

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DA KOMBUCHA: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA

Nayara Barbosa dos Santos 

Universidade Federal da Paraíba,
Campus I João Pessoa
nayarabs94@hotmail.com

Carlos Alberto Bispo de Sousa 

Universidade Federal da Paraíba,
Campus I João Pessoa
carlobispo@gmail.com

Sharline Florentino de Melo Santos 

Universidade Federal da Paraíba,
Campus I João Pessoa
sharlinefm@hotmail.com

José Evangelista Santos Ribeiro 

Universidade Federal da Paraíba,
Campus III Bananeiras
vange_ribeiro@hotmail.com

Valquíria Ferreira 

Universidade Federal da Paraíba,
Campus III Bananeiras
valquiriacsf@gmail.com

Resumo

Kombucha é uma bebida tradicional que foi originada na Manchúria – China, e tem sido consumida em todo o mundo devido seu sabor único e propriedades saudáveis. É produzido pela fermentação de chá adoçado das folhas de *Camellia sinensis* com bactérias e leveduras, produzindo substâncias benéficas para a saúde humana incluindo ácidos orgânicos, vitaminas, enzimas e antioxidantes. O mercado de alimentos saudáveis tem crescido nos últimos anos devido à conscientização dos consumidores sobre a importância de uma boa nutrição e seus impactos na qualidade de vida. Este estudo é uma revisão narrativa da literatura que visa compilar informações sobre Kombucha e destacar seus aspectos microbiológicos, bioquímicos e nutricionais, bem como informações sobre sua produção.

Palavras-chave: Chá fermentado; Fermentação natural; Alimentos saudáveis; Microbiologia.

CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF KOMBUCHA: A NARRATIVE LITERATURE REVIEW

Abstract

Kombucha is a traditional drink that originated in Manchuria – China, and has been consumed all over the world due to its unique flavor and healthy properties. It is produced by fermenting sweetened tea leaves of *Camellia sinensis* with bacteria and yeast, producing beneficial substances for human health including organic acids, vitamins, enzymes, and antioxidants. The healthy food market has grown in recent years due to consumers' awareness of the importance of good nutrition and its impact on quality of life. This study is a narrative literature review aimed at compiling information about Kombucha and highlighting its microbiological, biochemical, and nutritional aspects, as well as information about its production.

Keywords: Fermented tea; Fermentation; Healthy foods; Microbiology.

1. INTRODUÇÃO

Kombucha é uma bebida originária da Manchúria, no nordeste da China, e é conhecida por ser uma bebida refrescante e desintoxicante. É consumida em todo o mundo por seu sabor único, levemente doce e ácido. Durante a dinastia Tsin, no ano de 220 a.C, a bebida era chamada de “elixir da imortalidade” devido suas propriedades energizantes e desintoxicantes. A kombucha foi popularizada por marinheiros e comerciantes, e emergiu na Europa após a Segunda Guerra Mundial, ganhando mais reconhecimento na Itália na década de 1950 (JAYABALAN *et al.*, 2014).

A kombucha é produzida a partir da fermentação do chá adoçado, normalmente verde ou preto, e é inoculado com uma solução acidificante e uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras. Em até 15 dias, a fermentação ocorre em aerobiose e o açúcar é consumido pelos microrganismos, produzindo substâncias benéficas para a saúde humana, como ácidos orgânicos, vitaminas, aminoácidos, enzimas, antibióticos ativos, antioxidantes, minerais e gás carbônico (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

Atualmente, o chá de Kombucha é reconhecido como parte importante de uma dieta saudável, mas ainda não há evidências científicas suficientes para apoiar esta afirmação. No entanto, estudos em animais ressaltam a atividade antioxidante da bebida e sua relação com vários benefícios à saúde, como a prevenção de alguns tipos de cânceres, o aumento da imunidade e a melhora de quadros inflamatórios (JAYABALAN *et al.*, 2014).

A ideia de associar uma dieta balanceada com alimentos saudáveis tem sido desmistificada, tornando o mercado alimentar mais fluido e com previsão de crescimento expansivo. De acordo com agências de pesquisa, o mercado de alimentos saudáveis cresceu 98% no Brasil, com uma grande expansão entre 2009 e 2014. Isso se deve à conscientização dos consumidores, com 28% da população acreditando que consumir alimentos nutricionalmente ricos é importante e 22% optando por alimentos naturais e sem conservantes (BARBOSA *et al.*, 2019). Esta tendência é uma reação à industrialização de alimentos, que preconiza a conservação de alimentos por meios prejudiciais à saúde e limita a variedade de alimentos saudáveis disponíveis.

