: East meets West. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 1, p. 184–217, 3 jan. 2020. <https://doi.org/10.1111/jam.15382>

TAMANG, J. P. “Ethno-microbiology” of ethnic Indian fermented foods and alcoholic beverages. **Journal of Applied Microbiology**, v. 133, n. 1, p. 145–161, 2022. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12520>

TANG, K. Y. et al. Kombucha SCOBY Waste as a Catalyst Support. **Chemistry - An Asian Journal**, v. 16, n. 19, p. 2939–2946, 2021. <https://doi.org/10.1002/asia.202100676>

TAPIAS, Y. A. R. et al. Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions. **Food Chemistry**, v. 372, n. October 2021, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346>

TORÁN-PEREG, P. et al. Microbiological and sensory characterization of kombucha SCOBY for culinary applications. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, n. June 2020, p. 100314, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100314>

UNNIKRISHNAN, R.; ANJANA, R. M.; MOHAN, V. Diabetes mellitus and its complications in India. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 12, n. 6, p. 357–370, 2016. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.53>

UȚOIU, E. et al. Bee collected pollen with enhanced health benefits, produced by fermentation with a Kombucha Consortium. **Nutrients**, v. 10, n. 10, p. 1–24, 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10101365>

VARGAS, B. K.; FABRICIO, M. F.; AYUB, M. A. Z. Health effects and probiotic and prebiotic potential of Kombucha: A bibliometric and systematic review. **Food Bioscience**, v. 44, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101332>

VÁZQUEZ-CABRAL, B. D. et al. Oak kombucha protects against oxidative stress and inflammatory processes. **Chemico-Biological Interactions**, v. 272, p. 1–9, jun. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.05.001>

VELIĆANSKI, A. S. V. et al. Antioxidant and Antibacterial Activity of the Beverage Obtained by Fermentation of Sweetened Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) Tea with Symbiotic Consortium of Bacteria and Yeasts. v. 52, n. 4, p. 420–429, 2014. <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3611>

VILLARREAL-SOTO, S. A. et al. Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in kombucha tea extracts. **Process Biochemistry**, v. 83, p. 44–54, ago. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.004>

VITAS, J. S. et al. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. **Journal of Functional Foods**, v. 44, n. March, p. 95–102, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.019>

WANG, S. et al. Effect of synthetic microbial community on nutraceutical and sensory qualities of kombucha. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 10, p. 3327–3333, 2020. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14596>

WANG, Y. et al. Gelatin-Based Nanocomposite Film with Bacterial Cellulose–MgO Nanoparticles and Its Application in Packaging of Preserved Eggs. **Coatings**, v. 11, n. 1, p. 39, 1 jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/coatings11010039>

XU, S. et al. Kombucha Reduces Hyperglycemia in Type 2 Diabetes of Mice by Regulating Gut Microbiota and Its Metabolites. **Foods**, v. 11, n. 5, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11050754>

YANG, Z. et al. Symbiosis between microorganisms from kombucha and kefir: Potential significance to the enhancement of kombucha function. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 160, n. 2, p. 446–455, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8361-6>

ZUBAIDAH, E. et al. Comparison of in vivo antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, n. June 2018, p. 465–469, 2019a. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.026>

ZUBAIDAH, E. et al. Anti-diabetes activity of Kombucha prepared from different snake fruit cultivars. **Nutrition and Food Science**, v. 49, n. 2, p. 333–343, 2019b. <https://doi.org/10.1108/NFS-07-2018-0201>

## **KOMBUCHA E SCOBY: UMA VISÃO GERAL DO PERFIL NUTRICIONAL, ASPECTOS SENSORIAIS E POTENCIAL PÓS-BIÓTICO**

### **RESUMO**

Kombucha é uma bebida fermentada por uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY) entremeada em um biofilme gelatinoso constituído de celulose que utiliza chá verde e/ou chá preto e açúcar como substrato para a fermentação. A composição química desta bebida pode variar consideravelmente, uma vez que é influenciada por diversos fatores, tais como o tipo e a concentração dos substratos utilizados, o tempo de fermentação, a temperatura empregada, a microbiota presente no SCOBY, entre outros. Diante do potencial tecnológico da kombucha e do SCOBY, este artigo tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica, com ênfase no perfil nutricional e sensorial desses produtos, além de avaliar os potenciais efeitos pós-bióticos. As características nutricionais da kombucha, referente ao teor de macronutrientes, indicam que a bebida é composta principalmente por carboidratos (sacarose, glicose e frutose), apresenta baixa concentração de proteínas e ausência de lipídeos. Enquanto o SCOBY é composto por carboidratos (fibras provenientes da celulose bacteriana- CB), proteínas e lipídeos, estes últimos podem ser resultado da presença das células microbianas que compõem o SCOBY. Além disso, os produtos contêm uma vasta variedade de vitaminas (vitamina C e do complexo B), minerais (ferro, zinco, magnésio), compostos fenólicos, flavonoides e ácidos orgânicos com destaque para o acético, glucônico, glucurônico e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Ao se considerar o perfil sensorial da kombucha, é possível melhorar os aspectos sensoriais da bebida na segunda fermentação, na qual ocorre a carbonatação e a adição de ingredientes para dar sabor (frutas e/ou ervas). Contudo, as características sensoriais da bebida são influenciadas por diversos fatores como os parâmetros de fermentação, pela composição dos substratos utilizados, pela carga microbiana presente no meio, bem como pela composição da bebida. Ademais, revela ser um produto com potencial pós-biótico, por conter compostos como enzimas, AGCC, vitaminas e minerais, ácido D-sacárico, 1,4-lactona (DSL), ácidos orgânicos e celulose bacteriana. Por outro lado, a utilização sustentável do SCOBY destaca-se como uma oportunidade valiosa para aproveitar um recurso natural rico em fibras, até então pouco explorado.

**Palavras-chave:** Ácidos orgânicos, Compostos fenólicos, Pós-bióticos e SCOBY.

## **KOMBUCHA AND SCOBY: AN OVERVIEW OF NUTRITIONAL PROFILE, SENSORIAL ASPECTS AND POSTBIOTIC POTENTIAL**

### **ABSTRACT**

Kombucha is a drink fermented by a symbiotic colony of bacteria and yeast (SCOBY) interspersed in a gelatinous biofilm made up of cellulose that uses green tea and/or black tea and sugar as a substrate for fermentation. The chemical composition of this drink can vary considerably, as it is influenced by several factors, such as the type and concentration of substrates used, the fermentation time, the temperature used, the microbiota present in the SCOBY, among others. Given the technological potential of kombucha and SCOBY for the food industry, this article aims to carry out a bibliographical review, with an emphasis on the nutritional and sensorial profile of these products, in addition to evaluating the potential post-biotic effects. The nutritional characteristics of kombucha, regarding the macronutrient content, indicate that the drink is mainly composed of carbohydrates (sucrose, glucose and fructose), has a low concentration of proteins and absence of lipids. While the SCOBY is composed of carbohydrates (fibers from bacterial cellulose - CB), proteins and lipids, the latter may be the result of the presence of microbial cells that make up the SCOBY. In addition, the products contain a wide variety of vitamins (vitamin C and B complex), minerals (iron, zinc, magnesium), phenolic compounds, flavonoids and organic acids, with emphasis on acetic acid, gluconic acid, glucuronic acid and fatty acids. short chain. When considering the sensorial profile of kombucha, it is possible to improve the sensorial aspects of the drink in the second fermentation, in which carbonation occurs and the addition of ingredients to give flavor, such as fruits and/or herbs. However, the sensorial characteristics of the drink are influenced by several factors such as the fermentation parameters, the composition of the substrates used, the microbial load present in the medium, as well as the composition of the drink. Furthermore, it reveals to be a product with post-biotic potential, as it contains compounds such as enzymes, short-chain fatty acids, vitamins and minerals, D-saccharic acid 1,4-lactone (DSL), organic acids and bacterial cellulose. On the other hand, the sustainable use of SCOBY stands out as a valuable opportunity to take advantage of a natural resource rich in fiber, previously little explored.

**Keywords:** Organic acids, Phenolic compounds, Postbiotics and SCOBY.

## CAPÍTULO 2: KOMBUCHA E SCOBY: UMA VISÃO GERAL DO PERFIL NUTRICIONAL, ASPECTOS SENSORIAIS E POTENCIAL PÓS-BIÓTICO

### 2.1 INTRODUÇÃO

Kombucha é uma bebida fermentada por uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), que utiliza chá verde e/ou chá preto e açúcar como substrato para a fermentação. Outras variedades de chá, como o chá “oolong” também podem ser utilizadas (AL-MOHAMMADI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2023). O chá fornece o nitrogênio, essencial para o crescimento simbiótico de bactérias e leveduras, enquanto a sacarose é a principal fonte de carbono no processo (JAFARI et al., 2020).

Durante o processo fermentativo da Kombucha é originado um biofilme gelatinoso constituído de celulose conhecido por “SCOBY” (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*). Ao longo da fermentação, o SCOBY permanece na superfície dos recipientes, propiciando condições aeróbias favoráveis na interface ar/líquido para que ocorram interações microbianas e conseqüentemente o metabolismo de compostos (AMARASEKARA; WANG; GRADY, 2020; SAVARY et al., 2021). O SCOBY excedente apresenta grande potencial tecnológico, pois pode ser utilizado para fabricação de calçados, roupas, couro vegano, joias, inibidor de microrganismos, além da possibilidade de utilização pela indústria biomédica, tornando-se também uma potencial matéria-prima para a indústria de alimentos (SOARES; DE LIMA; SCHMIDT, 2021).

Para a obtenção da bebida, os microrganismos fermentam os substratos e produzem um produto com alto valor nutricional, pois geram um coquetel rico em macro e micronutrientes. Os atributos nutricionais conferidos a kombucha estão relacionados principalmente com os compostos presentes na *Camellia sinensis* (JAKUBCZYK et al., 2022; JÚNIOR et al., 2022). Desta forma, a composição final da bebida pode ser representada por açúcares, fibras, aminoácidos, polifenóis, ácidos orgânicos, etanol, minerais como o sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), vitaminas hidrossolúveis, dióxido de carbono, enzimas, entre outros (DIEZ-OZAETA; ASTIAZARAN, 2022; IVANIŠOVÁ et al., 2020; JÚNIOR et al., 2022; WATAWANA et al., 2015).

Devido à sua composição química, que inclui polifenóis, açúcares, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais, bem como à presença de microrganismos, acredita-se que a kombucha possa proporcionar diversos efeitos benéficos à saúde (ARIFF et al., 2023; COELHO et al., 2020). Alguns estudos já mencionaram os efeitos antimicrobianos do consumo de kombucha (IVANIŠOVÁ et al., 2020; JAYABALAN et al., 2014; NORONHA et al., 2022; VELIĆANSKI et al., 2014), assim como suas propriedades antioxidantes (AMARASINGHE; WEERAKKODY; WAISUNDARA, 2018; JAFARI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023), efeito desintoxicante (JAYABALAN et al., 2014; WANG et al., 2014), sua contribuição no controle do diabetes (XU et al., 2022; ZUBAIDAH et al., 2019b, 2019a), além de outros benefícios.

No entanto, é importante destacar que a composição química desta bebida pode variar consideravelmente, uma vez que é influenciada por diversos fatores, tais como o tipo e a concentração do chá utilizado, o tempo de fermentação, a temperatura empregada, a microbiota presente no SCOBY, entre outros (ARIFF et al., 2023; OLIVEIRA et al., 2023). Esses fatores além de interferir na composição final da bebida, também podem afetar o perfil sensorial (VILLARREAL-SOTO et al., 2018; WANG et al., 2020b), interferindo na aceitabilidade da kombucha. Diversas pesquisas têm investigando a receptividade da bebida, a qual geralmente apresenta boa aceitação (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019).

Diante do potencial tecnológico da kombucha e do SCOBY para a indústria de alimentos, este artigo tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica, com ênfase no perfil nutricional e sensorial desses produtos, além de avaliar os potenciais efeitos pós-bióticos na alimentação humana.

## 2.2 PERFIL NUTRICIONAL DA KOMBUCHA E SCOBY

No processo de obtenção da bebida kombucha, os substratos utilizados para a fermentação incluem chás verdes ou preto adoçados, sendo que o chá de *Camelia sinensis* é o principal ingrediente utilizado (COELHO et al., 2020; VILLARREAL-SOTO et al., 2018). No entanto, diversos estudos têm explorado o uso de substratos alternativos para a produção da bebida (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019; AYED; BEN ABID; HAMDI, 2017; GAGGÌA et al., 2018; LI et al., 2022; SHARIFUDIN et al., 2021).

Na fermentação da kombucha, ocorrem diversas alterações físico-químicas devido a simbiose do SCOBY, sendo que os microrganismos presentes na bebida utilizam a sacarose como principal fonte de carbono para o crescimento e atividades metabólicas (WANG et al., 2020b). As leveduras são responsáveis pela hidrólise de sacarose em frutose e glicose, que servem de substrato para a produção de etanol por meio da glicólise, e liberam dióxido de carbono (NEFFE-SKOCÍŃSKA et al., 2017b). As bactérias acéticas pertencentes aos gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter* (COELHO et al., 2020), utilizam o etanol para a conversão em ácido acético e água, e ainda utilizam a glicose como substrato para produção de ácidos orgânicos (succínio, glucônico ou glucurônico), além de desempenharem um papel crucial na formação do SCOBY (OLIVEIRA et al., 2023; TRAN et al., 2022). Enquanto as bactérias lácticas auxiliam na produção de ácidos orgânicos, contribuem com a acidez e com os atributos sensoriais do produto (SAVARY et al., 2021).

Kombucha é considerada uma bebida de baixo valor calórico (JAKUBCZYK et al., 2022), pois durante a fermentação o açúcar é convertido em outros compostos, como etanol e ácidos orgânicos (CHAKRAVORTY et al., 2016). Embora a bebida seja rica em açúcares no início do processo, ocorre uma redução nesse macronutriente durante a fermentação, seguida de um aumento no teor de álcool, e ao final, a bebida é dominada por ácidos orgânicos (JAKUBCZYK et al., 2022).

### 2.2.1. Macronutrientes na Kombucha

Os macronutrientes, representados pelos carboidratos, proteínas e lipídios são compostos que fornecem energia para as células por meio da oxidação e desempenham várias funções importantes no organismo humano (MATTHEWMAN; COSTA-PINTO, 2023).

Os teores finais de açúcares na bebida podem variar de uma fermentação para outra, uma vez que as vias metabólicas podem seguir caminhos distintos (DIEZ-OZAETA; ASTIAZARAN, 2022). No início do processo, ocorre um aumento nos teores de açúcares redutores, resultado da hidrólise da sacarose em glicose e frutose pela levedura, além do uso desses açúcares para produção de etanol (CHAKRAVORTY et al., 2016). Concentrações variadas de açúcares redutores são relatados na literatura, como 2,25 g/L após 21 dias de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2016). O período de fermentação de 14 dias pode levar a concentrações diferentes de açúcares redutores,

como relatado por diversos autores: (GAGGIÀ et al., 2018) encontraram 5,50 g/L de frutose e 15,12 g/L de glicose, enquanto (MALBAŠA; LONČAR; KOLAROV, 2019) detectaram 8,10% de frutose e 19,60% de glicose. 10,5 g/L de glicose e 8,7 g/L de frutose foi observado após 10 dias por (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017), e com 7 dias de fermentação foram encontrados teores de 9,35 g/L de glicose e 1,41 g/L de frutose (IVANIŠOVÁ et al., 2020). Um período maior de fermentação resultou em uma concentração aproximada de 1,2 g/mL de glicose e 2,0 g/mL de frutose (CHEN; LIU, 2000), o que indica que os destinos metabólicos da glicose e frutose provenientes da degradação da sacarose são diferentes e influenciam na concentração final dos açúcares.

Porém, é possível encontrar frações de sacarose na bebida que não são degradadas pelas leveduras (JÚNIOR et al., 2022). Diversos estudos relatam concentrações variadas de sacarose em diferentes períodos de fermentação, por exemplo 17,81 g/L com 7 dias de fermentação (IVANIŠOVÁ et al., 2020), 7,54 g/L com 10 dias e 26,13 g/L após 14 dias de fermentação (GAGGIÀ et al., 2018), e 19,75% desse dissacarídeo (MALBAŠA; LONČAR; KOLAROV, 2019). A presença de sacarose em pequenas quantidades também foi evidenciada após 60 dias de fermentação por Chen e Liu (2000), com uma concentração de 1,0 g/mL. A conversão dos açúcares durante a fermentação, têm influência do tipo e da atividade metabólica das leveduras. Além disso, a utilização dos substratos para fermentação é diferenciada e complementar entre as células de leveduras e bactérias acética (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b).

A presença de proteínas na bebida pode ser explicada pela secreção de proteínas extracelulares por bactérias e leveduras durante o período de fermentação. Em um estudo, foi observado um aumento no teor de proteína no caldo da kombucha, de 0,1 para 3,0 g/L, durante um período de 12 dias de fermentação (JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007), enquanto Cardoso et al. (2018) relataram a presença de 1,74 mg de proteínas por 5 mL de kombucha fermentado em chá preto. Não foram encontrados estudos na literatura que demonstrassem a presença de lipídeos na bebida.

Desta forma, os estudos encontrados na obtenção de kombucha indicam que a bebida é composta principalmente por carboidratos, como a sacarose, glicose e frutose, apresenta baixa concentração de proteínas e ausência de lipídeos.

### 2.2.2 Macronutrientes no SCOBY

Durante o processo fermentativo, as bactérias acéticas, representadas principalmente pela *Acetocacter xylinum*, produzem como metabólito secundário uma rede de celulose com aspecto gelatinoso que dá formato à rede do SCOBY (LEAL et al., 2018). Fibras e proteínas são os principais constituintes do SCOBY. O teor de fibras brutas no SCOBY pode variar de 120 g/Kg a 147,9 g/Kg, conforme quantificações realizadas, enquanto as concentrações de proteínas podem variar de 179,38 g/Kg a 231,10 g/Kg. Além de fibras e proteínas, o SCOBY também pode conter lipídeos com concentrações variando entre 44,14 g/Kg e 54,30 g/Kg (JAYABALAN et al., 2010; MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005). De acordo com os resultados encontrados, a presença de proteínas e lipídeos na bebida podem ser resultado da presença das células microbianas que compõem o SCOBY, enquanto a presença de fibras está associada à celulose bacteriana (CB) gerada durante a fermentação.

Na Tabela 2.1 estão apresentados os resultados de composição centesimal do SCOBY, realizada pelos pesquisadores responsáveis por este estudo. O SCOBY empregado para essa caracterização foi proveniente do excedente da primeira fermentação de kombucha e cultivado no Brasil (laboratório de Análise Sensorial, do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia-Campus Patos de Minas- MG). Os substratos utilizados durante o processo de fermentação incluíram o chá verde (12,5 g), chá preto (12,5 g) e sacarose (125 g), todo o processo ocorreu em temperatura de 25 °C.

Tabela 2.1- Composição centesimal do SCOBY.

Composição centesimal	(g/100g)
UMIDADE INICIAL	96,89
CINZAS	0,80
PROTEÍNAS	0,14
LIPIDEOS	0,02
CARBOIDRATOS TOTAIS	2,15
CARBOIDRATOS DIGERÍVEIS	1,10
CARBOIDRATOS NÃO DIGERÍVEIS (FIBRA BRUTA)	1,05

Fonte: os autores (2024).

Diante dos resultados obtidos, é evidente que o SCOBY é predominantemente composto por água, representada por 96,89g/100g, o que corrobora com sua característica de matriz gelatinosa altamente hidratada. A presença de cinzas na composição do SCOBY indica a presença de minerais. Constatou-se a presença de carboidratos digeríveis (1,10 g) e paralelamente, a fibra bruta representada por 1,05 g revela a presença de carboidratos não digeríveis, indicativo da presença da celulose bacteriana. Além disso, observou-se em menores concentrações a presença de proteínas e lipídeos. No trabalho conduzido por Cruz (2023), a análise dos teores de proteínas, lipídeos e cinzas nos pós de SCOBY provenientes de diferentes substratos (acerola, maracujá e chá verde), apresentou valores diferentes dos encontrados neste trabalho. Os resultados indicaram para proteínas (1,37%, 1,39% e 0,63%), lipídeos (0,56%, 0,23% e 0,6%) e cinzas (2,58%, 1,08% e 2,19%).

Os resultados obtidos na análise da composição centesimal do SCOBY revelaram diferenças em relação aos valores documentados na literatura. Notavelmente, a fibra bruta apresentou-se em concentrações superiores aos valores observados em estudos anteriores, enquanto as quantidades de proteínas e lipídios mostraram-se inferiores. Essa divergência na composição do SCOBY pode estar relacionada com as variações no processo fermentativo, como as condições de cultivo, substratos utilizados, localização geográfica e variações nas cepas microbianas presentes no meio (AHMED; DIRAR, 2005; DIEZ-OZAETA; ASTIAZARAN, 2022; LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021; TAPIAS et al., 2023).

No estudo de Murugesan et al. (2005), um total de 18 aminoácidos foram determinados no SCOBY, sendo que as maiores concentrações foram representadas pelo ácido glutâmico (4,56%), lisina (4,25%) e ácido aspártico (3,71%). Uma quantidade significativa de aminoácidos após 21 dias de fermentação também foi quantificada por Jayabalan et al. (2010), sendo a maior concentração de ácido aspártico (53,2 mg/g), lisina (53,1 mg/g), alanina (53 mg/g) e ácido glutâmico (50,1 mg/g), além de outros aminoácidos.

Alguns polissacarídeos são classificados como fibra insolúvel (FI), pois são insolúveis em água e pouco fermentados (DHINGRA et al., 2012). Domeneghetti et al. (2019) observaram em sua pesquisa que o SCOBY é composto por 9,55% de lignina

insolúvel, 8,96% de holocelulose, 4,89% de hemicelulose, 4,09% de  $\alpha$ -celulose e 0,0083% de lignina solúvel.

O crescimento do SCOBY foi acompanhando por Savary et al. (2021), por um período de 27 dias. Os autores observaram um crescimento progressivo e no fim do experimento apresentou uma massa úmida de  $5,36 \pm 0,12$  g, sendo que a massa do biofilme aumentou em média 0,32 g/dia nos primeiros 7 dias do experimento e, posteriormente, 0,15 g/dia até completar os 27 dias. Pesquisas apontam que o rendimento de celulose pode variar de acordo com os substratos utilizados. Malbaša et al. (2019) utilizaram sacarose e inulina para a fermentação por um período determinado de 21 dias. Os autores observaram que, ao final do processo, a utilização de inulina foi mais eficiente para a obtenção de celulose (25,47%), quando comparados com a utilização de sacarose (1,10%). Por outro lado, Nguyen et al. (2008) obtiveram melhores rendimento de celulose quando o manitol e licor de maceração de milho foram utilizados como fonte de carbono e nitrogênio (0,82 g/L).

O SCOBY demonstra ser um resíduo promissor com potencial aplicação em diversas áreas, sendo considerado uma matéria-prima viável para a indústria de alimentos, conforme destacado por Soares et al. (2021). Suas propriedades nutricionais contribuem para essa promissora perspectiva de utilização. A utilização de SCOBY para a alimentação humana já foi reportada por alguns autores, para aplicação em *smoothies*, produção de bebidas lácteas fermentadas e em aplicações culinárias sendo que o SCOBY foi servido de quatro maneiras diferente (cru, marinado, curado e cozido), apresentado na sua forma *in natura* e incorporado a outros alimentos (CRUZ, 2023; KRUK et al., 2021; TORÁN-PEREG et al., 2021).

### 2.2.3. Micronutrientes na Kombucha

Os micronutrientes são representados pelas vitamínicas e minerais, componentes essenciais para o bom funcionamento do organismo, desempenhando funções vitais na manutenção da saúde (MATTHEWMAN; COSTA-PINTO, 2023).

A bebida kombucha contém uma variedade de micronutrientes, e sua composição final depende dos ingredientes, proporções e parâmetros de fermentação utilizados. As condições podem potencializar ou inibir a produção de compostos nutricionais específicos (JÚNIOR et al., 2022). Sabe-se que os micronutrientes e compostos biologicamente ativos são derivados principalmente do chá, mas também são resultantes

de compostos orgânicos que sofrem transformações enzimáticas de microrganismos (JAKUBCZYK et al., 2022).

