



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ABNER LINS DANTAS

**KOMBUCHA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INTEGRATIVA COM ENFOQUE
EM PROPRIEDADES FUNCIONAIS**

Recife - PE

2021

ABNER LINS DANTAS

**KOMBUCHA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INTEGRATIVA COM ENFOQUE
EM PROPRIEDADES FUNCIONAIS**

Monografia apresentada ao
Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas da
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, para obtenção
do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Emmanuela Prado de Paiva Azevedo

RECIFE - PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D192k

Dantas, Abner Lins

Kombucha: uma revisão bibliográfica integrativa com enfoque em propriedades funcionais / Abner Lins
Dantas. - 2021.
35 f. : il.

Orientador: Emmanuela Prado de Paiva Azevedo.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2021.

1. Kombucha. 2. Chá. 3. Bioquímica. 4. Propriedades Funcionais. 5. Benefícios a Saúde. I. Azevedo, Emmanuela Prado de Paiva, orient. II. Título

CDD 574

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

KOMBUCHA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ABNER LINS DANTAS

Data da apresentação: 05 de Março de 2021

Nota: _____

Orientadora: _____

Prof^a. Dr^a. Emmanuela Prado de Paiva Azevedo

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL – UFRPE

Examinadora: _____

Prof^a. Dr^a. Raquel Pedrosa Bezerra

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL – UFRPE

Examinador: _____

Biomédico e Doutorando Carlson Helder Reis de Carvalho Júnior – UFPE

RECIFE – PE

2021

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
AGRADECIMENTOS	7
INTRODUÇÃO	8
OBEJTIVOS	10
METODOLOGIA.....	11
REVISÃO.....	12
1. BENEFÍCIOS A SAÚDE NO ÂMBITO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FUNCIONAIS	12
2. BENEFÍCIOS A SAÚDE NO ÂMBITO MICROBIOLÓGICO.....	19
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS.....	27

RESUMO

A kombucha, também conhecida como chá de fungo, é uma bebida probiótica, podendo ser produzida de forma caseira, com diversos benefícios à saúde daqueles que a ingerem. Sua base é feita a partir de chá acrescido de um consórcio de bactérias e fungos denominado SCOBY. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura integrativa, com o propósito de criar um panorama atual à cerca de diversos aspectos atrelados a bebida, como história, compostos com atividade terapêutica, processos metabólicos e microrganismos envolvidos. Foram realizadas pesquisas em bases de dados online utilizando os descritores e seus acompanhamentos “Kombucha” e “Chá”, de trabalhos nos idiomas português e inglês, nos formatos de artigo, dissertação, tese e livro, com o intuito de construir uma base de dados própria onde fosse possível se debruçar sobre a temática e realizar a escrita argumentativa desta revisão. Observou-se que há um vasto leque de benefícios a saúde, promovidos pela kombucha, que estão associados desde ao substrato inicial (chá), aos microrganismos presentes e ao processo de fermentação. Assim como pôde-se levantar um questionamento à cerca da motivação da produção dos ácidos orgânicos na bebida.

Palavras-chave: Kombucha, Chá, Fermentação.

ABSTRACT

Kombucha, also known as fungus tea, is a probiotic drink and can be produced in a homemade way, with several health benefits for those who ingest it. Its base is made from tea plus a consortium of bacteria and fungi called SCOBY. The present work aimed to carry out an integrative literature review, with the purpose of creating a current panorama about several aspects linked to drinkings, such as history, compounds with therapeutic activity, metabolic processes, and microorganisms involved. Researches were carried out in online databases using the descriptors and their accompaniment “Kombucha” and “Chá”, of works in Portuguese and English, in article, dissertation, thesis and book formats, in order to build a database where it was possible to focus on the theme and carry out the argumentative writing of this review. It was observed that there is a wide range of health benefits, promoted by kombucha, which are associated with the initial substrate (tea), the microorganisms present and the fermentation process. Just as it was possible to raise a question about the motivation for the production of liquid oils in the drink.

Keywords: Kombucha, Tea, Fermentation.

AGRADECIMENTOS

Mesmo sem conseguir aceitar a imagem mítica Cristã esculpida sobre quem de fato seria Deus, acredito neste Ser que de forma misteriosa rege o Universo e agradeço a ele por ter me dado forças em muitas situações para prosseguir e chegar a este ponto culminante em minha vida.