Neste contexto e considerando que nos últimos anos a kombucha tem ganhado crescente atenção por parte dos pesquisadores devido suas propriedades nutricionais e medicinais, esta revisão de literatura teve como objetivo principal evidenciar os aspectos microbiológicos, bioquímicos e nutricionais da kombucha, bem como apresentar informações sobre as técnicas relativas à sua produção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo é uma revisão bibliográfica conduzida nas fontes de dados SciELO, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES, PubMed e ScienceDirect. Os termos kombucha, chá fermentado, fermentação natural, alimentos saudáveis, bebidas fermentadas e microbiologia foram pesquisados nos

idiomas português, inglês e espanhol. Artigos e livros científicos aplicados ao tema, confiáveis e relevantes publicados entre os anos de 1965 e 2022 foram utilizados.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Aspectos microbiológicos e bioquímicos

A kombucha é uma bebida produzida pela fermentação de um chá de *Camellia sinensis* previamente adoçado e acidificado com uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras (Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast, de onde a sigla “SCOBY” se padronizou) (VITAS et al., 2013). O chá preto adoçado com 5 a 8% de açúcar é o substrato ideal, mas o chá verde também pode ser usado. A fermentação resulta da combinação de fermentação alcoólica, láctica e acética devido à diversidade de microrganismos, e pode inibir o crescimento de contaminantes devido ao baixo pH formado durante a fermentação (VILLAREAL-SOTO, 2018). Em condições aeróbicas, a fermentação dura até 15 dias e resulta na produção de 14 aminoácidos, vitaminas, enzimas, hidrolíticos e ácidos orgânicos. Além disso, uma nova cultura de SCOBY é formada na superfície do líquido (MALBAŠA et al., 2011). É importante estabelecer valores mínimos de pH e teor de etanol para evitar potenciais riscos à saúde, e é recomendável caracterizar microbiologicamente a cultura inicial e controlar a produção para mapear os metabólitos produzidos. Algumas das propriedades nutricionais da bebida podem ser alteradas pelo processo fermentativo e pelo inóculo utilizado.

O consórcio microbiológico que forma o SCOBY, cuja nomenclatura botânica é *Medusomyces gisevii* (HESELTINE, 1965), é composto por leveduras osmofílicas e bactérias acéticas e do ácido láctico (JAYABALAN et al., 2014). A composição precisa dos microrganismos na microflora da kombucha é desconhecida devido à variação decorrente da fonte de inóculo utilizada na fermentação. Para entender a produção de metabólitos na kombucha, é necessário identificar a composição microbiológica percentual do SCOBY (DUTTA; PAUL, 2019). Estudos apontam a presença de bactérias acéticas (ROOS; VUYST, 2018), bactérias do ácido láctico (MARSH et al., 2014) e leveduras (COTON et al., 2017) no fungo do chá. Além disso, os gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter* são os procariontes predominantes na bebida. A *Gluconacetobacter* sp. A4 é a principal espécie bacteriana identificada na kombucha e é conhecida por sua capacidade de produção de ácido D-sacárico-1,4-lactona, o qual inibe a atividade da enzima glucuronidase, relacionada a diversos tipos de cânceres (JAYABALAN et al., 2014). Sun et al. (2014) afirmam que a interação entre leveduras *Saccharomyces* e não-*Saccharomyces* oferece vantagens na fermentação mista, como minimização de problemas na fermentação, eficiência na adição de aromas e sabores, e flexibilidade para modificar parâmetros indesejados. Por isso, leveduras de kombucha podem ser descritas como geradoras de características finais desejáveis.

A compreensão do ecossistema microbiano do fungo de kombucha é difícil devido à diversidade e complexidade da simbiose. Estudos demonstram que a fermentação do chá de kombucha é iniciada por microrganismos osmotolerantes e dominada por espécies tolerantes a ácidos (VILLARREAL-SOTO et al.,

2018). As leveduras hidrolisam a sacarose em glicose e frutose e produzem etanol e gás carbônico, enquanto as bactérias acéticas produzem ácido acético a partir do etanol e ácido glucônico a partir da glicose (JAYABALAN et al., 2014; Dada et al., 2021). Outras bactérias como as lácticas também participam da fermentação. As bactérias acéticas requerem grandes quantidades de oxigênio para seu crescimento, então as bactérias produtoras de celulose crescem para fornecer celulose para proteger a comunidade microbiana. A Figura 1 esquematiza a atividade metabólica principal do chá de kombucha. Vale ressaltar que as concentrações de açúcares residuais podem variar de uma fermentação para outra, indicando que a via metabólica nem sempre é a mesma.

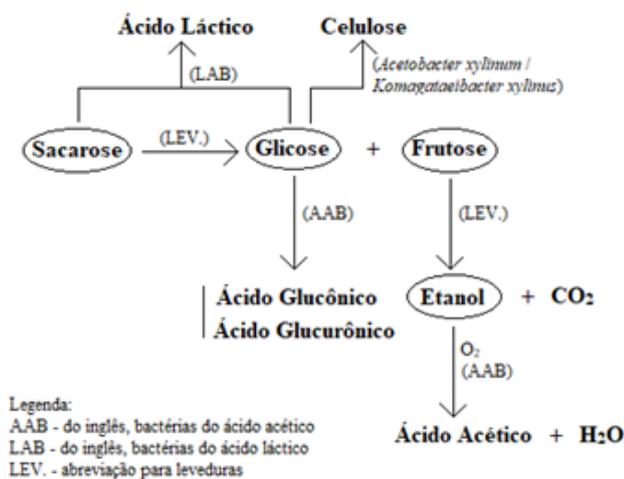


Figura 1. Representação da atividade metabólica principal do chá de Kombucha (Adaptado de DUTTA e PAUL, 2019).

