



Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL/REI
CAMPUS ALTO PARAÓPEBA
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

YURI BOLOGNANI DE OLIVEIRA

APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DA SCOBY DE KOMBUCHA:
UMA REVISÃO

Ouro Branco

2022

YURI BOLOGNANI DE OLIVEIRA

**APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DA SCOBY DE KOMBUCHA:
UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Orientador: Dr. Ênio Nazaré de Oliveira Júnior

Coorientador: MSc. Thiago Martins da Cunha

Ouro Branco

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

0048a Oliveira, Yuri Bolognani de.
 Aplicações biotecnológicas da SCOBY de Kombucha:
 uma revisão / Yuri Bolognani de Oliveira ;
 orientador Ênio Nazaré de Oliveira Júnior;
 coorientador Thiago Martins da Cunha. -- Ouro
 Branco, 2022.
 46 p.

 Monografia (Graduação - Engenharia de
 Bioprocessos) -- Universidade Federal de São João
 del-Rei, 2022.

 1. Biotecnologia. 2. Kombucha. 3. SCOBY. 4.
 Inovação. 5. Sustentabilidade. I. Oliveira Júnior,
 Ênio Nazaré de, orient. II. Cunha, Thiago Martins
 da, co-orient. III. Título.

YURI BOLOGNANI DE OLIVEIRA

**APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DA SCOPY DE KOMBUCHA:
UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Ouro Branco, 20 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

MSc. – LCO/UFSJ Thiago Martins da Cunha

Prof^a. Dr^a. – DQBIO/UFSJ Alessandra Costa Vilaça

Prof. Dr. Ênio Nazaré de Oliveira Júnior

Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus guias que me acompanham, acolhem, confortam, fortalecem e abrem meus caminhos para as adversidades da vida.

A meus familiares, em especial minha mãe, avó e irmão por sempre acreditar nas minhas capacidades e me incentivarem a nunca desistir dos meus sonhos.

A cidade de Ouro Branco, onde fiz grandes amizades e pude viver momentos felizes junto aos meus companheiros e companheiras de república. À Serra de Ouro Branco por ensinar-me a respeitar meu tempo e mostrar o quão sou pequeno perto da natureza grandiosa que ali reside.

Sou grato a UFSJ por tornar concreto meu sonho de ser engenheiro, onde sempre fui cortês, humilde e disposto a construir oportunidades junto ao curso participando da fundação da ATP Jr., CAEB e LADEF. Estas três organizações a cada dia ali se fortalecem, auxiliam aos alunos de gerações futuras a sempre superarem seus limites tanto profissionais como de ser humano.

Meu agradecimento especial aos funcionários, técnicos e professores do Campus Alto Paraopeba/UFSJ, citando aqui alguns que contribuíram de forma exponencial para o que sou hoje: ao prof. Dr. Rogério Picoli, por tornarem reais minhas primeiras oportunidades durante a graduação; ao prof. Edson Nucci por sempre ser um bom amigo disposto a ouvir e acolher em momentos difíceis; à prof^a. Daniela Fabrino, por lutar pelos ideais dos alunos e sempre mostrar que somos muito mais capazes do que imaginamos ser; a prof^a. Alessandra Vilaça, que com suas palavras sempre repletas de afeto, consegue abraçar nossa alma com um toque de mãe e acalmar nosso coração nos momentos mais aflitos e ansiosos; e ao prof. Ênio Nazaré, que com sua gentileza, firmeza e sabedoria conseguiu resgatar meu amor ao curso me mostrando que para ser alguém com verdade no que se escolhe pra vida, é preciso ser uma pessoa de coragem, perseverante e que tenha disciplina em seus objetivos mais íntimos. Sou eternamente grato a todos vocês.

Gratidão também à Kurei, Thiago Cunha e Tropicália, estes que aprendo com admiração a me tornar cada dia melhor e capaz nas minhas escolhas.

RESUMO

O mercado brasileiro e mundial de kombucha possui forte tendência de crescimento no ramo de bebidas não-alcoólicas durante os próximos anos. A SCOBY de kombucha é por muitas empresas descartada sem seus devidos fins e considerada de baixo valor comercial, apresentando-se como um resíduo destas indústrias emergentes. Sendo assim, este trabalho propõe avaliar junto à literatura alguns benefícios do consumo de kombucha ao organismo humano bem como seu uso em variados setores da biotecnologia como: cosméticos, eletrônicos, ambiental, têxtil, e saúde humana. A celulose bacteriana de SCOBY possui versatilidade em formação estrutural, formas de obtenção e cultivo, além de ótima biocompatibilidade com diversos tecidos celulares, sendo capaz de agregar benefícios diretos se combinados a outros compósitos. Constatou-se que existe uma grande aplicabilidade desta, onde novos produtos já estão sendo inseridos no mercado e outros ainda estão em fase final de testes para liberação à sociedade. Entretanto, ainda existem muitos desafios de escalonamento industrial, replicabilidade e repetibilidade de seu cultivo em projetos de biorreatores, e de separação e purificação dos seus subprodutos, para que assim possam se obter melhores resultados.

Palavras-chave: Biotecnologia. Kombucha. SCOBY. Inovação. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The Brazilian and global kombucha market has a strong growth trend in the non-alcoholic beverage sector over the next few years. The Kombucha SCOBY is discarded by many companies without its proper purposes and is considered of low commercial value, presenting itself as a residue of these emerging industries. Therefore, this work proposes to evaluate, together with the literature, some benefits of kombucha consumption to the human body and its use in various biotechnology sectors such as: cosmetics, electronics, environmental, textile, and human health. SCOBY's bacterial cellulose has versatility in structural formation, forms of obtaining, and cultivation, in addition to excellent biocompatibility with various cellular tissues, being able to add direct and indirect benefits if combined with other composites. It was found that there is great applicability of it, where new products are already being inserted into the market and others are still in the final stages of testing for society release. However, there are still many challenges of industrial scaling, replicability and repeatability of its cultivation in bioreactor projects, and separation and purification of its by-products.

Keywords: Biotechnology. Kombucha. SCOBY. Innovation. Sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivos Gerais	5
2.2 Objetivos específicos	5
3 REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1 Sobre a Kombucha	6
3.2 A SCOBY de Kombucha.....	7
3.3 Benefícios nutricionais e de metabólitos da Kombucha.....	7
3.4 Aplicações biotecnológicas da SCOBY de Kombucha	9
3.4.1 Cosméticos	13
3.4.1.1 Crescimento capilar	13
3.4.2 Gastronomia	14
3.4.3 Controle de diabetes	15
3.4.4 Engenharia de Tecidos	16
3.4.5 Ambiental	20
3.4.5.1 Biofertilizantes.....	20
3.4.5.2 Biolixiviação	21
3.4.5.2.1 Biolixiviação de lixo eletrônico.....	22
3.6 Têxtil	23
3.7 Outras aplicações	26
3.8 Desafios e oportunidades com o escalonamento industrial.....	27
4 CONCLUSÃO	30
4.1 Perspectivas futuras.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

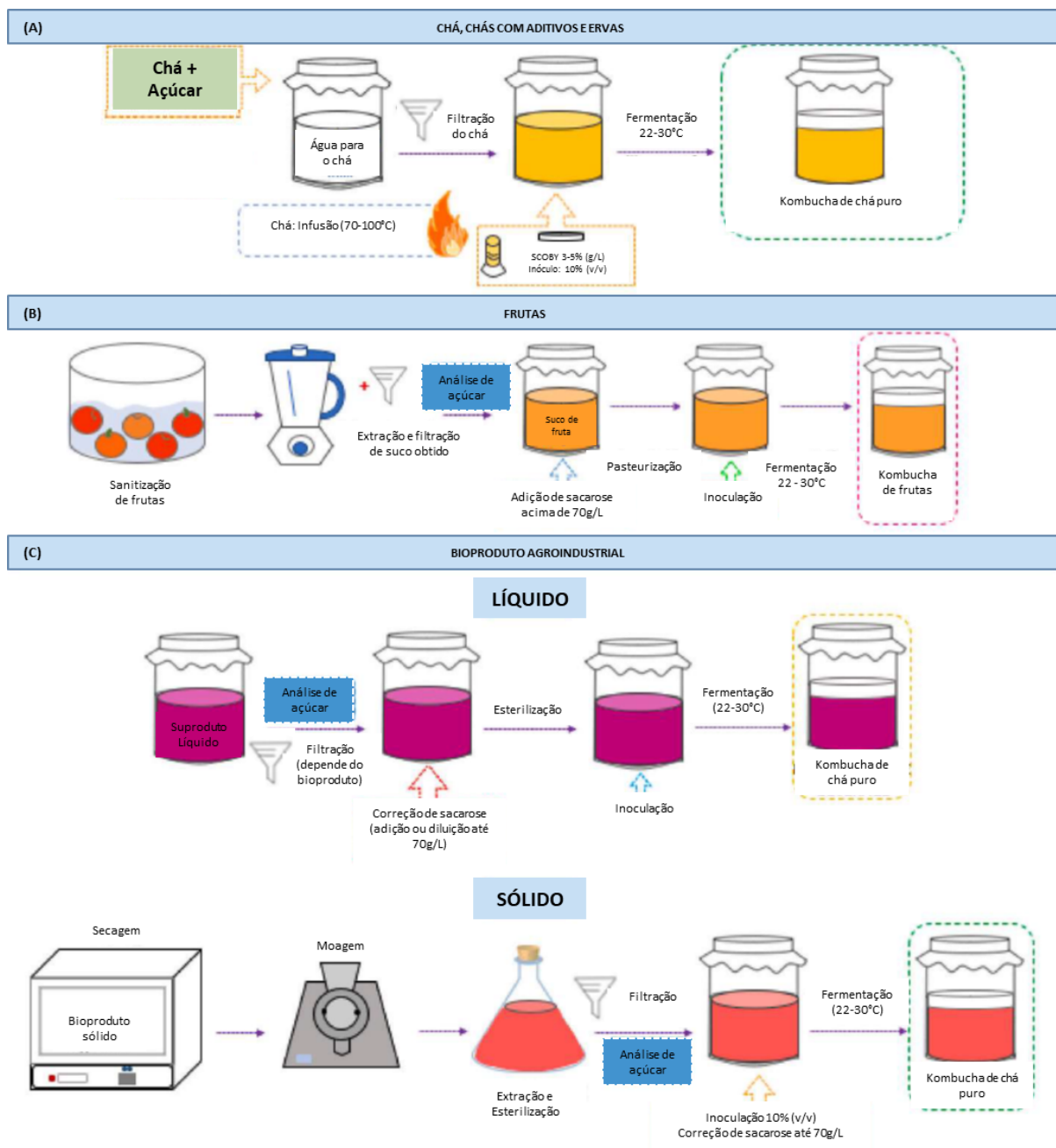
1 INTRODUÇÃO

Desde 220 anos antes de Cristo há relatos do consumo de kombucha na China, um médico chamado Kombu foi o responsável pelo nome da bebida que se popularizou graças a ele. Os guerreiros costumavam levar a bebida até para os campos de batalha, alegando seu potencial fortalecedor. Foi a partir da ampliação das rotas de comércio que a kombucha passou a ser comercializada pelo mundo todo através da migração do fungo pelos países. Em 1960 iniciaram-se os estudos por suíços que afirmaram ser benéfico o consumo do chá (DUTTA; PAUL, 2019).

O consumo da Kombucha pelo mundo tem relação com suas propriedades terapêuticas relatadas pelas pessoas com apenas algumas comprovações científicas, como o efeito antioxidante. Os russos relataram a cura de dores de cabeça e doenças gástricas; e capacidade de regulação do intestino (BARBOSA; MOURA, 2019). Dentre os benefícios nutricionais e bioativos da kombucha estão: combater os efeitos inflamatórios e o câncer, anti-hipertensivo, antidiabético e antimicrobiano, juntamente a inúmeras melhoras fisiológicas no corpo humano. Estudos com células de câncer de próstata revelaram que a Kombucha realmente tem efeitos positivos para os pacientes. Quanto ao efeito anti-hipertensivo, são liberados na bebida, peptídeos que são capazes de inibir a enzima que converte o hormônio angiotensina I em II e aumenta a pressão arterial. Além disso, experimentos com ratos que ingeriam diariamente kombucha revelaram o efeito antidiabético. Já para capacidade antimicrobiana, a infusão do chá de erva cidreira revelou atividade antibacteriana para 11 espécies (DUTTA; PAUL, 2019).

Na composição da kombucha, encontra-se chá, açúcar, água e uma cultura simbiótica de levedura e bactérias. A bebida é fermentada a partir de chá verde ou chá preto do tipo *Camellia Sinensis*, açúcar de diversas fontes e a cultura simbiótica de levedura e bactérias, conhecida como SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* - Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras). A sua forma de produção é descrita na Figura 1, variando de acordo com a forma de preparo. As células de levedura hidrolisam a sacarose em glicose e frutose pela enzima invertase e produzem etanol e dióxido de carbono, em seguida, as enzimas bacterianas produzidas por bactérias acéticas oxidam o etanol, que gera ácido acético e faz com que o meio abaixe seu pH (Figura 2) (MAY et al., 2019).