Um estudo realizado utilizando chá preto e sacarose para a fermentação da kombucha investigou a presença de micronutrientes na bebida. A composição mineral foi composta por Mn (462 µg/L), Fe (353 µg/L), níquel (346 µg/L), Cu (2373 µg/L), Zn (154 µg/L), cobalto (4 µg/L), cromo- Cr (1 µg/L). Não foi detectado a presença de cádmio na bebida (BAUER-PETROVSKA; PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000; IVANIŠOVÁ et al., 2020), sendo um indicativo positivo de segurança no consumo, uma vez que é um metal pesado potencialmente tóxico ao ser humano.

Os teores de micronutrientes podem variar de acordo com o tipo de chá e o tempo de fermentação aplicados no processo. Em um estudo realizado por Jakubczyk et al. (2022), o teor de micronutrientes (Mg, Cu, Fe, Cr e Zn) foi avaliado e quantificado em 4 variedades de chá (preto, verde, branco e vermelho), em 3 momentos da fermentação (1, 7 e 14 dias). Os autores observaram que o padrão geral de concentrações minerais nas amostras de kombucha foi o seguinte: Zn > Mn > Fe > Cu > Cr. Além disso, a bebida obtida com chá preto apresentou maiores concentrações de Zn, Cu e Cr, enquanto para o Mn, uma maior concentração foi observada na kombucha preparado com chá verde, e o Fe com maiores teores foi obtido na kombucha preparado com chá vermelho. Vale ressaltar que, apesar dessa análise, somente o mineral Mn foi diferente estatisticamente. Para os demais elementos, o tipo de chá não influenciou no seu teor.

A kombucha produzida a partir do chá preto pode apresentar um aumento significativo nos teores de micronutrientes. De acordo com um estudo realizado por IVANIŠOVÁ et al. (2020), concentrações de Fe (310 µg/L), Mn (1570 µg/L), Zn (530 µg/L), Cu (140 µg/L) e 420 µg/L de Ni foram observadas em kombucha produzido a partir de chá preto fermentado.

O ácido ascórbico, mais conhecido como vitamina C, é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil capaz de desempenhar funções variadas no organismo, tais como a prevenção do escorbuto, a participação em processos celulares de oxirredução, a atuação na biossíntese de catecolaminas e defesa do organismo, entre outras (MANELA-AZULAY et al., 2003). Durante o processo de fermentação da kombucha, a vitamina C é derivada da glicose e sintetizada por bactérias, podendo também ser proveniente dos substratos utilizados para fermentação (VITAS et al., 2018). A

utilização de diferentes substratos pode influenciar o teor de vitamina C na bebida, conforme demonstram as evidências: 2,8 mg/L de vitamina C foram encontrado em chá preto, enquanto a utilização de chá verde evidenciou uma concentração de 9 mg/L de ácido ascórbico (MALBAŠA et al., 2011).

Estudo realizado por Vitas et al. (2018) utilizando Yarrow (*Achillea millefolium* L.) como substrato, observaram teores de vitamina C variando de 0,38 a 1,14 mg/L, enquanto Bauer-petrovska; Petrushevskatozi (2000) encontraram um teor de 510 mg/L, utilizando chá preto para fermentação.

As leveduras são as responsáveis pela biossíntese das vitaminas do complexo B (MALBAŠA et al., 2011). Os teores de outras vitaminas hidrossolúveis foram quantificadas e apresentaram valores médios de vitamina B1 (740 mg/L), vitamina B6 (520 mg/L) e vitamina B12 (840 mg/L) (BAUER-PETROVSKA; PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000). A vitamina B2 apresentou variação, sendo encontrado valores de 8000 e 9000 mg/L no chá preto e chá verde respectivamente (MALBAŠA et al., 2011).

#### 2.2.4. Micronutrientes no SCOBY

O SCOBY também pode conter micronutrientes, sendo representado principalmente por potássio (13,93 g/Kg e 2,10 g/100g), cálcio (6,56 g/Kg e 0,03 g/100g), magnésio (5,75 g/Kg e 0,45 g/100 g), fósforo (4,82 g/Kg) e enxofre (0,12 g/100g), além de outros em menores concentrações como o Na, Fe, Mn, Zn e Cu. Esses valores foram quantificados nos estudos de Murugesan et al. (2005) e Jayabalan et al. (2010).

O organismo humano não é capaz de sintetizar oligoelementos. Por isso, é de suma importância a adequação da ingestão, por meio de uma alimentação balanceada que atenda às necessidades individuais de cada pessoa. A falta ou o excesso de nutrientes podem ocasionar distúrbios e disfunções (JAKUBCZYK et al., 2022). Dessa forma, diante da diversidade de nutrientes encontrados na kombucha/SCOBY, a incorporação desses produtos em pesquisas com foco no desenvolvimento de novos alimentos, surge como uma sugestão promissora.

#### 2.2.5. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos, são metabólitos secundários de plantas encontrados em alimentos e bebidas, e desempenham um papel fundamental na promoção de saúde

(OLIVEIRA et al., 2023; VITAS et al., 2018). A *Camelia senensis* contém em sua composição uma diversidade de polifenóis como os flavonoides, catequinas, teaflavinas e tearubiginas, entre outros (VALDUGA et al., 2019). Um total de 164 compostos já foram identificados na kombucha de chá preto (NORONHA et al., 2022).

Durante a fermentação da kombucha, a concentração dos compostos fenólicos na bebida aumenta devido as reações catabólicas e anabólicas dos microrganismos envolvidos (NORONHA et al., 2022; VARGAS; FABRICIO; AYUB, 2021; WANG et al., 2020b). Diversos fatores, como o tempo de fermentação, o tipo de substrato e a microbiota presente na kombucha, afetam o perfil de metabólitos secundários que são produzidos no processo fermentativo (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019).

Estudos têm comparado os teores de compostos fenólicos entre o chá não fermentado e a kombucha. Chakravorty et al. (2016) evidenciaram 23 µg GAE/100mg na bebida, representando um aumento de 54% em comparação ao chá não fermentado. Ivanišová et al. (2020) também observaram um aumento de 47,7% (412,25 mg GAE/L) em comparação ao chá não fermentado. Esse aumento pode estar relacionado com a ação de enzimas liberadas pelo SCOBY presente na kombucha que degradam os complexos polifenóis e flavonoides presentes no chá em moléculas menores, conforme evidenciado por Chakravorty et al., (2016) e Diez-Ozaeta e Astiazaran et al. (2022). Por outro lado, Oliveira et al. (2023) não encontraram diferença estatística nas concentrações de ácido gálico entre o chá não fermentado (0,569 µg/mL) e a kombucha (0,535 µg/mL).

A concentração de compostos fenólicos na bebida pode variar bastante, Jafari et al. (2020), evidenciaram 285,44 mg de GAE. A cultura starter utilizada na fermentação da kombucha é variável em termos de composição microbiológica, pois pode variar de acordo com a origem, clima, localização geográfica, tempo de fermentação e os substratos utilizados, o que pode afetar a concentração de compostos fenólicos (OLIVEIRA et al., 2023). A utilização de chá preto para o preparo de kombucha proporcionou concentrações maiores de fenólicos totais (1,09 mg/mL GAE), teaflavina (0,1510 % p/V) e tearubigina (1,9987 % p/v), quando comparados a utilização de chá verde (CARDOSO et al., 2020). Concentrações similares de teaflavinas (0,125%) e tearubiginas (2,27%) foram observados na kombucha de chá preto por Noronha et al. (2022).

No estudo de Gaggia et al. (2018) a utilização de chá verde foi o que proporcionou maiores concentrações de polifenóis, com pico máximo no sétimo dia de fermentação (100,33 mg/g), contudo foi notório uma redução significativa (67,40 mg/g) após 14 dias de fermentação. Por outro lado, Jakubczyk et al. (2020) notaram aumento progressivo com o tempo de fermentação passando de 299,6 mg/L com 7 dias de para 320,1 mg/L após 14 dias de fermentação. Um aumento no teor de compostos fenólicos também foi observado após 14 dias de fermentação utilizando diversas variedades de chás, com concentrações de 320,1 mg/L, 271,9 mg/L, 228,1 mg/L e 206,0 mg/L, para os chá verde, chá vermelho, chá branco e chá preto respectivamente (JAKUBCZYK et al., 2020).

Os flavonoides apresentaram redução nos teores após 14 dias de fermentação, com concentrações finais de 15,11 mg/g no chá verde, 13,87 mg/g no chá preto e 17,33 mg/g no rooibos (*Aspalathus linearis*) (GAGGIA et al., 2018). Essa redução também foi observado no estudo de Jakubczyk et al. (2020) após 14 dias de fermentação e concentrações diferentes foram observadas de acordo com os substratos utilizados (181,3 mg/L no chá verde, 126,7 mg/L no chá preto, 111,6 mg/L no chá branco e 242,5 mg/L no chá vermelho).

Em relação à duração dos compostos fenólicos na bebida, Jayabalan et al. (2008) observaram uma diminuição linear durante o armazenamento em câmara com temperatura ambiente (28 °C), com umidade relativa de 65% por até 90 dias, compostos como a teaflavinas diminuindo até 60% e tearubiginas cerca de 87%. Em contrapartida foi observado que a teaflavina aumentou cerca de 88,63% (3,32 g/L), enquanto a tearubigina diminuiu cerca de 47,02% (11,39 g/L) após 21 dias de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2016). Portanto, estudos adicionais são necessários para validar a duração dos compostos fenólicos nas bebidas fermentadas.

Não foram identificados estudos prévios que abordassem a avaliação dos compostos fenólicos em SCOBY. Entretanto, ao longo da pesquisa, conduzimos a análise de fenólicos e flavonoides no SCOBY. O SCOBY examinado apresentou uma concentração de  $14275 \pm 1260,10$  mg GAE/g e  $125,5 \pm 11,43$  mg rutina/g. Esses resultados contribuem para o entendimento da composição química do SCOBY, destacando a presença desses compostos não só na kombucha, mas também na matriz analisada.

### 2.2.6. Ácidos orgânicos

No processo produtivo da kombucha, além dos processos simultâneos de fermentação anaeróbica e aeróbica (FERREMI LEALI et al., 2022), outros fatores podem influenciar a composição final e microbiológica da bebida, como a origem, o substrato, clima, localização geográfica e condições de produção, gerando uma bebida com diferentes concentrações de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2023)

Ácidos orgânicos são compostos que desempenham diversas funções e estão presentes nos alimentos e bebidas, esses compostos podem afetar as propriedades sensoriais, a estabilidade química e microbiológica, além de serem importantes nos processos biológicos atuando em vias metabólicas (VITAS et al., 2018). O processo de fermentação favorece a redução do pH da bebida, e o baixo pH é atribuído à produção de vários ácidos orgânicos (CHAKRAVORTY et al., 2016; JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007; OLIVEIRA et al., 2023).

Os principais ácidos orgânicos presentes na kombucha são o ácido acético, o ácido glucônico e o ácido glucurônico (CHAKRAVORTY et al., 2016; FILIPPIS et al., 2018; MALBAŠA et al., 2011). O ácido acético é produzido pelas cepas do gênero *Acetobacter* a partir do etanol. O processo é mediado pelas enzimas álcool desidrogenase e aldeído desidrogenase, que são capazes de entrar no ciclo de Krebs e dar origem ao ácido acético, água e dióxido de carbono. Por outro lado, as cepas do gênero *Gluconobacter* e *Acetobacter* utilizam a glicose para produção de ácido glucônico pela via das pentose fosfato (CHEN; LIU, 2000; LEAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2023). Além disso, a glicose pode sofrer oxidação na posição C-6 e dar origem ao ácido glucurônico (JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007).

O perfil dos ácidos presentes na kombucha foi objeto de investigação por vários autores, e na Tabela 2.2 são apresentadas as concentrações desses ácidos, juntamente com as condições de fermentação utilizadas. Essas condições envolvem os substratos utilizados (como chá preto, chá verde e sacarose), a faixa de temperatura (de 22 °C a 28 °C) e o tempo de fermentação (de 7 a 30 dias), proporcionando uma visão abrangente de alguns dos fatores que podem afetar as concentrações dos ácidos na kombucha.

O perfil de ácidos orgânicos pode apresentar variações de acordo com os parâmetros utilizados durante o processo de fermentação conforme demonstrado na Tabela 2.2.

Os teores de ácidos na Kombucha aumentam com o tempo de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2016; CHEN; LIU, 2000). Isso ocorre porque o consórcio de microrganismos presentes na bebida proporciona várias alterações físico-químicas e biológicas. Após 7 dias, uma diferença significativa foi evidenciada na concentração de ácido acético na bebida fermentada quando comparado ao chá verde não fermentado. Enquanto o chá verde apresentou uma concentração de 0,35%, a kombucha revelou uma concentração de 0,59% (OLIVEIRA et al., 2023).

Diferentes estudos têm documentado uma notável variação nas concentrações de ácido acético ao longo de períodos distintos de fermentação da kombucha (Tabela 2.2). Essas concentrações oscilam desde 1,21 g/L em 7 dias de fermentação (SILVA JÚNIOR et al., 2021) até 16,57 g/L ao final de 21 dias (CHAKRAVORTY et al., 2016). Esta variação demonstra uma tendência de aumento na concentração de ácido acético à medida que o tempo de fermentação se estende.

Tabela 2.2- Perfil dos ácidos orgânicos na kombucha e as condições de fermentação associada.

Ácido orgânico	Quantidade de ácido após a fermentação	Substrato e condições da fermentação	Tempo de fermentação	Referência
Ácido acético	1,21 g/L	Chá verde e sacarose a 26 °C	7 dias	(SILVA JÚNIOR et al., 2021)
	1,55 g/L	Chá preto e sacarose a 22 °C	7 dias	(IVANIŠOVÁ et al., 2020)
	15,75 mM	Chá verde e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	8,17 mM	Chá preto e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	1,65 g/L	Chá preto, chá verde e sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b)
	9,18 mg/mL	Chá preto e sacarose a 27 °C	14 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	7,65 mg/mL	Chá verde e sacarose a 27 °C	14 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	9,51 g/L	Chá verde e sacarose a 24 °C	15 dias	(JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
	6,17 g/L	Chá preto e sacarose a 24 °C	15 dias	(JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
	4,66 g/L	Chá verde e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŇOIU et al., 2018)
16,57 g/L	Chá preto e sacarose a 28 °C	21 dias	(CHAKRAVORTY et al., 2016)	
1,1 g/L	Chá preto e sacarose a 24 °C	30 dias	(CHEN; LIU, 2000)	
Ácido Glucurônico	1,36 mg/mL	Chá preto e sacarose a 27 °C	7 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	1,78 mg/mL	Chá verde e sacarose a 27 °C	7 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	0,05 mM	Chá verde e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	0,05 mM	Chá preto e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	0,063 g/L	Chá verde, chá preto e sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b)
	3,23 mg/mL	Chá preto e sacarose a 27 °C	14 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	1,96 mg/mL	Chá verde e sacarose a 27 °C	14 dias	(GAGGÌA et al., 2018)
	1,57 g/L	Chá preto e sacarose a 24 °C	15 dias	(JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
1,57 g/L	Chá verde e sacarose a 24 °C	15 dias	(JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)	
Ácido Glucônico	0,15 mM	Chá verde e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	0,20 mM	Chá preto e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	0,063 g/L	Chá preto, chá verde e sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b)
	1,59 g/L	Chá verde e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŇOIU et al., 2018)
	7,36 g/L	Chá preto e sacarose a 28 °C	21 dias	(CHAKRAVORTY et al., 2016)
	1,9 g/L	Chá preto e sacarose a 24 °C	30 dias	(CHEN; LIU, 2000)

Ácido Láctico	15,37 mM	Chá verde e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	10,46 mM	Chá preto e sacarose e *	8 dias	(COTON et al., 2017)
	0,33 g/L	Chá preto e sacarose a 24 °C	15 dias	JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
	0,15 g/L	Chá verde e sacarose a 24 °C	15 dias	JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
Ácido cítrico	0,36 g/L	Chá preto e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŢOIU et al., 2018)
	0,37 g/L	Chá verde e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŢOIU et al., 2018)
	0,05 g/L	Chá preto e sacarose a 22 °C	7 dias	(IVANIŠOVÁ et al., 2020)
	0,47 g/L	Chá verde e sacarose a 26 °C	7 dias	(SILVA JÚNIOR et al., 2021)
AGCC	2,5% (0,175 g/L)	Chá verde, chá preto e sacarose a 28 °C	10 dias	(MALBAŠA et al., 2011)
	0,086 g/L	Chá verde, chá preto e sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b)
	Não detectado	Chá preto e sacarose a 24 °C	15 dias	(JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007)
	Butírico	1,02 g/L	Chá verde e sacarose a 26 °C	7 dias
0,30 g/L		Chá verde e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŢOIU et al., 2018)
0,24 g/L		Chá verde e sacarose a 28 °C	17 dias	(UŢOIU et al., 2018)
3,32 mg/G		*	*	(GILL et al., 2021)
Outros ácidos	0,39 g/L	Chá verde e sacarose a 26 °C	7 dias	(SILVA JÚNIOR et al., 2021)
	0,23 g/L	Chá preto e sacarose a 22 °C	7 dias	(IVANIŠOVÁ et al., 2020)
	0,47 g/L	Chá verde e chá preto, sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b)
	0,44 g/L	Chá verde e chá preto, sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b)
	1,70 g/L	Chá verde e sacarose a 26 °C	7 dias	(SILVA JÚNIOR et al., 2021)
	0,029 g/L	Chá verde, chá preto e sacarose a 25 °C	10 dias	(NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b)

Fonte: os autores (2024).

\*Informações não apresentadas no trabalho

É importante ressaltar, no entanto, que o estudo conduzido por Chen e Liu (2000) registrou o menor teor de ácido acético após 30 dias de fermentação, totalizando 1,1 g/L. Esta peculiaridade pode ser atribuída ao baixo pH atingido (2,5), o qual pode resultar em condições adversas para sobrevivência de certos gêneros de leveduras e bactérias. Nesse contexto, a redução do pH pode limitar a atividade microbiana, impactando diretamente na produção de ácido acético nesse estágio avançado de fermentação.

A influência do uso de chá verde e chá preto nas concentrações de ácido glucurônico demonstrou variabilidade nos estudos. Coton et al. (2017) e Jayabalan; Marimuthu; Swaminathan, (2007) observaram que a escolha entre esses chás não gerou diferença nas concentrações deste ácido, ao contrário do que foi observado por Gaggia et al., (2018), que apontaram uma maior concentração de ácido glucurônico com o uso do chá verde.

Em relação à duração da fermentação, Neffe-skocińska et al. (2017b) registraram uma concentração de 0,063 g/L ácido glucurônico após 10 dias de fermentação, enquanto Gaggia et al., (2018) relataram níveis mais elevados, alcançando 3,23 g/L após 14 dias de fermentação. Esses resultados demonstram como o tempo de fermentação pode influenciar os níveis de ácidos presentes no produto final.

No contexto da kombucha, o ácido glucônico geralmente é encontrado em quantidades superiores ao ácido glucurônico (FILIPPIS et al., 2018). Embora as concentrações de ácido glucônico em kombucha possam variar, a concentração deste ácido variou de 0,15 mM com 8 dias de fermentação, e atingiu valores de até 7,36 g/L após 21 dias de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2016). Entretanto, à medida que o tempo de fermentação avança, é observada uma tendência à redução dessas quantidades, por exemplo, um teor de 1,9 g/L foi registrado após 30 dias de fermentação no estudo conduzido por Chen e Liu (2000).

A composição de ácidos na bebida de kombucha revela-se diversificada. Estudos relataram a presença de ácido láctico em Kombucha fermentada com chá verde e chá preto (COTON et al., 2017; JAYABALAN; MARIMUTHU; SWAMINATHAN, 2007; UTOIU et al., 2018). Além do ácido láctico, há relatos, embora em pequenas quantidades, da presença de ácido cítrico na literatura. Suas concentrações variaram de 0,05 g/L com 7 dias de fermentação (IVANIŠOVÁ et al., 2020) a 0,175 g/L com 10

dias (MALBAŠA et al., 2011). Entretanto, estudos como o de Jayabalan; Marimuthu; Swaminathan (2007), não detectaram essa substância após 15 dias de fermentação.

Além disso, também foi documentada a presença de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) na kombucha, como o ácido butírico (SILVA JÚNIOR et al., 2021; UȚOIU et al., 2018), propiônico (UȚOIU et al., 2018) e acetato (GILL et al., 2021), assim como outros ácidos incluindo o tartárico (IVANIŠOVÁ et al., 2020), o quínico (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b), o oxálico (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b) e o málico (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b; SOUZA et al., 2021). Notavelmente, observou-se uma redução nas concentrações de ácido butírico e ácido málico à medida que o tempo de fermentação aumenta. Essa diversidade de ácidos na kombucha destaca a complexidade e dinâmica do processo fermentativo, influenciando diretamente na composição final da bebida.

A diferença nas concentrações de ácidos apresentadas na literatura (Tabela 2.2) está relacionada com as variáveis do processo produtivo como o tempo e a temperatura de fermentação, origem da película, bem como a abundância de cepas produtoras de ácidos (GAGGIÀ et al., 2018). Filippis et al. (2018) demonstraram em seu estudo, que as amostras fermentadas a 30 °C apresentaram maior concentração de ácidos, e uma correlação positiva foi observada com os níveis de *Gluconacetobacter saccharivorans*. Por outro lado, verificou-se uma maior concentração de ácido acético e ácido glucurônico a 25 °C (NEFFE-SKOCIŇSKA et al., 2017b).

### 2.3 PERFIL SENSORIAL DA KOMBUCHA

A fermentação é responsável pelas alterações bioquímicas e sensoriais da bebida, devido à formação de compostos gerados durante o processo (VARGAS; FABRICIO; AYUB, 2021), proporcionando um maior valor nutricional à bebida (BASCHALI et al., 2017). As características sensoriais da bebida são moldadas pelos parâmetros de fermentação, pela composição dos substratos utilizadas e pela carga microbiana presente no meio (YAO et al., 2023).

Após o processo fermentativo é originada uma bebida refrescante, carbonatada e levemente ácida com um teor diversificado de componentes (BASCHALI et al., 2017; VARGAS; FABRICIO; AYUB, 2021). Por meio do processo fermentativo é possível melhorar o perfil sensorial da bebida, desenvolvendo novos sabores desejáveis, porém diferente da matriz vegetal inicial (VARGAS; FABRICIO; AYUB, 2021). Após a

primeira fermentação, a bebida é submetida a uma segunda fermentação, que deve ser realizada em um recipiente fechado preferencialmente de vidro, podendo durar de 2 a 3 dias. O objetivo principal da segunda fermentação é realizar a carbonatação, ou seja, proporcionar aumento no teor de dióxido de carbono. Nesta etapa também é possível adicionar ingredientes para dar sabor, como frutas e/ou ervas (MIRANDA et al., 2022). Ao serem comparadas, as bebidas da kombucha contendo goji berry preto, goji berry vermelho e chá preto, foi identificado que a primeira opção obteve a preferência em relação às características sensoriais (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019).

Com relação às consequências do processo fermentativo, ocorrem alterações no sabor da bebida, passando de um sabor frutado e levemente azedo para um sabor de vinagre, podendo alterar os aspectos sensoriais da bebida (WATAWANA et al., 2015). No estudo de Ivanišová et al. (2020), após a análise da aceitação da kombucha, verificou-se que os aspectos mais bem avaliados foram o sabor geral, a intensidade do sabor e o sabor do chá. Embora alguns avaliadores tenham detectado um sabor semelhante ao vinagre “gosto de vinagre”, outros relataram a presença de um sabor fresco e frutado. Em outra pesquisa os avaliadores relataram uma mudança para um sabor suave de vinagre para agradavelmente frutado, azedo e espumante, após 11 dias de armazenamento a 4 °C (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019). A bebida fermentada em diferentes temperaturas (20, 25 e 30 °C) apresentou alta aceitação sensorial, contudo a kombucha fermentada a 25 °C foi a mais bem avaliada. Em relação aos atributos olfativo e gustativo, os degustadores detectaram que as bebidas apresentavam cheiro de chá, limão e azedo, em contrapartida sabores de limão, chá e azedo foram pouco perceptíveis (NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b).