3.2. Composição Química

A composição química e propriedades do chá de kombucha são importantes para entender o processo de fermentação, mas os metabólitos gerados dependem das condições de fermentação como fonte do inóculo (NGUYEN et al., 2015), quantidade de substratos (FU et al., 2014; WATAWANA et al., 2017), tempo de fermentação (CHEN; LIU, 2000) e temperatura (JAYABALAN et al., 2008; LONČAR et al., 2006). Mudanças nas condições de fermentação podem alterar a composição final da bebida (VILLARREAL-SOTO et al., 2018). A Tabela 1 mostra os principais componentes e alguns metabólitos produzidos durante a fermentação da kombucha e suas médias relacionadas ao tempo e concentração inicial de sacarose.

Composto	Composição média	Sacarose inicial	Tempo (dias)	
Ácidos orgânicos	Ácido acético	5,6 g/L	70 g/L	15 d
	Ácido acético	8,36 g/L	100 g/L	18 d
	Ácido acético	11 g/L	100 g/L	30 d
	Ácido glucônico	39 g/L	100 g/L	60 d
	Ácido glucurônico	0,0160 g/L	70 g/L	21 d
	Ácido láctico	0,18 g/L	100 g/L	18 d

Vitaminas	Vitamina B1	0,74 mg/mL	70 g/L	15 d
	Vitamina B2	8 mg/100 mL	70 g/L	10 d
	Vitamina B6	0,52 mg/mL	70 g/L	15 d
	Vitamina B12	0,84 mg/mL	70 g/L	15 d
	Vitamina C	25 mg/L	70 g/L	10 d
Compostos gerais	Etanol	5,5 g/L	100 g/L	20 d
	Proteínas	3 mg/mL	100 g/L	12 d
	Polifenóis do chá	7,8 Mm GAE	100 g/L	15 d
Minerais	Cu, Fe, Mn, Ni, Zn	0,1 to 0,4 µg/mL	70 g/L	15 d
Ânions	F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₃ ⁻ , HPO ₄ ⁻ , SO ₄ ⁻	0,04 to 3,20 mg/g	100 g/L	7 d

Tabela 1. Composição química geral do chá de Kombucha (Adaptado de VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2018).

O chá de Kombucha é composto principalmente por etanol, ácidos acéticos e glucônico (CZAJA *et al.*, 2006). O biofilme produzido durante a fermentação possui alta capacidade de absorção de água e contém fibras, proteínas brutas, aminoácido lisina e ácidos tartárico, málico e cítrico, responsáveis pelo sabor azedo da bebida (JAYABALAN *et al.*, 2010). O chá também contém minerais como manganês, ferro, níquel, cobre, zinco, chumbo, cobalto, cromo e cádmio, sendo que alguns minerais como o cobre, ferro, manganês, níquel e zinco aumentam durante a fermentação (BAUER-PETROVSKA; PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000). A Tabela 2 apresenta os componentes predominantes da bebida tradicional de kombucha, mas a composição final depende do tempo de fermentação e da concentração inicial de sacarose e do chá utilizado. Os estudos referem-se à utilização de 10% de sacarose (CHEN; LIU, 2000) e 10% a 20% de solução acidificante no preparo do meio, realizado em reatores de até 1 L de volume (LONČAR *et al.*, 2000; MALBASA *et al.*, 2002; JAYABALAN *et al.*, 2007).

Composto	Composição média (g/L)	Sacarose inicial (%)	Chá preto	Temperatura (°C)	Tempo (dias)
Ácido acético	8	10	2 bolsas	24 ±3	60 d
	4,69	10	12 g/L	24 ±3	18 d
Ácido glucurônico	0,0031	5	1,5 g/L	28	21 d
	0,0026	7	1,5 g/L	28	21 d
	0,0034	10	1,5 g/L	28	21 d
	1,71	10	12 g/L	24 ±3	18 d
	39	10	2 bolsas	24 ±3	60 d
Ácido glucônico	179,5	7	1,5 g/L	28	21 d
Glicose	24,59	7	1,5 g/L	28	21 d
	12	10	2 bolsas	24 ±3	60 d
	76,9	7	1,5 g/L	28	21 d
Frutose	5,40	7	1,5 g/L	28	21 d
	55	10	2 bolsas	24 ±3	60 d
	192,8	7	1,5 g/L	28	21 d
Sacarose restante	11	10	2 bolsas	24 ±3	60 d
	2,09	7	1,5 g/L	28	21 d

Tabela 2. Componentes predominantes no chá de kombucha tradicional em diferentes tempos de fermentação e teores de chá preto adoçado com sacarose (Adaptado de JAYABALAN *et al.*, 2014).