Figura 1 – Processo de obtenção de kombucha natural, com adição de frutas e para produção de bioproduto agroindustrial.



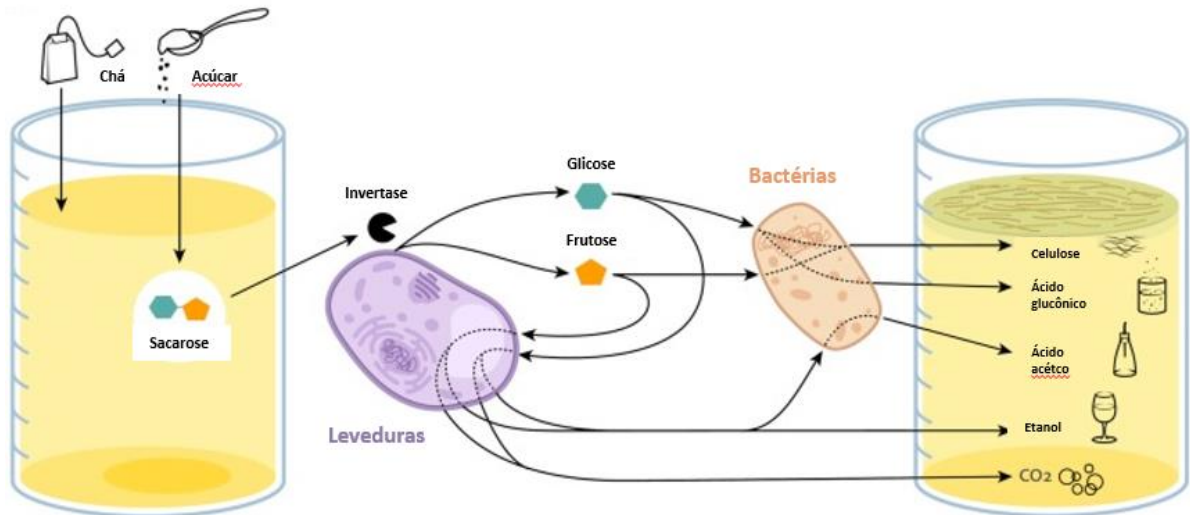
Legenda: (A) Kombucha preparada a partir de chá, aditivos e ervas. (B) Kombucha preparada com frutas. (C) Kombucha preparada para produção de bioproduto agroindustrial.

Fonte: (LEONARSKI et al., 2022)

A qualidade e a bioatividade da fermentação dependem de fatores como origem do SCOBY, do tipo de chá e açúcar utilizados como substrato, temperatura e tempo de fermentação (CHAKRAVORTY et al., 2019; COTON et al., 2017; DUTTA; PAUL, 2019; MARSH et al., 2014; SANTOS; NÓBREGA, 2019; YASSIN, 2019). O

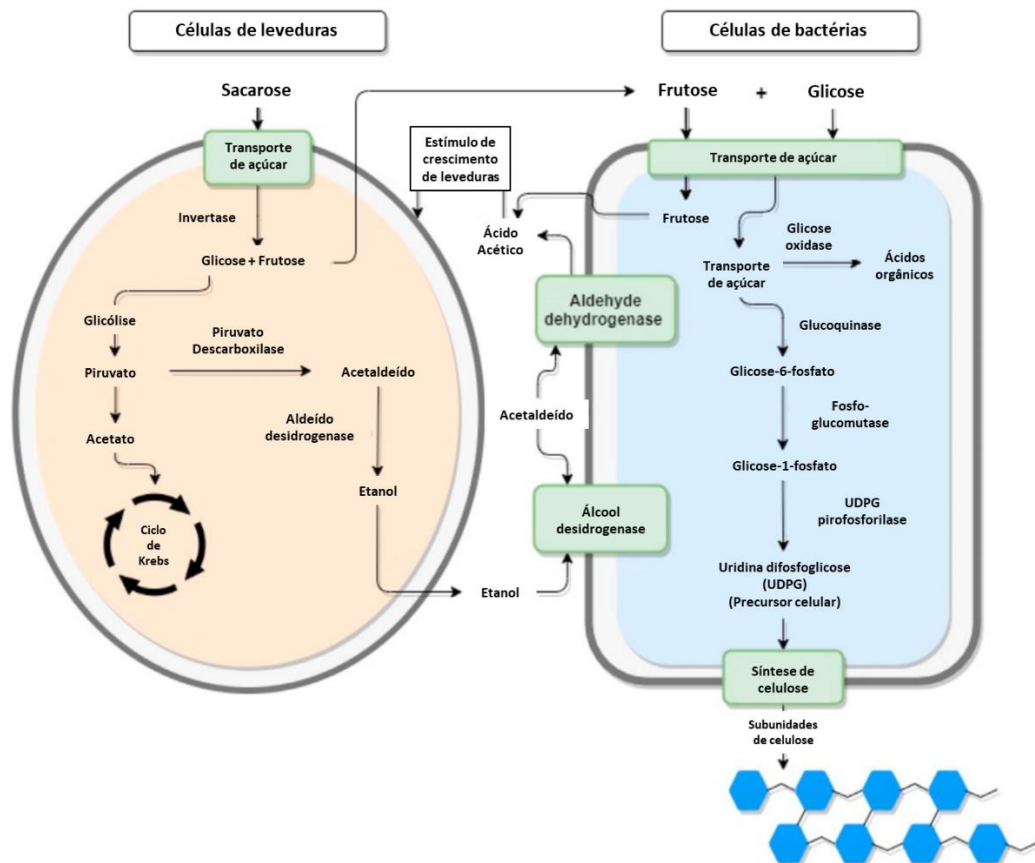
metabolismo de substratos pela SCOBY ocorre de acordo com a Figura 3 (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021).

Figura 2 - Metabolismo de kombucha e interações microbianas.



Fonte: (MAY et al., 2019)

Figura 3 – Metabolismo de substratos pela SCOBY.



Fonte: (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021)

O SCOBY é responsável por consumir o açúcar e a cafeína do chá o transformando em uma bebida naturalmente gaseificada repleta de vitaminas e enzimas, probióticos e ácidos orgânicos que podem ser benéficos à saúde. A bactéria predominante é a *Gluconacetobacter/Komagataeibacter xylinus*, sendo esta a responsável pela produção da película de biofilme de celulose que forma o SCOBY. As leveduras são as responsáveis pela produção de sabor e aroma na kombucha, sendo as principais leveduras encontradas são *Zygosaccharomyces*, *Kloeckera/Hanseniaspora*, *Torulaspora*, *Pichia*, *Brettanomyces/Dekkera*, *Saccharomyces*, *Lachancea*, *Saccharomycoides*, *Schizosaccharomyces* e *Kluyveromyces* (CHAKRAVORTY et al., 2016; COTON et al., 2017; DUTTA; PAUL, 2019; MARSH et al., 2014; YASSIN, 2019).

Estudos de vários autores apresentados por (CHAKRAVORTY et al., 2019), mostraram aplicações em diversos setores da biotecnologia para os produtos e subprodutos desenvolvidos durante o processo de produção de kombucha: o uso do biofilme de kombucha e o seu pré-tratamento com FeCl_3 para remoção de arsênio em solução aquosa trouxe melhora na eficiência da biossorção do mesmo; (HOPFE et al., 2017) demonstrou que a biolixiviação pelos microrganismos presentes na kombucha com agitação obtiveram resultados significantes na lixiviação de partículas terrosas raras; a utilização da SCOBY em suco de uva a partir da utilização de metodologia de superfície de resposta foi capaz de favorecer a produção de ácido glucurônico no meio (MAZAHARI ASSADI et al., 2011). A biocompatibilidade do biofilme de kombucha (SCOBY) com tecidos humanos, como células nervosas periféricas e tecidos in vitro, foi comprovada por (ZHU et al., 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Realizar pesquisa bibliográfica sobre aplicações biotecnológicas da SCOBY em diversas áreas, além de seus subprodutos.

2.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento bibliográfico sobre a produção de diferentes tipos de ácidos e enzimas provenientes da kombucha, bem como sua SCOBY, e que podem ser aplicadas às indústrias de alimentos, biomédica, eletrônica, ambientais e afins;
- Pesquisar na bibliografia os principais microrganismos presentes que compõem a SCOBY e seus parâmetros de fermentação, além dos efeitos benéficos para saúde com o consumo regular de kombucha, em animais e humanos;
- Buscar junto a literatura as novas tecnologias para reaproveitamento da SCOBY nas áreas de cosméticos, gastronomia, saúde, ambiental, têxtil e afins.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sobre a Kombucha

A bebida Kombucha, caracteriza-se por uma bebida de sabor levemente adocicado e ácido, proporcionando sensações de frescor em (CHEN; LIU, 2000). O seu processo de obtenção, é realizado pela associação simbiótica entre bactérias e leveduras, que através da geração de um biofilme, fermentam a solução de chá adoçado formando duas partes da Kombucha, compostas por uma película celulósica e o caldo líquido acidificado (JAYABALAN et al., 2014). A composição do chá ou infusão utilizada, é de suma importância no processo de produção da Kombucha, pois os compostos como nitrogênio, carboidrato e vitaminas, são nutrientes importantes para o crescimento dos microrganismos e necessários à fermentação da bebida, além de influenciar nas características sensoriais da mesma, após o seu processo de fermentação (BLAUTH, 2019).

Segundo (DUTTA; PAUL, 2019), qualquer extrato de planta comestível, misturado com a quantidade certa de açúcar, pode ser utilizado para o preparo da Kombucha, desde de que seus constituintes não venham afetar ou inibir o crescimento do SCOBY (VITAS et al., 2013). Desta maneira, é possível a utilização de uma imensa variedade de infusões, como substrato de fermentação ao SCOBY, desde folhas de ervas a frutas secas, proporcionando uma grande variedade de produtos agradáveis ao paladar (BLAUTH, 2019).

Consumida em diversas partes do mundo, a Kombucha é originária do nordeste da China e datada por volta de 220 a.C, denominada como o divino “*Ling tche*” ou “*Che*”, possuindo muito valor por suas propriedades desintoxicantes e energizantes (DUTTA; PAUL, 2019). Devido a uma realidade notória de produção industrial e comercialização da bebida no Brasil, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), seguindo a Instrução Normativa número 41, datada de 17 de setembro de 2019, estabeleceu-se o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha (PIQ), onde a Kombucha fica definida como “a bebida fermentada obtida através da respiração aeróbia e fermentação anaeróbia do mosto obtido pela infusão, ou extrato de *Camellia Sinensis* e açúcares por intermédio de cultura simbiótica de bactérias e leveduras micro biologicamente ativas (SCOBY) (MAPA, 2019). A bebida Kombucha, fica limitada à graduação alcoólica de 0,5% (v/v) para alegações sem teor

etílico, enquanto a Kombucha alcoólica de 0,6 à 8,0%. Kombucha alegada como “zero álcool”, deve conter no máximo 0,05% de teor alcoólico (MAPA, 2019).

3.2 A SCOBY de Kombucha

A SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* - Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras) apresenta uma microbiota complexa sendo que sua composição pode variar entre as fermentações, de acordo com sua origem, clima, localização geográfica e meio utilizado para o processo de fermentação. Devido a esta complexidade da microbiota, o SCOBY pode proporcionar à kombucha três tipos de fermentação: alcoólica, láctica e acética. As células de leveduras hidrolisam a sacarose em glicose e frutose pela enzima invertase e também produzem etanol. As bactérias utilizam glicose e etanol para produzir ácido glucônico e ácido acético, respectivamente. O ácido acético é obtido através da oxidação do etanol. Já o ácido láctico é obtido a partir de glicose e sacarose (DUTTA; PAUL, 2019; SUHRE, 2020).

Necessita-se de um estudo mais detalhado do SCOBY. Ainda é uma área do estudo de kombucha com menos compreensão. Em grande parte dos estudos realizados relatou-se que as bactérias e leveduras presentes nas culturas, produziam diferentes metabólitos. A população dos microrganismos e sua proporção no SCOBY variam de cultura para cultura. A caracterização do SCOBY se dificulta pelo fato de que cada microrganismo específico depende muito das condições físicas como temperatura, altitude, salinidade, etc., já que estas condições podem causar alteração nas culturas simbióticas (DUTTA; PAUL, 2019).

(DOMENEGHETTI; SCHMIDT; SOARES, 2019), propuseram em seu experimento uma avaliação sobre a composição química do SCOBY e observaram que continha: α -celulose ($4,09 \pm 0,55$); Holocelulose ($8,96 \pm 1,61$); Hemicelulose ($4,89 \pm 1,0$); Lignina Klason Insolúvel ($9,55 \pm 2,53$); Lignina Klason Solúvel ($0,0083 \pm 0,00024$).