Agradeço a meus pais Anthony e Adriana, meus irmãos Aline e Gabriel que, mesmo de forma silenciosa, ostento como sendo as pessoas mais importantes da minha vida. A todos os familiares que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, em especial meus tios Washington, Rozangela, Roseane, Donatila, Antoniel, Hélio e Andreia, as minhas avós Miriam e Rosemary, ao meu avô Lourival e aos meus primos.

Aos meus amigos que tenho carregado dentro do peito durante anos de minha vida, em especial a Clarissa Nunes que sempre esteve presente em todos os momentos bons e difíceis, sendo a pessoa generosa, paciente e estimuladora das coisas boas que tenho em mim.

A Adriano Cavalcanti por ter sido um fiel apoiador e acreditador da minha capacidade nesta reta final.

Agradeço a UFRPE por acolher tão bem todos os ruralindos e por ter excelentes políticas de assistência estudantil, incluindo o melhor restaurante universitário do Brasil a baixo custo, que é motivo de orgulho por conseguir diminuir, com toda certeza, o índice de evasão estudantil. Estendo meu agradecimento a toda comunidade da UFRPE que faz a Universidade acontecer todos os dias, e a todos os meus professores, em especial a professora Emmanuela Paiva por ter aceitado me orientar e por estar sempre disponível para iluminar os caminhos às vezes tortuosos da escrita deste TCC.

Agradeço a meu avô Antonio Matias por ter, de forma subjetiva, me ensinado a reparar as sutilezas da vida, e a ter me levado para aventuras em matas fechadas e caminhadas silenciosas em praias distantes. Sem estes ensinamentos a Biologia dificilmente faria sentido em minha vida.

INTRODUÇÃO

A Kombucha caracteriza-se como uma bebida probiótica obtida através do processo de fermentação, por meio de infusão de chá adoçado, associado a uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras denominada SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) (Chakravortya et al. 2015). Sua origem remonta ao Oriente (Teoh et al. 2004) e sendo consumida no mundo todo de forma doméstica ou através da comercialização, devido a suas propriedades e sabor semelhante a um espumante (Gramza-Michałowska et al. 2016).

Suas propriedades biológicas incluem função antioxidante e atividade significativa na regulação do índice glicêmico e prevenção do câncer. Seus benefícios estão associados a presença de compostos polifenólicos, ácidos glucônico, glucorônico e láctico, micronutrientes provenientes do processo fermentativo (Jayabalan et al. 2007), flavonóides com alta biodisponibilidade (Chakravortya et al. 2016) e vitaminas C, B2 e B6 (Mohammadshirazi et al. 2016). Também foram observadas propriedades terapêuticas do uso da kombucha na melhora da progressão de esclerose múltipla (Marzbanet al. 2015) e efeitos curativos em casos de hipercolesterolemia em ratos (Bellassoued et al. 2015), assim como inibição do crescimento das bactérias patogênicas *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*, *Staplylococcus aureus* e *Agrobacterium tumefaciens* (Steinkraus et al. 1996).

O processo de fermentação tem duração de aproximadamente 7 a 12 dias (Dufresne et al. 2000) com formação de um novo SCOBY ou disco de celulose na superfície do frasco, que poderá ser utilizado em um novo processo de fermentação (Jayabalan et al. 2010). Percebe-se a presença de gases provenientes do ácido carbônico produzido na reação e surgimento de um aroma fermentado (Jayabalan, 2014). Fatores geográficos, climáticos, espécies de bactérias e leveduras e a origem do inóculo influenciam na composição microbiana da Kombucha (Watawana et al. 2015). Durante o processo fermentativo as leveduras e as bactérias desenvolvem papéis diferentes, onde as leveduras, através da enzima invertase, hidrolizam sacarose em glicose e frutose e as transformam em etanol e CO₂, enquanto que as

bactérias ácido-acéticas fazem a conversão de glicose em ácido glucônico e cetoglucônico, e frutose em ácido acético (Loncar et al. 2014). Gêneros diferentes de leveduras possuem preferências diferentes pelos substratos glicose e frutose (Cabral et al. 2008).