A avaliação do teor acético do chá de kombucha foi realizada por Chen e Liu (2000) e Jayabalan et al. (2007), os quais encontraram concentrações máximas de 11 g/L e 9,5 g/L, respectivamente, após 30-60 dias de fermentação. A utilização de melão como fonte de carbono alternativa resultou em apenas 50% do ácido acético comparado ao substrato tradicional, devido ao fraco crescimento de bactérias acéticas em melão. Já o ácido glucurônico foi encontrado em picos de 0,0034 g/L e 2,33 g/L após 7-21 dias de fermentação. O ácido L-lático é detectado principalmente na bebida preparada com chá verde, com máximo de 0,54 g/L após 3 dias. A sacarose é o carboidrato mais comumente utilizado, mas uma quantidade considerável permanece não fermentada durante o processo. Jayabalan et al. (2014) afirmam que uma concentração inicial de sacarose de 7% é ideal para a produção de baixos níveis de ácido acético e altos níveis de ácido L-lático. Açúcares alternativos como mascavo e melão também podem ser usados, mas a concentração de ácido L-lático será menor.

O chá de kombucha é uma bebida rica em ácidos orgânicos, açúcares, vitaminas, aminoácidos, enzimas, minerais, polifenóis e outros compostos, incluindo os antioxidantes (HAUSER, 1990; SIEVERS et al., 1995; BLANC, 1996; BAUER-PETROVSKA; PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000; CHEN; LIU, 2000; LONČAR et al., 2000; MALBASA et al., 2002; MALBASA et al., 2011; JAYABALAN et al., 2007; JAYABALAN et al., 2008; WANG et al., 2010; YANG et al., 2010; VITAS et al., 2013). A maior atividade antioxidante do chá de kombucha em comparação com o chá não fermentado é atribuída à presença de polifenóis, ácido ascórbico e ácido D-sacárico-1,4-lactona (JAYABALAN et al., 2014). A fermentação do chá aumenta a eliminação de radicais livres, contribuindo para os inúmeros benefícios à saúde.

3.3. Aspectos nutricionais

O consumo de chá de kombucha é tradicionalmente associado a diversos benefícios para a saúde, incluindo propriedades antibióticas, antioxidantes e efeitos anticolesterolêmicos. Embora ainda não haja evidências científicas suficientes para apoiar essas alegações (JAYABALAN et al., 2014), a bebida é considerada uma parte importante de uma dieta saudável. Estudos recentes apontam para melhorias significativas na saúde geral de grupos que consomem regularmente kombucha, vinculando seus efeitos positivos aos metabólitos presentes na bebida (SUZUKI, 2012). No entanto, ainda precisam ser explorados outros mecanismos moleculares benéficos. A Tabela 3 apresenta os resultados de algumas pesquisas, no que se refere ao potencial nutricional do kombucha.

Metabólito	Fonte	Efeitos fisiológicos e de saúde
Ácido acético	Vinagres diversos	Hipertensão, obesidade, hiperlipidemia e hipolipidemia

Ácido láctico	Cultura probiótica de bactérias lácticas	Saúde do cólon, saúde vaginal e uterina, saúde do cérebro, redução da toxicidade de mercúrio nos alimentos, entrega de macromoléculas bioativas, modulação imune
Ácido glucônico	Gluconatos comerciais	Saúde do cólon e reparação de tecidos
Ácido glucurônico	Gluconolactona e lucouronolactona comerciais	Precursor do ácido ascórbico em mamíferos, regulação inflamatória
Invertase	Leveduras (<i>S. cerevisiae</i> , <i>C. utilis</i> , <i>A. niger</i>) e β -fructofuranosidase comercial	Fabricação de mel artificial, atividade antimicrobiana e antioxidante
Ácido cítrico	Frutas cítricas, fermentação com <i>Penicillium</i> e <i>Aspergillus</i>	Regula a enzima acetil-CoA carboxilase, melhora a densidade óssea
Ácido tartárico	Vinho	Expectorante, antioxidante, melhora a função intestinal, tolerância à glicose
Ácidos malônico e málico	Maçãs	Regulador de acidez, reduz a dor muscular na fibromialgia
Ácido succínico	Microrganismos (<i>E.coli</i> , <i>A. succinogenes</i> , <i>A. succiniciproducens</i>)	Regulador de acidez, agente aromatizante
Ácido pirúvico	Sal de piruvato de cálcio adicionado em suplementos de saúde	Perda de peso, melhora a função cardíaca
Ácido úsnico	Líquén	Antimicrobiano
Ácido ascórbico	Vinho comercial	Antioxidante, conservante, cofator metabólico
Aminas biogênicas	Vinho, frutos do mar, carne, queijo, linguiça	Neurotransmissor

	fermentada e vegetais	
Purinas	Produtos à base de carne (em especial órgãos)	Neuro-regeneração e neuro-proteção
Teaflavinas	Chá preto	Antioxidante, atividade anti-HIV-1, reduz o colesterol no sangue, anticâncer
Catequinas	Chá preto, chá verde, vinho, cacau e pomóideas	Regulação do fluxo sanguíneo, absorção intestinal, efeito antidiabético
Ácido gálico	<i>Punicagranatum L.</i> , vinho	Efeito antifibrótico, previne a doença de Parkinson, efeito antipatogênico

Tabela 3. Efeitos fisiológicos e de saúde dos constituintes do chá de kombucha obtidos de diferentes fontes prontamente disponíveis (Adaptado de DUTTA e PAUL, 2019).