3.3 Benefícios nutricionais e de metabólitos da Kombucha

Os alimentos são necessários à nutrição e obtenção de energia para o metabolismo dos seres vivos, além dos compostos fornecidos para tal objetivo, existem os que não são considerados nutrientes, mas podem agir no organismo como

substâncias que trazem benefícios à saúde. A Kombucha é uma bebida com potencial para se tornar um alimento funcional visto que fatores relatados como dietéticos, bactérias de ácido láctico, oligossacarídeos, aminoácidos e polifenóis são encontrados em sua composição. No entanto, é necessário que se façam estudos científicos para comprovação da eficácia e seus efeitos fisiológicos após consumo diário comprovando sua funcionalidade como bebida (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018).

Na composição da Kombucha encontra-se: ácidos orgânicos, como, ácido acético, glucônico e glucurônico; açúcares, como sacarose, glicose e frutose; vitaminas, aminoácidos, aminas, purinas, pigmentos, lipídios, proteínas, enzimas, etanol, gás carbônico, polifenóis, minerais, como manganês, ferro e níquel; dentre eles alguns são metabólitos benéficos. Além disso, estão presentes as bactérias e leveduras provenientes da associação mutualística, bem como seus metabólitos. Dependendo das condições físico-químicas submetidas para os microrganismos durante o processo de fermentação, além da quantidade de insumos fornecidos e do próprio SCOBY, a composição da kombucha quanto aos componentes citados podem variar (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018).

As vitaminas encontradas na kombucha obtida da fermentação de chá preto foram vitaminas B1, B6, B12 e vitamina C (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018). A vitamina C é importante e obtida pelo consumo de alimentos, e não somos capazes de sintetizá-la. Isso ocorre porque ao longo dos processos evolutivos, a enzima da rota responsável por fazer a conversão de glicose em ascorbato foi perdida (NELSON; COX, 2018).

Os minerais importantes encontrados para manter as vias metabólicas corporais são: cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco, e também foram detectados traços de chumbo, não prejudiciais à saúde devido a sua baixa concentração. Além disso, flúor, cloreto, brometo, iodeto, nitrato, fosfato e sulfato também estavam presentes (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018).

Os polifenóis presentes na bebida são compostos que apresentam fenol e podem estar na dieta em grandes concentrações. São capazes de impedir a oxidação nas células e prevenir doenças, como o câncer. A kombucha também contém ácido D-sacárico-1,4-lactona (DSL) com as mesmas propriedades antioxidantes dos polifenóis (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018).

O etanol em baixa concentração presente na bebida é convertido pelas acetobactérias, transformando em acetaldeído e, em seguida, ácido acético; o que confere a kombucha o odor e sabor ácido. Juntamente a outros ácidos orgânicos lácticos e cítricos, o ácido acético possui atividade antimicrobiana. Especialmente, o ácido glucônico, além de desintoxicante contra drogas, pode ter benefícios específicos resultante das suas propriedades. Dentre eles estão: desintoxicação do fígado, aumento da biodisponibilidade dos polifenóis aumentando o mecanismo antioxidante e capacidade de prevenção de deficiências causadas pela falta de hormônios (MARTÍNEZ LEAL et al., 2018).

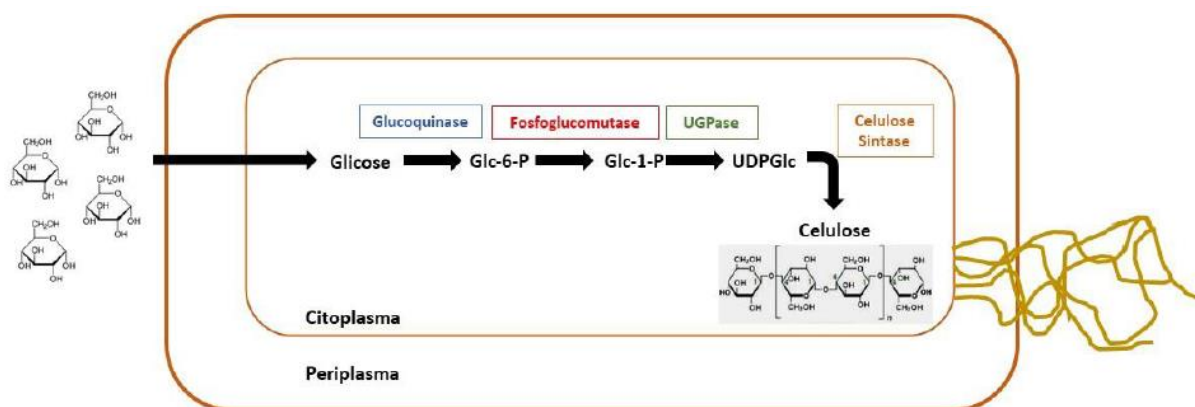
3.4 Aplicações biotecnológicas da SCOBY de Kombucha

A celulose bacteriana ou SCOBY desenvolvida a partir da fermentação de Kombucha pode ser aplicada à variados setores da biotecnologia. Dentre estudos relacionados a produção de novos materiais e métodos de fabricação, destacam-se os produtos em ecocompósitos. Os ecocompósitos são materiais presentes nos componentes de um compósito (feitos de fibras e matriz) que respeitam as regras ambientais vigentes no país, podendo estes serem: de origem vegetal, oriundos de fontes renováveis ou não, atóxicos e abundantes. Para que um material seja considerado um biocompósito, as fases de fibra e matriz devem ser biodegradáveis (RIOS; LEÃO, 2004). Existem duas formas de sintetização de um compósito de celulose bacteriana, sendo: a primeira *in situ*, onde o material de reforço é inserido durante a síntese polimérica; e a segunda *ex situ*, onde o biofilme é impregnado com materiais que conferem reforço polimérico em uma fase de pós tratamento (ESA; TASIRIN; RAHMAN, 2014).

Segundo (COSTA; BIZ, 2017), a SCOBY (livre de polímeros e obtida de forma mais pura) possui composição química idêntica à da celulose vegetal (de compósito com pectina, lignina e hemicelulose), e são constituídas de polímeros lineares de β -D-glucopirranose ligadas entre si por ligações glicosídicas β (1 - 4); com diferenças estruturais onde as cadeias poliméricas de celulose bacteriana são menores que as da celulose vegetal, organizando-se tridimensionalmente com maior forma regular e em escala nanométrica, o que traz maior cristalinidade à mesma.

A produção de celulose bacteriana de SCOBY é oriunda da glicose pelo metabolismo de hexoses fosfato, sendo fosforiladas de forma exógena e indiretamente pela via de pentoses e glicogênese, estas reguladas por variadas enzimas e complexos de proteínas e catalisadores (Figura 4) (MARIA et al., 2021).

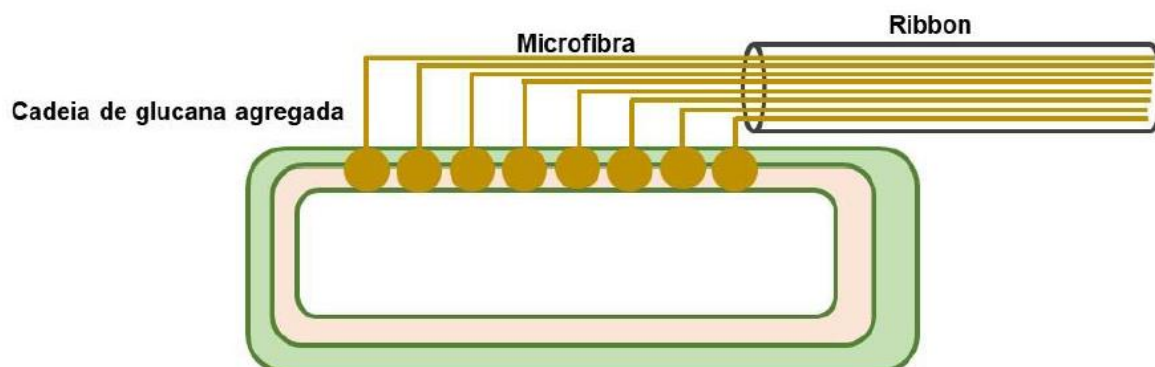
Figura 4 – Via metabólica da *Komagataeibacter xylinus* simplificada.



Fonte: (MARIA et al., 2021).

A síntese do biofilme se inicia com as bactérias criando cadeias fibrosas que se agregam formando nanofibrilas de largura de 1,5 nm, e se agrupam com outras 36 iguais a ela; formando uma microfibrila elementar com diâmetro entre 3 a 3,5 nm. Cerca de 46 fibrilas adjacentes se agrupam pelas ligações de hidrogênio presentes e formam um *ribbon* que é o nome dado às fibras de celulose bacteriana. (Figura 5) (MARIA et al., 2021).

Figura 5 – Formação de celulose bacteriana de Kombucha.

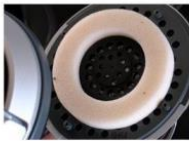
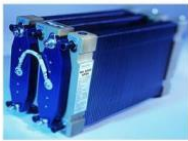


Fonte: (MARIA et al., 2021).

Parâmetros de controle fermentativos podem desencadear diferentes conformações estruturais de celulose bacteriana. Dentre eles, pode-se citar: agitação ou misturação, onde a SCOBY produzida possui forma irregular esférica e de menor resistência mecânica; enquanto produzida em condições estáticas forma um biofilme tridimensional reticular interconectado (SANTOS et al., 2009).

A busca por novos produtos e materiais biotecnológicos com características mecânicas e físico-químicas diferenciadas, com alta biodegradabilidade, produções de baixo custo e menor impacto ambiental estão sendo cada vez mais investigadas para diferentes usos e aplicações em diversos setores industriais. Os fatores importantes a serem citados para a escolha da celulose bacteriana como novo material potencial são: elevada resistência térmica (de combustão aos 325°C), condutibilidade elétrica e mecânica, proteção UVA e UVB, biodegradabilidade, o material ser proveniente de fonte renovável, baixa densidade e sua elevada força tênsil, na ordem dos 200-300 MPA. Pode-se citar aplicações nas áreas de: engenharia de materiais; mineração e refinaria; tratamento de efluentes sólidos e líquidos; telecomunicações; indústrias alimentícias (estabilizador de emulsões), cosméticas, de papel e celulose (aditivos de produção) e têxteis (materiais superabsorventes); medicina e derivados; eletroeletrônica e energia (substituição de derivados de petróleo); artes; e design de produtos sustentáveis através do uso em substituição do couro animal. A Figura 6 apresenta exemplos de aplicações da SCOBY de Kombucha em setores da biotecnologia (COSTA; BIZ, 2017).

Figura 6 - Exemplos de áreas biotecnológicas de aplicação da SCOBY de kombucha

Área	Aplicações	Exemplos
Alimentos	Embalagens antibacterianas e biodegradáveis, biofilme, emulsificante, celulose comestível (nata de coco).	  Nata de Coco Embalagem salgadinho
Eletrônica	Nanoplacas de grafite; substrato de filme de luz de diodo; membranas célula combustível.	  Fone Everglide s-500 Baterias
Biomédica	Nanofilmes; estrutura para regeneração de ossos; pele artificial curativa; absorvente feminino	   Reprodução de tecido Absorvente feminino Curativo
Cosméticos	Máscaras faciais; emulsificantes; condicionadores; polidores de unhas.	 Máscara Bel Mondo
Indústria Têxtil	Vestuário; bolsas; calçados; tendas e equipamentos de camping.	     Jaqueta Sapato Bolsa Luva Brinco
Produtos	Capas de celulares, luminária, tijelas	   Capa celular Tijela Luminárias
Arte	Artefatos conceituais; esculturas	    Escultura Escultura Cones xylinum Kernels of Chimaera

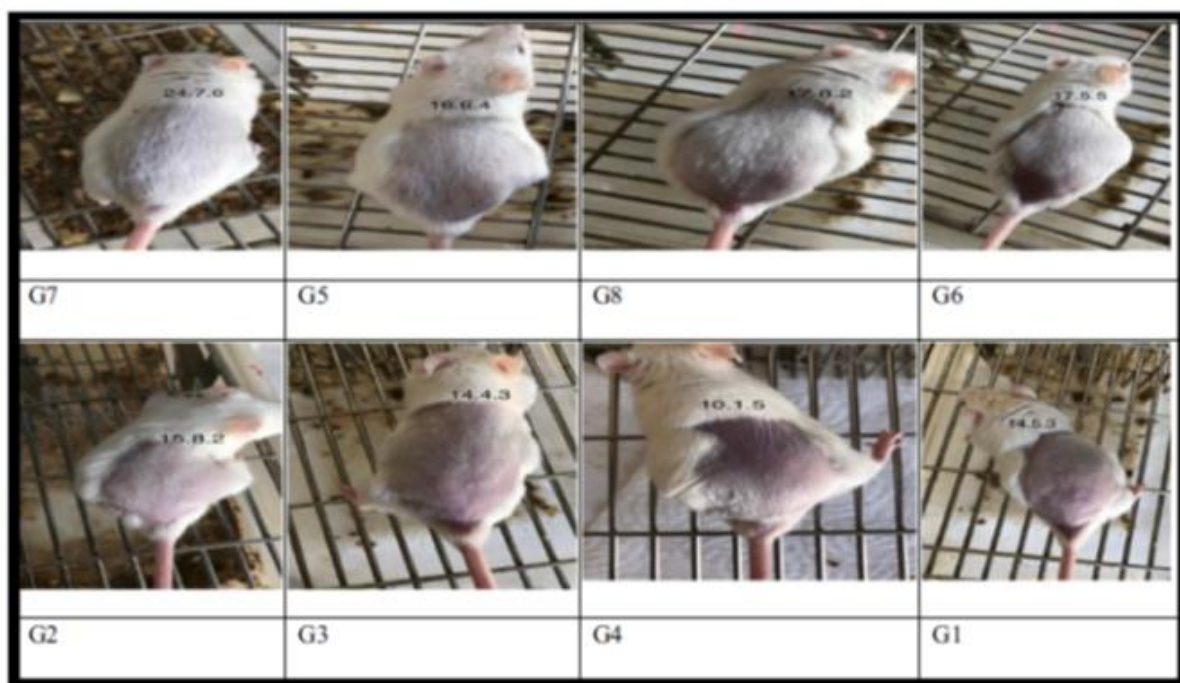
Fonte: (COSTA; BIZ, 2017)

3.4.1 Cosméticos

3.4.1.1 Crescimento capilar

Segundo (NAJDAWI et al., 2022), durante 15 dias (Figura 7) e 30 dias (Figura 8) de verificação da densidade do cabelo em ratos tratados com Kombucha/chá preto, o crescimento capilar foi superior em alguns ratos se comparados a outros grupos de ratos tratados com diferentes medicamentos.