A busca por entender as variáveis presentes no processo bioquímico de produção de probióticos justifica-se pela procura acentuada de produtos funcionais por parte da população. Consumidores estes que têm buscado um estilo de vida mais saudável, dando preferência as propriedades funcionais em detrimento de aspectos sensoriais (Leal et al. 2018). Sendo a indústria de alimentos, um setor com grande interesse em investir em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos com benefícios à saúde além de incluí-los em alimentos afim de enriquecimento nutricional (Oliveira et al. 2017).

Esta revisão bibliográfica busca contribuir no esclarecimento à cerca da bebida Kombucha, no que concerne sua origem, processo fermentativo, compostos químicos presentes e os respectivos benefícios à saúde de quem consome.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão integrativa sobre o tema Kombucha e seus aspectos funcionais e microbiológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relatar a evolução histórica, modos de preparo, compostos de interesse terapêutico, mecanismos bioquímicos e mecanismos envolvidos no desenvolvimento das fermentações da kombucha;
- Descrever os compostos químicos presentes na kombucha e correlacionar com os benefícios promovidos a saúde;
- Compreender o papel dos microorganismos presente na bebida e seu fator de impacto no produto final.

METODOLOGIA

Realizou-se uma revisão de literatura integrativa, caracterizada por uma abordagem metodológica ampla que permite a inserção de estudos experimentais e não-experimentais e literatura teórica e empírica, com um propósito vasto que inclui desde a análise de problemas presentes em determinada metodologia, revisões de evidências e teorias até definição de conceitos (Souza et al.2010). A revisão integrativa envolve seis etapas: identificação do tema e seleção da hipótese ou questão da pesquisa; critérios para inclusão e exclusão do estudo/ amostragem/ busca na literatura; definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados/ categorização; avaliação dos estudos incluídos; interpretação dos resultados e apresentação da revisão/ síntese do conhecimento (Mendes et al. 2008). A questão de pesquisa desta revisão reside na identificação dos benefícios a saúde provenientes dos diversos componentes pertencentes à bebida Kombucha. Os critérios de inclusão definidos para a seleção foram materiais de língua portuguesa ou inglesa, nos tipos de publicação de artigo científico, dissertação de mestrado, tese de doutorado e livro. Devido ao número pouco expressivo de trabalhos sobre o tema, optou-se por não delimitar uma escala temporal, afim de que uma quantidade maior de trabalhos fosse incluída na revisão. Foram utilizadas como plataforma de pesquisa, as bases de dados Google Acadêmico, The Scientific Electronic Library Online (SciELO), National Center for Biotechnology Information (PubMed), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Springer e ScienceDirect, utilizando os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa “Kombucha” e “Chá”. Foram analisados o total de 117 documentos que se enquadraram nos critérios de inclusão e posteriormente foram extraídos os dados dos artigos a fim de exploração do tema e construção desta revisão na forma de dois capítulos que compreendem os benefícios no âmbito da características químicas e funcionais e no âmbito microbiológico, encerrando-se com as considerações finais.

REVISÃO

1. BENEFÍCIOS A SAÚDE NO ÂMBITO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FUNCIONAIS

Kombucha se caracteriza como sendo uma bebida probiótica fermentada a partir de uma infusão de chá adoçado, associado a um consórcio de bactérias e leveduras. Em sua preparação doméstica, o processo fermentativo se dá por volta de oito a dez dias, havendo produção de ácido acético, etanol e dióxido de carbono. Após o período fermentativo, a bebida assume um sabor ligeiramente ácido, carbonatado e levemente doce (Ivanisova et al. 2019). Sendo composta por duas porções, um biofilme flutuante de celulose e a outra porção o líquido azedo (Vázquez-Cabral et al. 2017).

A denominação probióticos refere-se a microorganismos que podem conferir benefícios à saúde do hospedeiro, que podem incluir, prevenção ao câncer, diminuição dos riscos de síndromes inflamatórias intestinais e infecções gastrointestinais, modulação imunológica e alívio dos sintomas de intolerância à lactose, diarreias e constipação (Salminen et al. 1999; Schrezenmeir & Vrese 2001).