A despeito de seus inúmeros benefícios, há alertas para a ingestão de chá de kombucha por mulheres grávidas e lactantes, e foram relatados casos de intoxicação por chumbo e toxicidade gastrointestinal (JAYABALAN *et al.*, 2014). O uso de jarros de barro com vidro de chumbo para armazenamento também foi associado a casos de intoxicação por chumbo (SABOURAUD *et al.*, 2009). Além disso, o consumo da bebida foi contraindicado para pacientes HIV positivos devido a reações alérgicas e outros efeitos colaterais (GAMUNDI; VALDIVIA, 1995; SRINIVASAN *et al.*, 1997). Não obstante, esses casos são isolados e envolvem um pequeno número de indivíduos em situações específicas, e não há evidências substanciais que confirmem a toxicidade do chá de kombucha ou a ocorrência de doenças relacionadas a ele (VIJAYARAGHAVAN *et al.*, 2000).

3.4. A técnica de fermentação do Kombucha

A produção do chá de kombucha deve empregar tecnologias que levem em consideração a microbiota, os subprodutos e as propriedades físico-químicas da bebida. Para tanto, sugere-se o controle de fatores como tempo, temperatura, pH, entre outros (MARSH *et al.*, 2014). A Figura 2 ilustra o processo fermentativo da kombucha. A água utilizada deve ser filtrada, deionizada e esterilizada para evitar dificuldades no crescimento do SCOBY (DUTTA; PAUL, 2019). A sacarose (50 g/L) é adicionada após a fervura da água, seguida pelas folhas de chá ou extratos de plantas (5 g/L) que devem permanecer em infusão por 10 a 15 minutos e, posteriormente, removidas (VILLARREAL-SOTO, 2018).

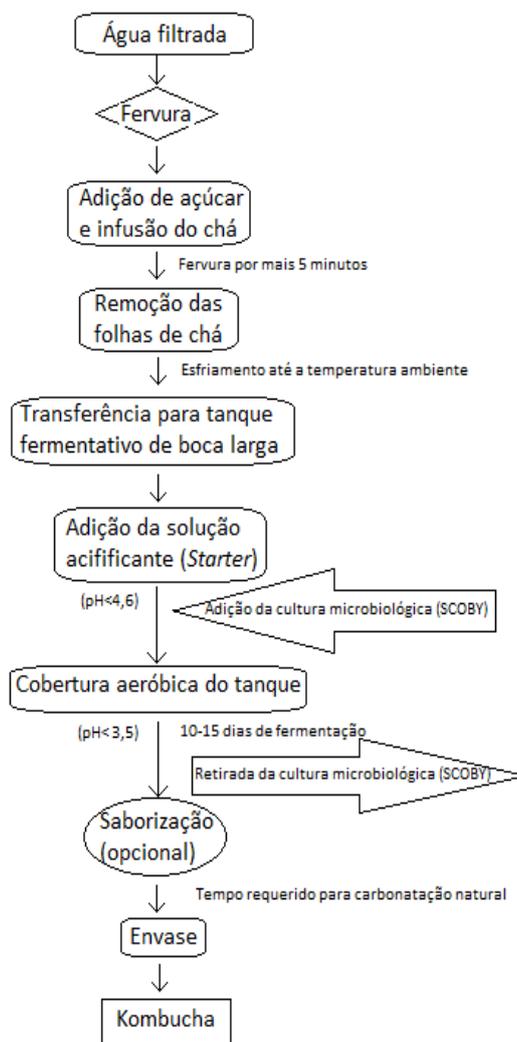


Figura 2. Fluxograma do processo fermentativo do chá de kombucha (Adaptado de DUTTA e PAUL, 2019).

Estudos têm indicado que o chá preto é a matéria-prima superior para a fermentação do kombucha. No entanto, qualquer extrato de planta comestível pode ser utilizado se o crescimento do SCOBY não for inibido por metabólitos formados e estes estiverem em paridade com os efeitos estimulantes da bebida (DUTTA; PAUL, 2019). Por exemplo, pesquisas têm relatado uma diminuição do tempo de processo na fermentação de kombucha com chá verde e erva-cidreira (GREENWALT et al., 1998 e VELIĆANSKI et al., 2007). A sacarose é o carboidrato ideal para produzir o etanol e o ácido lático necessários para a bebida. Por outro lado, o uso de melão (70 g/L) tem como atributo desejável um sabor azedo reduzido, apesar do alto teor de ácidos orgânicos (cerca de 2,4 g/L) (DUTTA; PAUL, 2019).