Figura 7 - Crescimento capilar em ratos tratados com três borrifadas de sua respectiva solução, durante 15 dias.

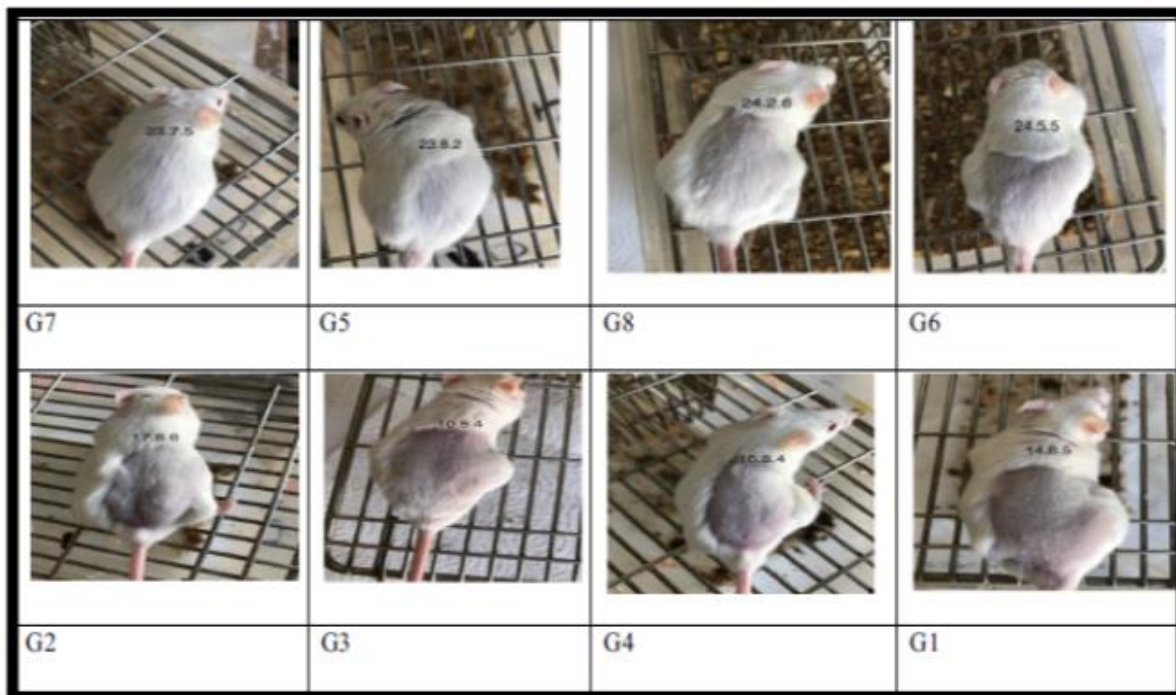


Legenda: (G7) Kombucha (chá preto) e MSM; (G5) Kombucha (chá preto); (G8) Kombucha (camomila) e MSM; (G6) Kombucha (camomila); (G2) 2% Minoxidil; (G3) Chá preto; (G4) Chá de camomila; (G1) Controle negativo.

Fonte: (NAJDAWI et al., 2022).

Ocorreu aumento significativo na densidade do cabelo de 70%, 50%, 38%, 20% em grupos G7, G5, G8 e G6 respectivamente em comparação com o grupo controle negativo (G1) e foi possível comprovar que houve melhora significativa de densidade de cabelo em camundongos tratados com kombucha/chá preto com MSM (G7), kombucha/camomila com MSM (G8), e chá preto de Kombucha (G5) mesmo quando comparados com o grupo tratado com minoxidil (G2), durante 15 dias. A melhora na densidade do cabelo foi significativa ($p < 0,0001$) para todos os camundongos tratados após 30 dias exceto com grupo controle veículo camomila (G4) (NAJDAWI et al., 2022)

Figura 8 - Crescimento capilar em ratos tratados com três borrifadas de sua respectiva solução, durante 30 dias.



Legenda: (G7) Kombucha (chá preto) e MSM; (G5) Kombucha (chá preto); (G8) Kombucha (camomila) e MSM; (G6) Kombucha (camomila); (G2) 2% Minoxidil; (G3) Chá preto; (G4) Chá de camomila; (G1) Controle negativo

Fonte: (NAJDAWI et al., 2022).

3.4.2 Gastronomia

Os derivados de kombucha, como o SCOBY, podem ser aplicados em setores da indústria alimentícia, como na produção de nata de kombucha. (JORGE DOS SANTOS, 2016) apresenta um estudo para o desenvolvimento de nata de kombucha e realiza o processo para tirar o seu sabor ácido através da adição de determinadas quantidades de açúcar até se obter uma concentração que deixe o produto mais aceitável. A nata produzida apresentava uma cor acastanhada clara, um sabor agridoce forte, mas agradável, e uma textura muito firme e gelatinosa.

Os *smoothies* são bebidas não-alcoólicas compostas pela mistura de vegetais, e ingredientes como iogurte, leite, sorvete, limão, água ou chá que podem estar naturalmente presentes, adicionados ou produzidos por fermentação de acordo com sua proposta de funcionalidade. A kombucha é uma das bebidas que pode ser combinada e servida com o *smoothie* (YASSIN, 2019).

Tanto o SCOBY quanto a kombucha, podem ser utilizados na indústria de alimentos. A capacidade de grande absorção presente nesta celulose bacteriana faz com que ela seja usada na fabricação de nutracêuticos e suplementos alimentares capazes de encapsular diversos corantes de alimentos, nutrientes, componentes antioxidantes dentre outros (BASAK; BENZEGAR; AGUNDE, 2015). Um exemplo é a utilização de SCOBY de Kombucha como um ingrediente de suplemento não tóxico na refeição de frangos de corte. Notou-se um impacto positivo da adição de kombucha na alimentação de frangos, que influenciou em fatores de ganho de peso (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021).

Outro ponto a destacar, é a utilização do SCOBY como um excelente substituto para o plástico em material de embalagem para vários produtos alimentícios, devido à sua natureza biodegradável. Um biocompósito de quitosana e celulose de kombucha foi testado quanto à solubilidade em água, permeabilidade em vapor de água, atividade antioxidante, atividade antimicrobiana, dentre outras (ASHRAFI et al., 2018). Relatou-se que a utilização destas embalagens para carne picada causou uma mínima mudança na cor, odor e sabor da carne, sendo capaz de estender a vida útil da carne com menos oxidação de lipídios e menor crescimento microbiano (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021). (SHARMA et al., 2021), também avaliou a utilização deste biocompósito para embalagens com enfoque em tomates. Seus resultados obtidos após 28 dias apresentaram grande eficiência quanto ao frescor, odor e sabor dos tomates se comparado ao uso de polietileno e SCOBY pura, respectivamente.

3.4.3 Controle de diabetes

Segundo (HOSSEIN DASHTI-RAHMATABADI; MORSHEDI, 2010), constatou-se que a bebida Kombucha obteve êxito e capacidade de alteração dos níveis de glicose no sangue de ratos com diabetes. Uma hipótese atribuída, é a presença de compostos flavonoides no chá preto, que possuem ação semelhante ao da insulina, com a estimulação da lipogênese e o transporte de glicose nos adipócitos; podendo assim ser um potencial agente na terapia e tratamento da *Diabetes Mellitus*. Com isso ocorre a estimulação da absorção de glicose, sem necessariamente a presença de receptores de insulina completamente funcionais.

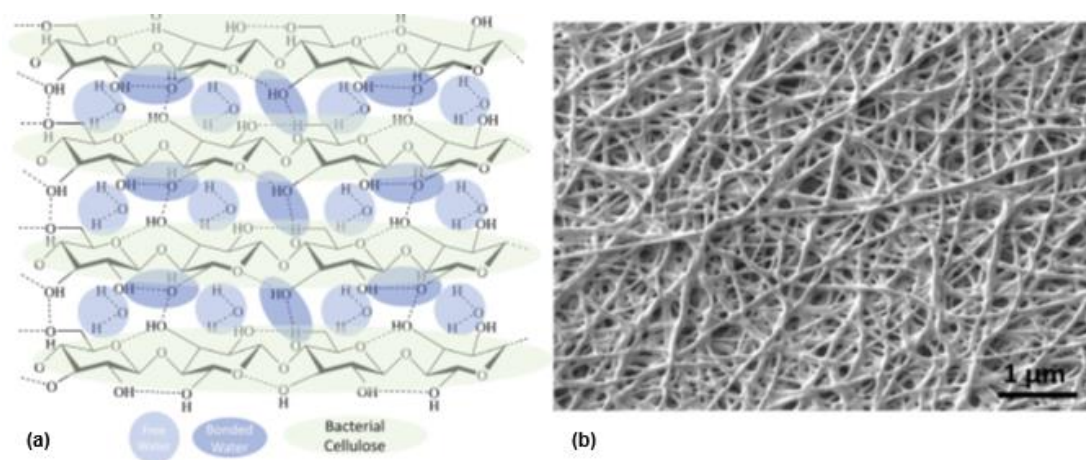
Observou-se uma drástica diminuição do nível sérico de glicose, aproximando-se de 56,45% em ratos diabéticos que receberam o tratamento com Kombucha, em comparação aos ratos diabéticos que não receberam o tratamento com Kombucha (BHATTACHARYA et al., 2013).

Segundo (SRIHARI; KARTHIKESAN; ASHOKKUMAR, 2013), foi apresentado um estudo onde tratou-se de ratos também diabéticos com a Kombucha, e pôde-se observar um potencial diminuição da hemoglobina glicosilada (HbA1c), e uma aumento dos níveis de insulina plasmática, glicogênio tecidual e hemoglobina. Percebeu-se uma reversão significativa dos níveis de atividade enzimáticas que fora alterada na etapa de gliconeogênese, assim como a frutose -1,6- bisfosfatase, glicose-6- fosfatase e também a hexoquinase, presentes nos tecidos dos ratos diabéticos.

3.4.4 Engenharia de Tecidos

Segundo (ANTON-SALES et al., 2018; RAJWADE; PAKNIKAR; KUMBHAR, 2015) a celulose bacteriana ou biofilme, tem grande potencial em diversas áreas biomédicas, que vai desde um simples curativo à pele artificial, implante dentário, materiais hemostáticos, enxertos vasculares, “*Scaffolds*” para engenharia de tecidos, e biosensores para diagnóstico. A celulose bacteriana possui grande aplicabilidade à Biomedicina, devido ao seu alto grau de pureza e biocompatibilidade e capacidade de formação de redes em fibras (Figura 9) (ZHONG, 2020).

Figura 9 - Celulose bacteriana (SCOBY) hidratada



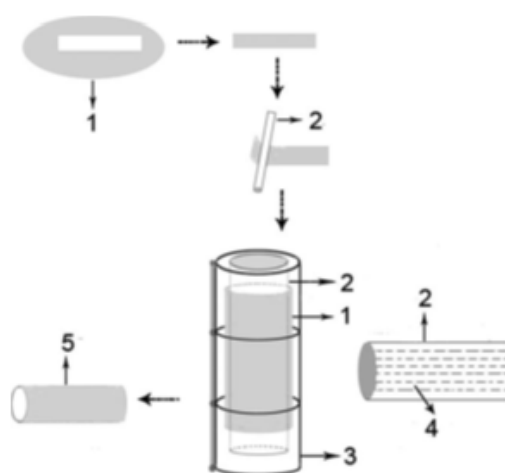
(a) Estrutura molecular de celulose bacteriana hidratada; (b) morfologia microscopia típica de fibras de celulose bacteriana hidratada.