Contudo, existe uma dificuldade no controle da estabilidade da qualidade sensorial da kombucha, incluindo o perfil olfativo. Isso se deve a vários fatores, como uma demanda por procedimentos padronizados de produção, a composição variada na cultura simbiótica de leveduras e bactérias, a falta de conhecimento sobre o produto em si e dos parâmetros do processo que influenciam na composição e qualidade sensorial (TRAN et al., 2022). Um estudo demonstrou que no início do armazenamento os odores de todas as amostras eram aceitáveis, contudo esse odor mudou de fragrância frutada para cheiro de ácido acético durante o armazenamento, sob temperatura de 4 °C (ABUDUAIBIFU; TAMER, 2019). Enquanto no trabalho proposto por Neffe-

Skocińska et al. (2017b) os degustadores detectaram que as bebidas apresentavam cheiro de chá, limão e azedo.

Estudos têm se dedicado à identificação dos compostos voláteis presentes na bebida, uma vez que podem influenciar no perfil sensorial. Em uma investigação recente foram identificados um total de 32 metabólitos pertencentes a diferentes famílias moleculares, incluindo, aldeídos, cetonas, ésteres, fenol e ácidos graxos saturados (TRAN et al., 2022). Em outra pesquisa realizada por Yao et al. (2023), foram identificados 72 compostos voláteis, caracterizados em grupos distintos, abrangendo 15 ésteres, 17 terpenos, 11 ácidos, 9 álcoois, 5 cetonas, 4 fenóis, 3 aldeídos, além de outros 8 compostos.

No estudo de Tran et al. (2022), os autores observaram que os compostos voláteis afetaram significativamente o perfil olfativo da bebida, realçando o aroma da bebida. Além disso, identificaram que os ácidos graxos saturados e os álcoois estão envolvidos na expressão do aroma de vinagre, suco de maçã e frutas exóticas. Ademais, destacaram a influência da composição microbiana, observando que a presença *B. bruxellensis* e *A. indonesiensis* desempenhou um papel crucial na formação do perfil olfativo da kombucha, conferindo-lhe nota de “suco de maçã”.

Outro aspecto que afeta a qualidade da bebida é a composição variada de ácidos/álcool proveniente de variações no SCOBY, da composição do chá e dos parâmetros utilizados na fermentação (WANG et al., 2020b). A utilização de três inóculos diferentes como culturas iniciadoras foram estudadas (cultura *starter* controle, cultura *starter* centrifugada e cultura *starter* liofilizada), e em termos de análise sensorial foi observado que todos os atributos avaliados não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as três amostras de kombucha e todas as amostras apresentaram aceitação geral aproximada de 70% (FABRICIO et al., 2022).

Uma medida para obter melhor qualidade da bebida é controlar os parâmetros da fermentação, como o pH, teor alcóolico e acidez volátil (BRASIL, 2019). Sabe-se que os componentes presentes no caldo determinam o sabor e o aroma da bebida, os principais fatores responsáveis por essa determinação são o teor de açúcares residuais, a concentração de dióxido de carbono e ácidos orgânicos (CHEN; LIU, 2000).

## 2.4 POTENCIAL PÓS-BIÓTICO

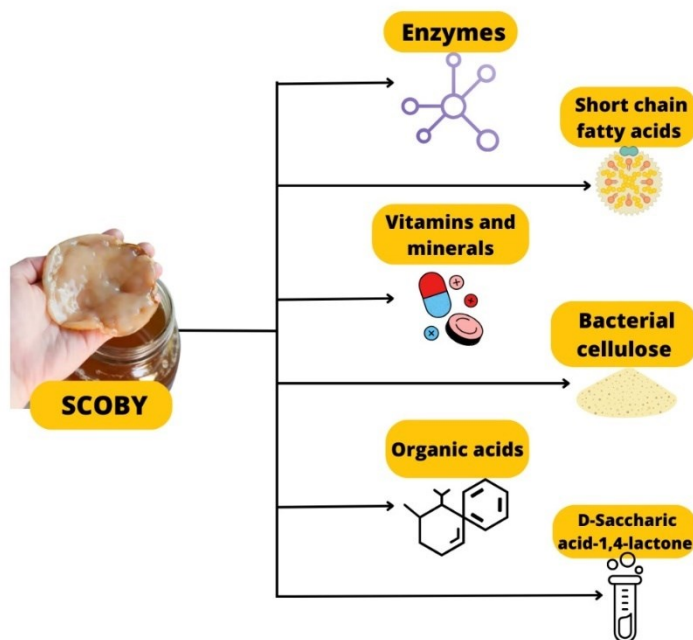
Embora alguns estudos apontem a Kombucha como probiótica, no Brasil a instrução normativa (IN), nº41, de 17 de setembro de 2019, proíbe, em sua rotulagem a utilização da expressão “bebida probiótica”. Essa restrição decorre da necessidade de comprovação científica das propriedades probióticas do produto, sendo uma condição também aplicada nos EUA, conforme estabelecido pela *Food And Drug Administration-FDA* (FDA, [s.d.]). O *Kombucha Brewers International (KBI)* destaca que a indicação de probióticos no rótulo só é permitida se esses forem efetivamente adicionados à bebida. Na União Europeia, não existe uma definição padronizada para o termo “probiótico”, geralmente, ele é utilizado em referência a algumas espécies bacterianas. Devido à falta de critérios uniformes entre os membros da União Europeia, é aceitável o uso do termo “probiótico” nos rótulos, no entanto, é importante observar que essa declaração não pode ser acompanhada por alegações de saúde (MUKHERJEE et al., 2022; NUTRICIONAL, 2020). Por outro lado, além do potencial probiótico, os efeitos pós-bióticos vêm sendo investigados em alimentos fermentados (OWUSU-KWARTENG et al., 2022; SMITH et al., 2020).

Segundo a Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP), pós-biótico corresponde a “preparação de microrganismos inanimados e/ou seus componentes que confere benefício a saúde do hospedeiro” (SALMINEN et al., 2021). O termo pós-bióticos corresponde a produtos ou subprodutos de metabólitos (fração solúvel), secretados por bactérias ou liberados após a lise celular, e proporcionam efeitos benéficos à saúde. São considerados exemplos de pós-bióticos os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), peptídeos, enzimas, ácidos teicoicos, endo e exopolissacarídeos, vitaminas, ácidos orgânicos, entre outros (AGUILAR-TOALÁ et al., 2018; MORADI; MOLAEI; GUIMARÃES, 2021; SALMINEN et al., 2021).

A utilização de probióticos diretamente na alimentação é um grande desafio devido à incompatibilidade com diversas matrizes e ambientes, o que pode dificultar o seu crescimento e sobrevivência. Nesse sentido, o uso de pós-bióticos é uma alternativa que evita as interações negativas entre as culturas *starter* primárias e secundárias e o alimento (BOUREBABA et al., 2022; OBERG et al., 2011; RIBEIRO et al., 2021). Além disso, o uso de pós-bióticos na indústria de alimentos pode ser considerado vantajoso, visto que apresentam composição química definida, oferecem maior segurança, facilidade de aplicação e armazenamento, além de serem mais estáveis em uma ampla faixa de pH e temperatura (MORADI; MOLAEI; GUIMARÃES, 2021).

A presença de metabólitos liberados pelos microrganismos durante o processo de fermentação da kombucha, sugere a hipótese de que a bebida seja um produto contendo pós-bióticos. Nesse sentido, na Figura 2.1 estão ilustrados os possíveis pós-bióticos presentes na kombucha/SCOBY, que incluem ácidos orgânicos (AUNG; EUN, 2022; CARDOSO et al., 2020; FILIPPIS et al., 2018; GAGGIÀ et al., 2018; JAKUBCZYK; PIOTROWSKA; JANDA, 2020; NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b; NORONHA et al., 2022; SHARIFUDIN et al., 2021; VITAS et al., 2018; ZHANG; TANG; CHEN, 2022), AGCC (GILL et al., 2021; NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b; SILVA JÚNIOR et al., 2021; UŢOIU et al., 2018), exopolissacarídeo (EPS) como a celulose bacteriana (AMARASEKARA; WANG; GRADY, 2020; AUNG; EUN, 2022; BETLEJ et al., 2021; BRUNO et al., 2021; MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005; PRIYADHARSHINI et al., 2022; TAPIAS et al., 2022; TORÁN-PEREG et al., 2021; TSILO et al., 2021), ácido d-sacárico 1,4-lactona (DSL) (CHAKRAVORTY et al., 2016; LEE et al., 2022; WANG et al., 2010, 2014; YANG et al., 2010, 2009), enzimas (FABRICIO et al., 2022; JAFARI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023), vitaminas e minerais (BAUER-PETROVSKA; PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000; IVANIŠOVÁ et al., 2020; JAKUBCZYK et al., 2022; JAYABALAN et al., 2010; MALBAŠA et al., 2011; MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005; VITAS et al., 2018).

Figura 2.1- Compostos presentes no kombucha/SCOBY com potencial pós-biótico.



Fonte: os autores (2024).

Biopolímeros sintetizados por microrganismos presentes na kombucha e no SCOBY podem se encaixar na categoria de pós-biótico. Nesse contexto, o exopolissacarídeo (EPS), um biopolímero sintetizado extracelularmente ou secretado no meio extracelular por microrganismos durante seu crescimento, varia em grau de ramificação de moléculas lineares a moléculas altamente ramificadas e na composição monossacarídica (NATARAJ et al., 2020; ZHOU; CUI; QU, 2019). Quando o EPS é composto exclusivamente por monossacarídeos idênticos, é denominado homopolissacarídeo, por exemplo a celulose (NATARAJ et al., 2020; PATEL et al., 2010), que é um componente que se encontra presente no SCOBY. Os EPS são componentes que não podem ser digeridos pelo ser humano, devido à fisiologia digestiva humana. Em consequência disso, eles são fermentados pelas bactérias presentes no intestino grosso, o que lhes confere a capacidade de desempenhar diversos benefícios, tais como estimular o crescimento de bactérias benéficas, inibir a adesão bacteriana ao epitélio intestinal, aumentar a integridade da barreira intestinal e influenciar o sistema imunológico (HO DO; SEO; PARK, 2021; OERLEMANS et al., 2021).

Adicionalmente, é possível que bactérias lácticas também excretem outro tipo de pós-biótico, um consórcio de metabólitos denominado sobrenadante livre de células (SLC), que ficam presentes no meio de crescimento após a fermentação (MORADI; MOLAEI; GUIMARÃES, 2021; NATARAJ et al., 2020). Esses metabólitos podem ser

de baixo peso molecular como o peróxido de hidrogênio, reuterina, ácidos orgânicos, dióxido de carbono e diacetileno, ou de alto peso molecular, como bacteriocinas e substâncias similares as bacteriocinas (NATARAJ et al., 2020).

Os benefícios do SLC como pós-bióticos vêm sendo avaliados. No entanto, é importante ressaltar que alguns desses estudos não fornecem detalhadamente informações sobre a composição específica dos SLC presentes no meio. No estudo de Zagato et al. (2014) os metabólitos (SLC) produzidos por *Lactobacillus paracasei* apresentaram atividade anti-inflamatória para colite, da mesma forma que os sobrenadantes produzidos por *Faecalibacterium prausnitzii* resultou em uma atenuação na gravidade da colite (SOKOL et al., 2008). Efeitos positivos para doença inflamatória intestinal também foi evidenciado por Tsilingiri et al. (2012). Esses resultados indicam que o SLC tem potencial terapêutico na modulação da inflamação associado a doenças inflamatórias intestinais. Scillato et al. (2021), observaram que os SLC liberados por *Lactobacillus* exibiram efeito antimicrobiano contra microrganismos multirresistentes envolvidos em infecções do trato urinário. Além disso, foi observada por Geraldo et al. (2020), atividade antimicrobiana após infecção com periodonto patógeno (*Porphyromonas gingivalis*). Também foi evidenciado efeito antibacteriano, antioxidante e aceleração da cicatrização de feridas em pele de camundongos (DUBEY et al., 2021). Esses estudos fornecem uma visão promissora sobre as múltiplas aplicações potenciais dos SLC como agentes terapêuticos. No entanto, são necessárias mais pesquisas nessa linha de investigação para comprovar esse potencial adicional e entender a composição e os possíveis benefícios do SLC presentes na kombucha.

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) são pequenas moléculas de carbono (2 a 4 cadeias), originados da fermentação de carboidratos por bactérias anaeróbicas (GILL et al., 2021). Os AGCC podem desempenhar efeitos positivos ao organismo humano, o butirato foi capaz de conter a resposta inflamatória e reduzir a produção de moléculas pró-inflamatórias na Doença de Crohn, pois, inibiu a ativação da fator nuclear kappa-B (NF-KB), molécula que desempenha um papel importante nas respostas imunes e inflamatórias (SEGAIN et al., 2000). Atuam como moduladores do eixo intestino-cérebro (DALILE et al., 2019). Além de desempenharem papel benéfico no metabolismo de carboidratos e lipídeos (MORRISON; PRESTON, 2016). A presença de AGCC foi relatado na kombucha (GILL et al., 2021; NEFFE-SKOCIŃSKA et al., 2017b; SILVA JÚNIOR et al., 2021; UŢOIU et al., 2018).

No mercado de pós-bióticos, pode-se encontrar algumas marcas comerciais disponíveis, incluindo a Aktoflor C, cujo ingrediente ativo é composto por lisina, ácido láctico e ácido succínico, conforme descrito por (MORADI; MOLAEI; GUIMARÃES, 2021). Estes compostos também podem ser encontrados na kombucha (JAYABALAN et al., 2010; MURUGESAN; SATHISHKUMAR; SWAMINATHAN, 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2021).

O ácido d-sacárico1,4-lactona (DSL) é um composto produzido por microrganismos durante a fermentação. Esse composto já foi identificado e quantificado no chá preto kombucha, com concentração 2,78 g/L após 8 dias de fermentação (YANG et al., 2010) e  $2,24 \pm 0,1$  g/L após 21 dias de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2016). O DSL é a lactona com maior atividade farmacológica, sendo um inibidor competitivo da  $\beta$ -glucuronidase (BHATTACHARYA et al., 2011; WANG et al., 2014). Um aspecto relevante sobre o DSL é seu potencial efeito protetor. Em um estudo experimental realizado com camundongos com lesão hepática induzida por acetaminofeno, foi indicado que o tratamento com DSL do chá kombucha apresentou efeito hepatoprotetor, pois reduziu os danos hepáticos (WANG et al., 2014). Em adição, um efeito benéfico foi evidenciado no tratamento do diabetes em ratos albinos com diabetes induzida por aloxana, e o possível mecanismo de ação envolveu a inibição da apoptose das células  $\beta$  pancreáticas através da via mitocondrial dependente (BHATTACHARYA et al., 2011, 2013). O DSL presente no chá kombucha parece ter desempenhado papel funcional, contribuindo para o efeito hipocolesterolêmico em camundongos, além disso promoveu a redução na quantidade de tecido adiposo retroperitoneal (YANG et al., 2009). A kombucha também demonstrou atividade antiproliferativa *in vitro* em relação as células de câncer de colón, esse achado sugere uma possível correlação com a presença da matriz rica em compostos fenólicos, DSL, entre outros (RASOULI et al., 2021).

Assim sendo, o SCOBY apresenta-se como uma fonte promissora de pós-bióticos com potencial aplicação na área da saúde. No entanto, é importante destacar que mais pesquisas são necessárias para caracterizar os pós-bióticos da kombucha/SCOBY, seu mecanismo de ação e seus efeitos na saúde humana. Estudos clínicos e experimentais adicionais são necessários para avaliar sua eficácia, segurança e potencial terapêutico em diferentes condições de saúde.

## 2.5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Ao compreender a diversidade da composição centesimal e dos compostos presentes na kombucha/SCOBY, este levantamento contribui para o avanço do conhecimento nesse campo. No que se refere aos aspectos nutricionais da kombucha, constatou-se que a bebida é composta principalmente por carboidratos, como a sacarose, glicose e frutose, apresenta baixa concentração de proteínas e ausência de lipídeos. Em contrapartida, o SCOBY é constituído por fibras, devido a presença da CB, proteínas e lipídeos em pequenas quantidades, originados das células microbianas presentes no SCOBY. Ambos os produtos apresentam em sua composição vitaminas e minerais.

Ao se considerar o perfil sensorial da kombucha, destaca-se que após o processo fermentativo é originada uma bebida refrescante, carbonatada e levemente ácida com um teor diversificado de componentes. Por meio do processo fermentativo, é possível melhorar o perfil sensorial da bebida, notadamente na segunda fermentação, na qual ocorre a carbonatação e a adição de ingredientes para dar sabor, como frutas e/ou ervas. Contudo, as características sensoriais da bebida são influenciadas por diversos fatores como os parâmetros de fermentação, pela composição dos substratos utilizadas, pela carga microbiana presente no meio, bem como pela composição da bebida, já foram identificados 72 compostos voláteis presentes na bebida o que interfere diretamente no perfil olfativo.

Ademais, existe uma crescente investigação sobre os efeitos pós-bióticos em alimentos fermentados. A liberação de metabólitos pelos microrganismos durante o processo de fermentação da kombucha sugere a hipótese de que a bebida possa ser considerada um produto contendo pós-bióticos, uma vez que apresenta substâncias reconhecidas como pós-bióticos, tais como ácidos orgânicos, AGCC, enzimas, CB, DSL, vitaminas e minerais.

As descobertas enfatizam a importância de explorar a kombucha como uma fonte promissora de compostos que podem trazer benefícios à saúde, encorajando pesquisas adicionais que aprofundem seu potencial terapêutico, como também a busca por comprovação probiótica e pós-biótica e suas aplicações na indústria de alimentos e bebidas. Além disso, a exploração sustentável do SCOBY destaca-se como uma oportunidade valiosa para aproveitar um recurso natural rico em fibras (celulose bacteriana), até então pouco explorado.

## REFERÊNCIAS

- ABUDUAIBIFU, A.; TAMER, C. E. Evaluation of physicochemical and bioaccessibility properties of goji berry kombucha. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 9, p. 1–14, 27 set. 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14077>
- AGUILAR-TOALÁ, J. E. et al. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. **Trends in Food Science and Technology**, v. 75, n. June 2017, p. 105–114, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009>
- AHMED, S. E.; DIRAR, H. A. Studies on the Microbiology of Kombucha (Tea Fungus). **University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 1, p. 68–84, 2005.
- AL-MOHAMMADI, A. R. et al. Chemical constitution and antimicrobial activity of kombucha fermented beverage. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 11–13, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26165026>
- AMARASEKARA, A. S.; WANG, D.; GRADY, T. L. A comparison of kombucha SCOBY bacterial cellulose purification methods. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1–7, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1982-2>
- AMARASINGHE, H.; WEERAKKODY, N. S.; WAISUNDARA, V. Y. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of kombucha “Tea Fungus” during extended periods of fermentation. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 659–665, maio 2018. <https://doi.org/10.1002/fsn3.605>
- ARIFF, R. M. et al. Recent trends in Kombucha: Conventional and alternative fermentation in development of novel beverage. **Food Bioscience**, v. 53, n. May, p. 102714, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102714>
- AUNG, T.; EUN, J. B. **Impact of time and temperature on the physicochemical, microbiological, and nutraceutical properties of laver kombucha (Porphyra dentata) during fermentation.** **Lwt**, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112643>
- AYED, L.; BEN ABID, S.; HAMDI, M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. **Annals of Microbiology**, v. 67, n. 1, p. 111–121, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13213-016-1242-2>

BASCHALI, A. et al. Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages consumed in European countries: A neglected food group. **Nutrition Research Reviews**, v. 30, n. 1, p. 1–24, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0954422416000202>

BAUER-PETROVSKA, B.; PETRUSHEVSKA-TOZI, L. Mineral and water soluble vitamin content in the Kombucha drink. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 201–205, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2000.00342.x>

BETLEJ, I. et al. **Influence of SCOBY Microorganisms' Cultivation Conditions on the Synthesis Efficiency and Selected Qualities of Bacterial Cellulose.** [bioresources.com](https://www.bioresources.com), 2021.

BHATTACHARYA, S. et al. D-saccharic acid-1,4-lactone ameliorates alloxan-induced diabetes mellitus and oxidative stress in rats through inhibiting pancreatic beta-cells from apoptosis via mitochondrial dependent pathway. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 257, n. 2, p. 272–283, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2011.09.013>

BHATTACHARYA, S. et al. D-Saccharic acid 1,4-lactone protects diabetic rat kidney by ameliorating hyperglycemia-mediated oxidative stress and renal inflammatory cytokines via NF- $\kappa$ B and PKC signaling. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 267, n. 1, p. 16–29, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2012.12.005>

BOUREBABA, Y. et al. Postbiotics as potential new therapeutic agents for metabolic disorders management. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 153, n. March, p. 113138, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113138>

BRASIL. Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelece o padrão de identidade e qualidade da kombucha em todo o território nacional. **DOU - Imprensa Nacional**, n. 181, p. 13, 2019.

BRUNO, E. G. R. et al. BIOEMBALAGEM COM CELULOSE BACTERIANA DO SCOBY DE KOMBUCHA. **Revista Brasileira de Processos Químicos**, v. 2, n. 2763–5406, p. 1–85, 2021.

CARDOSO, R. R. et al. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**, v. 128, n. November 2019, p. 108782, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782>

CARDOSO, S. B. et al. Avaliação física, química e antimicrobiana da Kombucha Probiótico (*Medusomyces gisevii* lindau) e análise comparativa com outros probióticos comercializados no Brasil. **Nutrição Brasil**, v. 17, n. 1, p. 2–8, 2018.

CHAKRAVORTY, S. et al. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. **International Journal of Food Microbiology**, v. 220, p. 63–72, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>

CHEN, C.; LIU, B. Y. Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. **Journal of Applied Microbiology**, v. 89, n. 5, p. 834–839, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01188.x>

COELHO, R. M. D. et al. Kombucha: Review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, n. October, p. 100272, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>

COTON, M. et al. Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1–16, 2017. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix048>

CRUZ, R. S. OBTENÇÃO DE SCOPY DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS E APLICAÇÃO EM SMOOTHIE. **Universidade Federal do Ceará**, v. 4, n. 1, 2023.

DALILE, B. et al. The role of short-chain fatty acids in microbiota–gut–brain communication. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, v. 16, n. 8, p. 461–478, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0157-3>

DHINGRA, D. et al. Dietary fibre in foods: A review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 3, p. 255–266, 2012. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>

DIEZ-OZAETA, I.; ASTIAZARAN, O. J. Recent advances in Kombucha tea: Microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production. **International Journal of Food Microbiology**, v. 377, n. June, p. 109783, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783>

DOMENEGHETTI, P. A.; SOARES, M. G.; SCHMIDT, V. C. R. **Caracterização de scoby do kombucha para a produção de biofilmes**. Blucher Chemical Engineering Proceedings. **Anais...**São Paulo: Editora Blucher, ago. 2019. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/30875>>

DUBEY, A. K. et al. Insight Into the Beneficial Role of *Lactiplantibacillus plantarum* Supernatant Against Bacterial Infections, Oxidative Stress, and Wound Healing in A549 Cells and BALB/c Mice. **Frontiers in Pharmacology**, v. 12, n. November, p. 1–14, 2021. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.728614>

FABRICIO, M. F. et al. Effect of freeze-dried kombucha culture on microbial composition and assessment of metabolic dynamics during fermentation. **Food Microbiology**, v. 101, n. August 2021, p. 103889, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103889>

FDA. Science and Our Food Supply: Examining Dietary Supplements. [s.d.].