Seu consumo é feito no mundo todo, mas historicamente sempre foi consumido na China, Rússia e Alemanha (Greenwalt et al. 2000). Há registros da bebida datado do início do século XIX na Rússia (Dufresne & Farnworth 2000). O termo Kombucha é derivado das palavras japonesas algas marinhas (Kombu) e chá (cha). Às vezes a Kombucha é chamada de 'Chá de Fungos', 'Chá Kargasok', 'Cogumelo Manchuriano ou Haipao' e também é comercializado como 'Cogumelo Kombucha' ou 'Fungus japonicus', mesmo havendo conhecimento de que a bebida é um consórcio de bactérias e leveduras denominado SCOBY (Ernst, E. 2003).

Os chás comumente usados como substrato são o verde e o preto, mas outros tipos também são utilizados e testados (Villarreal-Soto et al. 2018) como oolong, jasmim, amora (Talawat et al. 2006), rooibos (Gaggia et al. 2019), água de

coco (Watawana et al. 2016) e chás produzidos a partir de várias ervas medicinais (Battik et al 2012; Velicanski et al. 2013).

A produção do chá envolve a fervura de 1L de água, que após desligado o fogo, adiciona-se 0,7% de açúcar e aproximadamente 5g da erva. Quando a preparação atingir entre 23 a 24°C. O líquido deve ser coado através de um papel de filtro dentro de um recipiente de vidro, previamente esterilizado. Deve ser adicionado à infusão o SCOBY e aguardar por seis a quinze dias para que a fermentação aconteça e a Kombucha fique pronta (Bauer-Petrovska B. & Petrushevskaja-Tozi L. 2000), o recipiente devendo permanecer coberto por um papel toalha (Ivanisova et al. 2019).

Uma série de propriedades terapêuticas está intimamente relacionada com a Kombucha, como atuante na prevenção de doenças crônicas, anti-hiperglicêmico antimicrobiano, antioxidante, anticancerígeno e antihiperlipidêmico (Neffe- Skocin'ska et al. 2017). Diversos compostos já foram identificados na Kombucha como os ácidos orgânicos, vitaminas hidrossolúveis, aminoácidos, aminas biogênicas, purinas, pigmentos, lipídios, proteínas, enzimas hidrolíticas, etanol, CO₂, polifenóis, minerais, ânions, ácido D-sacárico-1,4-lactona e produtos metabólicos de leveduras e bactérias, com alguns destes compostos estritamente atrelado aos benefícios promovidos pela kombucha (Leal et al. 2018).

Na medida em que existe uma acentuada preocupação por parte da população em consumir alimentos como medida preventiva de doenças crônicas e obesidade, na medida em que também cresce o número de pessoas com intolerância à lactose, os probióticos, como a Kombucha, constituem um importante nicho dentro do mercado de alimentos funcionais (Prado et al. 2008; Reva et al. 2015).

O chá é a bebida milenar mais consumida no mundo após a água, sendo cultivado em mais de 30 países distribuídos entre diversos continentes (Stoner & Mukhtar 1995). Esta bebida costuma ser erroneamente associada com qualquer infusão feita a partir de um consórcio de diversas partes de qualquer planta, mas o chá é caracterizado apenas pela infusão de folhas secas ou botões de *Camellia*

sinensis e suas variedades *Camellia sinensis* var. *sinensis*, *Camellia sinensis* var. *assamica* e *Camellia sinensis* var. *cambodi*. O método de produção é quem vai definir a classificação do chá, que poderá ser verde, amarelo, branco, Oolong, preto e Hei Cha (Heiss & Heiss 2007).

Acredita-se que o primeiro registro de chá se deu por volta de 400 a.C., em um dicionário chinês intitulado Erh Ya, mas se incorporou a cultura apenas após a escrita da obra *The Classic of Tea, Ch'a Ching*, de Lu Yu, em 780 A.D. À princípio o consumo era realizado afim de buscar suas propriedades medicinais mas com o tempo se consolidou como uma bebida, se difundindo entre várias culturas (Harbowy et al 1997).

O processo de preparação do chá deve envolver o cuidado com a qualidade das folhas do chá e da água a ser utilizada na infusão, que deve ser mineralmente equilibrada e com pH relativamente neutro afim de formar, como produto final, uma infusão de pH relativamente ácido. A fervura da água encanada também está apta a ser utilizada, pois exclui elementos indesejados de sua composição (McGee 2004). A água deve estar com a temperatura próxima dos 80°C para extração dos compostos de interesse das folhas, com a infusão durando cerca de 4 minutos (Heiss & Heiss 2007).