Fonte: (PORTELA et al., 2019).

Devido às suas propriedades intrínsecas como: capacidade hidrofílica, alta pureza, porosidade versátil, resistência a tração, não tóxica, maleável, permeável a líquidos, biodegradável e biocompatível, a celulose bacteriana de SCOBY se destaca como um excelente material curativo e que é capaz de liberar fármacos de forma controlada a pacientes em uso adequado. Além disso, a mesma possui propriedades adicionais como efeito de regulação de pH, antimicrobiano, anti-inflamatório, anestésico e regeneração de tecidos. Porém a SCOBY é mais aproveitada para área médica quando combinada a compósitos que são capazes de favorecer e direcionar a função curativa que se quer aprimorar (PORTELA et al., 2019).

Estudos feitos por (ZHU et al., 2014), mostraram que o biofilme ou celulose bacteriana de Kombucha, é muito bem aproveitado na área de engenharia de tecidos devido sua biocompatibilidade. Essas membranas possuem grande resistência mecânica, e são capazes de auxiliar na formação de dutos nervosos. Através de experimentos, foi fabricado um conduíte biológico e testada a sua biocompatibilidade em células nervosas, que posteriormente foi implantado em ratos (Figura 10).

Figura 10 - Diagrama de fabricação do conduíte nervoso com SCOBY sintetizada.



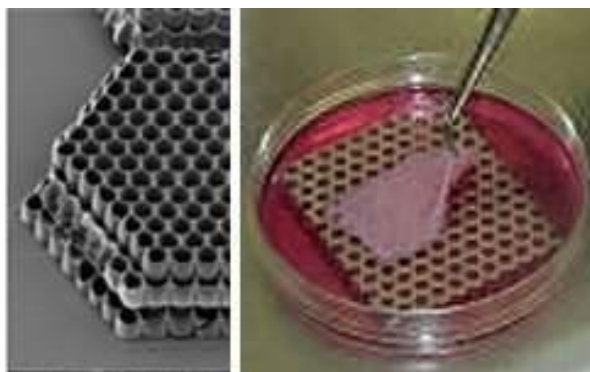
Legenda: (1) a membrana de Kombucha sintetizada; (2) núcleo interno de aço inoxidável; (3) tubo externo; (4) ranhura de formação; (5) conduíte completo pronto para uso

Fonte: (ZHU et al., 2014).

O conduíte de SCOBY de Kombucha feito juntamente a bactérias pré-selecionadas de diferentes espécies, foi desenvolvido em uma geometria própria

(Figura 11) e preparado por um processo de secagem e imersão em água, propícios para o desenvolvimento de células de Schwann (células do sistema nervoso responsáveis por criar a bainha de mielina nos axônios) purificadas *in vitro*. Estes microfuros propiciam que os fios nervosos cresçam sob a placa de forma separada, agregando-os para se formar um nervo completo enquanto o suporte se degrada naturalmente no organismo (ZHU et al., 2014).

Figura 11 - Placa para criação de fios nervosos em suporte.



Fonte: (ZHU et al., 2014).

Através de resultados prévios deste experimento pôde-se observar, uma morfologia, funcionalidade e viabilidade bem promissoras, onde os conduítes biológicos testados *in vivo* por implantação em um rato, e após um período de 6 semanas, mostrando-se sem nenhum sinal de rejeição, imperfeições hematológicas e histológicas, empregando-o como uma promissora alternativa de biomaterial (ZHU et al., 2014).

Um dos curativos desenvolvidos a partir de celulose bacteriana e já utilizados no mercado é o *Nanoderm™*, criado pela empresa *Axcelon Dermacare Inc* (Figura 12). Trata-se de uma película de celulose bacteriana seca, semitransparente, de espessura média de 0,05 mm e que possui capacidade de armazenamento sem contaminação ou crescimento de patógenos. Este biofilme bacteriano é similar a um curativo úmido com aplicação em tratamento de doenças de pele. Um exemplo se dá pela aplicação do *Nanoderm™* em pacientes doadores de pele para auxílio na proteção das lesões de pele perdidas; favorecendo a regeneração celular em 12 dias de uso (Figura 13).

Figura 12 - Modelo de curativo úmido



(a) *Nanoderm™* seco de características flexíveis e semitransparentes

Fonte: (AXCELON DERMACARE INC, 2020).

Segundo (PORTELA et al., 2019), outro exemplo de curativo que utiliza celulose bacteriana em sua composição é o Celmat™. Oriundo de uma pesquisa realizada pela Universidade de Tecnologia Lodz, na Polônia, a Bowl Biotech iniciou seu processo de produção e comercialização do Celmat™, sendo estes curativos para feridas e queimaduras eficientes se comparados a curativos comerciais tratados com solução salina normal e sem detritos. Outro produto já em fase de teste em humanos é a EpiProtect® da S2Medical AB, da Suécia. Esta foi aplicada em assepsia em feridas de queimadura e em 28 dias obteve-se resultados satisfatórios quanto a cicatrização da pele do paciente.

Figura 13 - Processo de cicatrização com aplicação de *Nanoderm™*.



Legenda: (b) *Nanoderm™* aplicado em doador de pele e avanços ao longo de 0, 2, 7 e 12 dias de tratamento.

Fonte: (AXCELON DERMACARE INC, 2020).

3.4.5 Ambiental

3.4.5.1 Biofertilizantes

Desde o início da agricultura pelo homem, um solo considerado fértil é aquele que é rico em matéria orgânica. Com os avanços das tecnologias de manejo do solo, o uso de compostos químicos tem aumentado para que haja maior produtividade. Estes componentes químicos geram erosões, contaminações e processos de degradação do solo, trazendo efeitos negativos ao meio ambiente (SIQUEIRA, 2013).

O “*Bokashi*” é uma formulação probiótica oriunda da fermentação de uma mistura de material orgânico com alto teor de nitrogênio e matéria orgânica de alto valor de carboidratos, submetida a um processo fermentativo adaptado de acordo com sua finalidade. O inóculo de microrganismos atua no estímulo ao desenvolvimento da planta graças a produção de vitaminas, polissacarídeos, ácidos e enzimas. No Brasil é difundido em forma líquida com o nome de “*Embiotic*” ou “*EM4*” e muito utilizado entre agricultores orgânicos, apesar de possuir alto valor comercial (OLIVEIRA; RIBEIRO; LEAL, 2014).

(RUELLA; PORTILHO, 2020), propuseram uma alternativa para a redução de custos do uso de “*bokashi*” na agricultura familiar através da produção do mesmo a partir de Kombucha com um mix de resíduos da indústria de cereais como farelo de trigo, farinha de linhaça, gérmen de trigo, aveia. O estudo avaliou a nutrição de plantas de duas formas, sendo a primeira com a solução diluída de 1 litro de kombucha fermentada para 20 litros de água não clorada e aplicada diretamente ao solo, e a segunda com a solução de kombucha fermentada diluída como inoculante para o mix do adubo tipo *bokashi* em sacos plásticos pretos guardados em tambores em temperatura ambiente. No primeiro inóculo apresentado, houveram melhoras significativas no crescimento de culturas folhosas como salsa (*Petroselinum crispum*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*) e chicória (*Cichorium intybus*). Já no uso de *bokashi* bioativo por kombucha houveram aumentos significativos em número e tamanho de frutos presentes em cultivos de cacau (*Theobroma cacao*), tangerina (*Citrus reticulata*) e limão (*Citrus limon*). Obteve-se então um aumento significativo da qualidade biológica e fertilidade do solo em tempo mínimo de 2 a 3 dias, favorecendo a nutrição vegetal.

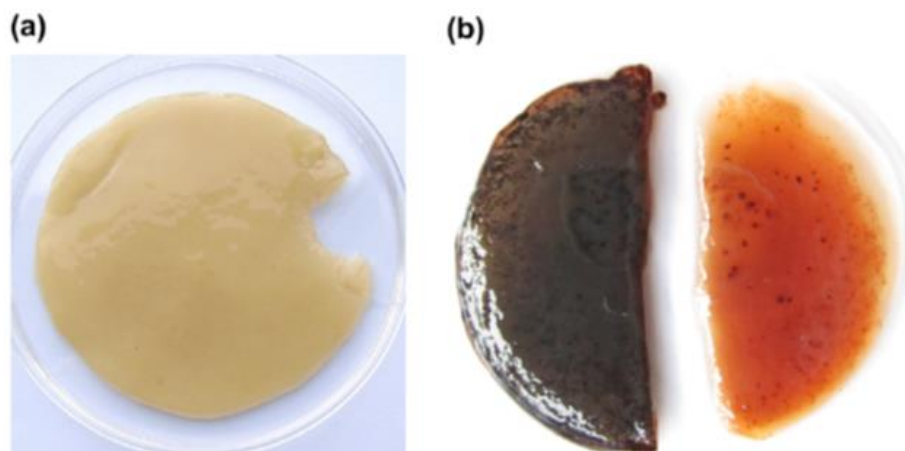
A kombucha, como dito anteriormente, é uma bebida que contém microrganismos vivos, por isso, uma das possíveis aplicações para o seu uso foi analisada: a atuação como biofertilizante em mudas de Moringa. Essa planta tem uso na alimentação humana podendo ser aproveitada desde as raízes até as plantas, uma das justificativas para análise do seu crescimento é o reflorestamento de áreas degradadas, no entanto, apresenta crescimento lento, com isso o uso de biofertilizante é uma boa solução, visto os mais amplos benefícios proporcionados pela bebida. Dentre as doses de kombucha aplicadas no experimento a fim de verificar o crescimento das mudas, 0, 5, 10, 15 e 20 mililitros por semana por planta, o melhor resultado da aplicação foi entre 10 e 15ml, revelando seu bom potencial de uso sem o gasto de doses muito altas (MOREIRA; ET AL, 2013).

3.4.5.2 Biolixiviação

A SCOBY de Kombucha é amplamente empregada no processo de bioadsorção de metais pesados provenientes de águas residuárias e soluções aquosas, devido a diversos grupos ligantes metálicos contidos nestes. A taxa de adsorção de íons em meios aquosos está ligada ao pH do meio no qual os mesmos serão adsorvidos (RADOJKA RAZMOVSKI, 2008).

Dentre suas aplicações, dá-se a sua eficiência em remoção de arsênio de solução aquosa, onde utilizou-se a biomassa de Kombucha, otimizada pelo pré-tratamento da biomassa com $FeCl_3$, favorecendo a eficiência na bioadsorção. Sua máxima capacidade de absorção, entre a biomassa do chá e o Arsênio, foi considerada 3,98 $\mu\text{mol/g}$ nos intervalos de pH entre 6 e 8, alcançando-se o equilíbrio em 90 minutos (CHAKRAVORTY et al., 2019). Além de arsênio, a SCOBY se revela como um removedor de metais pesados provenientes de águas poluídas, em que ocorre a remoção com base em grupos químicos da sua composição capazes de se ligarem a metais. Dentre os metais estão o anortosito (Figura 14), cromo, mercúrio, cádmio, zinco, níquel e chumbo, sendo que para o último ele apresenta eficiência de 97% de remoção. Um fator definitivo para absorção é o pH do meio, um meio ácido, pH 2 à 4, de 60 a 120 minutos mostra eficiência na remoção de cromo e cobre pela formação de ânions na cultura microbiana (LAAVANYA; SHIRKOLE; BALASUBRAMANIAN, 2021).

Figura 14 - Biofilme de celulose bacteriana de Kombucha com e sem tratamento



Legenda: (a) biofilme natural, (b) biofilme formado pela presença de anortosito biolixiviado pela mesma sendo (b) à esquerda com presença de anortosito e (b) à direita este parcialmente restaurado após tratamento com NaOH.

Fonte: (PODOLICH et al., 2014).

3.4.5.2.1 Biolixiviação de lixo eletrônico

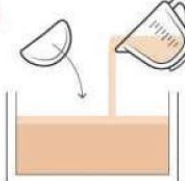
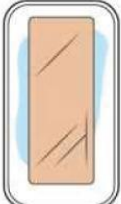
De alta complexidade de extração, os elementos químicos de terras raras são constituídos pela família dos lantanídeos e do ítrio, e apresentam propriedades semelhantes, sendo: físicas, químicas, magnéticas e de fluorescência. Através da sua capacidade lixiviar elementos de terras raras (REE) de eletrônicos e pós fluorescentes presentes em diversos eletrônicos sucateados (exemplos: lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de baixo consumo de energia, televisores de LCD), e produzir metabólitos e ácidos distintos; a SCOBY de kombucha é uma alternativa sustentável para obtenção de produtos biotecnológicos no setor. Este processo de biolixiviação foi apresentado por (HOPFE et al., 2017), onde a partir de métodos de lixiviação direta e indireta obteve-se a comprovação da alta eficiência de uso de SCOBY de kombucha se comparadas a leveduras e cepas bacterianas usadas de forma isolada.