FERREMI LEALI, N. et al. Reconstruction of Simplified Microbial Consortia to Modulate Sensory Quality of Kombucha Tea. **Foods**, v. 11, n. 19, p. 3045, 30 set. 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11193045>

FILIPPIS, F. DE et al. Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation. **Food Microbiology**, v. 73, p. 11–16, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.008>

GAGGIÀ, F. et al. Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbiology, Chemistry and Antioxidant Activity. **Nutrients**, v. 11, n. 1, p. 1, 20 dez. 2018. <https://doi.org/10.3390/nu11010001>

GERALDO, B. M. C. et al. Heat-killed *Lactobacillus reuteri* and cell-free culture supernatant have similar effects to viable probiotics during interaction with *Porphyromonas gingivalis*. **Journal of Periodontal Research**, v. 55, n. 2, p. 215–220, 2020. <https://doi.org/10.1111/jre.12704>

GILL, P. A. et al. Delivery of Acetate to the Peripheral Blood after Consumption of Foods High in Short-Chain Fatty Acids. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 65, n. 4, p. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202000953>

- HO DO, M.; SEO, Y. S.; PARK, H. Y. Polysaccharides: bowel health and gut microbiota. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 7, p. 1212–1224, 2021. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1755949>
- IVANIŠOVÁ, E. et al. The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of kombucha tea beverage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 5, p. 1840–1846, 16 maio 2020. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04217-3>
- JAFARI, R. et al. Kombucha microbial starter with enhanced production of antioxidant compounds and invertase. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 29, n. September, p. 101789, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101789>
- JAKUBCZYK, K. et al. Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.26444/monz/118887>
- JAKUBCZYK, K. et al. Effects of Fermentation Time and Type of Tea on the Content of Micronutrients in Kombucha Fermented Tea. **Nutrients**, v. 14, n. 22, p. 4828, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox9050447>
- JAKUBCZYK, K. J.; PIOTROWSKA, G.; JANDA, K. Characteristics and biochemical composition of kombucha – fermented tea. **Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu**, v. 26, n. 2, p. 94–96, 2020. <https://doi.org/10.26444/monz/118887>
- JAYABALAN, R. et al. Preservation of Kombucha Tea—Effect of Temperature on Tea Components and Free Radical Scavenging Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 19, p. 9064–9071, 8 out. 2008. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0119-6>
- JAYABALAN, R. et al. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. **Food Science and Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 843–847, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.032>
- 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. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>

JAYABALAN, R.; MARIMUTHU, S.; SWAMINATHAN, K. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. **Food Chemistry**, v. 102, p. 392–398, 2007. <https://doi.org/10.1021/jf8020893>

JÚNIOR, J. C. DA S. et al. Kombucha: Formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. **Current Research in Food Science**, v. 5, n. February, p. 360–365, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.023>

KRUK, M. et al. Application of the “SCOBY” and Kombucha Tea for the Production of Fermented Milk Drinks. **Microorganisms**, v. 9, n. 1, p. 123, 7 jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010123>

LAAVANYA, D.; SHIRKOLE, S.; BALASUBRAMANIAN, P. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. **Journal of Cleaner Production**, v. 295, p. 126454, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126454>

LEAL, J. M. et al. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. **CYTA - Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>

LEE, K. R. et al. Kombucha fermentation using commercial kombucha pellicle and culture broth as starter. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, p. 1–7, 2022. <https://doi.org/10.1590/fst.70020>

LI, S. et al. Effect of Fermentation Time on Physiochemical Properties of Kombucha Produced from Different Teas and Fruits: Comparative Study. **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2342954>

MALBAŠA, R. V et al. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1727–1731, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.048>

MALBAŠA, R. V; LONČAR, E. S.; KOLAROV, L. J. A. Sucrose and Inulin Balance During Tea Fungus Fermentation. v. 88, n. 1, p. 37–41, 2019.

MANELA-AZULAY, M. et al. Vitamina C. **An bras Dermatol**, v. 78, n. 3, p. 265–274, 2003. <https://doi.org/10.1248/jhs1956.18.7>

MATTHEWMAN, M. C.; COSTA-PINTO, R. Macronutrients, minerals, vitamins and energy. **Anaesthesia & Intensive Care Medicine**, v. 24, n. 2, p. 134–138, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2022.12.009>

MIRANDA, J. F. et al. Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 2, p. 503–527, 14 fev. 2022.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16029>

MORADI, M.; MOLAEI, R.; GUIMARÃES, J. T. A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 143, p. 109–722, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2020.109722>

MORRISON, D. J.; PRESTON, T. Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. **Gut Microbes**, v. 7, n. 3, p. 189–200, 2016.

<https://doi.org/10.1080/19490976.2015.1134082>

MUKHERJEE, A. et al. Global Regulatory Frameworks for Fermented Foods: A Review. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, n. May, p. 0–20, 2022.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.902642>

MURUGESAN, G. S.; SATHISHKUMAR, M.; SWAMINATHAN, K.

Supplementation of waste tea fungal biomass as a dietary ingredient for broiler chicks. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 16, p. 1743–1748, 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.01.006>

NATARAJ, B. H. et al. Postbiotics - parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. **Microbial Cell Factories**, v. 19, p. 1–22, 2020.

<https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>

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

<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1321588>

NGUYEN, V. T. et al. Characterization of cellulose production by a *Gluconacetobacter xylinus* strain from Kombucha. **Current Microbiology**, v. 57, n. 5, p. 449–453, 2008.

<https://doi.org/10.1007/s00284-008-9228-3>

NORONHA, M. C. DE et al. Black tea kombucha: Physicochemical, microbiological and comprehensive phenolic profile changes during fermentation, and antimalarial activity. **Food Chemistry**, v. 384, n. February, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132515>

NUTRICIONAL, A. E. DE S. ALIMENTAR E. Probióticos en los alimentos. n. revisión 1, p. 1–3, 2020.

OBBERG, T. S. et al. Intrinsic and inducible resistance to hydrogen peroxide in *Bifidobacterium* species. p. 1947–1953, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10295-011-0983-y>

OERLEMANS, M. M. P. et al. Benefits of bacteria-derived exopolysaccharides on gastrointestinal microbiota, immunity and health. **Journal of Functional Foods**, v. 76, n. June 2020, p. 104289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104289>

OLIVEIRA, J. T. et al. Green tea and kombucha characterization: Phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential. **Food Chemistry**, v. 408, n. November 2022, p. 3–9, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135206>

OWUSU-KWARTENG, J. et al. Plant-Based Alkaline Fermented Foods as Sustainable Sources of Nutrients and Health-Promoting Bioactive Compounds. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, n. June, 2022.

<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.885328>

PATEL, A. K. et al. Polysaccharides from Probiotics: New Developments as Food Additives. **Food Technol. Biotechnol.**, v. 48, n. 4, p. 451–463, 2010.

PRIYADHARSHINI, T. et al. Machine learning prediction of SCOBY cellulose yield from Kombucha tea fermentation. **Bioresource Technology Reports**, v. 18, n. February, p. 101027, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101027>

<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101027>

RASOULI, L. et al. Evaluation of cytotoxicity and anticancer activity of kombucha and doxorubicin combination therapy on colorectal cancer cell line HCT-116. **Journal of Education and Health Promotion**, v. 10, 2021. <https://doi.org/10.4103/jehp.jehp>

RIBEIRO, A. C. B. et al. From mango by-product to food packaging: Pectin-phenolic antioxidant films from mango peels. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 193, n. July, p. 1138–1150, dez. 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.10.131>

SALMINEN, S. et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. **nature reviews Gastroenterology e Hepatology**, v. 18, 2021.

<https://doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6>

SAVARY, O. et al. Tailor-made microbial consortium for Kombucha fermentation: Microbiota-induced biochemical changes and biofilm formation. **Food Research International**, v. 147, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110549>

SCILLATO, M. et al. Antimicrobial properties of Lactobacillus cell-free supernatants against multidrug-resistant urogenital pathogens. **MicrobiologyOpen**, v. 10, n. 2, p. 1–16, 2021. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1173>

SEGAIN, J. P. et al. Butyrate inhibits inflammatory responses through NFκB inhibition: Implications for Crohn's disease. **Gut**, v. 47, n. 3, p. 397–403, 2000.

<https://doi.org/10.1136/gut.47.3.397>

SHARIFUDIN, S. A. et al. Fermentation and characterisation of potential kombucha cultures on papaya-based substrates. **Lwt**, v. 151, n. April, p. 112060, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112060>

SILVA JÚNIOR, J. C. DA et al. Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 44, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101380>

SMITH, N. M. et al. Daily Fermented Whey Consumption Alters the Fecal Short-Chain Fatty Acid Profile in Healthy Adults. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, n. September, p. 1–15, 2020. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00165>

SOARES, M. G.; DE LIMA, M.; SCHMIDT, V. C. R. Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, n. February, p. 539–550, abr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.017>

SOKOL, H. et al. Faecalibacterium prausnitzii is an anti-inflammatory commensal bacterium identified by gut microbiota analysis of Crohn disease patients. **The Journal of Pathology**, v. 105, p. 16731–16736, 2008. <https://doi.org/10.1002/path.1711620408>

SOUZA, L. DA S. et al. Aproveitamento do resíduo agroindustrial de abacaxi submetido ao processo de secagem para elaboração de barra de cereais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e33101421713, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21713>

TAPIAS, Y. A. R. et al. Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions. **Food Chemistry**, v. 372, n. October 2021, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346>

TAPIAS, Y. A. R. et al. Kombucha fermentation in yerba mate: Cellulose production, films formulation and its characterisation. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 5, n. March, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100310>

TORÁN-PEREG, P. et al. Microbiological and sensory characterization of kombucha SCOBY for culinary applications. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, n. June 2020, p. 100314, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100314>

TRAN, T. et al. Use of a Minimal Microbial Consortium to Determine the Origin of Kombucha Flavor. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, n. March, p. 1–13, 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.836617>

TSILINGIRI, K. et al. Probiotic and postbiotic activity in health and disease: Comparison on a novel polarised ex-vivo organ culture model. **Gut**, v. 61, n. 7, p. 1007–1015, 2012. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2011-300971>

TSILO, P. H. et al. Isolation and Optimization of Culture Conditions of a Bioflocculant-Producing Fungi from Kombucha Tea SCOBY. **Microbiology Research**, v. 12, n. 4, p. 950–966, 14 dez. 2021. <https://doi.org/10.3390/microbiolres12040070>

UȚOIU, E. et al. Bee collected pollen with enhanced health benefits, produced by fermentation with a Kombucha Consortium. **Nutrients**, v. 10, n. 10, p. 1–24, 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10101365>

- VALDUGA, A. T. et al. Chemistry , pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. **Food Research International**, v. 120, n. October 2018, p. 478–503, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.091>
- VARGAS, B. K.; FABRICIO, M. F.; AYUB, M. A. Z. Health effects and probiotic and prebiotic potential of Kombucha: A bibliometric and systematic review. **Food Bioscience**, v. 44, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101332>
- VELIĆANSKI, A. S. V. et al. Antioxidant and Antibacterial Activity of the Beverage Obtained by Fermentation of Sweetened Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) Tea with Symbiotic Consortium of Bacteria and Yeasts. v. 52, n. 4, p. 420–429, 2014. <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3611>
- VILLARREAL-SOTO, S. A. et al. **Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. Journal of Food Science**, 2018. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>
- VITAS, J. S. et al. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. **Journal of Functional Foods**, v. 44, n. March, p. 95–102, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.019>
- WANG, K. et al. Determination of d-saccharic acid-1,4-lactone from brewed kombucha broth by high-performance capillary electrophoresis. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 878, n. 3–4, p. 371–374, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2009.12.003>
- WANG, S. et al. Effect of synthetic microbial community on nutraceutical and sensory qualities of kombucha. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 10, p. 3327–3333, 4 out. 2020. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14596>
- WANG, Y. et al. Hepatoprotective effects of kombucha tea: Identification of functional strains and quantification of functional components. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 2, p. 265–272, 2014. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6245>
- WATAWANA, M. I. et al. Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. **Journal of Chemistry**, v. 2015, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/591869>
- XU, S. et al. Kombucha Reduces Hyperglycemia in Type 2 Diabetes of Mice by Regulating Gut Microbiota and Its Metabolites. **Foods**, v. 11, n. 5, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11050754>

- YANG, Z. et al. Symbiosis between microorganisms from kombucha and kefir: Potential significance to the enhancement of kombucha function. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 160, n. 2, p. 446–455, 2010. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3422>
- YANG, Z. W. et al. Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 1, p. 150–156, 2009. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8361-6>
- YAO, L. et al. Revealing the influence of microbiota on the flavor of kombucha during natural fermentation process by metagenomic and GC-MS analysis. **Food Research International**, v. 169, n. April, p. 112909, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112909>
- ZAGATO, E. et al. Lactobacillus paracasei CBA L74 Metabolic Products and Fermented Milk for Infant Formula Have Anti- Inflammatory Activity on Dendritic Cells In Vitro and Protective Effects against Colitis and an Enteric Pathogen In Vivo. v. 9, n. 2, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087615>
- ZHANG, S.; TANG, Y.; CHEN, J. Changes in functional components and biological activity of Lycium barbarum after fermentation with Kombucha SCOBY. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 8, p. 1–12, 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16758>
- ZHOU, Y.; CUI, Y.; QU, X. Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: Structure, bioactivity and associations: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 207, n. November 2018, p. 317–332, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.093>
- ZUBAIDAH, E. et al. Anti-diabetes activity of Kombucha prepared from different snake fruit cultivars. **Nutrition and Food Science**, v. 49, n. 2, p. 333–343, 2019a. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.026>
- ZUBAIDAH, E. et al. Comparison of in vivo antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, n. June 2018, p. 465–469, 2019b. <https://doi.org/10.1108/NFS-07-2018-0201>

## DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES À BASE DE CULTURA SIMBIÓTICA DA KOMBUCHA (SCOPY) COM MARACUJÁ POR DESIDRATAÇÃO

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi aproveitar o SCOPY excedente da fermentação de kombucha para criar um biofilme comestível incorporado com polpa do maracujá sem sementes na proporção de 60% de SCOPY e 40% de polpa de maracujá. Foi aplicado, um planejamento composto central ortogonal  $3^2$ , cujas variáveis independentes foram temperatura de secagem (65 °C, 75 °C e 85 °C) e espessura do biofilme (3 mm, 4 mm e 5 mm), e foi verificado o impacto sobre as variáveis dependentes como umidade, espessura final e parâmetros de cor, utilizando secagem convectiva (SC) e *Cast tape drying* (CTD). A liofilização do biofilme também foi avaliada, porém não foi bem-sucedida, resultando em uma textura pegajosa e sem estabilidade. Por meio das equações de regressão, a SC mostrou maior influência sobre a espessura final, e os parâmetros de cor  $a^*$ ,  $b^*$ , com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais elevados (0,99). Em contrapartida, o CTD apresentou baixos valores de  $R^2$  para os parâmetros  $L^*$  (0,68) e  $a^*$  (0,62), destacando a espessura final e umidade como variáveis mais significativas neste método, com valores de 0,97 e 0,94 respectivamente. Inicialmente, antes da secagem os biofilmes compostos por SCOPY com polpa de maracujá, apresentaram cerca de 14 de umidade (b.s). No CTD, o tempo de secagem foi de 200 minutos, com umidade variando entre 0,097 e 0,158 (b.s). Por outro lado, para a SC, o processo demandou 360 minutos, resultando em umidade variando de 0,18 e 0,24 (b.s). Com base nos parâmetros avaliados, foram estabelecidas as melhores condições de secagem para o biofilme de SCOPY com maracujá, no CTD (75 °C e 4 mm), sendo que nessa condição a umidade reduziu para 0,186 (b.s) após 90 minutos. Em contraste, para a secagem convectiva (65 °C e 4 mm), a umidade atingiu 0,18 (b.s) com um tempo de processo de 300 minutos. O biofilme é composto por carboidratos (3,87%), cinzas (0,82 %), fibra bruta (0,75%), com menores concentrações de lipídeos (0,52 %) e proteínas (0,43 %), além de compostos bioativos como fenólicos (8145,51 a 12355,95 mg GAE/g) e flavonoides (13,96 a 165,55 mg rutina/100g). Importante destacar que os métodos de secagem não reduziram o teor de bioativos dos biofilmes, exceto para o teor de flavonoides via CTD. Em síntese, os resultados indicam que o SCOPY excedente da kombucha, empregado como matéria-prima para a produção de um biofilme comestível por meio da SC e CTD, apresenta promissoras perspectivas para aplicação na indústria alimentícia.

**Palavras-chaves:** Biofilme comestível, *Cast tape drying*, Compostos bioativos, Secagem convectiva e SCOPY.

## DEVELOPMENT OF BIOFILMS BASED ON SYMBIOTIC CULTURE OF KOMBUCHA (SCOBY) WITH PASSION FRUIT BY DEHYDRATION

### ABSTRACT

The objective of this study was to take advantage of the surplus SCOBY from kombucha fermentation to create an edible biofilm incorporated with seedless passion fruit pulp in a proportion of 60% SCOBY and 40% passion fruit pulp. An orthogonal central composite design  $3^2$  was applied, whose independent variables were drying temperature (65 °C, 75 °C and 85 °C) and biofilm thickness (3 mm, 4 mm and 5 mm), and the impact was verified on dependent variables such as humidity, final thickness and color parameters, using convective drying (SC) and Cast tape drying (CTD). Freeze-drying of the biofilm was also evaluated, but was not successful, resulting in a sticky and unstable texture. Using the regression equations, SC showed a greater influence on the final thickness, and the color parameters  $a^*$ ,  $b^*$ , with higher coefficients of determination ( $R^2$ ) (0.99). On the other hand, the CTD presented low  $R^2$  values for the parameters  $L^*$  (0.68) and  $a^*$  (0.62), highlighting the final thickness and humidity as the most significant variables in this method, with values of 0.97 and 0.94 respectively. Initially, before drying, the biofilms composed of SCOBY with passion fruit pulp presented around 14 moisture content (b.s). In the CTD, the drying time was 200 minutes, with humidity varying between 0.097 and 0.158 (b.s). On the other hand, for SC, the process required 360 minutes, resulting in humidity varying between 0.18 and 0.24 (b.s). Based on the evaluated parameters, the best drying conditions for the SCOBY biofilm with passion fruit were established at the CTD (75 °C and 4 mm), and in this condition the humidity reduced to 0.186 (b.s) after 90 minutes. In contrast, for convective drying (65 °C and 4 mm), the humidity reached 0.18 (b.s) with a process time of 300 minutes. The biofilm is composed of carbohydrates (3.87%), ash (0.82%), crude fiber (0.75%), with lower concentrations of lipids (0.52%) and proteins (0.43%), in addition to bioactive compounds such as phenolics (8145.51 to 12355.95 mg GAE/g) and flavonoids (13.96 to 165.55 mg rutin/100g). It is important to highlight that the drying methods did not reduce the bioactive content of the biofilms, except for the flavonoid content via CTD. In summary, the results indicate that the surplus SCOBY from kombucha, used as raw material for the production of an edible biofilm through SC and CTD, presents promising prospects for application in the food industry.

**Keywords:** Edible biofilm, *Cast tape drying*, Bioactive compounds, Convective drying and SCOBY.

### **CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES À BASE DE CULTURA SIMBIÓTICA DA KOMBUCHA (SCOBY) COM MARACUJÁ POR DESIDRATAÇÃO**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A Kombucha é uma bebida originária do Nordeste da China a cerca de 220 a.C, obtida a partir da fermentação de um chá (preferencialmente verde ou preto) adicionado de açúcares, fermentado por uma cultura simbiótica de bactérias (do ácido acético e do ácido láctico) e leveduras incorporadas na camada celulósica que se localiza no topo do caldo, por um período aproximado de 8 a 15 dias sob condições aeróbicas e estáticas, apresenta sabor levemente ácido e refrescante. Esse processo pode ser realizado utilizando culturas *starters* de Kombucha ou caldo previamente fermentado ou pelo chá fermentado com a camada de celulose (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021; SAVARY et al., 2021; SHARIFUDIN et al., 2021).

Durante o processo fermentativo da Kombucha é originado um biofilme gelatinoso constituído de celulose formado na interface líquido-ar que se desenvolve mais a cada fermentação, conhecido como pelo acrônimo de *Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast* (“SCOBY”), podendo também ser chamando de “cultura mãe” ou “fungo do chá”. Essa película de celulose é uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (AMARASEKARA; WANG; GRADY, 2020; LEAL et al., 2018).

Dessa forma, ao término da fermentação, dois produtos de interesse para a indústria são originados: a bebida com alto interesse comercial devido sua composição nutricional e o SCOBY rico em nutrientes e com potencial aplicação em diversas áreas (DIEZ-OZAETA; ASTIAZARAN, 2022; JAKUBCZYK et al., 2022; LEONARSKI et al., 2021). A composição nutricional do SCOBY confere-lhe a característica de ser um material comestível, devido a sua constituição que inclui diversos nutrientes como fibras (celulose bacteriana), vitaminas, minerais, aminoácidos, entre outros (DOMENEGHETTI; SOARES; SCHMIDT, 2019; JAYABALAN et al., 2010; LEAL et al., 2018; TAPIAS et al., 2022).

O SCOBY excedente da fermentação de kombucha torna-se um resíduo da indústria e vem se mostrando promissor para o campo tecnológico, por ser considerada

uma matéria-prima para fabricação de calçados, roupas, couro vegano, joias, inibidor de microrganismos, além da possibilidade de utilização pela indústria biomédica e potencial matéria-prima para a indústria de alimentos (SOARES; DE LIMA; SCHMIDT, 2021). Uma experiência prévia de elaboração de produtos para aplicações culinárias com SCOBY (armadilhas, cenouras em conserva, morangos com cremes e dobradinha) em diferentes fases de crescimento (3, 4, 10 e 20 dias) foi realizado por Torán-Pereg et al., (2021), sendo esses autores os pioneiros na criação de produtos à base de SCOBY.

Por este motivo incorporar o SCOBY com um suco de grande consumo torna o biofilme com várias possibilidades de aplicação alimentícia. O gênero *Passiflora* (família Passifloraceae) conhecido como maracujá, é composto por mais de 500 espécies, encontradas em regiões tropicais e semitropicais (PEREIRA et al., 2023). O Brasil é reconhecido como o maior produtor e consumidor de maracujá, alcançando uma produção aproximada de 700 mil toneladas, o que corresponde a um valor estimado de 1.972.578 milhões de reais por ano (IBGE, 2022). Além de estar facilmente disponível, o maracujá é uma fruta com muitas vitaminas, minerais, compostos bioativos, além de possuir boas características sensoriais, o que torna uma opção interesse para novas aplicações (FIGUEIREDO et al., 2013; PEREIRA et al., 2023).

Com o aumento da produção de Kombucha e conseqüentemente o aumento de volume do SCOBY obtido, o aproveitamento desse material é uma demanda, uma vez que contribui para a redução de danos ao meio ambiente devido à capacidade de eliminar os resíduos, ao mesmo tempo que contribui com o desenvolvimento de novos alimentos com propriedades benéficas e de alto valor nutricional. Para tal, podem ser adotados processos que promovam a desidratação desse produto, ao mesmo tempo que se tenta preservar ao máximo suas propriedades. Estudos com essa temática estão sendo desenvolvidos com frutas, como morango (FRABETTI et al., 2021), maçã e ameixa (NIZAMLIOGLU; YASAR; BULUT, 2022; TORRES; ROMERO; DIAZ, 2015), manga (AZEREDO et al., 2006) e também com o SCOBY (TAPIAS et al., 2023).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi utilizar o excesso de SCOBY gerado durante a produção de kombucha para desenvolver um biofilme comestível, incorporado com polpa do maracujá sem sementes, empregando diferentes métodos de secagem

(liofilização, secagem convectiva- SC e Cast tape drying- CTD) e analisar a influência da temperatura e espessura do material.