Os benefícios do chá estão intrinsecamente relacionados às concentrações de polifenóis, flavonóides e catequinas presentes. Estes compostos se apresentam quimicamente através de uma estrutura de benzopirano atrelado a pelo menos um anel aromático, o que configura suas propriedades biológicas antioxidantes e anti-inflamatórias (Botten et al. 2015).

Os polifenóis são um grupo de compostos naturais produzidos através de rotas metabólicas em plantas, com características estruturais químicas fenólicas. Sendo um termo utilizado para reunir diversos subgrupos de compostos fenólicos. Cada subgrupo apresenta características particulares em relação à estabilidade, biodisponibilidade e atividades biológicas. Sua classificação se dá através da fonte de origem, função biológica e estrutura química. Nas plantas, os polifenóis estão presentes como glicosídeos com unidades particulares de açúcares e açúcares acilados em diferentes posições do esqueleto do polifenól. Atuam como potentes

antioxidantes e auxiliam as vitaminas e enzimas antioxidantes como uma defesa contra o estresse oxidativo desencadeado pelo excesso de espécies reativas de oxigênio (Tsao 2010).

Comumente o termo polifenól é usado para se referir a taninos, flavonóides, ácidos fenólicos e seus derivados quimicamente modificados ou polimerizados (Williamson 2017). Estando sua atividade terapêutica relacionada à prevenção de doenças cardiovasculares, cânceres, osteoporose, doenças neurodegenerativas e diabetes mellitus (Scalbert et al. 2005), assim como modulação de atividades de fatores de transcrição atrelados a atenuação de processos inflamatórios e adjuvantes no processo bioquímico de anti-coagulação (Subbaramaiah et al. 1998; Séfora-Souza & Angelis-Pereira 2013).

Os ácidos fenólicos são metabólitos secundários de plantas com característica química aromática. Este termo descreve, de forma geral, fenóis que possuem um ácido carboxílico funcional. Estes ácidos de ocorrência natural possuem duas estruturas de carbono constitutivas distintas: a estrutura hidroxicinâmica e hidroxibenzóica. Sendo a quantidade e as posições das hidroxilas no anel aromático responsável pela variedade (Robbins 2003). Podem ser classificados em três grupos: os ácidos benzóicos, os ácidos cinâmicos e as cumarinas. Podem se apresentar sob sua forma natural, podem se ligar entre si ou com outros compostos (Soares 2002).

Quando absorvidos pelo trato gastrointestinal, estas moléculas sofrem reações de conjugação e mudanças em sua estrutura inicial e circulam no plasma humano como formas conjugadas, glucoronizadas, derivados metilados e sulfatados. Estas mudanças podem aumentar ou diminuir a bioatividade dos ácidos fenólico iniciais (Piazzon et al. 2012).

Apresentam atividade antibacteriana, antiviral, ações anticancerígenas, antiinflamatórias e vasodilatadoras (Mattila & Hellstrom 2007), prevenção de doenças cardiovasculares (Vinson et al. 1995), assim como podem impedir a proliferação fúngica (Aziz et al. 1998) e a inibição da oxidação lipídica (Kerry & Abbey, 1997).

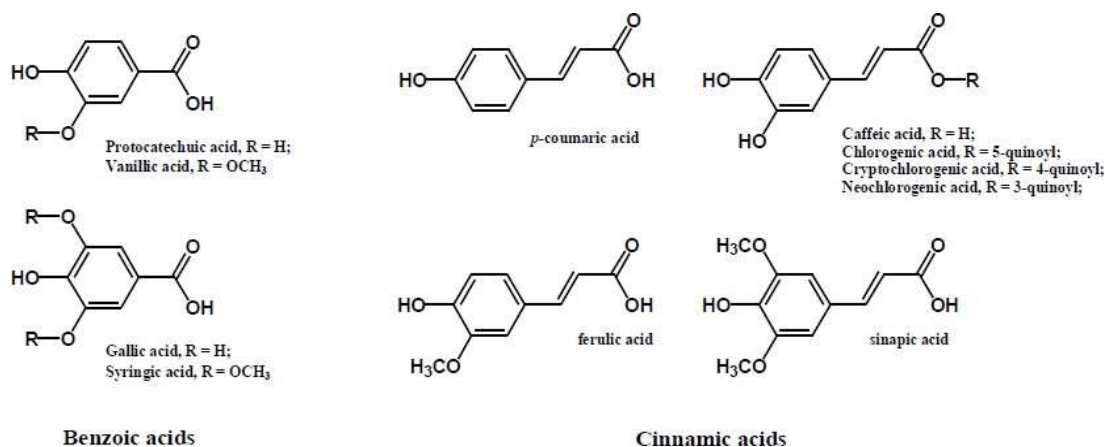


Figura 1: Ácidos fenólicos em alimentos: do lado esquerdo ácidos benzóicos; do lado direito ácidos cinâmicos.