As interações adsorptivas e a natureza porosa presentes na celulose bacteriana de Kombucha apresentam estudos relacionados a sua utilização como aditivo de condução de corrente elétrica, onde os carbonos ali presentes acrescentados de enxofre (que reduz a difusão eletrônica em comprimento e aumenta a estabilidade do ciclo devido a sua distribuição nos poros da matriz), poliacrilonitrilo e óxido de grafeno, foram capazes de desenvolver um composto catodo em baterias de lítio-enxofre (KALAIAPPAN et al., 2020).

3.6 Têxtil

O SCOBY produzido a cada fermentação da kombucha pode ser utilizado após tratamento no desenvolvimento de tecidos. O uso desse material celulósico para tal fim se mostra como sustentável e inovador. Os materiais comuns para produção têxtil podem ser substituídos por membranas que são auto produtíveis de maneira análoga ao processo de produção de kombucha onde é feita a síntese da celulose pela associação de microrganismos (Figura 15), e após o desenvolvimento da película, ela é extraída do líquido (Figura 16) e seca, inibindo a atividade microbiana (Figura 17). A medida em que a SCOBY de Kombucha se desenvolve na superfície do líquido fermentado, é possível a coleta da mesma variando de acordo com seu peso, espessura e dimensão (Figura 18 e 19) (VIEIRA CACHO, 2011).

Figura 15 – Produção de celulose bacteriana para aplicação em biotêxtil.

Ingredientes		Receita	
			
200ml de vinagre de maçã	200g de açúcar granulado		
		1. Infusão do chá: Ferver 2 litros de água e infundir o chá por 15 minutos. Remover os sacos de chá e adicionar o açúcar e misturar até se dissolver. 2. Preparado do cultura: Certificar-se que o líquido está abaixo de 30°C e então transferir o líquido para o container. Adicionar o vinagre o scoby. Cobrir com um pano. 3. Colher película flutuante: Enquanto cresce, a mistura deve ser mantida a temperatura ambiente. Primeiro a cultura vai afundar. Quando começar a formar bolhas e uma pele transparente começar a se formar na superfície, é sinal que a fermentação começou. Com o tempo, a cultura vai subir e formar uma camada que alcança 2cm de grossura (em torno de três ou quatro semanas). Retirar do container e lavar gentilmente em água fria e ensaboada. 4. Secar o material: Abra a camada de celulose sobre uma superfície plana e de madeira. Quando não estiver mais molhado, está pronto retirar da superfície e usa como tecido.	
1 Scoby	2 sacos de chá verde		

OBS: Essa receita vai produzir um pedaço de couro microbiano de 17,8x15,2cm, e vai tomar o formato do container que você o colocar.

Fonte: (VIEIRA CACHO, 2011).

Figura 16 - Retirada de celulose bacteriana após fermentação.



Figura 17 - Celulose bacteriana após seca



Figura 18 - Espessura da celulose bacteriana antes da secagem.



Figura 19 - Espessura da celulose bacteriana após a secagem.



Fonte das figuras 16 a 19: (BROUGH; PAYNE, 2016)

A dimensão e forma da celulose bacteriana produzida varia de acordo com o formato do recipiente utilizado (esférico, cilíndrico, triangular, etc) no qual a mesma se desenvolve (Figura 20). Esse material, após secagem se caracteriza pela resistência e durabilidade podendo ser tingido, estampado, cortado e cozido (Figura 21).

Figura 20 – Secagem da SCOBY tingida e no formato desejado.



Fonte: (FAIDI, 2017).

Figura 21 - Celulose bacteriana de kombucha seca após tingimento



Fonte: (FAIDI, 2017).

Esta capacidade de crescimento pré-estabelecido traz benefícios quanto à perda de materiais excedentes oriunda do uso de ingredientes necessários para seu preparo. Quando a SCOBY de Kombucha estiver na espessura e forma desejada, remove-se a mesma do fermentador e inicia-se um processo de lavagem seguida de purificação para que os compostos orgânicos (proteínas presentes no meio de cultura e ácidos nucleicos) sejam removidos. A lavagem favorece as propriedades mecânicas, térmicas, estruturais e morfológicas da mesma, enquanto a purificação com água sanitária (NaOCl), soda cáustica (NaOH) e em seguida o biofilme lavado para retirada destes, traz uma celulose bacteriana mais pura e cristalina. A secagem acontece por luz solar direta sob madeira lisa, estufas com baixa temperatura ($< 50^{\circ}\text{C}$) ou liofilização; e podem estendidas em molduras (similar ao processo de produção de couro) ou serem estendidas em formatos geométricos bi ou tridimensionais. Por ser um material altamente higroscópico, a SCOBY de Kombucha pode ser tratada para impermeabilidade e retirada de odores indesejados similares à cervejarias (uso de selantes acrílicos, óleos secativos naturais, ceras naturais, dentre outros) proferindo a capacidade de se estampar, gravar a laser, tingir, pintar e criar cortes e costuras distintas com fusão de tramas de biofilme secas e umedecidas; porém requer manutenção periódica e pode comprometer sua biodegradabilidade. Caso não se aplique um selante no material, o mesmo tende a se tornar pegajoso em contato ambientes molhados e chuva (BILOTTI et al., 2013).

(LEE, 2011) foi a designer pesquisadora pioneira na produção de tecidos biológicos de celulose bacteriana voltadas para aplicação na indústria da moda, obtidas pela fermentação de chá preto e açúcar; estudando também aplicações dos subprodutos oriundos do chá residual após infusão para aplicação em protótipos de novas vestimentas.

3.7 Outras aplicações

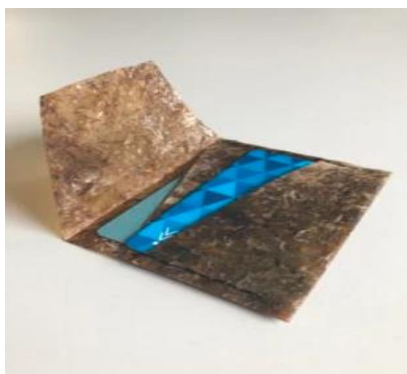
A celulose bacteriana da kombucha foi utilizada em um projeto de escola de verão com aplicação em design de interiores para a criação de protótipos de lâmpadas (Figura 22) devido a sua capacidade de resistência ao calor, levando esta invenção como sustentável ao uso em substituição de lâmpadas que possuíam design plástico (FAIDI, 2017).

Figura 22: Lâmpadas de celulose bacteriana de kombucha



Fonte: (FAIDI, 2017).

Figura 23: Carteira feita de celulose bacteriana de SCOBY



Fonte: (WEBER, 2019).

(Weber, 2019) desenvolveu uma celulose bacteriana resistente a água e flexível através do uso de ceras de abelha e lona; além de óleos de coco, mineral, linhaça e de tungue (Figura 23). Os estudos comprovaram maior eficácia usando primeiramente óleo de coco e em seguida óleo de tungue, e resultaram em uma pasta processada que pode ser aplicada para conferir maior durabilidade em protótipos de produtos acabados como bolsas, carteiras sapatos e casacos desenvolvidos de celulose bacteriana de kombucha (Figuras 24 e 25).

Figura 24 – Bolsa de celulose bacteriana feita pela *startup* Biotecam



Fonte: (FAIDI, 2017).

Figura 25 - Produção de calçados utilizando celulose bacteriana

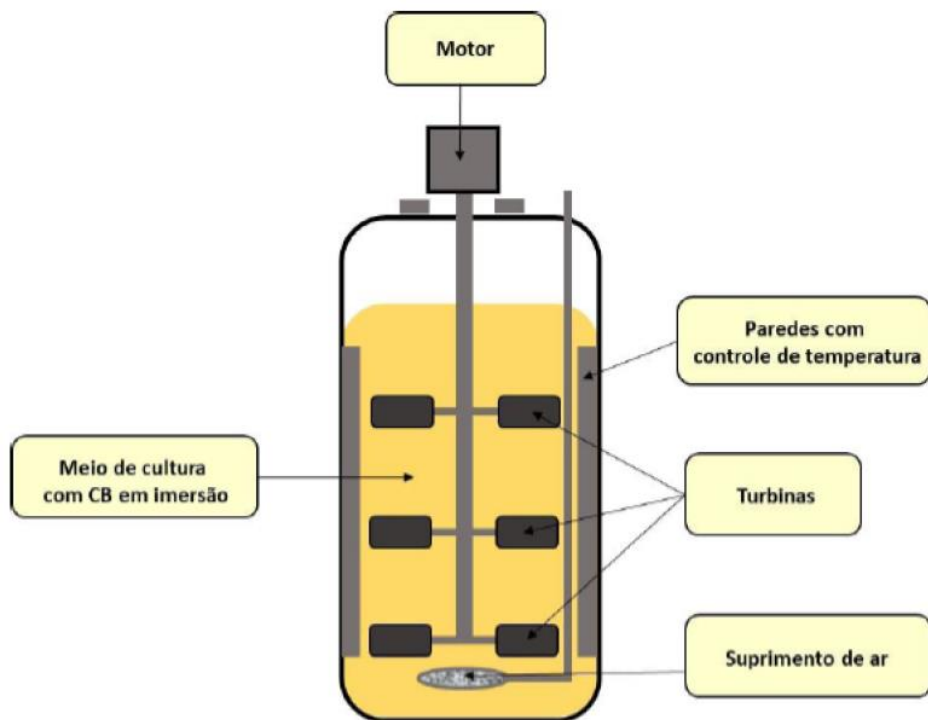


Fonte: (FAIDI, 2017).

3.8 Desafios e oportunidades com o escalonamento industrial

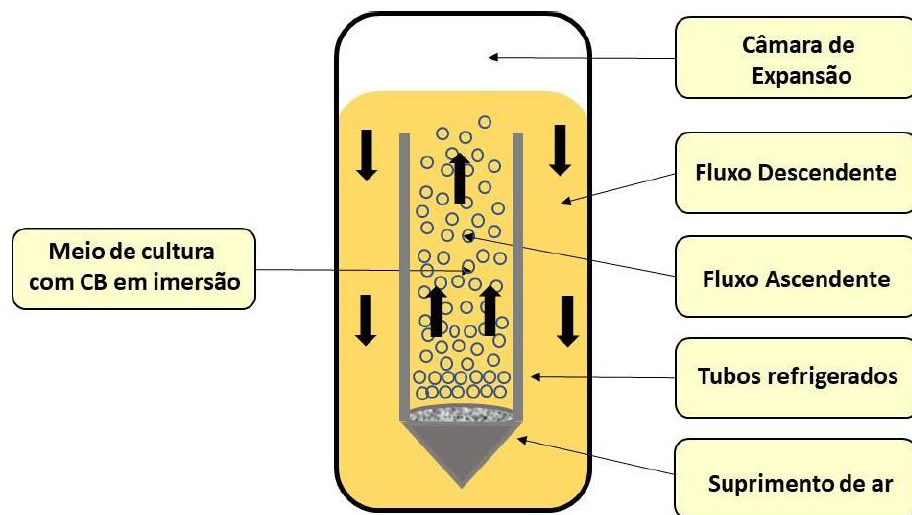
O baixo rendimento, alto custo e tempo de produção de celulose bacteriana em grandes indústrias ainda é um fator limitante na sua aplicação em larga escala. Autores apresentam perspectivas futuras considerando sua aplicabilidade em variados seguimentos da biotecnologia, dentre eles: alimentos (MURUGESAN et al., 2005), biotecnologia ambiental (NAJAFPOUR et al., 2020), têxteis (KAMIŃSKI et al., 2020), indústrias de biomateriais (EL-WAKIL et al., 2019; ZHU et al., 2014); porém ainda são necessários estudos mais aprofundados em relação a estratégias de redução de custo nestes seguimentos. Os modelos de diferentes tipos de projetos de biorreatores (Figura 26 a 29) e suas conformações e operações para funcionamento, são promissoras neste mercado em crescente expansão. As fermentações em estado sólido possuem baixos rendimentos de subprodutos, processo complexo, e custos instrumentais e operacionais elevados se comparados à fermentação submersa (MOUSAVI et al., 2020).

Figura 26 – Biorreator de mistura contínua (CSTR).



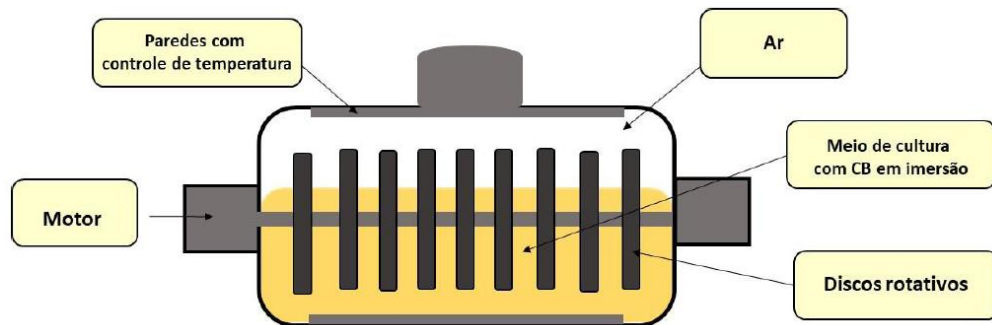
Fonte: (MARIA et al., 2021).