Para fazer kombucha, o chá deve ser adoçado e filtrado, e deve ser esfriado até a temperatura ambiente antes de ser adicionado ao fermentador previamente esterilizado juntamente com cerca de 3% (p/v) do biofilme de kombucha e 10% (p/v) do starter. O recipiente é então coberto com um pano estéril e incubado por 8 a 15 dias, sem luz direta e em temperatura de 18 a 28°C. O processo de fermentação precisa de condições aeróbias parciais para que o oxigênio requerido entre na bebida e o CO₂ formado seja liberado (DUTTA; PAUL, 2018; VILLARREAL-SOTO, 2018). O teor de oxigênio requerido pelo processo fermentativo é determinado a partir

da estequiometria da respiração por oxidação de glicose, simplificado na Equação 1. Todavia, devido à solubilidade insuficiente do oxigênio, é necessário suprir o bioprocessamento com oxigênio (STANBURY; WHITAKER; HALL, 2013).



Normalmente, o tempo de fermentação da kombucha varia de 7 a 60 dias, com resultados ótimos registrados em média aos 15 dias (CHU; CHEN, 2006). Embora a atividade antioxidante da bebida aumente com o tempo de incubação, a fermentação prolongada não é recomendada devido ao acúmulo de ácidos orgânicos que podem atingir níveis prejudiciais para o consumo direto.

O processo de produção de kombucha é composto por duas etapas principais: a fermentação do chá e a saborização e carbonatação. Durante a primeira etapa, o chá é fermentado com a presença de SCOBY e o tempo fermentativo é monitorado até o pH do líquido ficar próximo a 3,0, quando o licor é transferido para um tanque de brite de aço inoxidável revestido de glicol. Importa ressaltar que o processo deve ser iniciado com o pH abaixo de 4,5 para assegurar a não contaminação do mosto (SILVA et al., 2022).

Em seguida, o líquido é transferido para um tanque de aço inoxidável onde é resfriado para precipitar os microrganismos presentes e as leveduras são filtradas. A segunda etapa é opcional e inclui a adição de sabores à bebida por meio de infusão de frutas e especiarias ou flavorizantes.

Após a etapa de saborização, a bebida é filtrada novamente e envasada, com carbonatação natural ou artificial. As garrafas são armazenadas a frio e as tampas e frascos são esterilizados antes do envase. Algumas indústrias, como a Happy Leaf Kombucha, melhoram a carbonatação da bebida adicionando gás carbônico pressurizado. Porém, é importante lembrar que a norma brasileira exige que a concentração de gás carbônico na garrafa seja superior a 1 ATM (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2019). A fermentação da bebida também pode ser evitada através da pasteurização ou adição de benzoato de sódio e sorbato de potássio (DUTTA; PAUL, 2019). A comercialização de kombucha em grande escala é feita por meio de instalações industriais que precisam seguir as condições de fermentação da escala doméstica e intensificar os cuidados para garantir a qualidade da bebida produzida em grande volume. O teor alcoólico da garrafa deve permanecer abaixo de 0,5% (v/v) para ser vendida como bebida não alcoólica e entre 0,5% e 10% (v/v) para ser vendida como alcoólica.

O processo de fabricação do chá de kombucha pode ser afetado pela agitação, o que pode causar a desintegração microbiana do SCOBY e prejudicar a fermentação (LONČAR et al., 2006). A agitação também pode afetar a estrutura do biofilme (CHAWLA et al., 2009). A relação entre a disponibilidade de oxigênio e a produção de celulose depende da área interfacial específica, que está relacionada com a seção transversal do reator e o coeficiente de transferência de massa. Modelos matemáticos foram desenvolvidos para dimensionar a fermentação do chá de kombucha com base em diferentes áreas interfaciais específicas (VILLARREAL-

SOTO et al., 2018). Investigações também apontam a relação entre a produção, as propriedades do biofilme e a área superficial (GOH et al., 2012). Além disso, é necessário reservar uma altura mínima do fermentador para o desenvolvimento das camadas de celulose. Estudos também mostraram que o tamanho do vaso e a forma geométrica dos tanques podem afetar a duração do processo de fermentação e a mudança de pH. Esta informação pode ser usada para estimar o aumento de escala, o que pode reduzir os custos de produção (MALBAŠA et al., 2006; MOHAMMADSHIRAZI; KALHOR, 2016).