Fonte: Tsao, R. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. Nutrients 2010.

Os flavonóides são estruturas químicas derivadas do esqueleto do flavan ou isoflavan, compreendem um largo grupo de metabólitos secundários das plantas e são comumente usados para significar todos os flavonóides, com exceção das antocianinas (Beggs & Wellmann 1974). São encontrados em todas as partes das plantas e facilmente reconhecidos como pigmentos de flores na maioria das angiospermas, sendo classificado como um composto fenólico de baixo peso molecular (Dewick 2001). Também são encontrados em alimentos e bebidas de origem vegetal, como frutas, vegetais, chá, cacau e vinho. Podem ser classificados em subgrupos que incluem chalconas, flavonas, flavonóis e isoflavonas (Griesbach 2005).

Expressam atividade antibacteriana, antitrombótica, vasodilatadora, anti-inflamatória e anticarcinogênica, mediados por diferentes mecanismos (Knekt et al. 2002), atividade antioxidante, anti-mutagênica, e capacidade de modular as principais funções enzimáticas celulares (Metodiewa et al. 1997; Hayashi et al. 1988; Walker et al. 2000). Assim como efeitos bioquímicos favoráveis em Doença de Alzheimer e aterosclerose (Burak & Imen 1999; Castaneda-Ovando et al. 2009; Lee 2009).

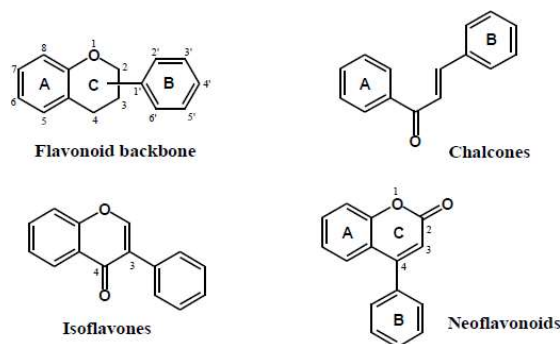


Figura 2: Estruturas básicas de flavonóides

Fonte: Tsao, R. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. Nutrients 2010.

Os taninos são um tipo de polifenól encontrado em plantas, com características sensoriais amargas e adstringentes, com capacidade de precipitar proteínas. O termo é utilizado para determinar qualquer composto fenólico de estrutura larga que contenha hidroxilas e outros grupos, como carboxilas, suficiente para formar complexos fortes com proteínas e outras macro moléculas. Podendo ser classificados em três grandes grupos: hidrolisáveis, condensados e pseudotaninos (Ashok & Upadhyaya 2012).

Nas plantas o papel biológico dos taninos está atrelado à proteção contra infecções, insetos e herbivoria (Haslam 1989; Porter 1989). Na medicina japonesa e chinesa, os extratos vegetais contendo taninos são utilizados como adstringentes, contra diarreia (Yoshida et al. 1991) como diuréticos (Okuda et al. 1983; Hatano et al. 1991), contra tumores no estômago e duodeno (Saijo et al. 1989), como anti-inflamatório, anti-séptico, e produtos farmacêuticos hemostáticos (Haslam 1989). Na indústria os taninos são utilizados como cáusticos para corantes catiônicos (tinturas de tanino), na produção de tintas (tinta de galato de ferro), utilizados para clarificar vinho, cerveja e sucos de frutas (Würdig & Woller 1989), como corantes têxteis, como antioxidantes em suco de frutas industrializados, cerveja e vinho, também como coagulantes na produção de borracha (Falbe & Regitz 1995).

Estas moléculas possuem atividade anticancerígena, anti-mutagênica, antimicrobiana (Chung et al. 1998), antitumoral, antiviral (Haslam 1996; Kakiuchi et al. 1986; Grunwald 1998), e podem inibir seletivamente a replicação do vírus do HIV (Kashiwada et al. 1992).