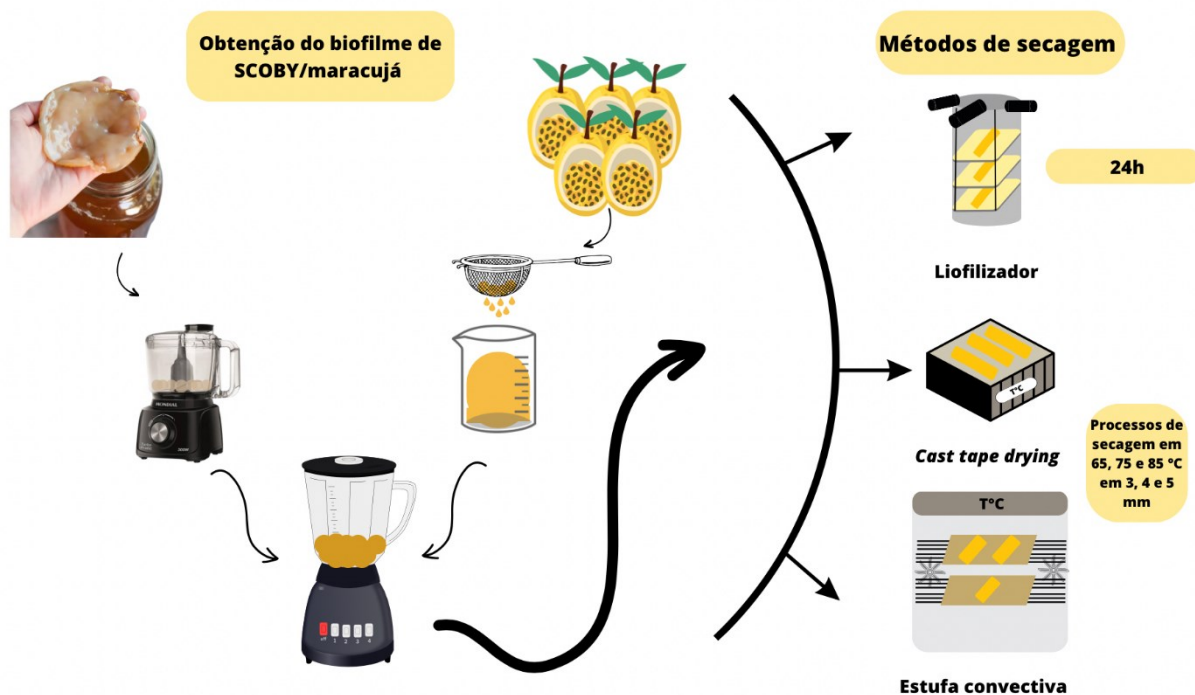
## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Purê de SCOBY com maracujá

As matérias-primas envolvidas para a elaboração da bebida kombucha foram o chá verde e chá preto (ambos oriundos do processo de desidratação das folhas de *Cammelia sinensis*) e sacarose, adquiridos no comércio local de Patos de Minas – MG. O SCOBY foi adquirido através da doação voluntária, oriundo da realização do processo fermentativo da kombucha, conduzido em temperatura de 25 °C, proveniente do laboratório de Análise Sensorial, do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Patos de Minas - MG.

Para a preparação do purê, o SCOBY obtido na etapa anterior foi drenado e higienizado com água filtrada para remoção do excesso de kombucha absorvido em sua matriz. Em seguida, o SCOBY foi triturado utilizando um multiprocessador (PHILIPS WALITA, Brasil) por 5 minutos, logo depois foi homogeneizado em um liquidificador (PHILIPS WALITA, Brasil) juntamente com a polpa do maracujá sem semente por 5 minutos na proporção de 60% de SCOBY e 40% de polpa de maracujá, até obter uma mistura homogênea em forma de purê. Na Figura 3.1 estão apresentadas esquematicamente as etapas de produção do biofilme de SCOBY com maracujá.

Figura 3.1- Representação esquemática do processo de obtenção e secagem da amostra.



Fonte: os autores (2024).

### 3.2.2 Delineamento experimental para os processos de secagem

Após a obtenção do purê, as amostras foram submetidas a secagem utilizando três métodos (liofilização, CTD e SC). Para os dois últimos métodos, as condições experimentais foram determinadas com base em testes preliminares, visando avaliar posteriormente os efeitos das variáveis independentes como temperatura ( $X_1$ ) e espessura do biofilme ( $X_2$ ), sobre as variáveis dependentes ou respostas: umidade em base seca (%), espessura final (mm) e cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E$ ). Para isso, foi utilizado um planejamento composto central (PCC) ortogonal  $3^2$ , conforme demonstrado na Tabela 3.1, totalizando nove ensaios para cada método de secagem.

Tabela 3.1- Fatores experimentais codificados e reais para secagem em *cast-tape* e secagem convectiva do biofilme de SCOBY com maracujá.

Experimentos	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	$X_1$	$X_2$	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Espessura (mm)
1	-1	-1	65	3
2	0	-1	75	3
3	+1	-1	85	3
4	-1	0	65	4

5	0	0	75	4
6	+1	0	85	4
7	-1	+1	65	5
8	0	+1	75	5
9	+1	+1	85	5

---

Após a realização dos experimentos, segundo as orientações da ferramenta de planejamento fatorial, foi possível obter as equações empíricas que representaram as respostas em função das variáveis relevantes que foram investigadas. Essa função permite a identificação dos efeitos das variáveis significativas, bem como previsão de respostas futuras. A Equação 3.1, uma equação polinomial quadrática, apresenta a forma da superfície ajustada da resposta estudada em função das variáveis de interesse por meio da metodologia da superfície de resposta (MYERS, 1976).

$$Z = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{12}x_1x_2 \quad (3.1)$$

em que,  $Z$  é a resposta predita (variável dependente), e os coeficientes do polinômio estão representados por  $\beta_0$  (termo constante),  $\beta_1$  e  $\beta_2$  (efeitos de primeira ordem);  $\beta_{11}$  e  $\beta_{22}$  (efeitos de segunda ordem) e  $\beta_{12}$  (interação entre os efeitos).

A análise estatística permite quantificar os efeitos de cada variável independente nas respostas estudadas (características do biofilme): umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$ . Nesse sentido, os resultados experimentais de caracterização dos biofilmes obtidos foram analisados estatisticamente com suporte do *software* STATISTICA® 7.0. Por meio de uma regressão múltipla, além de quantificar os efeitos, parâmetros relacionados às variáveis isoladas, às interações e aos termos quadráticos foram estimados, obtendo um modelo empírico, em seguida foi construída superfície de resposta em função das variáveis significativas. As Equações 3.2 e 3.3 representam as variáveis independentes investigadas na forma adimensional (codificada). Estas variáveis são:  $X_1$ , que se refere à temperatura empregada (T) e  $X_2$ , que se refere à espessura da camada espalhada (E).

$$x_1 = \frac{(T [^{\circ}C]-75)}{10} \quad (3.2)$$

$$x_2 = \frac{(E [mm]-4)}{1} \quad (3.3)$$

A determinação dos parâmetros significativos da regressão foi realizada com nível de significância de 10 %, sendo desconsiderados os parâmetros com nível de significância maior que este valor.

### 3.2.3 Secagem por liofilização

Para a obtenção do filme por liofilização, primeiramente o purê nas espessuras de 3, 4 e 5 mm foram distribuído nas bandejas do equipamento e conduzidos ao congelador Ultra Freezer (IULT 335 D, Indrel Scientific, Tiradentes, SP, Brasil) a -80,0 °C ( $\pm 1,0$ ) por 12 horas. Após essa etapa, o processo ocorreu em liofilizador (L101, Liotop®, (Liobras, São Carlos, SP, Brasil), sendo constituído por uma bomba a vácuo de duplo estágio ( $< 500 \mu\text{Hg}$ ) com velocidade de 10,2 m<sup>3</sup>/h por 24h.

### 3.2.4 Secagem convectiva (SC)

Para a secagem convectiva, o biofilme foi espalhado diretamente sobre placas de *mylar*, com o auxílio de molduras retangulares de acrílico com as seguintes dimensões 0,14 m x 0,10 m, que permitiu o ajuste da espessura de espalhamento com espessuras de 3, 4 e 5 mm e submetidos à secagem com diferentes temperaturas (65 °C, 75 °C e 85 °C) em estufa com circulação forçada de ar (Quimis, modelo Q314M252, Diadema, SP).

A cinética de secagem não destrutiva em estufa foi avaliada mediante pesagem da placa de *mylar* com a amostra (SCOBY com maracujá), durante intervalos de tempo pré-determinados (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 270, 300, 330 e 360 minutos). Para cada intervalo, as amostras foram pesadas e a umidade foi determinada, conforme a metodologia descrita no item 3.2.7.3.

### 3.2.5 Secagem por *cast-tape drying* (CTD)

A mistura foi submetida à secagem pelo método *cast-tape drying*, em equipamento adaptado de Zotarelli (2014), onde as amostras foram espalhadas sobre a superfície de secagem do equipamento, composta de um filme de poliéster, comercialmente conhecido por *mylar*®, cuja interface interna ocorre a circulação de água aquecida, mantida por um banho termostatizado. O espalhamento da amostra foi possível com o auxílio de molduras retangulares de acrílico com as seguintes dimensões 0,14 m x 0,10 m, que permitiu o ajuste da espessura de espalhamento. As condições experimentais utilizadas no estudo foram: temperatura da água circulante de 65 °C, 75

°C e 85 °C e espessura da amostra de 3, 4 e 5 mm. O equipamento utilizado para secagem está apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2- Equipamento *cast-tape drying* (CTD) utilizado nos experimentos.



Fonte: os autores (2024).

A cinética de secagem do biofilme comestível de SCOBY com polpa de maracujá no CTD foi avaliada retirando-se três amostras, durante intervalos de tempo pré-determinados (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180 e 200 minutos). Para cada intervalo, as amostras foram pesadas e a umidade foi determinada, conforme a metodologia descrita no item 3.2.7.3.

### 3.2.6 Estudo cinético dos métodos da secagem convectiva e por *cast-tape drying*

A cinética de secagem dos biofilmes por SC e CTD foi determinada conforme descrita nas seções 3.2.4 e 3.2.5, respectivamente. As condições experimentais avaliadas para o processo de secagem foram estabelecidas no planejamento fatorial.

Em todos os experimentos de secagem, os dados da cinética foram convertidos em adimensional de umidade visando melhor visualização, avaliação e ajuste, conforme a Equação 3.4:

$$Y = (X - X_{eq}) / (X_0 - X_{eq}) \quad (3.4)$$

em que,  $Y$  é o adimensional de umidade,  $X$  é a umidade em um tempo qualquer (kg água/ kg sol. seco),  $X_0$  é a umidade inicial (kg água/ kg sol. seco),  $X_{eq}$  é a umidade de equilíbrio (kg água/ kg sol. seco).

Buscando encontrar a melhor equação que descrevesse a cinética de secagem, os resultados obtidos do cálculo do adimensional de umidade foram analisados segundo alguns modelos encontrados na literatura conforme apresentado na Tabela 3.2. Os parâmetros desses modelos foram estimados pelo método dos mínimos quadrados (estimativa não-linear) e a melhor equação foi selecionada de acordo com o nível de significância dos parâmetros e da grandeza do valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 3.2- Modelos da literatura para cinética de secagem.

Modelo	Equação	Referência
$Y = \exp(-kt)$	3.5	Lewis (1921)
$Y = \exp(-kt^n)$	3.6	Page (1949)
$Y = \exp[-(kt)^n]$	3.7	Overhults et al. (1973)

### 3.2.7 Avaliação das propriedades físicas dos biofilmes à base do SCOBY e polpa de maracujá

#### 3.2.7.1 Cor instrumental

A cor instrumental da amostra *in natura* e das amostras submetidas à secagem por CTD e secagem convectiva foi determinada em leitura direta em colorímetro digital Minolta, o qual apresenta escala CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). As amostras foram mantidas em temperatura de 25 °C para realização de tal análise e as medidas de coloração foram expressas em termos da luminosidade  $L^*$  (onde  $L^* = 0$  escuro e  $L^* = 100$  claro) e da cromaticidade definida por  $a^*$  (onde  $+a^* =$  vermelho e  $-a^* =$  verde) e  $b^*$  (onde  $+b^* =$  amarelo e  $-b^* =$  azul), foi representada pela média de 3 medições aleatórias.

A diferença global de cor ( $\Delta E$ ) foi calculada, a partir da Equação (3.8), com o objetivo de expressar a diferença de cor entre a amostra *in natura* e os biofilmes obtidos pelos diferentes métodos utilizados.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3.8)$$

#### 3.2.7.2 Espessura dos biofilmes

Para a análise de espessura dos filmes foi utilizado micrômetro digital ( $\pm 0,001$  m; 3109-25-E, Insize Co., China). O valor final foi representado pela média de 5

medições aleatórias do produto feitas em diferentes partes do biofilme conforme metodologia utilizada por Tapias et al. (2022).

### 3.2.7.3 Composição centesimal

Foi conduzida uma análise da composição centesimal e dos compostos bioativos (incluindo compostos fenólicos e flavonoides) da amostra *in natura* com o objetivo de caracterizar o produto. Adicionalmente, as amostras que apresentaram as melhores condições de secagem (CTD a uma temperatura de secagem de 75 °C, espessura de 4 mm e para a SC a temperatura de secagem de 65 °C, espessura de 4 mm) também foram caracterizadas. As condições de secagem escolhidas foram determinadas com base no melhor tempo de secagem, visando a eficiência do processo, além disso, levou-se em consideração as características táteis e visual do biofilme formados durante a secagem, uma vez que poderão influenciar na aceitação sensorial do produto. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita a seguir.

- Lipídeos por Extração direta em Soxhlet: pesou-se de 2 a 5 g da amostra em cartucho de Soxhlet e amarrou com fio de lã previamente desengordurado. Colocou-se para secar em uma estufa a 105 °C por uma hora. Transferiu-se o cartucho para o aparelho extrator tipo Soxhlet. Acoplou-se o extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C. Adicionou-se éter em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio. Adaptou-se a um refrigerador de bolas. Manteve-se, sob aquecimento em chapa elétrica, à extração contínua por 8 (quatro a cinco gotas por segundo). Retirou-se o cartucho, destilou-se o éter e transferiu-se o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105 °C, mantendo por cerca de uma hora. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se e repetiu-se as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento até peso constante (no máximo 2 h).

- Proteínas pelo método de Kjeldahl clássico: pesou-se 1 g da amostra em papel de seda. Transferiu-se para o balão de Kjeldahl (papel+amostra). Adicionou-se 25 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 g da mistura catalítica. Levou-se ao aquecimento em chapa elétrica, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Aqueceu-se por mais uma hora. Deixou-se esfriar. Transferiu-se quantitativamente o material do balão para o frasco de destilação. Adicionou-se 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1 g de zinco em pó (para ajudar a clivagem das moléculas). Ligou-se imediatamente o balão ao conjunto de destilação. Mergulhou-se a

extremidade afilada do refrigerante em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05 M, contido em frasco Erlenmeyer de 500 mL com 3 gotas do indicador vermelho de metila. Adicionou-se ao frasco que continha a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, solução de hidróxido de sódio a 30% até garantir um ligeiro excesso de base. Aqueceu-se à ebulição e destilou até obter cerca de (250-300) mL do destilado. Titulou-se o excesso de ácido sulfúrico 0,05 M com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando vermelho de metila.

- Carboidratos: os carboidratos foram quantificados utilizando o método por diferença. Este procedimento foi realizado após a obtenção dos valores para umidade, cinzas, fibra bruta, proteínas e lipídeos. Essa metodologia consiste em subtrair o total de substâncias (umidade, cinzas, fibras, proteínas e lipídeos) do peso total da amostra, resultando assim no teor de carboidratos por diferença.

Os cálculos para lipídeos, proteínas, carboidratos e cinzas foram realizados conforme equações propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2009).

- Fibra bruta: o método analítico da fibra bruta consistiu em duas extrações seguidas, onde a amostra seca é submetida primeiramente a uma digestão ácida com uma solução de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 1,25%, que remove amido, açúcar e um pouco de pectina e hemiceluloses dos alimentos, e uma digestão alcalina com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1,25%, que remove as proteínas remanescentes, pectinas e hemiceluloses, bem como parte da lignina, permanecendo no resíduo insolúvel: celulose, parte da lignina e das hemiceluloses, além de minerais que não foram dissolvidos. Para a correção da contaminação com minerais o resíduo insolúvel obtido na análise é incinerado em forno mufla para ser descontado no cálculo (SILVA e QUEIROZ, 2002).

-Compostos fenólicos totais (CFT): os compostos fenólicos foram extraídos das amostras utilizando metanol absoluto, o qual foi colocado em contato com a amostra em um tubo com tampa e agitado em vórtex por cerca de 3 minutos. Após essa agitação, a mistura foi disposta ao armazenamento em local escuro por uma hora objetivando uma maior extração dos compostos presentes. Após descanso, foi feita filtração utilizando papel filtro, para obtenção do filtrado que foi destinado as análises. A mensuração do teor de compostos fenólicos totais se baseará no método de Folin Ciocalteu, no qual uma solução reagente de íons atua na oxidação de fenolatos, reduzindo os ácidos a um

complexo azul e permitindo, dessa forma, a leitura em espectrofotômetro. Os resultados da análise serão expressos em mg de ácido gálico/ 100 g amostra em base seca. A leitura foi realizada em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 622 nm (Zhishen et al. 1999).

- Conteúdo total de flavonoides (CTF): os flavonoides foram extraídos das amostras utilizando metanol absoluto, o qual foi colocado em contato com a amostra em um tubo com tampa e agitado em vórtex por cerca de 3 minutos. Após essa agitação, a mistura foi disposta ao armazenamento em local escuro por uma hora objetivando uma maior extração dos compostos presentes. Após descanso, foi feita filtração utilizando papel filtro, para obtenção do filtrado que foi destinado as análises. Foi utilizado o cloreto de alumínio ( $AlCl_3$ ) como agente de deslocamento para diminuir a interferência de outros compostos na leitura de absorbância da solução. A rutina ( $C_{27}H_{30}O_{16}$ ) foi utilizada como padrão para a obtenção da curva de calibração e as leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 459 nm. Os resultados foram expressos em mg de rutina / 100 g amostra em base seca (Zhishen et al. 1999).

- Atividade de água ( $A_w$ ): a determinação da atividade de água foi realizada com um higrômetro digital (Aqualab, PRE Dewerpoint, Water Activity Analyzer). Uma pequena quantidade, 2 a 3 g, de amostra foi colocada em uma cápsula de polietileno própria do equipamento cobrindo toda a superfície da cápsula e esta foi introduzida, em seguida, na câmara do equipamento, que realiza a leitura automaticamente em alguns minutos. Os valores de atividade de água expressos pelo equipamento variam entre 0 e 1, sendo que o valor 1 é atribuído a atividade de água da água pura.

- Umidade: a umidade presente nas amostras foi verificada através de metodologia proposta pela *Association of Official Analytical Chemists* A.O.A.C. (2005), a qual utiliza estufa com temperatura de cerca de 105 °C por 24 horas. Ao final do processo, as amostras foram pesadas em balança analítica (Shimadzu do Brasil, modelo AUW320, Brasil).

O teor de umidade dos alimentos pode ser expresso em base seca (b.s), conforme a Equação 3.9 (STRUMILLO e KUNDRA, 1986):

$$X_{BS} = \frac{ma}{m_{SS}} \quad (\text{kg de água/kg de sólidos secos}) \quad (3.9)$$

onde,  $X_{BS}$  é o teor de umidade em base seca,  $m_a$  é a massa de água e  $m_{ss}$  é a massa de sólidos secos presentes no alimento.

A umidade pode ser expressa também em base úmida (Equação 3.10):

$$X_{BU} = \frac{m_a}{m_t} = \frac{m_a}{m_a + m_{ss}} \text{ (kg de água/ kg de sólidos úmidos)} \quad (3.10)$$

onde,  $X_{BU}$  é o teor de umidade em base úmida,  $m_a$  é a massa de água, e  $m_{ss}$  é a massa de sólidos secos presentes no alimento e  $m_t$  é a massa total do alimento.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

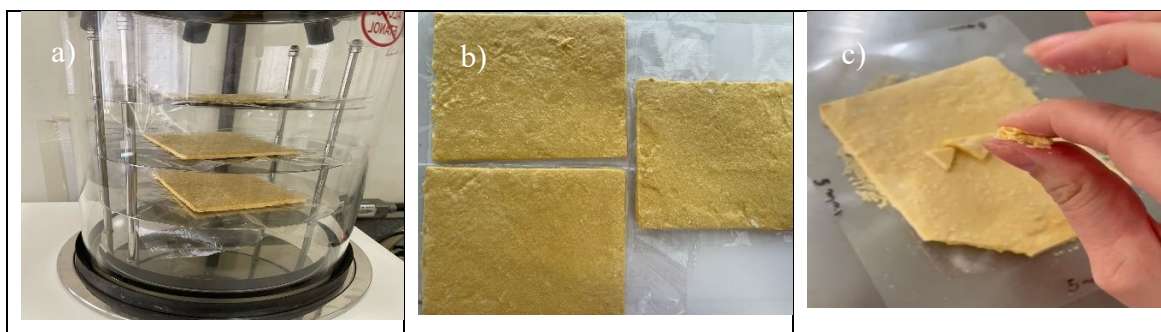
O tratamento estatístico dos resultados obtidos foi realizado com o auxílio do software STATISTICA<sup>®</sup> 7.0. Para os dados obtidos após o PCC ortogonal 3<sup>2</sup>, foram analisados os principais efeitos e interações das variáveis, determinando quais fatores foram significativos ( $p \leq 0,10$ ) e ajustando um modelo de segunda ordem para correlacionar as variáveis e suas respostas. Ademais foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e o teste de Kruskal-Wallis, com nível de confiança de 95%, para avaliar a influência dos métodos de secagem sobre o teor de compostos fenólicos, flavonoides e  $A_w$ .

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1.1- Secagem por liofilização

A secagem do purê de SCOBÝ com maracujá por esse método não foi bem sucedida, uma vez que a amostra apresentou uma textura pegajosa, mesmo após a incorporação de estabilizantes, como o carbonato de cálcio (em concentrações de 0,5 e 1g) e maltodextrina (concentração de 20%).

Figura 3.3- Fotografia dos biofilmes submetidos a liofilização.



a) Liofilização das amostras	b) Amostras liofilizadas	c) Amostra liofilizada pegajosa
------------------------------	--------------------------	---------------------------------

Fonte: os autores (2023).

A pegajosidade observada na amostra pode ser resultado da presença de compostos solúveis, que se concentram na superfície da amostra durante o processo de liofilização. Esses compostos podem incluir açúcares, proteínas ou outros componentes que possuem propriedades higroscópicas, contribuindo para a formação de uma textura pegajosa. Resultado semelhante foi reportado por Cruz (2023), que não conseguiu obter pós de SCOBY por liofilização, sendo necessário aplicação de nitrogênio líquido (N<sub>2</sub>), devido à grande concentração de açúcares presentes na celulose. Por esse motivo, a obtenção dos biofilmes de SCOBY com maracujá foi considerada inviável por esse método.

#### 3.4.1.2 Secagem convectiva

Na Tabela 3.3 estão os resultados obtidos na pesquisa, referente às propriedades dos biofilmes submetidos a SC, incluindo os aspectos como umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$ .

Tabela 3.3 – Umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$  dos biofilmes obtidos em diferentes condições de secagem por SC conforme condições do PCC 3<sup>2</sup> ortogonal.

Experimento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Umidade (B.S)	Espessura final	L*	a*	b*	$\Delta E$
1	-1	-1	65	3	0,21	0,30±0,03	36,40±1,66	2,53±0,13	9,87±0,38	3,99±0,67
2	0	-1	75	3	0,22	0,42±0,05	33,57±1,08	4,60±0,17	7,50±0,64	7,80±0,15
3	1	-1	85	3	0,18	0,56±0,06	29,93±2,09	3,89±0,71	3,14±0,68	12,76±1,57
4	-1	0	65	4	0,21	0,37±0,02	36,23±0,56	2,94±0,15	9,24±0,28	4,57±0,42
5	0	0	75	4	0,24	0,45±0,04	34,15±1,82	4,74±0,15	7,80±0,51	7,47±1,12
6	1	0	85	4	0,18	0,62±0,05	30,90±0,34	3,97±0,31	2,99±0,25	12,30±0,30
7	-1	1	65	5	0,23	0,40±0,01	33,05±0,85	3,55±0,17	7,57±0,19	7,50±0,67
8	0	1	75	5	0,23	0,48±0,02	34,04±2,02	4,83±0,65	6,95±1,33	8,25±1,43
9	1	1	85	5	0,21	0,64±0,03	29,83±1,83	3,76±0,60	2,79±0,47	13,04±1,19

As equações empíricas obtidas por regressão múltipla, para representar a variação da umidade, espessura final, cor (parâmetros L\*, a\*, b\*) e  $\Delta E$  em função das variáveis independentes estudadas na SC são apresentadas na Tabela 3.4. No que diz respeito à análise dos parâmetros das equações de regressão, nota-se que, ambas as variáveis (temperatura de secagem e espessura de espalhamento das amostras) influenciaram em todas as respostas, seja através dos parâmetros relacionados às variáveis isoladas, ou às suas interações, ou ainda aos termos quadráticos. As variáveis que demonstraram sofrer maior influência foram a espessura final, a\*, b\*, uma vez que apresentaram os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais elevados.