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho de revisão mostrou que a kombucha é uma bebida probiótica, ou seja, possui uma concentração significativa de bactérias benéficas que contribuem para o equilíbrio da microbiota intestinal. Além disso, a kombucha apresenta uma série de compostos bioativos tais como ácidos orgânicos, polifenóis e antioxidantes, os quais têm sido associados a vários benefícios à saúde, incluindo a prevenção de doenças crônicas e a melhora da imunidade. A revisão também destacou que a produção da kombucha consiste em uma técnica de fermentação relativamente simples, mas que requer cuidados diversos, como a escolha de ingredientes de boa qualidade e a realização de boas práticas de higiene. Ademais, a revisão identificou que ainda há uma série de questões que precisam ser esclarecidas em relação à kombucha, tais como a segurança e a otimização de sua produção. Em conclusão, a presente revisão permitiu compilar e discutir as informações disponíveis sobre a kombucha, suas propriedades microbiológicas, bioquímicas e nutricionais, bem como suas técnicas de produção. Este estudo fornece uma base sólida de conhecimento para futuros estudos e aplicações práticas da kombucha, destacando a importância de investigações adicionais para compreender plenamente suas propriedades e benefícios potenciais para a saúde humana.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, C. D.; SANTOS, W.C.R.; GOMES, D.; ALBANO, H.C.; TEIXEIRA, P.C.M.; ROSA, C.A.; ALVARENGA, V.O.; LACERDA, I. C. A. Caracterização físico-química, microbiológica e quantificação de compostos fenólicos de Kombucha. *In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS*, 13., 2019, Campinas. **Anais eletrônicos** [...]. Campinas: Galoá, 2019.
- BAUER-PETROVSKA, B.; PETRUSHEVSKA-TOZI, L. Mineral and water-soluble vitamin contents in the Kombucha drink. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 201-205, 2000.
- CHAWLA, P. R.; BAJAJ, I. B.; SURVASE, S. A.; SINGHAL, R. S. Microbial cellulose: Fermentative production and applications. **Food Technology and Biotechnology**, v. 47, n. 2, p. 107-124, 2009.
- 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.

COTON, M.; PAWTOWSKI, A.; TAMINIAU, B.; BURGAUD, G.; DENIEL, F.; COULLOUMME-LABARTHE, L.; COTON, E. 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.

CZAJA, W.; KRYSZYNOWICZ, A.; BIELECKI, S.; BROWN, M. Microbial cellulose: The natural power to heal wounds. **Biomaterials**, v. 27, n. 2, p. 145-151, 2006.

DADA, A. P.; LAZZARI, A.; CESTÁRIO, A. C. O.; SILVA, D. S.; SARAIVA, B. R.; ROSA, C. I. L. F.; PINTRO, P. T. M. Caracterização de kombucha elaborado a partir de chá verde. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021.

DUTTA, H.; PAUL, S. K. Kombucha Drink: Production, Quality, and Safety Aspects. *In: GRUMEZESCU, A.; HOLBAN, A. M. (ed.). Production and Management of Beverages 1: The Science of Beverages*. Sawston: Woodhead Publishing, 2019. p. 259-288.

FU, C.; YAN, F.; CAO, Z.; XIE, F.; LIN, J. Antioxidant activities of kombucha prepared from three different substrates and changes in content of probiotics during storage. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 123-126, 2014.

GAMUNDI, R.; VALDIVIA, M. El hongo Kombucha: Dos opiniones distintas. **Sidahora**, v. 10-11, p. 34-34, 1995.

GOH, W. N.; ROSMA, A.; KAUR, B.; EAZILAH, A.; KARIM, A. A.; BHAT, R. Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 1, p. 109-117, 2012.

GREENWALT, C. J.; LEDFORD, R. A.; STEINKRAUS, K. H. Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha. **LWT: Food, Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 291-296, 1998.

HAUSER, S. P. Teepilz Kombucha nach Dr. med. Sklenar: Eine biologische Krebstherapie. Dokumentation Nr. 18. **Schweizerische Rundschau für Medizin Praxis**, v. 79, n. 9, p. 243-246, 1990.

HESSELTINE, C. W. A millennium of fungi: Food and fermentation. **Mycologia**, v. 77, n. 2, p. 148-167, 1965.

JAYABALAN, R.; MALBAŠA, R. V.; LONČAR, E. S.; VITAS, J. S.; SATHISHKUMAR, M. 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.

JAYABALAN, R.; MALINI, K.; SATHISHKUMAR, M.; SWAMINATHAN, K.; YUN, S. E. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. **Food Science and Biotechnology**, v. 19, p. 843-847, 2010.

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.

JAYABALAN, R.; SUBATHRADEVI, P.; MARIMUTHU, S.; SATHISHKUMAR, M.; SWAMINATHAN, K. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. **Food Chemistry**, v. 109, n. 1, p. 227-234, 2008.

LONČAR, E. S.; PETROVIĆ, S. E.; MALBAŠA, R. V.; VERAC, R. M. Biosynthesis of glucuronic acid by means of tea fungus. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 44, n. 2, p. 138-139, 2000.

LONČAR, E.; DJURIĆ, M.; MALBAŠA, R.; KOLAROV, L.; KLAŠNJA, M. Influence of working conditions upon kombucha conducted fermentation of black tea. **Food and Bioproducts Processing**, v. 84, n. 3, p. 186-192, 2006.