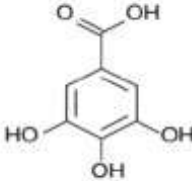
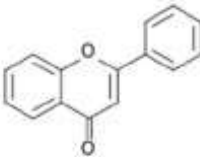
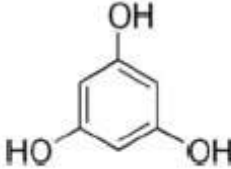
Base Unit:	 Gallic Acid	 Flavone	 Phloroglucinol
Class/Polymer:	Hydrolyzable Tannins	Condensed Tannins	Phlorotannins
Sources	Plants	Plants	Brown algae

Tabela 1: Os taninos podem ser classificados em três grandes grupos: taninos hidrolisáveis, taninos condensados e pseudotaninos.

Fonte: Ashok P.K., Upadhayaya K. Tannins are Astringent. 2012. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. Vol.1 No.3.

As catequinas são uma classe de compostos fenólicos com ações biológicas dependentes da estrutura do composto, variado com o tipo celular. Possuem dois ou mais anéis aromáticos, cada um tendo pelo menos um hidroxil aromático conectado com uma ponte de carbono e um heterociclo de di-hidropirano com um grupo hidroxila no C-3. Apresentam estereoisomeria com duas formas de imagens, sendo uma positiva e outra negativa. A catequina positiva é um antioxidante e a negativa induz oxidação e alelopatia através do mecanismo de oxidação e apoptose de células da raiz de plantas vizinhas (Braicu et al. 2013).

Assim como outros polifenóis, são eficientes na eliminação de espécies reativas de oxigênio *in vitro* e agem indiretamente como antioxidantes através da sua ação nos fatores de transcrição e nas atividades enzimáticas (Higdon & Frei 2003). Apresentam benefícios hipotensores, vasculares e anti-inflamatórios e são encontradas principalmente nas folhas do chá verde mas também no suco de uva,

no vinho tinto, em algumas frutas como maçã, damasco, cereja e pêsego, o cacau, em feijões e na cebola (Corti et al. 2009).

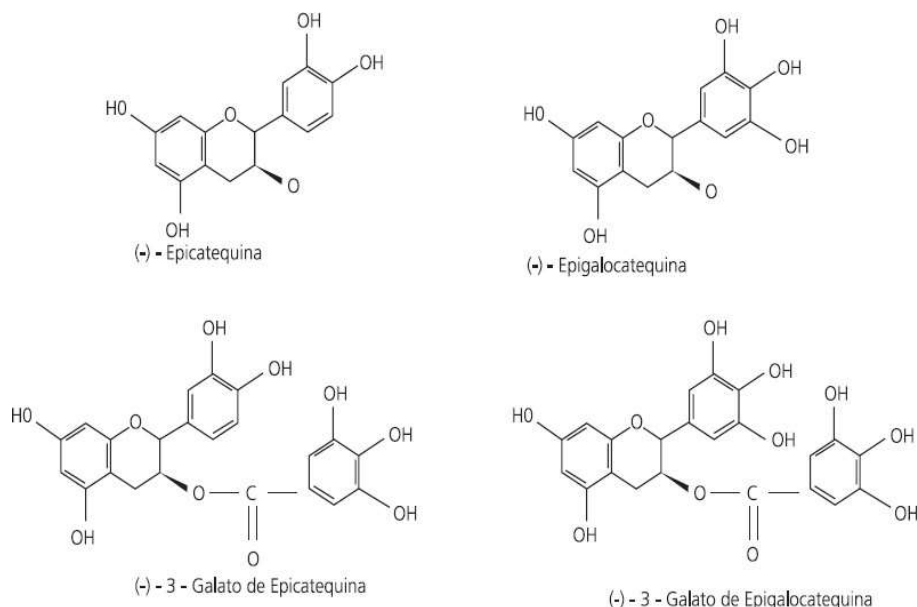


Figura 3: Catequinas do chá verde.

Fonte: Lamarao R., Fialho E. Aspectos funcionais das catequinas do chá verde no metabolismo celular e sua relação com a redução da gordura corporal. Rev. Nutr., Campinas, v. 22, n. 2, p. 257-269, Apr. 2009.