Figura 27 – Biorreator Airlift (CSTR).



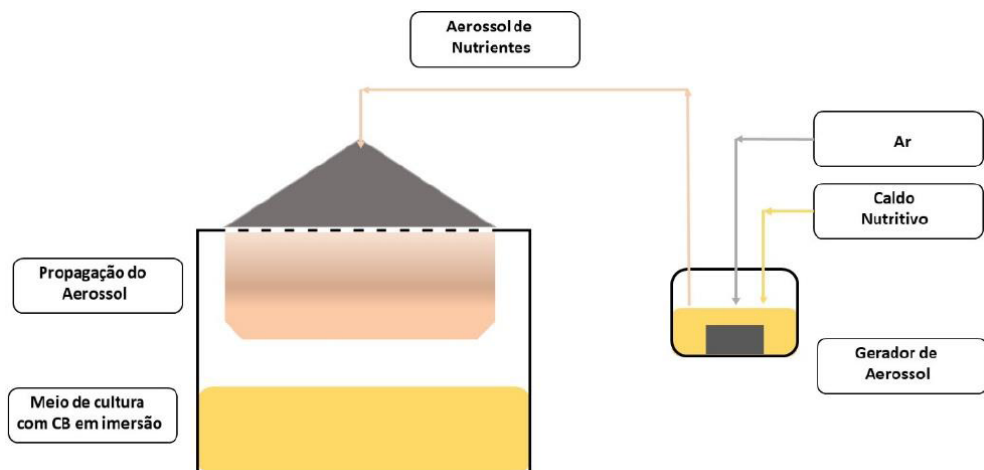
Fonte: (MARIA et al., 2021).

Figura 28 – Biorreator rotativo.



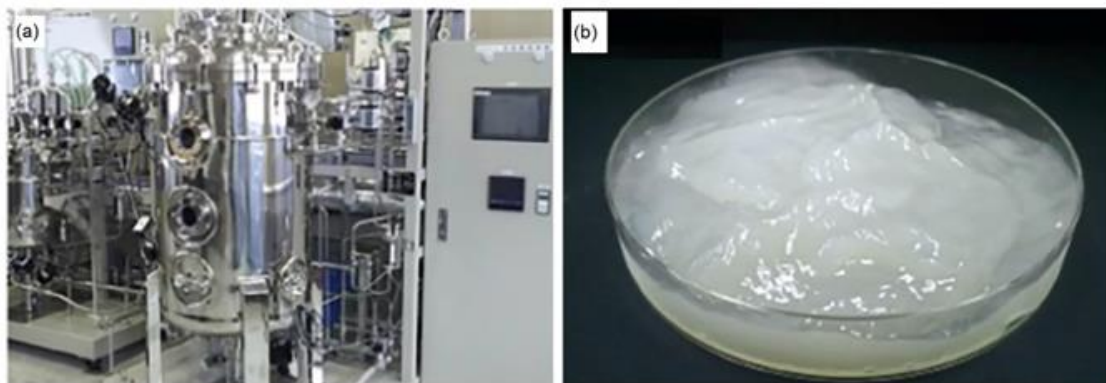
Fonte: (MARIA et al., 2021).

Figura 29 – Biorreator rotativo.



Fonte: (MARIA et al., 2021).

Figura 30 – Exemplo de planta purificação de SCOBY em biorreatores



Legenda: (a) fermentação com agitação em biorreatores acoplados a sistemas de purificação; (b) pasta de celulose bacteriana obtida com aplicações em diversos setores biotecnológicos.

Fonte: (KUSANO SAKKO INC, 2020).

A empresa japonesa *Kusano Sakko Inc.*, desenvolveu uma celulose bacteriana de kombucha com o nome comercial de Fibnano™ através de fermentação utilizando como substrato o melaço de cana combinado com açúcar de beterraba em vez de água de coco (Figura 30) (KUSANO SAKKO INC, 2020).

A utilização de substratos alternativos para redução de custos de escalabilidade do processo, podem ser obtidos por subprodutos de indústrias (HUSSAIN et al., 2019) e resíduos de frutas e vegetais (MOUSAVI et al., 2020); favorecendo bebidas com melhores valores agregados como propriedades antioxidantes e antimicrobianas (EMILJANOWICZ; MALINOWSKA-PAŃCZYK, 2020).

Se faz também necessária a utilização de estratégias capazes de reciclar os resíduos de chá que sobram após a fermentação da kombucha. Através do conceito de biorrefinaria e de economia circular, é possível pensar sobre novos modelos capazes de reutilização tanto da bebida em si (para bioissorção de poluentes em industriais alimentícias) como dos seus diversos subprodutos aplicados a novos biomateriais e afins. A padronização da SCOBY em processos produtivos facilitaria os avanços em estudos ligados ao tema; favorecendo normas de qualidade internacionais em relação ao seu processamento e produção de derivados e políticas públicas capazes de diminuir preocupações relacionadas a contaminantes microbiológicos com efeitos nocivos para saúde humana em uso comercial (MOUSAVI et al., 2020).

4 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica realizada apresentou a bebida fermentada kombucha e seus subprodutos quanto a recentes estudos e aplicações desenvolvidos por pesquisadores ao redor do mundo graças as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Os microrganismos presentes SCOBY possuem parâmetros como: fonte e quantidade de açúcar utilizados, tipos de chá, quantidade de inóculo inicial utilizado e condições variáveis de fermentação; que tornam o uso e aplicação deste microrganismo com diferentes rendimentos de celulose bacteriana, diferenciando-se de acordo com cada processo.

O tratamento de águas residuárias, engenharia de tecidos, indústrias alimentícias, eletroeletrônica e têxtil, são alguns dos seguimentos onde se é possível reaproveitar o biofilme de SCOBY. Os estudos atuais apresentam a kombucha como

uma alternativa ao uso de polímeros não renováveis, trazendo sustentabilidade e uma potencialidade para biorrefinarias emergente.

Muitas pesquisas estão relacionadas ao consórcio microbiano presente, suas técnicas de cultivo e experimentos preliminares com diversas aplicações. A celulose bacteriana de kombucha pode ser estudada como uma alternativa a celulose convencional, pois trata-se de um produto ecologicamente viável e rentável, porém a celulose bacteriana de SCOBY ainda tem muitos desafios a serem superados para aplicações mais promissoras.

4.1 Perspectivas futuras

Dentre os principais pontos presentes nas perspectivas futuras quanto ao assunto, destacam-se:

- **A variabilidade de cultivo em diferentes projetos de biorreatores:** muitos cultivos de kombucha vem sendo feitos de forma artesanal em potes de vidro, cerâmicas, bandejas plásticas, dentre outros. Essa descontinuidade do biorreator traz dificuldade de escalonamento a nível industrial e investigações quanto ao assunto estão sendo feitas para biorreatores semi-contínuos e descontínuos para que haja melhor otimização de subprodutos gerados de acordo com o planejamento experimental proposto;
- **Dificuldade de se encontrar um método de escalonamento eficiente para aumentar o rendimento e produtividade de produtos primários e subprodutos:** existe uma carência em dimensionamento de biorreatores mais dinâmicos para a produção e purificação de subprodutos, onde o aumento de escala do processo de produção deve ser baseado no volume e altura presentes em cada biorreator projetado; além de não se ter uma automação padrão para todo o processo.
- **Desenvolvimento e manutenção da SCOBY:** técnicas de cultivo bi e tridimensionais de SCOBY usando materiais permeáveis ao oxigênio e técnicas para menor consumo de substrato; devem ser investigadas a fim de se obter diversas modificações estruturais na mesma;
- **Utilização de matéria-prima de baixo custo:** o custo de produção pode ser reduzido utilizando-se fontes mais baratas de açúcar e folhas de chá.

REFERÊNCIAS

ANTON-SALES, Irene; BEEKMANN, Uwe; LAROMAIN, Anna; ROIG, Anna; KRALISCH, Dana. Opportunities of Bacterial Cellulose to Treat Epithelial Tissues. **Current Drug Targets**, [S. l.], v. 20, n. 8, p. 808–822, 2018. DOI: 10.2174/1389450120666181129092144.

ASHRAFI, A.; JOKAR, M.; BIOLOGICAL, AM Nafchi-International Journal of; 2018, Undefined. Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. **Elsevier**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017321426>. Acesso em: 21 jul. 2022.

AXCELON DERMACARE IN (220). Disponível em: < <https://www.axcelondc.com/> >. Acesso em 15 de abril de 2022.

BARBOSA, Aurea; MOURA, D. E. Monitoramento do processo fermentativo da kombucha de chá mate. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/33633>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BASAK, Arpan; BENZEGAR, Amala; AGUNDE, Rhutikaduttatray. Absorption of anthocyanin dye and its first order kinetics on bacterial cellulose produced by fermentation of black tea. **Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, [S. l.], p. 28–32, 2015. Disponível em: <http://pfigshare-u-files.s3.amazonaws.com/2182519/G0142832.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BHATTACHARYA, S.; GACHHUI, R.; TOXICOLOGY, PC Sil-Food and chemical; 2013, Undefined. Effect of Kombucha, a fermented black tea in attenuating oxidative stress mediated tissue damage in alloxan induced diabetic rats. **Elsevier**, [S. l.], 2013. DOI: 10.1016/j.fct.2013.07.051. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691513005061>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BILOTTI, Emiliano; HUTAGALUNG, Sabar D.; GEA, Saharman; REYNOLDS, Christopher T.; ROOHPOUR, Nima; WIRJOSENTONO, Basuki; SOYKEABKAEW, Nattakan; PEIJS, Ton. Investigation into the structural, morphological, mechanical and thermal behaviour of bacterial cellulose after a two-step purification process. **Elsevier**, [S. l.], 2013. DOI: 10.3762/bjnano.4.37. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411005955>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BLAUTH, CM. KOMBUCHA: tecnologia de produção e composição. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/handle/123456789/1141>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BROUGH, D.; PAYNE, A. Will we soon be growing our own vegan leather at home? The Conversation. 21 Nov. 2016. Disponível em: <https://theconversation.com/will-we-soon-begrowing-our-own-vegan-leather-at-home-68498>. Acesso em: 26 de março de 2021.

CHAKRAVORTY, Somnath; BHATTACHARYA, Semantee; BHATTACHARYA, Debanjana; SARKAR, Soumyadev; GACHHUI, Ratan. Kombucha: A Promising Functional Beverage Prepared From Tea. **Non-alcoholic Beverages: Volume 6. The Science of Beverages**, [S. l.], p. 285–327, 2019. DOI: 10.1016/B978-0-12-815270-6.00010-4. Acesso em: 21 jul. 2022.

CHAKRAVORTY, Somnath; BHATTACHARYA, Semantee; CHATZINOTAS, Antonis; CHAKRABORTY, Writachit; BHATTACHARYA, Debanjana; GACHHUI, Ratan. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 220, p. 63–72, 2016. DOI: 10.1016/J.IJFOODMICRO.2015.12.015. Acesso em: 21 jul. 2022.

CHEN, C.; LIU, B. Y. Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. **Journal of Applied Microbiology**, [S. l.], v. 89, n. 5, p. 834–839, 2000. DOI: 10.1046/J.1365-2672.2000.01188.X. Acesso em: 21 jul. 2022.

COSTA, Pedro Zöhrer Rodrigues da Costa; BIZ, Pedro. Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos. **Anais do 3º Simpósio de Pós-Graduação**, [S. l.], 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/download/56103797/Zohrer_Biz_-_cultivando_materiais_1.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

COTON, Monika; PAWTOWSKI, Audrey; TAMINIAU, Bernard; BURGAUD, Gaëtan; DENIEL, Franck; COULLOUMME-LABARTHE, Laurent; FALL, Abdoulaye; DAUBE, Georges; COTON, Emmanuel. Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. **FEMS microbiology ecology**, [S. l.], v. 93, n. 5, 2017. DOI: 10.1093/FEMSEC/FIX048. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28430940/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

DOMENEGHETTI, POLIANA APARECIDA; SCHMIDT, VIVIAN CONSUELO REOLON; SOARES, MARCELO GOMES. Caracterização de Scoby de Kombucha para a produção de biofilmes. [S. l.], p. 840–846, 2019. DOI: 10.5151/COBECIC2019-EMN17. Acesso em: 21 jul. 2022.

DUTTA, Himjyoti; PAUL, Sanjib Kr. Kombucha Drink: Production, Quality, and Safety Aspects. **Production and Management of Beverages**, [S. l.], p. 259–288, 2019. DOI: 10.1016/B978-0-12-815260-7.00008-0. Acesso em: 21 jul. 2022.