MALBAŠA, R. V.; LONČAR, E. S.; KOLAROV, L. J. A. Sucrose and inulin balance during tea fungus fermentation. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 7, p. 573-576, 2002.

MALBAŠA, R. V.; LONČAR, E. S.; VITAS, J. S.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J. M. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of Kombucha beverage. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1727-1731, 2011.

MALBAŠA, R.; LONČAR, E.; DJURIĆ, M.; KLAŠNJA, M.; KOLAROV, L.; MARKOV, S. Scale-up of black tea batch fermentation by kombucha. **Food and Bioproducts Processing**, v. 84, n. 3, p. 193-199, 2006.

MARSH, A. J.; O'SULLIVAN, O.; HILL, C.; ROSS, R. P.; COTTER, P. D. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple Kombucha (tea fungus) samples. **Food Microbiology**, v. 38, p. 171-178, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 181, p. 13, 18 set. 2019.

MOHAMMADSHIRAZI, A.; KALHOR, E. B. Energy and cost analyses of kombucha beverage production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 668-673, 2016.

NGUYEN, N. K.; NGUYEN, P. B.; NGUYEN, H. T.; LE, P. H. Screening the optimal ratio of symbiosis between isolated yeast and acetic acid bacteria strain from traditional Kombucha for high-level production of glucuronic acid. **LWT: Food, Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1149-1155, 2015.

ROOS, J. D.; VUYST, L. D. Acetic acid bacteria in fermented foods and beverages. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 49, p. 115-119, 2018.

SABOURAUD, S.; COPPÉRÉ, B.; ROUSSEAU, C.; TESTUD, F.; PULCE, C.; THOLLY, F.; BLANC, M.; CULOMA, F.; FACCHIN, A.; NINET, J.; CHAMBON, P.; MEDINA, B.; DESCOTES, J. Intoxication environnementale par le plomb liée à la consommation de boisson conservée dans une cruche artisanale en céramique vernissée. **Revue de Médecine Interne**, v. 30, n. 12, p. 1038-1043, 2009.

SIEVERS, M.; LANINI, C.; WEBER, A.; SCHULER-SCHMID, U.; TEUBER, M. Microbiology and fermentation balance in a kombucha beverage obtained from a tea fungus fermentation. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 18, p. 590-594, 1995.

SILVA, E. P.; SANTOS, L. S.; RAPOSO, L. E. P.; SODRÉ, H. P.; BATISTA, M. O. Controle de qualidade de polpas industrializadas e artesanais de caju. **Conjecturas**, v. 22, n. 11, p. 29-43, 2022.

SRINIVASAN, R.; SMOLINSKE, S.; GREEBAUM, D. Probable gastrointestinal toxicity of Kombucha tea: is this beverage healthy or harmful? **Journal of General Internal Medicine**, v. 12, n. 10, p. 643-645, 1997.

- STANBURY, P. F.; WHITAKER, A.; HALL, S. J. Principles of fermentation technology. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689-1699, 2013.
- SUZUKI, Y.; MIYOSHI, N.; ISEMURA, M. Health-promoting effects of green tea. **Proceedings of the Japan Academy, Ser. B**, v. 88, n. 3, p. 88-101, 2012.
- VELIĆANSKI, A. S.; CVETKOVIĆ, D. D.; MARKOV, S. L.; TUMBAS, V. T.; SAVATOVIĆ, S. M. Antimicrobial and antioxidant activity of lemon balm kombucha. **Acta Periodica Technologica**, v. 38, p. 165-172, 2007.
- VIJAYARAGHAVAN, R.; SINGH, M.; RAO, P. V. L.; BHATTACHARYA, R.; KUMAR, P.; SUGENDRAN, K.; KUMAR, O.; PANT, S. C.; SINGH, R. Subacute (90 days) oral toxicity studies of Kombucha tea. **Biomedical and Environmental Sciences**, v. 13, n. 4, p. 293-299, 2000.
- VILLARREAL-SOTO, S. A.; BEAUFORT, S.; BOUJILLA, J.; SOUCHARD, J.; TAILLANDIER, P. Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 3, p. 580-588, 2018.
- VITAS, J. S.; MALBAŠA, R. V.; GRAHOVAC, J. A.; LONČAR, E. S. The antioxidant activity of Kombucha fermented milk products with stinging nettle and winter savory. **Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly**, v. 19, n. 1, p. 129-139, 2013.
- WANG, K.; GAN, X.; TANG, X.; WANG, S.; TAN, H. 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, p. 371-374, 2010.
- WATAWANA, M. I.; JAYAWARDENA, N.; RANASINGHE, S. J.; WAISUNDARA, V. Y. Evaluation of the Effect of Different Sweetening Agents on the Polyphenol Contents and Antioxidant and Starch Hydrolase Inhibitory Properties of Kombucha. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, 2017.
- YANG, Z.; ZHOU, F.; JI, B.; LI, B.; LUO, Y.; YANG, L.; LI, T. 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.