Tabela 3.4- Modelo matemático com as variáveis para SC.

Método de secagem	Respostas	Equação	R <sup>2</sup>	Equação
Secagem convectiva	Umidade (B.S)	$0,23 - 0,013 X_1 - 0,027 X_1^2 + 0,01 X_2$	0,87	(3.11)
	Espessura final	$0,45 + 0,125 X_1 + 0,032 X_1^2 + 0,04 X_2$	0,99	(3.12)
	L*	$33,12 - 2,503 X_1$	0,77	(3.13)
	a*	$4,7233 + 0,433 X_1 - 1,283 X_1^2 + 0,187 X_2 - 0,2875 X_1 * X_2$	0,99	(3.14)
	b*	$7,417 - 2,960 X_1 - 1,483 X_1^2 - 0,533 X_2 - 0,487 X_1 * X_2$	0,99	(3.15)
	ΔE	$7,84 + 3,673 X_1 + 1,187 X_1^2 + 0,707 X_2 - 0,807 X_1 * X_2$	0,97	(3.16)

Coefficiente de determinação (R<sup>2</sup>); nível de significância ( $p \leq 0,10$ ).

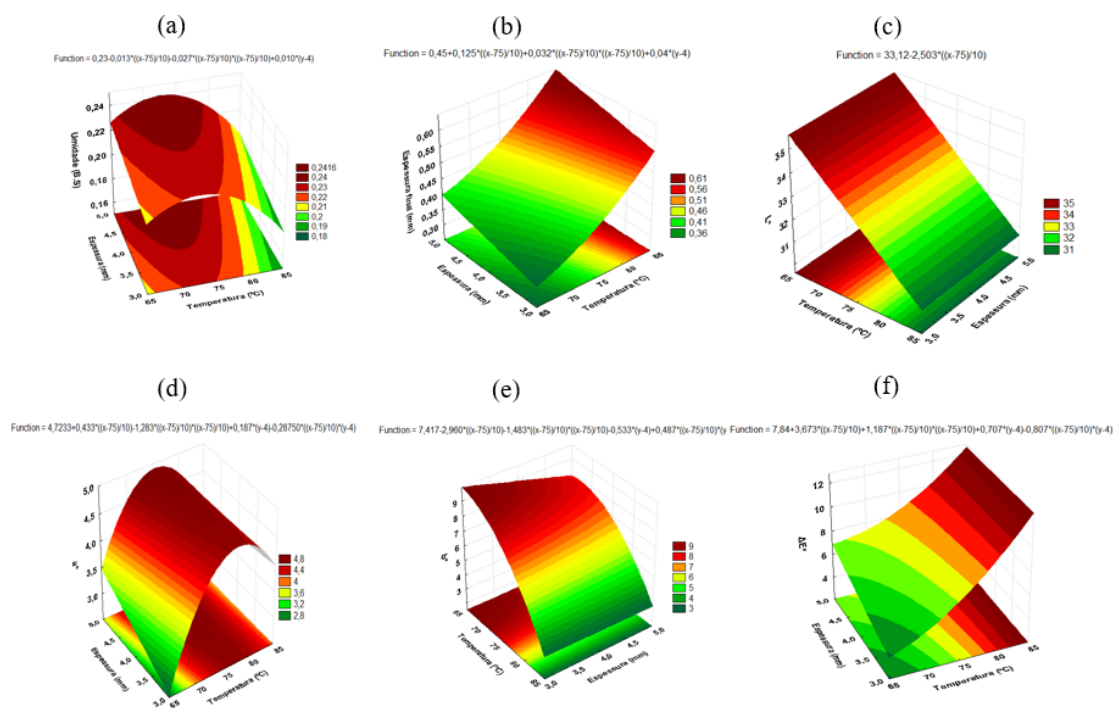
Para a equação de espessura final (3.12), a\* (3.14) e b\*(3.15) foi encontrado um valor de R<sup>2</sup> 0,99. Esse resultado sugere que 99 % da variabilidade dos dados nesses parâmetros no produto seco pode ser explicada pelas equações mencionadas acima. Para a equação de ΔE foi encontrado um valor de R<sup>2</sup> 0,97, indicando que no produto seco 97% da variabilidade dos dados foi explicada pela Equação (3.16). Para os parâmetros de umidade (b.s) e L\* foram encontrados valores de R<sup>2</sup> de 0,87 e 0,77 respectivamente. Estes valores indicam que 87 % e 77% da variabilidade dos dados de teor de umidade e L\* no produto seco podem ser explicados pelas Equações 3.11 e 3.13, respectivamente.

O efeito das variáveis sobre o biofilme produzido é mais facilmente visualizado por meio de superfícies de resposta, as quais são apresentadas nas Figuras 3.4 (a, b, c, d, e e f). Cada uma dessas figuras, relacionada a uma determinada resposta, foi gerada a partir das respectivas equações de regressão correspondentes, apresentadas na Tabela 3.4.

De acordo com a Figura 3.4 (a), observa-se que o aumento da temperatura de secagem favoreceu a produção de biofilmes com valores mais baixos de umidade final, ou seja, a temperatura de secagem de 85 °C propiciou os menores índices de umidade final. Além disso, é observado uma influência da espessura na umidade, sendo que o aumento da espessura resultou em maiores valores de umidade. Contudo, nota-se um efeito quadrático a 75 °C, indicando que a resposta não foi constante. Para a espessura final do biofilme, conforme ilustrado na Figura 3.4 (b), constatou-se que tanto o aumento da temperatura de secagem quanto o aumento da espessura de espalhamento favoreceram a produção de biofilmes mais espessos.

A alteração na cor do produto ao longo do processo de secagem é uma ocorrência comum e demanda avaliação, pois pode impactar a aceitação sensorial dos produtos. Quanto à variação do parâmetro de  $L^*$  dos biofilmes produzidos, observa-se influência apenas da temperatura. Os biofilmes com coloração mais clara, indicada por maior luminosidade ( $L^*$ ), foram produzidos a uma temperatura de 65 °C, alcançando os valores mais elevados para o parâmetro  $L^*$  em comparação com os biofilmes produzidos em outras condições, conforme ilustrado na Figura 3.4 (c). Por outro lado, os biofilmes mais escuros, ou seja, com menores valores de luminosidade, foram produzidos na temperatura mais elevada (85 °C), evidenciando a influência significativa da temperatura neste parâmetro.

Figura 3.4- Superfície de resposta para os parâmetros de umidade b.s (a), espessura final (b),  $L^*$  (c),  $a^*$  (d),  $b^*$  (e) e  $\Delta E$  (f) dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem convectiva.



- a) Superfície de resposta para o parâmetro de umidade b.s; b) Superfície de resposta para o parâmetro de espessura final; c) Superfície de resposta para o parâmetro de  $L^*$ ; d) Superfície de resposta para o parâmetro de  $a^*$ ; e) Superfície de resposta para o parâmetro de umidade  $b^*$  e f) Superfície de resposta para o parâmetro de  $\Delta E$ .

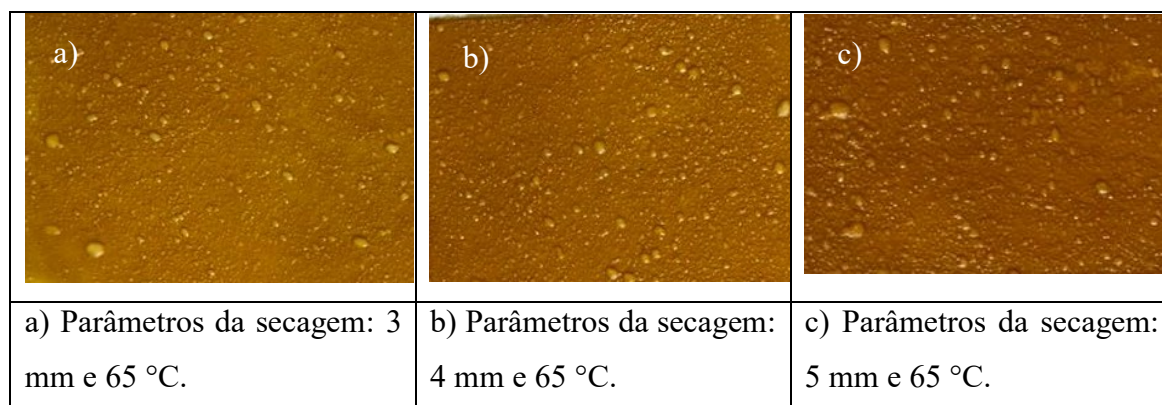
Na Figura 3.4 (d), em relação ao parâmetro  $a^*$ , que indica uma maior tendência ao vermelho quanto mais positivo o valor, observou-se uma influência da temperatura e da espessura da amostra, além da interação entre esses dois fatores. Os valores de  $a^*$  foram menores em temperaturas mais baixas (65 °C). No entanto, o pico máximo de  $a^*$  foi registrado a 75 °C. Observa-se uma interação significativa entre a espessura e a temperatura utilizada no processo de secagem, onde, com a temperatura mantida constante e o aumento da espessura, houve um aumento no valor de  $a^*$ .

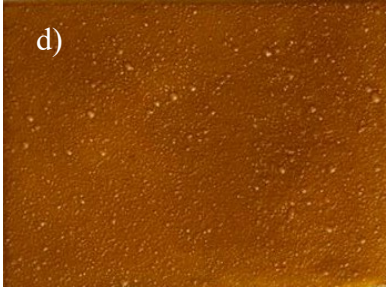

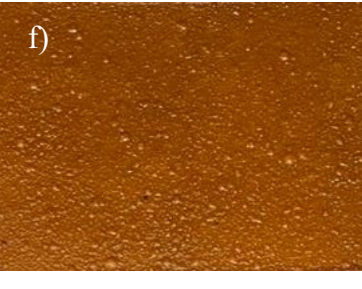



Para o parâmetro  $b^*$  [Figura 3.4 (e)], também foi observada uma influência significativa da temperatura e da espessura da amostra, assim como a interação entre esses dois parâmetros. Os valores de  $b^*$  foram mais elevados em temperaturas mais baixas, destacando-se a temperatura de 65 °C. Em contrapartida, temperaturas mais altas resultaram em valores menores para esse indicador. É possível notar que, à medida que a temperatura e a espessura aumentam, os valores de  $b^*$  diminuem, evidenciando esse fenômeno, especialmente na temperatura de 85 °C (3, 4 e 5mm).

Observa-se uma influência marcante da temperatura no aumento na variação global da cor: à medida que aumenta a temperatura, o valor de  $\Delta E$  também aumenta, esse comportamento pode ser observado em todas as temperaturas. Além disso, nota-se uma influência da espessura onde o aumento da espessura está associado a um aumento no valor de  $\Delta E$ .

Os biofilmes de SCOBY com maracujá que apresentaram a maior variação nos parâmetros de cor em relação a amostra *in natura*, foram produzidos com uma temperatura de secagem de 85 °C. Na Figura 3.5 estão apresentadas as fotografias dos biofilmes produzidos após a secagem do purê de SCOBY com maracujá por SC.

Figura 3.5- Fotografia dos biofilmes submetidos a secagem convectiva.



		
d) Parâmetros da secagem: 3 mm e 75 °C.	e) Parâmetros da secagem: 4 mm e 75 °C.	f) Parâmetros da secagem: 5 mm e 75 °C.
		
g) Parâmetros da secagem: 3 mm e 85 °C.	h) Parâmetros da secagem: 4 mm e 85 °C.	i) Parâmetros da secagem: 5 mm e 85 °C.

Fonte: os autores (2023).

Conforme mostrado em Figura 3.5, foi visualmente perceptível que os biofilmes produzidos por SC, sob diferentes condições operacionais do equipamento, exibiram características notavelmente distintas entre si. Esse fenômeno está em conformidade com a ampla variação dos valores dos parâmetros de cor apresentados na Tabela 3.3, evidenciando que ambos os parâmetros investigados (espessura e temperatura), têm o potencial de exercer influência na cor do produto.

#### 3.4.1.3 Secagem por CTD

Na Tabela 3.5 estão exibidos os resultados obtidos na pesquisa, relacionados às propriedades dos biofilmes submetidos a secagem por CTD, incluindo os aspectos como umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$ .

Tabela 3.5 – Umidade, espessura final, parâmetros de cor e  $\Delta E$  dos biofilmes obtidos em diferentes condições de secagem por CTD conforme condições do PCC 3<sup>2</sup> ortogonal.

Experimento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Umidade (B.S)	Espessura final	L*	a*	b*	$\Delta E$
1	-1	-1	65	3	0,144	0,20±0,01	37,94±0,23	2,34±0,14	12,55±0,33	4,41±0,27
2	0	-1	75	3	0,125	0,21±0,01	38,92±1,21	1,97±0,53	13,03±0,85	3,74±1,12
3	1	-1	85	3	0,097	0,21±0,01	35,42±1,56	3,47±0,31	9,73±0,56	8,22±1,16
4	-1	0	65	4	0,158	0,24±0,02	36,74±0,45	3,37±0,22	11,14±0,24	6,45±0,08
5	0	0	75	4	0,136	0,23±0,03	38,48±1,15	2,11±0,66	12,67±0,85	4,15±1,25
6	1	0	85	4	0,109	0,27±0,01	36,41±0,08	3,46±0,15	9,69±0,66	7,80±0,55
7	-1	1	65	5	0,159	0,34±0,02	37,97±2,40	3,14±0,48	10,45±1,09	6,84±1,39
8	0	1	75	5	0,129	0,34±0,02	36,89±1,63	3,20±0,52	9,59±0,46	7,73±0,69
9	1	1	85	5	0,123	0,34±0,04	35,77±0,93	3,52±0,37	7,96±0,74	9,54±1,07

As equações empíricas obtidas por regressão múltipla, para representar a variação da umidade, espessura final, cor (parâmetros L\*, a\*, b\*) e  $\Delta E$  em função das variáveis independentes estudadas na secagem por CTD são apresentadas na Tabela 3.6. Foi possível verificar que os fatores significativos para espessura final foi a espessura e seu efeito quadrático. Para este parâmetro a equação encontrada apresentou um valor de 0,97 para o quadrado do coeficiente de correlação da regressão. Este valor indica que 97 % da variabilidade dos dados neste parâmetro no produto seco pode ser explicada pela equação supracitada.

Tabela 3.6- Modelo matemático com as variáveis para secagem por CTD.

Método de secagem	Respostas	Equação	R <sup>2</sup>	Equação
CTD	Umidade (B.S)	$0,131 - 0,022 X_1 + 0,007 X_2$	0,94	(3.17)
	Espessura final	$0,247 + 0,067 X_2 + 0,027 X_2^2$	0,97	(3.18)
	L*	$38,097 - 0,842 X_1 - 1,389 X_1^2$	0,68	(3.19)
	a*	$2,427 + 0,790 X_1^2$	0,62	(3.20)
	b*	$11,763 - 1,127 X_1 - 1,51 X_1^2 - 1,218 X_2$	0,89	(3.21)
	ΔE	$5,207 + 1,310 X_1 + 2,003 X_1^2 + 1,29 X_2$	0,85	(3.22)

Coefficiente de determinação (R<sup>2</sup>); nível de significância ( $p \leq 0,10$ ).

Conforme pode ser observada a umidade final, foi influenciado significativamente pela temperatura e espessura de forma linear. Para a equação de umidade foi encontrado um valor de 0,94 para o quadrado do coeficiente de correlação da regressão, indicando que no produto seco 94% da variabilidade dos dados foi explicada pela Equação (3.17). Diferentemente para a produção de pó de suco probiótico de *Berberis vulgaris* por meio da secagem por CTD, destaca-se que tanto os efeitos lineares quanto os quadráticos na umidade foram significativos (NADALI et al., 2023).

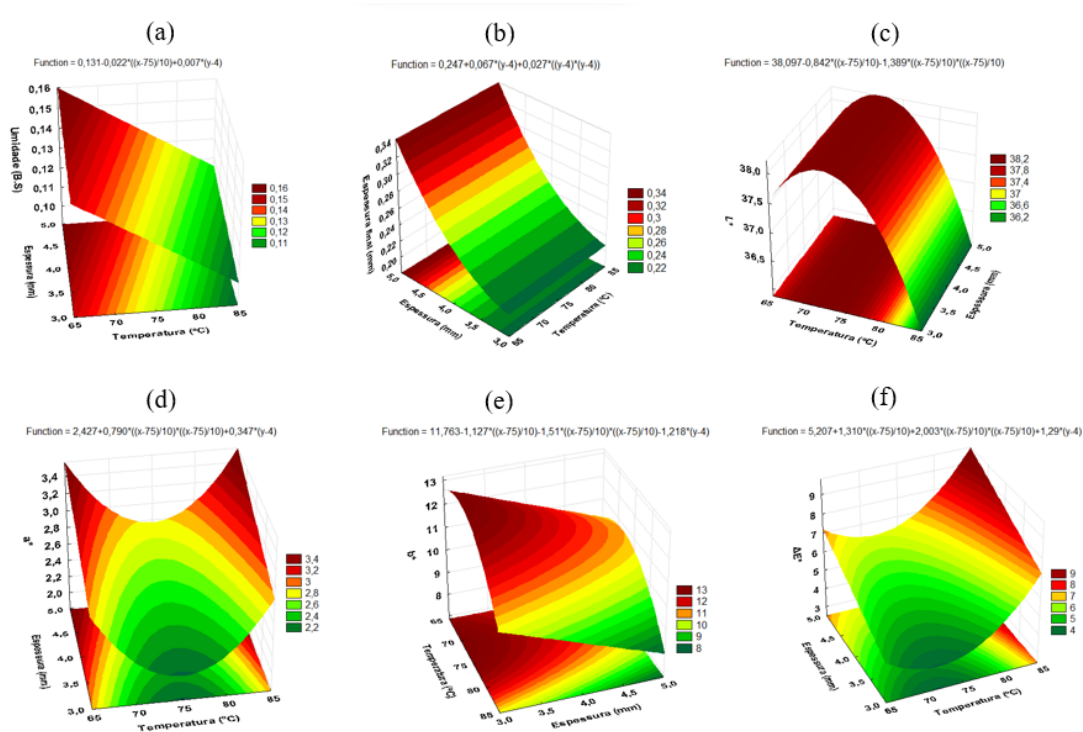
No contexto do CTD, o ajuste do modelo revelou-se inadequado para as respostas L\* e a\*, evidenciando baixos coeficientes de determinação, com valores de 0,68 e 0,62 respectivamente. Isso pode indicar que a variação temperatura da água circulante e da espessura de espalhamento, nas faixas investigadas, não resultou em alteração estatisticamente significativa para estes parâmetros. Para os parâmetros de b\* e ΔE foram encontrados valores de 0,89 e 0,85 para o quadrado do coeficiente de correlação da regressão. Estes valores indicam que respectivamente 89 % e 85% da variabilidade dos dados no teor de umidade e L\* no produto seco podem ser explicados pelas Equações 3.21 e 3.22. Além disso, as respostas (b\* e ΔE) foram impactadas significativamente pelos fatores de temperatura em sua forma linear e quadrática, bem como pela espessura.

O efeito das variáveis sobre o biofilme produzido por meio da secagem utilizando CTD, pode ser visualizado mediante superfícies de resposta, as quais são

mostradas nas Figuras 3.6 (a, b, c, d, e e f). Estas figuras, para cada resposta, foram obtidas a partir das respectivas equações de regressão, mostradas na Tabela 3.6.

De acordo com a Figura 3.6 (a), verificou-se que o aumento da temperatura de secagem, bem como a menor espessura de espalhamento favoreceu a produção biofilmes por CTD com a menor umidade final, ou seja, para a temperatura da água circulante de 85 °C e espessura de espalhamento da amostra sobre o filme de poliéster do secador de 3 mm. Quanto a espessura final do biofilme, conforme ilustrado na Figura 3.6 (b), verifica-se que há influência exclusiva da espessura. Em outras palavras, à medida que a espessura de espalhamento aumenta, a espessura final do biofilme também aumenta.

Figura 3.6- Superfície de resposta para os parâmetros de umidade b.s (a), espessura final (b),  $L^*$  (c),  $a^*$  (d),  $b^*$  (e) e  $\Delta E$  (f) dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem por CTD.




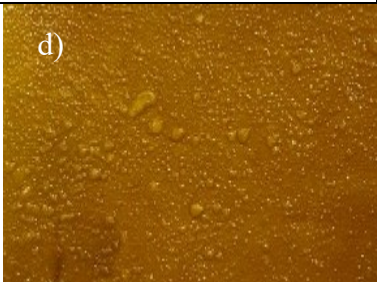

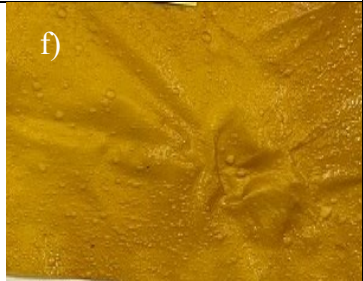


- a) Superfície de resposta para o parâmetro de umidade b.s; b) Superfície de resposta para o parâmetro de espessura final; c) Superfície de resposta para o parâmetro de  $L^*$ ; d) Superfície de resposta para o parâmetro de  $a^*$ ; e) Superfície de resposta para o parâmetro de umidade  $b^*$  e f) Superfície de resposta para o parâmetro de  $\Delta E$ .

Para o parâmetro  $b^*$  [Figura 3.6 (e)], também foi observada uma influência significativa da temperatura e da espessura da amostra, assim como a interação entre esses dois parâmetros. Os valores de  $b^*$  foram menos elevados em temperaturas mais altas, destacando-se a temperatura de 85 °C. Observa-se uma influência marcante da temperatura no aumento na variação global da cor: à medida que aumenta a temperatura, o valor de  $\Delta E$  também aumenta. Além disso, nota-se uma influência da espessura onde o aumento desse parâmetro está associado a um aumento no valor de  $\Delta E$ .

Os biofilmes de SCOBY com maracujá que apresentaram a maior variação nos parâmetros de cor em relação a amostra *in natura*, foram produzidos com uma temperatura de secagem de 85 °C. Na Figura 3.7 estão apresentadas as fotografias dos biofilmes produzidos após a secagem do purê de SCOBY com maracujá por CTD.

Figura 3.7- Fotografia dos biofilmes submetidos a secagem por CTD.

		
a) Parâmetros da secagem: 3 mm e 65 °C.	b) Parâmetros da secagem: 4 mm e 65 °C.	c) Parâmetros da secagem: 5 mm e 65 °C.
		
d) Parâmetros da secagem: 3 mm e 75 °C.	e) Parâmetros da secagem: 4 mm e 75 °C.	f) Parâmetros da secagem: 5 mm e 75 °C.

g)	h)	i)
g) Parâmetros da secagem: 3 mm e 85 °C.	h) Parâmetros da secagem: 4 mm e 85 °C.	i) Parâmetros da secagem: 5 mm e 85 °C.