EL-WAKIL, Nahla A.; HASSAN, Enas A.; HASSAN, Mohammad L.; ABD EL-SALAM, Soheir S. Bacterial cellulose/phytochemical's extracts biocomposites for potential active wound dressings. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 26, n. 26, p. 26529–26541, 2019. DOI: 10.1007/S11356-019-05776-W. Acesso em: 21 jul. 2022.

EMILJANOWICZ, Katarzyna Ewa; MALINOWSKA-PAŃCZYK, Edyta. Kombucha from alternative raw materials–The review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 60, n. 19, p. 3185–3194, 2020. DOI: 10.1080/10408398.2019.1679714. Acesso em: 21 jul. 2022.

ESA, Faezah; TASIRIN, Siti Masrinda; RAHMAN, Rahman. Overview of bacterial cellulose production and application. **Elsevier**, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784314000187>. Acesso em: 21 jul. 2022.

FAIDI, Monika. Feasability of Bacterial Cellulose in Furniture Design. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/26317>. Acesso em: 21 jul. 2022.

HOPFE, Stefanie; FLEMMING, Katrin; LEHMANN, Falk; MÖCKEL, Robert; KUTSCHKE, Sabine; POLLMANN, Katrin. Leaching of rare earth elements from fluorescent powder using the tea fungus Kombucha. **Waste Management**, [S. l.], v. 62, p. 211–221, 2017. DOI: 10.1016/J.WASMAN.2017.02.005. Acesso em: 21 jul. 2022.

HOSSEIN DASHTI-RAHMATABADI, Mohammad; MORSHEDI, Abbass. Chronic consumption of kombucha and black tea prevents weight loss in diabetic rats. **IRANIAN JOURNAL OF DIABETES AND OBESITY**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2010. Disponível em: <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=188983>. Acesso em: 21 jul. 2022.

HUSSAIN, Zohaib; SAJJAD, Wasim; KHAN, Taous; WAHID, Fazli. Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review. **Cellulose**, [S. l.], v. 26, n. 5, p. 2895–2911, 2019. DOI: 10.1007/S10570-019-02307-1. Acesso em: 21 jul. 2022.

JAYABALAN, Rasu; MALBAŠA, Radomir V.; LONČAR, Eva S.; VITAS, Jasmina S.; SATHISHKUMAR, Muthuswamy. A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus.

Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 538–550, 2014. DOI: 10.1111/1541-4337.12073. Acesso em: 21 jul. 2022.

JORGE DOS SANTOS, Mafalda. Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/19346>. Acesso em: 21 jul. 2022.

KALAIAPPAN, Krishnaveni; RENGAPILLAI, Subadevi; MARIMUTHU, Sivakumar; MURUGAN, Raja; THIRU, Premkumar. 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**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 976–987, 2020. DOI: 10.1007/S11705-019-1897-X. Acesso em: 21 jul. 2022.

KAMIŃSKI, Kamil; JAROSZ, Magdalena; GRUDZIEN, Joanna; PAWLIK, Justyna; ZASTAWNIAK, Filip; PANDYRA, Piotr; KOŁODZIEJCZYK, Agata Maria. Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles. **Cellulose**, [S. l.], v. 27, n. 9, p. 5353–5365, 2020. DOI: 10.1007/S10570-020-03128-3. Acesso em: 21 jul. 2022.

KUSANO SAKKO INC (2020). Desenvolvimento de produto de bionanocelulósico fermentado. Disponível em: <<https://www.kusanosk.co.jp/lab/2016> >. Acesso em 04 de abril de 2021.

LADEVANYA, D.; SHIRKOLE, Shivanand; BALASUBRAMANIAN, P. **Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation**. **Journal of Cleaner Production** Elsevier Ltd, , 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126454.

LEE, S. Cultive suas próprias roupas. 2011. Disponível em: https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes?language=pt-br. Acesso em 29 de março de 2021.

LEONARSKI, Eduardo; GUIMARÃES, Alana C.; CESCO, Karina; POLETTO, Patrícia. Production process and characteristics of kombucha fermented from alternative raw materials. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 49, p. 101841, 2022. DOI: 10.1016/J.FBIO.2022.101841. Acesso em: 21 jul. 2022.

MARIA, Leda; GOTTSCHALK, Fortes; CRISTINE DA SILVA, Monique; AGNELLI, Pires; OLIVEIRA, Holanda; FREITAS-SILVA, Otniel. Produção de Celulose Bacteriana e suas Aplicações. [S. l.], 2021. Disponível em: www.embrapa.br/fale-conosco/sac.

MARSH, Alan J.; O'SULLIVAN, Orla; HILL, Colin; ROSS, R. Paul; COTTER, Paul D. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. **Food Microbiology**, [S. l.], v. 38, p. 171–178, 2014. DOI: 10.1016/J.FM.2013.09.003. Acesso em: 21 jul. 2022.

MARTÍNEZ LEAL, Jessica; VALENZUELA SUÁREZ, Lucía; JAYABALAN, Rasu; HUERTA OROS, Joselina; ESCALANTE-ABURTO, Anayansi. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. **Taylor & Francis**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018. DOI: 10.1080/19476337.2017.1410499. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19476337.2017.1410499>. Acesso em: 21 jul. 2022.

MAY, Alexander; NARAYANAN, Shrinath; ALCOCK, Joe; VARSANI, Arvind; MALEY, Carlo; AKTIPIS, Athena. Kombucha: A novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem. **PeerJ**, [S. l.], v. 2019, n. 9, p. e7565, 2019. DOI: 10.7717/PEERJ.7565/FIG-2. Disponível em: <https://peerj.com/articles/7565>. Acesso em: 21 jul. 2022.

MAZAHARI ASSADI, Mahnaz; YAVARI, Nafiseh; BAMANI MOGHADAM, Mohammad; LARIJANI, Kambiz. Optimizing Glucuronic Acid Production Using Tea Fungus on Grape Juice by Response Surface Methodology. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 1788–1794, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) (2019). Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019: Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha. Brasília, DF, 18 set. 2019. v. 181, Seção 1, p. 13.

MOUSAVI, Seyyed Mojtaba; HASHEMI, Seyyed Alireza; ZAREI, Maryam; GHOLAMI, Ahmad; LAI, Chin Wei; CHIANG, Wei Hung; OMIDIFAR, Navid; BAHRANI, Sonia; MAZRAEDOOST, Sargol. Recent Progress in Chemical Composition, Production, and Pharmaceutical Effects of Kombucha Beverage: A Complementary and Alternative Medicine. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [S. l.], v. 2020, 2020. DOI: 10.1155/2020/4397543. Acesso em: 21 jul. 2022.

MURUGESAN, GS; SATHISHKUMAR, M.; TECHNOLOGY, K. Swaminathan-Bioresource; 2005, Undefined. Supplementation of waste tea fungal biomass as a dietary ingredient for broiler chicks. **Elsevier**, [S. l.], 2005. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.01.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240500060X>. Acesso em: 21 jul. 2022.

NAJAFPOUR, A.; KHORRAMI, AR; ... PA Azar-Journal of Food; 2020, Undefined. Study of heavy metals biosorption by tea fungus in Kombucha drink using Central

Composite Design. **Elsevier**, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157519304843>. Acesso em: 21 jul. 2022.

NAJDAWI, Manal; JARRAR, Qais; ALBOREADI, Mohammed Ayad; MANAL, .; AL-NAJDAWI, Mamdouh; QAIS, .; JARRAR, Bashir; MOSHAWIH, . Said. Evaluation of hair growth properties of Topical Kombucha tea extracts. **Springer**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 155–161, 2022. DOI: 10.1007/s13596-020-00534-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13596-020-00534-7>. Acesso em: 21 jul. 2022.

NELSON, DL; COX, MM. Princípios de Bioquímica de Lehninger-7. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=nYR-DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Princ%C3%ADpios+de+bioqu%C3%ADmica+de+Lehninger&ots=RxxJNNCYD-&sig=e0WKnB6f7rfqO9p2thRiXYv8Hws>. Acesso em: 21 jul. 2022.

OLIVEIRA, EAG De; RIBEIRO, R.; LEAL, MAA. Compostos orgânicos fermentados tipo bokashi obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1002216>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PODOLICH, I.; KUKHARENKO, O.; RESHETNYAK, O.; SHPYLOVA, G.; SOSNIN, S. G.; KHIRUNENKO, M. I.; KOZYROVSKA, L.; DE VERA, N. Bacterial cellulose may provide the microbial-life biosignature in the rock records. **Elsevier**, [S. l.], 2014. DOI: 10.1016/j.asr.2014.01.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117714000039>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PORTELA, Raquel; LEAL, Catarina R.; ALMEIDA, Pedro L.; SOBRAL, Rita G. Bacterial cellulose: A versatile biopolymer for wound dressing applications. **Wiley Online Library**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 586–610, 2019. DOI: 10.1111/1751-7915.13392. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1751-7915.13392>. Acesso em: 21 jul. 2022.

RADOJKA RAZMOVSKI, Marina Šćiban. Biosorption of Cr (VI) and Cu (II) by waste tea fungal biomass. **Elsevier**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857408001547>. Acesso em: 21 jul. 2022.

RAJWADE, J. M.; PAKNIKAR, K. M.; KUMBHAR, J. V. Applications of bacterial cellulose and its composites in biomedicine. **Applied microbiology and biotechnology**, [S. l.], v. 99, n. 6, p. 2491–2511, 2015. DOI: 10.1007/S00253-015-6426-3. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25666681/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

RIOS, A. C.; LEÃO, A. L. **Development of Composites for Automotive Industry Based on Agro-industrial Residues and Recycled Thermoplastics Resins**. [s.l: s.n.].

RUELLA, Priscilla Rodrigues; PORTILHO, Edilene Santos. Alternativa de insumo para agricultura familiar e orgânica: biofertilizante a base de kombucha. **cadernos.aba-agroecologia.org.br**, [S. l.], 2020. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3425>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SANTOS, Josué Souza Dos; NÓBREGA, Gabriela Silva Da. **KOMBUCHÁ: consumo, benefícios e comercialização**. [s.l: s.n.].

SANTOS, R. J.; BATISTA, R. A.; RODRIGUES, S. A.; FILHO, L. X.; LIMA, A. S. Antimicrobial activity of broth fermented with kombucha colonies. **kombuchakamp.com**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 72–078, 2009. DOI: 10.4172/1948-5948.1000014. Disponível em: <https://www.kombuchakamp.com/wp-content/uploads/2012/08/Antimicrobial-Activity-of-Broth-Fermented-with-Kombucha-Colonies-Rodrigo-Jose-Santos-Junior.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SHARMA, C.; BHARDWAJ, NK; PRODUCTION, P. Pathak-Journal of Cleaner; 2021, Undefined. Static intermittent fed-batch production of bacterial nanocellulose from black tea and its modification using chitosan to develop antibacterial green packaging material. **Elsevier**, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620336532>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SIQUEIRA, DF De; ... RM de Moura-Revista Brasileira em; 2013, Undefined. Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **redalyc.org**, [S. l.], v. 26, p. 182–191, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/408/40828920005.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SRIHARI, T.; KARTHIKESAN, K.; ASHOKKUMAR, N. Antihyperglycaemic efficacy of kombucha in streptozotocin-induced rats. **Elsevier**, [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464613001928>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SUHRE, T. Kombuchas produzidas e comercializadas no Brasil: características físico-químicas e composição microbiana. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/211888>. Acesso em: 21 jul. 2022.

VIEIRA CACHO, Filipa. Desenvolvimento Textil. Malha Artesanal e Sustentabilidade. [S. l.], 2011. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/012b7ad91048c8d54b398cc19a901c92/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 21 jul. 2022.

VITAS, JS; MALBAŠA, RV; ... JA Grahovac-Chemical Industry and; 2013, Undefined. The antioxidant activity of kombucha fermented milk products with stinging nettle and winter savory. **doiserbia.nb.rs**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 129–139, 2013. DOI: 10.2298/CICEQ120205048V. Disponível em: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?id=1451-93721200048V>. Acesso em: 21 jul. 2022.

WEBER, E. Scoby Textiles Part 2. Plant Chicago. (2019). Disponível em: < <https://www.plantchicago.org/post/scoby-textiles-part-2>>. Acesso em 16 de abril de 2021.

YASSIN, LS. Desenvolvimento de Smoothie fermentado por microorganismos da Komucha com base no perfil de consumo, composição química, compostos bioativos e descrição. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2912>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ZHONG, Chunyan. Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, [S. l.], v. 8, 2020. DOI: 10.3389/FBIOE.2020.605374/FULL. Acesso em: 21 jul. 2022.

ZHU, Changlai; LI, Feng; ZHOU, Xinyang; LIN, Lin; ZHANG, Tianyi. Kombucha-synthesized bacterial cellulose: Preparation, characterization, and biocompatibility evaluation. **Journal of Biomedical Materials Research - Part A**, [S. l.], v. 102, n. 5, p. 1548–1557, 2014. DOI: 10.1002/JBM.A.34796. Acesso em: 21 jul. 2022.