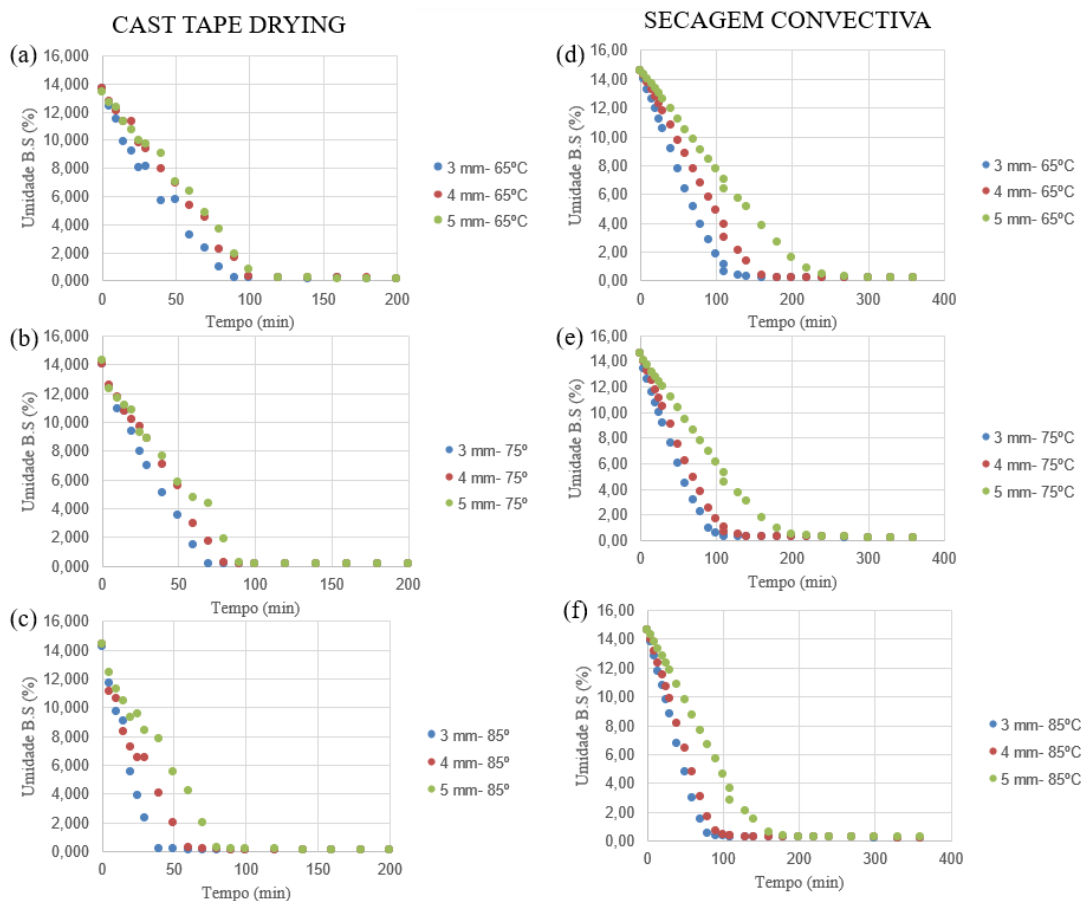
Fonte: os autores (2023).

Foi possível observar que visualmente os biofilmes produzidos nas diferentes condições operacionais do equipamento apresentaram características muito semelhantes entre si, o que corrobora com a pouca variação dos valores dos parâmetros de cor apresentados na Tabela 3.5, e corrobora também, com o fato de o parâmetro  $L^*$  e  $a^*$  não apresentarem efeito estatístico significativo nas faixas experimentais analisadas. A degradação da cor durante a secagem por CTD é minimizada devido à redução da exposição ao oxigênio (NADALI et al., 2023).

#### 3.4.1.4 Umidade dos biofilmes de SCOBY com maracujá

Inicialmente, os biofilmes compostos de SCOBY com polpa de maracujá apresentaram umidade de aproximadamente 14 (b.s). As cinéticas de secagem demonstraram tempos distintos para cada método empregado. Para o método de CTD, o período de secagem necessário foi de 200 minutos, cujos valores de umidade finais obtidos variaram entre 0,097 e 0,158 (b.s). Por outro lado, no caso da secagem convectiva, o processo demandou 360 minutos, resultando em níveis de umidade variando de 0,18 e 0,24 (b.s). As curvas de secagem correspondentes a todas as condições experimentais podem ser consultadas na Figura 3.8.

Figura 3.8- Curvas de secagem dos biofilmes de SCOBY submetidos à secagem por CTD (a, b e c) e secagem convectiva (d, e e f).



Observou-se que o aumento da temperatura de secagem resultou em uma redução do tempo necessário para a conclusão do processo. Essa correlação pode ser atribuída à capacidade de aquecimento mais rápida e a maior taxa de evaporação, o que culmina na diminuição do tempo de secagem (SEYFI; ASL; MOTEVALI, 2021). Além disso, percebeu-se que o tempo de secagem aumentou com o aumento da espessura em todas as temperaturas avaliadas. Em contrapartida, utilizando a mesma espessura, o tempo de secagem diminuiu com as maiores temperaturas de secagem. Com o aumento da espessura, torna-se necessário um tempo prolongado para que o calor consiga penetrar nas camadas internas do produto. Além disso, a evaporação das camadas internas em direção às camadas externas do produto também se torna mais desafiadora em espessuras mais elevadas (SEYFI; ASL; MOTEVALI, 2021).

No método de CTD, o critério de finalização do processo foi determinado quando as amostras alcançaram umidade de 15% em base úmida ou 0,18 (b.s), cuja faixa é considerada compatível a alimentos desidratados comerciais. O tempo necessário para atingir esse valor de umidade nas três espessuras testadas (3, 4 e 5 mm), foi de 140 minutos a uma temperatura de 65 °C, e de 100 minutos nas temperaturas de

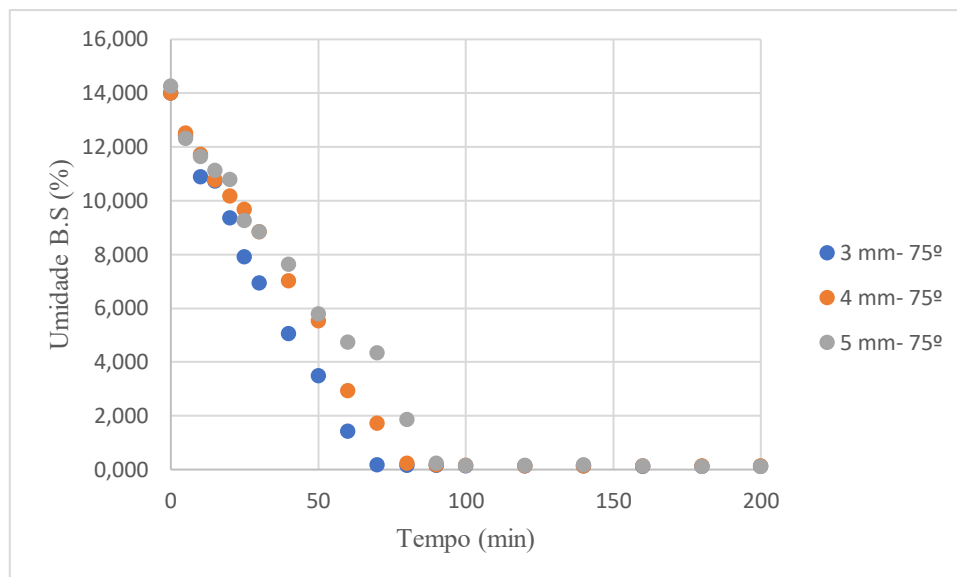
75 °C e 85 °C. Na secagem convectiva o tempo necessário para atingir valores de umidade abaixo de 20% (B.U) ou 0,24 (B.S) nas três espessuras testadas (3, 4 e 5 mm), foi de 300 minutos em todas as temperaturas testadas.

A secagem por CTD revelou ser um processo mais eficiente em comparação com a SC, quando considerado as mesmas temperaturas e espessuras. A diferença nesse desempenho pode ser atribuída a variação no mecanismo de transferência de calor. Na secagem convectiva, o processo ocorre das camadas superiores para as inferiores, em contrapartida no CTD, a transferência de calor é direcionada das camadas inferiores para as camadas superiores. Esse fenômeno resulta do calor proveniente do banho-maria, transferido do filme de poliéster para a amostra, acelerando a remoção de água na parte inferior, sendo que o ar quente, junto com o vapor de água, difunde-se para cima facilitando a transferência de calor e massa nas camadas superiores (MIANO; ROJAS, 2024).

Com o intuito de estabelecer as condições ideais para garantir a reprodutibilidade na indústria, foram analisados parâmetros cruciais, incluindo o tempo de secagem, e condições de umidade que sejam adequadas para posteriormente armazenamento. Além disso, foram consideradas as características visuais e táteis que proporcionaram a melhor qualidade visual (presença ou ausência de alterações de cor devido ao aquecimento), elementos como a percepção tátil de textura (se o biofilme era quebradiço ou não) e a facilidade de remoção do produto da superfície de *mylar* (aderência ou não).

Com base nas condições estabelecidas foram definidas as melhores condições de secagem para o biofilme de SCOBY com maracujá no CTD (75 °C e 4 mm), sendo que o teor de umidade reduziu para 0,16 (B.S) após 90 minutos, representado pela Figura 3.9.

Figura 3.9- Representação gráfica da curva de secagem do biofilme de SCOBY com maracujá via CTD na temperatura de 75 °C nas espessuras de 3 mm, 4 mm e 5 mm.

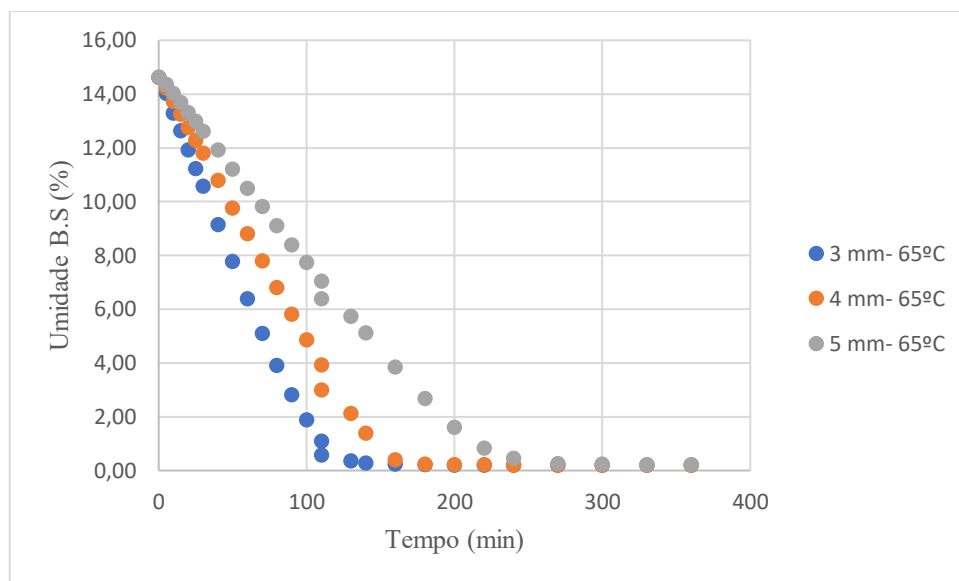


No trabalho conduzido por Asiimwe (2022), que investigou a secagem de polpa de maracujá (93%) combinada com carboximetilcelulose (7%) utilizando CTD, foi encontrada uma faixa de umidade entre 5,8 e 18,3%. Entretanto, ao empregarem condições semelhantes as deste estudo, como uma temperatura de 76,8 °C, os autores conseguiram atingir 15% de umidade em um período de 40 minutos, considerando uma espessura de amostra de 2 mm. Em comparação neste estudo, para alcançar essa mesma umidade, o processo demandou 70 e 90 minutos para espessuras de 3 mm e 4 mm respectivamente. Essa discrepância pode ser atribuída, em parte, à diferença na espessura das amostras utilizadas, uma vez que uma maior espessura tende a prolongar o tempo de secagem, além das diferenças nas concentrações e consistência dos ingredientes utilizados.

Outro estudo que utilizou polpa de fruta em combinação com uma fonte vegetal, observaram que na secagem de polpa de manga com adição de amido (5 g de amido seco/100 g de polpa de manga seca), realizada em CTD a uma espessura de 3 mm e a uma temperatura constante de 98 °C, o processo foi concluído em 18 minutos, resultando em 6,8% de umidade (SIMÃO et al., 2019), o que demonstra a influência da matriz alimentar e da temperatura envolvidas no processo de secagem.

Em contraste, para a secagem convectiva a melhor condição observada foi de 65 °C e 4 mm, sendo que o teor de umidade atingiu 0,19 (B.S) com um tempo de processo de 300 minutos, demonstrado pela Figura 3.10.

Figura 3.10- Representação gráfica da curva de secagem do biofilme de SCOBY com maracujá via secagem convectiva na temperatura de 65 °C nas espessuras de 3 mm, 4 mm e 5 mm.



Na pesquisa conduzida por Shende e Datta (2020), foram investigados os processos de secagem da película de manga, nos quais foram empregados tanto o método de CTD quanto o uso da SC. Notavelmente, a aplicação da secagem convectiva também se mostrou como o método que exigiu um tempo maior para a conclusão do processo de secagem. No de estudo de Seyfi, Asl e Motevali (2021) sobre a secagem de Aloe vera, também foram evidenciadas as influências das condições experimentais empregadas, tais como espessura, temperatura e método de secagem. Notavelmente, a SC mostrou-se mais demorada, possivelmente devido ao mecanismo de transferência de calor envolvido neste método, caracterizado pela convecção de ar quente para o material. Esse processo resulta em uma maior demora para que o calor penetre profundamente no material, consequentemente exigindo mais tempo para que a temperatura do material aumente (BOATENG; YANG, 2021).

#### 3.4.1.5- Cinética de secagem

Com os resultados obtidos de umidade (b.s), foram construídas as curvas da cinética de secagem convertendo os dados de umidade em adimensional de umidade (Y) em função do tempo. As curvas resultantes foram analisadas estatisticamente, objetivando determinar qual dos modelos propostos pela literatura, relacionados na Tabela 3.2, melhor se ajustava aos dados experimentais. Os parâmetros obtidos para os modelos selecionados estão representados nas Tabelas 3.7 e 3.8.

Tabela 3.7 – Parâmetros obtidos pelo modelo de Page (1949), Overhults et al. (1973) e Lewis (1921) para SC.

MODELO PAGE				MODELO OVERHULTS				LEWIS		
Experimento	K	N	R <sup>2</sup>	Experimento	K	N	R <sup>2</sup>	Experimento	K	R <sup>2</sup>
3 mm (65 °C)	0,0016	1,5550	0,9978	3 mm (65 °C)	0,0159	1,5550	0,9978	3 mm (65 °C)	0,0163	0,9814
3 mm (75 °C)	0,0042	1,4070	0,9972	3 mm (75 °C)	0,0203	1,4070	0,9972	3 mm (75 °C)	0,0209	0,9869
3 mm (85 °C)	0,0023	1,6072	0,9983	3 mm (85 °C)	0,0235	1,6072	0,9983	3 mm (85 °C)	0,0236	0,9813
4 mm (65 °C)	0,0008	1,6019	0,9971	4 mm (65 °C)	0,0114	1,6019	0,9971	4 mm (65 °C)	0,0115	0,9781
4 mm (75 °C)	0,0018	1,5383	0,9978	4 mm (75 °C)	0,1633	1,5383	0,9978	4 mm (75 °C)	0,0168	0,9822
4 mm (85 °C)	0,0014	1,6649	0,9979	4 mm (85 °C)	0,0116	1,6134	0,9980	4 mm (85 °C)	0,0199	0,9779
5 mm (65 °C)	0,0006	1,5380	0,9972	5 mm (65 °C)	0,0080	1,5380	0,9972	5 mm (65 °C)	0,0078	0,9772
5 mm (75 °C)	0,0010	1,4880	0,9971	5 mm (75 °C)	0,0099	1,4880	0,9971	5 mm (75 °C)	0,0099	0,9817
5 mm (85 °C)	0,0008	1,6134	0,9980	5 mm (85 °C)	0,0116	1,6134	0,9980	5 mm (85 °C)	0,0117	0,9786

Os modelos de secagem apresentaram elevados coeficientes de determinação, variando de 0,9772 a 0,9983 para SC e de 0,9715 a 0,9955 no CTD. Pode-se dizer que todos os modelos aplicados neste estudo podem descrever as características da secagem. Contudo, dos três modelos avaliados, os modelos de Page (1949) e Overhults et al. (1973) apresentaram os maiores valores de R<sup>2</sup>, desta forma, foram os modelos que melhor representaram a cinética de secagem dos biofilmes submetidos a SC e CTD.

Na secagem de tomilho, os autores também observaram que os modelos de Lewis e Page apresentaram valores elevados para o coeficiente de determinação, indicando uma boa capacidade desses modelos em descrever o comportamento do processo de secagem (TURAN; FIRATLIGIL, 2019). Na SC de fatias de inhame, os autores alcançaram altos valores de R<sup>2</sup> para os modelos Page, Overhults e Lewis, resultados semelhantes aos observados neste estudo, com valores de R<sup>2</sup> variando de 0,99377 a 0,9986 (SAHOO et al., 2022).

Tabela 3.8 – Parâmetros obtidos pelo modelo de Page (1949), Overhults et al. (1973) e Lewis (1921) para CTD.

MODELO PAGE				MODELO OVERHULTS				LEWIS		
Experimento	K	N	R <sup>2</sup>	Experimento	K	N	R <sup>2</sup>	Experimento	K	R <sup>2</sup>
3 mm (65 °C)	0,0079	1,2842	0,9934	3 mm (65 °C)	0,0230	1,2841	0,9934	3 mm (65 °C)	0,0233	0,9865
3 mm (75 °C)	0,0057	1,4400	0,9954	3 mm (75 °C)	0,0276	1,4400	0,9954	3 mm (75 °C)	0,0281	0,9835
3 mm (85 °C)	0,0085	1,5733	0,9955	3 mm (85 °C)	0,0482	1,5732	0,9955	3 mm (85 °C)	0,0497	0,9831
4 mm (65 °C)	0,0020	1,5396	0,9944	4 mm (65 °C)	0,0174	1,5396	0,9944	4 mm (65 °C)	0,0175	0,9757
4 mm (75 °C)	0,0028	1,5429	0,9923	4 mm (75 °C)	0,0221	1,5429	0,9923	4 mm (75 °C)	0,0225	0,9754
4 mm (85 °C)	0,0238	1,1192	0,9898	4 mm (85 °C)	0,0355	1,1192	0,9898	4 mm (85 °C)	0,0359	0,9885
5 mm (65 °C)	0,0022	1,4547	0,9715	5 mm (65 °C)	0,0148	1,4546	0,9715	5 mm (65 °C)	0,0148	0,9559
5 mm (75 °C)	0,0080	1,2172	0,9785	5 mm (75 °C)	0,0189	1,2175	0,9785	5 mm (75 °C)	0,0190	0,9738
5 mm (85 °C)	0,0074	1,2905	0,9852	5 mm (85 °C)	0,0224	1,2904	0,9852	5 mm (85 °C)	0,0229	0,9784

Na secagem utilizando CTD para grãos de café (com R<sup>2</sup> superiores a 0,996) e abóboras (R<sup>2</sup> de 0,9992), o único modelo matemático empregado nestes trabalhos, semelhante ao deste estudo, foi o modelo de Page (MIANO; ROJAS, 2024; ORTIZ-JEREZ; SÁNCHEZ; ZAPATA MONTOYA, 2022). Esses achados corroboram com os resultados encontrados nesta pesquisa, uma vez que os modelos demonstraram uma boa adaptação aos dados, evidenciada pelos elevados coeficientes de determinação.

### 3.4.2 Comparação entre os métodos de secagem (SC X CTD)

A partir dos resultados obtidos dos PCC ortogonal  $3^2$  para a SC e o CTD construiu-se um novo planejamento (sem a necessidade de realizar novos experimentos), um planejamento fatorial completo a dois níveis. Neste planejamento foram avaliadas 3 variáveis independentes, isto é, além da temperatura ( $X_1$ ) e da espessura ( $X_2$ ) incluiu-se o método de secagem ( $X_3$ ). Para a análise estatística foi utilizado o *software* STATISTICA<sup>®</sup> 7.0 e foi considerado um nível de significância ( $p \leq 0,05$ ).

A Tabela 3.9 apresenta os resultados relativos aos efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes analisadas. É perceptível uma influência significativa das variáveis independentes na maioria das variáveis dependentes, com exceção do valor de  $L^*$ , que demonstrou ser menos susceptível às influências externas. Adicionalmente, a interação entre a espessura e o método de secagem aparenta não exercer impacto sobre nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 3.9 – Resultados obtidos do planejamento 2<sup>3</sup> para os parâmetros umidade (b.s), espessura final, cor (L\*, a\* e b\*) e ΔE.

Fator	Umidade (B.S)		Espessura final (mm)		L*		a*		b*		ΔE	
	Efeito	p valor	Efeito	p valor	Efeito	p valor	Efeito	p valor	Efeito	p valor	Efeito	p valor
X <sub>1</sub>	-0,0333	0,0048	0,1275	0,0019	-3,6025	0,0120	0,7700	0,0010	-4,2050	0,0024	5,2050	0,0050
X <sub>2</sub>	0,2275	0,0070	0,1125	0,0025	*	*	0,4350	0,0051	-1,6300	0,03423	1,8850	0,0736
X <sub>3</sub>	0,0768	0,0021	0,2025	0,0008	-4,4725	0,0050	0,3150	0,0126	-4,3300	0,0022	2,0700	0,0591
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,0053	0,0303	*	*	*	*	-0,4750	0,0039	*	*	*	*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,0003	0,0193	0,1225	0,0021	*	*	*	*	-1,5500	0,0389	1,9500	0,0680
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
R <sup>2</sup>	0,9999		0,9993		0,8827		0,9908		0,9862		0,9637	

Nível de significância ( $p \leq 0,05$ ). \*Efeito não significativo

A umidade final foi notavelmente afetada pelos três fatores individuais (temperatura, espessura e método de secagem), incluindo as interações entre temperatura e espessura, e temperatura e método de secagem. Destaca-se que a espessura emergiu como o fator de maior influência, evidenciado pelo seu significativo efeito, alcançando o valor de 0,2275. A espessura é um elemento crucial que influencia significativamente o processo de secagem dos produtos, quanto maior a espessura do produto, maior é a resistência à transferência de calor e massa, resultando em um tempo de secagem mais prolongado (SUN et al., 2023).

Em relação a espessura final, esta foi notavelmente impactada pelos três fatores individuais (temperatura, espessura e método de secagem), bem como pela interação entre temperatura e método de secagem. O método de secagem sobressaiu-se como o principal influenciador, evidenciado pelo maior valor de efeito de 0,2025, conforme apresentado na Tabela 3.9.

A influência dos diferentes métodos de secagem na cor instrumental e aspecto visual dos biofilmes de SCOBY com maracujá foi avaliada, uma vez que a propriedade de cor dos produtos secos desempenha um papel crucial na aceitação do produto final pelos consumidores (JIA et al., 2019; SOUZA et al., 2021). As Figuras 3.3 e 3.5 apresentam as fotografias dos biofilmes após o processo de secagem realizado por SC e CTD, de acordo com as condições experimentais estabelecidas.

Nas Tabelas 3.3 e 3.5 estão apresentados os valores de cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E^*$ ), dos biofilmes de SCOBY com maracujá submetidos aos métodos de secagem (SC e CTD), em diferentes temperaturas de secagem (65 °C, 75 °C e 85 °C) em três espessuras (3, 4 e 5 mm). A análise desses valores permite compreender como diferentes condições de secagem podem influenciar nas características de cor de biofilmes comestíveis. Os valores de  $L^*$  representam a luminosidade, onde quanto maior o valor, mais claro é o biofilme ( $L^* = 0$  tendência ao preto e  $L^* = 100$  tendência ao branco). Nota-se que, de maneira geral (conforme apresentado nas Tabelas 3.3 e 3.5), que os valores de  $L^*$  diminuíram com o aumento da temperatura de secagem, independentemente da espessura das amostras. Essa tendência sugere que, à medida que a temperatura de secagem aumenta, os biofilmes tendem a adquirir tonalidades mais escuras. Isso evidencia a influência significativa da temperatura no parâmetro de cor  $L^*$ .

Além disso, o método de secagem também desempenhou um papel importante, a menor luminosidade foi observada nas amostras secas a 85 °C independentemente do método de secagem empregado, contudo a SC afetou em maior proporção o parâmetro de cor  $L^*$  quando comparado com o CTD. Em outro estudo que investigou a secagem de pitaita por diversos métodos de secagem, também foi constatada uma redução mais acentuada nos níveis do parâmetro  $L^*$  ao optar pela utilização da secagem convectiva (DADHANEYYA et al., 2023).

Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  representam as coordenadas de cor no espaço de cores CIELAB, onde  $a^*$  representa o componente verde-vermelho ( $+a^* =$  vermelho e  $-a^* =$  verde) e  $b^*$  representa o componente azul-amarelo ( $+b^* =$  amarelo e  $-b^* =$  azul). Observou-se uma influência significativa das variáveis independentes (temperatura, espessura e método de secagem) no estudo, juntamente com a interação entre temperatura e espessura (Tabela 3.9), impactando os valores de  $a^*$ , sendo que a temperatura foi a variável com maior efeito (0,7700) sobre este parâmetro. Os valores

de  $a^*$  aumentaram nos dois métodos de secagem com o aumento da temperatura, indicando uma tendência para tonalidades mais vermelhas. Este comportamento é observado em todas as espessuras das amostras, destacando-se especialmente durante o processo de secagem por secagem convectiva a 75 °C, como demonstrado na Figura 3.5 e Tabela 3.3.

Apesar de ser relevante considerar a associação dos três parâmetros para avaliar a cor instrumental de um produto, no caso específico do biofilme de SCOPY com maracujá, cuja coloração predominante é o amarelo, destaca-se o parâmetro  $b^*$  como um dos mais pertinentes para distinguir as variações de cor decorrentes dos processos de secagem deste produto. Foi observado influência significativa da temperatura, espessura, método de secagem e da interação entre temperatura e método de secagem (Tabela 3.9). A análise evidenciou que os valores de  $b^*$  diminuem à medida que a temperatura de secagem aumenta, sugerindo uma redução na tonalidade amarela das amostras. Este comportamento é consistente em todas as espessuras dos biofilmes, entretanto, nota-se uma redução abrupta ao optar pelo uso da secagem convectiva a uma temperatura de 85 °C. Essa diminuição pode ser visualizada claramente nos resultados apresentados na Figura 3.5. A utilização de altas temperaturas nos processos de secagem convectiva podem ter induzido a instabilidade e deterioração dos pigmentos, promovendo o avanço das reações de *Maillard*, enzimáticas e de caramelização, favorecendo a produção de compostos pigmentados de tonalidade marrom (DADHANEYA et al., 2023). Além disso a SC afetou em maior proporção os valores de  $b^*$  quando comparados com a secagem por CTD.

Quanto a diferença global de cor ( $\Delta E$ ), foi evidenciada uma influência significativa da temperatura, espessura, método de secagem, e a interação entre temperatura e o método de secagem. Entre essas variáveis, a temperatura destacou-se como o mais influente, apresentando um valor de efeito de 5,2050, conforme demonstrado na Tabela 3.9. Os valores de  $\Delta E$  foram maiores nas amostras submetidas a maior temperatura de secagem (85 °C) em ambos os métodos de secagem, congruente com as maiores alterações nos parâmetros de cor. Contudo, as amostras submetidas a SC apresentaram os maiores valores para esse parâmetro, isso demonstra uma maior reação de escurecimento. Resultados semelhantes onde o  $\Delta E$  foi maior utilizando a SC quando comparadas com CTD foi observada na secagem de polpa de amora, no trabalho

proposto por (PUENTE et al., 2020) e em fatias de tomate (ABBASID; NIAKOUSARI; ARDEKANI, 2015).

As análises conduzidas sugerem que a temperatura de secagem exerce influência significativa nas características dos biofilmes obtidos. Notavelmente, temperaturas mais elevadas tendem a resultar em produtos de tonalidades mais escuras, com tons mais avermelhados e menos nuances amarelas. Importante ressaltar que a espessura das amostras também desempenha um papel significativo na modificação das propriedades de cor. Além disso, observou-se que o método de secagem pode impactar consideravelmente nos parâmetros de cor, sendo que a secagem convectiva exerceu uma influência mais pronunciada em comparação com o CTD. Assim, esses achados ressaltam a importância de uma escolha criteriosa das condições de secagem para assegurar o melhor desempenho e a integridade dos biofilmes.

### 3.4.3- Caracterização físico-química dos biofilmes de SCOPY com maracujá

#### 3.4.3.1 Composição centesimal do biofilme de SCOPY com maracujá

A Tabela 3.10 representa os resultados da composição centesimal do biofilme de SCOPY incorporada com maracujá. Os valores foram expressos em média para 100 g de produto. Notavelmente, a amostra inicial exibe uma elevada quantidade de umidade, totalizando 93,61 g, indicando ser um produto caracterizado por uma considerável presença de água. Após a secagem com base na matéria seca foi observado a presença de cinzas (0,82%) na composição do biofilme, refletindo a presença de minerais derivados das matérias-primas empregada na produção.

Tabela 3.10- Composição centesimal do biofilme de SCOPY com adição de maracujá, em comparação com SCOPY puro e maracujá isolado.

Composição centesimal	SCOPY COM MARACUJÁ (g/100g)	SCOPY (g/100g)	MARACUJÁ (g/100g)
UMIDADE INICIAL	93,61	96,89	82,9
CINZAS	0,82	0,80	0,8
PROTEÍNAS	0,43	0,14	2,0
LIPIDEOS	0,52	0,02	2,1

CARBOIDRATOS	3,87	1,10	12,3
FIBRA BRUTA	0,75	1,05	1,1

Fonte: os autores (2024), exceto para a composição do maracujá que foi retirada da tabela TACO de composição dos alimentos (UNICAMP, 2011)

Além disso, a análise revelou a presença de carboidratos digeríveis, quantificados em 3,87 g, e fibra bruta, com um total de 0,75 g (carboidratos não digeríveis). Cabe ressaltar que esses valores apresentam concentrações inferiores em comparação com SCOBY puro, uma vez que a proporção de SCOBY incorporada no biofilme foi menor (60%). No entanto, é importante destacar que essas quantidades também são menores do que as encontradas no maracujá, devido à metodologia empregada para a quantificação. Sendo que no maracujá a fibra alimentar foi avaliada, enquanto no biofilme utilizou-se a fibra bruta como parâmetro, e nesta metodologia pode ter ocorrido perda de fibras insolúveis. Ademais, foi constatado em menores concentrações a presença de proteínas e lipídeos.

#### 3.4.3.2 Teor de compostos fenólicos totais (CFT) e conteúdo total de flavonoides (CTF) do biofilme de SCOBY com maracujá

A Tabela 3.11 exibe os teores de CFT avaliados no SCOBY puro, na amostra *in natura*, bem como após serem submetidas aos métodos de SC (65 °C, 4 mm por 300 min.) e CTD (75 °C, 4 mm, por 90 min.). A concentração de CFT na amostra *in natura* foi registrada como 7365,27±345,43 mg GAE/g. Por outro lado, os biofilmes submetidos à SC apresentaram valores superiores, atingindo 12355,95±675,02 mg GAE/g. Um aumento significativo no teor de CFT em batata doce, quando submetido à SC, em comparação com a amostra *in natura* também foi evidenciado por Rashid et al. (2022), na película de ameixa (NIZAMLIOGLU; YASAR; BULUT, 2022) e em rosa mosqueta (PASHAZADEH; REDHA; KOCA, 2024). Esses resultados sugerem que a SC >50 °C por longos períodos pode destruir a parede celular e liberar os compostos fenólicos para o meio (NIZAMLIOGLU; YASAR; BULUT, 2022).

Tabela 3.11- Teores de compostos fenólicos totais e conteúdo total de flavonoides da amostra *in natura* (purê de SCOBY com maracujá) e do biofilme de SCOBY com maracujá submetido a SC e CTD.

CFT *	CTF**
-------	-------

	(mg GAE/g) *	(mg rutina/g)
SCOBY PURO	14275±1260,10 <sup>a</sup>	125,5±11,43 <sup>a</sup>
Amostra <i>in natura</i>	7365,3±345,43 <sup>bc</sup>	98,20±7,56 <sup>ab</sup>
SC	12355,95±675,02 <sup>a</sup>	165,55±4,19 <sup>ac</sup>
CTD	8145,51±203,27 <sup>c</sup>	13,96±0,44 <sup>d</sup>

Fonte: os autores (2024), letras diferentes mostram que as médias na mesma coluna são significativamente ( $p < 0,05$ ) diferentes de acordo com o teste de Kruskal Wallis

\* mg ácido gálico/100 g (mg GAE/g) e \*\*mg rutina/100 g

Em contrapartida, no caso de secagem por CTD apesar de apresentar um aumento para 8145,51±203,27 mg GAE/g, essa variação não foi estatisticamente significativa. Esse resultado sugere que o processo de CTD foi eficaz em manter o teor de CFT, indicando ser um potencial na preservação desses compostos durante a secagem, o que pode ser relevante para a qualidade nutricional do produto. Conforme apontado por Nadali et al. (2023), a preservação dos compostos na secagem por CTD pode estar associado à baixa temperatura de entrada durante o período em que o material é submetido.

Ao contrário dos resultados obtidos em nosso estudo, que evidenciou um aumento e uma manutenção no teor de compostos fenólicos após o processo de secagem quando comparados com a amostra *in natura*, no trabalho de Miano e Rojas (2024), ao secar pó de café, demonstrou uma redução no teor de compostos fenólicos nos dois métodos de secagem utilizados (SC e CTD), o mesmo aconteceu na desidratação de fatia de tomate (ABBASID; NIAKOUSARI; ARDEKANI, 2015). Contudo, ao analisar a desidratação de fatias de tomate, os autores perceberam que o uso da SC degradou o teor de fenólicos, ao contrário do que foi constatado neste estudo, no qual a SC contribuiu para uma maior manutenção de CFT. Uma possível justificativa pode estar relacionada à temperatura empregada na secagem do tomate, que foi superior (75 °C), em comparação com a temperatura utilizado neste estudo (65 °C).

O teor de CFT na mistura de maracujá com carboximetilcelulose, submetido à secagem por CTD foi de 351,9 ±0,4 (ASIIMWE et al., 2022), em contraste com os resultados deste estudo, que apresentou 8145,51±203,27 (mg GAE/g). Essa discrepância sugere a presença significativa de CFT no SCOBY utilizado neste trabalho. Na produção de pó de goiaba por meio de secagem por CTD, os valores do CFT não diferiram significativamente da amostra *in natura* (FRABETTI et al., 2022).

Na análise da concentração dos CTF, notou-se que a amostra *in natura* exibiu um valor de  $98,20 \pm 7,56$  mg rutina/g, enquanto na SC os valores foram superiores, atingindo  $165,55 \pm 4,19$  mg rutina/g. Por outro lado, na secagem por CTD, houve uma redução para  $13,96 \pm 0,44$  mg rutina/g.

No estudo de Rashid et al. (2022). A secagem convectiva também resultou em um aumento no teor de flavonoides em batata doce em comparação com as *amostras in natura*. Possivelmente, o processo de secagem contribuiu para a quebra de compostos celulares, favorecendo a disponibilidade de flavonoides durante a extração.

#### 3.4.3.3 Atividade de água do biofilme de SCOBY com maracujá

A atividade de água da amostra *in natura*, conforme esperado, foi alta (0,987 conforme detalhado na Tabela 3.12), esse valor compromete a vida útil do produto, uma vez que propicia condições favoráveis ao crescimento microbiano. Por outro lado, nos biofilmes com as melhores condições de secagem (CTD -7 5 °C e 4 mm e SC - 65 °C e 4 mm), foi observado uma redução significativa na  $A_w$ , com valores semelhantes independentemente do método de secagem aplicado, variando de 0,51 e 0,52 na SC e CTD respectivamente. É importante ressaltar que valores de  $A_w < 0,61$  estão associados à ausência de proliferação microbiana a depender das demais condições presentes no meio (TAPIA; ALZAMORA; CHIRIFE, 2020).

Películas de frutas, apresentam atividade de água em torno de 0,5-0,6, o biofilme comestível de SCOBY com maracujá apresenta características semelhantes. Esse valor confere estabilidade ao produto, tornando-o adequado ao manuseio, uma característica clássica desse tipo de material (FRABETTI et al., 2021).

Tabela 3.12- Atividade de água da amostra *in natura* e do biofilme de SCOBY com maracujá submetido a SC e CTD.

Tratamento	$A_w$
Amostra <i>in natura</i>	$0,987 \pm 0,003^a$
SC	$0,51 \pm 0,002^b$
CTD	$0,52 \pm 0,012^b$

Fonte: os autores (2024), letras diferentes mostram que as médias na mesma coluna são significativamente ( $p < 0,05$ ) diferentes de acordo com o teste de Kruskal Wallis

Comparativamente, produtos semelhantes, como a película de maçã apresentaram um valor de  $A_w$  de 0,56 (TORRES; ROMERO; DIAZ, 2015), enquanto

na película de manga, a  $A_w$  variou de 0,621 a 0,679 (AZEREDO et al., 2006) e na película de morango com maltodextrina apresentou 0,516 de atividade de água.

A utilização de SC em película de maçã e ameixa contribuiu com valores de  $A_w$  de 0,471 e 0,500, respectivamente, valores próximos ao obtido no biofilme produzido neste estudo (NIZAMLIOGLU; YASAR; BULUT, 2022). Películas de frutas com baixa atividade de água evitam a contaminação por microrganismos, reduzem a cristalização e escurecimento não enzimático, além de proporcionarem menores perdas de sabores e danos oxidativos (NIZAMLIOGLU; YASAR; BULUT, 2022).

### 3.5 CONCLUSÃO

O presente estudo compreendeu uma abordagem inovadora de secagem de um biofilme comestível a base de SCOPY incorporado com maracujá sem semente, utilizando liofilização, secagem convectiva e *cast-tape drying*. A liofilização foi o único método que não foi bem-sucedido, porque o processo resultou em um produto com textura pegajosa.

Por meio das equações de regressão e superfície de respostas foi possível observar que para a SC ambas as variáveis (temperatura de secagem e espessura de espalhamento das amostras), influenciaram em todas as respostas. Isso ocorreu tanto por meio dos parâmetros relacionados às variáveis isoladas quanto por suas interações, assim como pelos termos quadráticos. As variáveis que demonstraram sofrer maior influência foram a espessura final,  $a^*$  e  $b^*$ , uma vez que apresentaram os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais elevados. Em contrapartida, para a secagem por CTD, o ajuste do modelo revelou-se inadequado para as respostas  $L^*$  e  $a^*$ , evidenciando baixos coeficientes de determinação.

Os biofilmes de SCOPY com maracujá apresentaram aproximadamente 14 de umidade (b.s). No processo de secagem por CTD, o tempo necessário foi de 200 minutos, com umidade variando entre 0,097 e 0,158 (b.s). Por outro lado, para a secagem SC, o processo demandou 360 minutos, resultando em níveis de umidade variando de 0,18 a 0,24 (b.s). Os modelos de Page e Overhults mostraram-se mais adequados para representar a cinética de secagem dos biofilmes tanto por SC quanto por CTD.

O método de secagem utilizado teve um impacto significativo nas variáveis dependentes, com a SC demonstrando uma influência mais marcante, especialmente em

temperaturas de 85 °C. Contudo, é crucial ressaltar que ambos os métodos de secagem não resultaram em redução nos teores de bioativos dos biofilmes. Ademais, os biofilmes obtidos apresentaram características nutricionais relevantes, como teores de carboidratos, cinzas e fibras, além da presença de compostos bioativos, como fenólicos e flavonoides. Destaca-se, também a baixa  $A_w$ , o que é benéfico, pois reduz a probabilidade de multiplicação de microrganismos, conferindo maior estabilidade ao produto.

Em resumo, este estudo revelou que o SCOBY excedente da kombucha, quando utilizado como matéria-prima na elaboração de um biofilme comestível por meio dos métodos de secagem convectiva e *Cast-tape drying*, apresenta perspectivas promissoras. Contudo, concluímos que a secagem por CTD se destacou como o método mais eficiente, demandando menos tempo e resultando em mínimos alterações nos aspectos visuais e táteis do produto. Dessa forma, podemos afirmar que a temperatura de 75 °C e uma espessura de 4 mm representam as condições ideais para a produção de um biofilme de SCOBY com maracujá. Além disso, foi constatado que o biofilme produzido possui atributos nutricionais relevantes, como fibras, compostos fenólicos e flavonoides. Esses resultados ressaltam o potencial dessa abordagem para o desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores e nutritivos.

## REFERÊNCIAS

ASTM. **Tensile properties of thin plastic sheeting**. In: **Annual Book of ASTM Standards**. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, D 882, 1995.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 18th ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18th ed, 3th Review, Washington, 2010.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Arlington: A.O.A.C., 1990.

Codex Alimentarius 2010. **Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last amended 2010**. Joint FAO/WHO FoodStandards Programme, Secretariat of the Codex AlimentariusCommission, FAO, Rome

ABBASID, A.; NIAKOUSARI, M.; ARDEKANI, A. Y. The advantages of the Refractance Window method of dehydrating fresh tomato slices and the relevant characteristics thereof. **J. Appl. Environ. Biol. Sci**, v. 4, n. 11S, p. 6–13, 2015.

AMARASEKARA, A. S.; WANG, D.; GRADY, T. L. A comparison of kombucha SCOBY bacterial cellulose purification methods. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1–7, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1982-2>

ASIIMWE, A. et al. Optimization of refractance window drying conditions for passion fruit puree. **Lwt**, v. 154, n. November 2021, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112742>

AZEREDO, H. M. C. et al. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 635–638, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01120.x>

BOATENG, I. D.; YANG, X. M. Effect of different drying methods on product quality, bioactive and toxic components of Ginkgo biloba L. seed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 8, p. 3290–3297, 2021. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10958>

CRUZ, R. S. OBTENÇÃO DE SCOBY DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS E APLICAÇÃO EM SMOOTHIE. **Universidade Federal do Ceará**, v. 4, n. 1, 2023.

DADHANEYYA, H. et al. Impact of Different Drying Methods on the Phenolic Composition, In Vitro Antioxidant Activity, and Quality Attributes of Dragon Fruit Slices and Pulp. **Foods**, v. 12, n. 7, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12071387>

DIEZ-OZAETA, I.; ASTIAZARAN, O. J. Recent advances in Kombucha tea: Microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production. **International Journal of Food Microbiology**, v. 377, n. June, p. 109783, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783>

DOMENEGHETTI, P. A.; SOARES, M. G.; SCHMIDT, V. C. R. **CARACTERIZAÇÃO DE SCOBY DO KOMBUCHA PARA A PRODUÇÃO DE BIOFILMES**. Blucher Chemical Engineering Proceedings. **Anais...**São Paulo: Editora Blucher, ago. 2019. <https://doi.org/10.5151/cobecic2019-EMN17>

FIGUEIREDO, L. P. et al. Influence of process parameters on the color and texture of passion fruit albedo preserved in syrup. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 116–121, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000005>

FRABETTI, A. C. et al. Physicochemical characterization and quantification of bioactive compounds of guava powder produced by cast-tape drying. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, p. 1–7, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107041>

FRABETTI, A. C. C. et al. Strawberry-hydrocolloids dried by continuous cast-tape drying to produce leather and powder. **Food Hydrocolloids**, v. 121, n. July, 2021. <https://doi.org/10.1590/fst.44421>

JAKUBCZYK, K. et al. Effects of Fermentation Time and Type of Tea on the Content of Micronutrients in Kombucha Fermented Tea. **Nutrients**, v. 14, n. 22, p. 4828, 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14224828>

JAYABALAN, R. et al. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. **Food Science and Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 843–847, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0119-6>

JIA, Y. et al. Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. **Food and Bioproducts Processing**, v. 118, p. 67–76, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.018>

LAHAVANYA, D.; SHIRKOLE, S.; BALASUBRAMANIAN, P. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. **Journal of Cleaner Production**, v. 295, p. 126454, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126454>

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

<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>

LEONARSKI, E. et al. Typical kombucha fermentation: Kinetic evaluation of beverage and morphological characterization of bacterial cellulose. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 12, p. 1–9, 2021. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16100>

MIANO, A. C.; ROJAS, M. L. Drying strategies of spent coffee grounds using refractance window method. **Food Research International**, v. 178, n. January, p. 114007, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114007>

NADALI, N. et al. Production of probiotic powdered barberry (*Berberis vulgaris*) juice by cast-tape drying technique. **Lwt**, v. 190, n. November, p. 115–113, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115513>

NIZAMLIOGLU, N. M.; YASAR, S.; BULUT, Y. Chemical versus infrared spectroscopic measurements of quality attributes of sun or oven dried fruit leathers from apple, plum and apple-plum mixture. **Lwt**, v. 153, n. 2022, p. 112420, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112420>

ORTIZ-JEREZ, M. J.; SÁNCHEZ, A. F.; ZAPATA MONTTOYA, J. E. Drying Kinetics and Sensory Characteristics of Dehydrated Pumpkin Seeds (*Cucurbita Moschata*) Obtained by Refractance Window. **SSRN Electronic Journal**, v. 8, n. June, 2022.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.4077508>

PASHAZADEH, H.; REDHA, A. A.; KOCA, I. Effect of convective drying on phenolic acid, flavonoid and anthocyanin content, texture and microstructure of black rosehip fruit. **Journal of**

**Food Composition and Analysis**, v. 125, n. October 2023, p. 105738, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105738>

PEREIRA, Z. C. et al. Passion fruit (*Passiflora* spp.) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. **Food Research International**, v. 166, n. February, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112626>

PUENTE, L. et al. Refractance Window drying of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) pulp: A comparison of quality characteristics with respect to other drying techniques. **Lwt**, v. 131, n. February, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109772>

RASHID, M. T. et al. Developing ultrasound-assisted hot-air and infrared drying technology for sweet potatoes. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 86, n. May, p. 106047, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106047>

SAHOO, M. et al. Study of the drying behaviour and color kinetics of convective drying of yam (*Dioscorea hispida*) slices. **Industrial Crops and Products**, v. 176, n. July 2021, p. 114258, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114258>

SAVARY, O. et al. Tailor-made microbial consortium for Kombucha fermentation: Microbiota-induced biochemical changes and biofilm formation. **Food Research International**, v. 147, n. May, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110549>

SEYFI, A.; ASL, A. R.; MOTEVALI, A. Comparison of the energy and pollution parameters in solar refractance window (photovoltaic-thermal), conventional refractance window, and hot air dryer. **Solar Energy**, v. 229, n. May, p. 162–173, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.094>

SHARIFUDIN, S. A. et al. Fermentation and characterisation of potential kombucha cultures on papaya-based substrates. **Lwt**, v. 151, n. April, p. 112060, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112060>

SHENDE, D.; DATTA, A. K. **Optimization study for refractance window drying process of Langra variety mango. Journal of Food Science and Technology**, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04101-0>

SIMÃO, R. DA S. et al. Production of mango leathers by cast-tape drying: Product

characteristics and sensory evaluation. **Lwt**, v. 99, n. October 2018, p. 445–452, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.013>

SOARES, M. G.; DE LIMA, M.; SCHMIDT, V. C. R. Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, n. February, p. 539–550, abr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.017>

SOUZA, D. M. DE et al. Optimization of the drying process for production of biofortified sweet potato flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 1, p. 1–9, 2021.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.15039>

SUN, X. et al. Effects of different drying methods on the contents of active ingredients of *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk and optimization of the drying process by response surface methodology. **Phytochemical Analysis**, n. July 2023, p. 17–27, 2023.

<https://doi.org/10.1002/pca.3269>

TAPIA, M. S.; ALZAMORA, S. M.; CHIRIFE, J. **Effects of Water Activity (a<sub>w</sub>) on Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation**. [s.l.] Wiley, 2020.

<https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>

TAPIAS, Y. A. R. et al. Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions. **Food Chemistry**, v. 372, n. October 2021, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346>

TAPIAS, Y. A. R. et al. Kombucha fermentation in yerba mate: Cellulose production, films formulation and its characterisation. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 5, n. March, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100310>

TORÁN-PEREG, P. et al. Microbiological and sensory characterization of kombucha SCOBY for culinary applications. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, n. June 2020, p. 100314, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100314>

TORRES, C. A.; ROMERO, L. A.; DIAZ, R. I. Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 996–1003, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.056>

TURAN, O. Y.; FIRATLIGIL, F. E. Modelling and characteristics of thin layer convective air-drying of thyme (*Thymus vulgaris*) leaves. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 37, n. 2, p. 128–134, 2019. <https://doi.org/10.17221/243/2017-CJFS>

UNICAMP, N. **Tabela brasileira de composição de alimentos/ NEPA.**, 2011.