2. BENEFÍCIOS A SAÚDE NO ÂMBITO MICROBIOLÓGICO

As fermentações de alimentos é uma prática milenar, que envolve uma larga escala de alimentos fermentados que vão desde os derivados de carne e planta para aqueles derivados do leite e produtos lácteos. Cada processo fermentativo possui suas peculiaridades, mas sempre envolverá a oxidação de carboidratos para gerar novos produtos que serão principalmente ácidos orgânicos, álcool e dióxido de carbono (Ross et al. 2002).

O termo fermentação é derivado do latim *fervere* (ferver), e descreve a aparência da ação do fermento em extratos de frutas ou grãos maltados. A

aparência de ebulição é resultado da produção de bolhas de dióxido de carbono causado pelo catabolismo anaeróbico dos açúcares presentes no extrato. O resultado do catabolismo destes açúcares é um processo oxidativo que resulta a produção de nucleotídeos de pirimidina reduzidos que devem ser reoxidados para que o processo continue (Stanbury et al. 1995)

A fermentação da Kombucha é comumente realizada em recipientes de vidro em condições estáticas, com substratos que contêm fonte de carbono e nitrogênio, abrigados longe da luz solar e em temperatura ambiente. Apesar de o chá verde ser o substrato mais comum, existem relatos de usos bem sucedidos de outras plantas medicinais (Jasmina et al. 2018). A principal característica da kombucha, visualmente, é a formação de uma película de celulose que flutua na superfície do produto, como resultado da atividade do microorganismo *Acetobacter xylinum* (Jayabalan et al. 2014).

Independente da composição inicial do substrato, a própria cultura inicial fornece o inóculo microbiano principal na solução, porém outros microorganismos podem vir a interagir com a solução ao serem transportados pelo ar (Jayabalan et al. 2014).

Enquanto os microorganismos agem fermentando o substrato, as enzimas produzidas por leveduras, as invertases, clivam a sacarose em glicose e frutose e os converte em etanol e dióxido de carbono. Esta fase parece ser a primeira oportunidade para interação de recursos entre os microorganismos, tendo em vista que os monômeros liberados estão acessíveis a qualquer microorganismo como uma fonte de carbono (Gore et al. 2009). Em seguida as enzimas bacterianas oxidam o etanol, gerando ácido acético que resulta em um ambiente de baixo pH e a bactéria também produzirá celulose que resultará na formação do biofilme (Chakravorty et al. 2016).

O conteúdo praticamente completo de monossacarídeos produzidos pelas invertases de *Saccharomyces sp.* se difundem no ambiente antes que a levedura possa importá-los (Gore et al 2009), enquanto que outras espécies de leveduras nem se quer produzem a invertase. Acredita-se que a expressão fenotípica na

produção desta enzima em leveduras esteja associada a fatores bacterianos (Celiker & Gore 2012).

O pH geral da kombucha durante a fermentação é reduzido, assim como os níveis potencialmente prejudiciais de etanol, através de bactérias que oxidam e excretam ácido acético (Saichana et al. 2015). Em geral o baixo pH na solução pode selecionar microorganismos que são tolerantes a ácidos, enquanto potenciais invasores e competidores são excluídos ou inibidos (Blomqvist 2011).

Durante o processo de fermentação é possível observar que a concentração de polifenóis primeiro diminui e depois apresenta os picos no 12º dia, levando a níveis mais elevados de polifenóis do que estavam originalmente a solução, possivelmente devido à liberação de catequinas ou enzimas adicionais provenientes de lise celular (Jayabalan et al. 2007).

Diferentes tipos de açúcares podem e são aplicados na Kombucha como fonte de carbono para a fermentação, sendo a sacarose a mais tradicionalmente usada. Outros tipos de açúcar para além da sacarose, como a lactose, glicose ou frutose, podem exercer influências distintas na formação de etanol e ácido lático, assim como podem provocar leves alterações sensoriais na bebida (Reiss 1994; Malbasa 2004).

Os ácidos orgânicos comumente constituem bebidas e alimentos, afetando propriedades sensoriais, químicas e microbiológicas na estabilidade do alimento. Sendo também um importante vetor nos processos biológicos em vias metabólicas, atuando como intermediários ou produtos finais (González & González 2013).

Os ácidos orgânicos mais importantes produzidos durante a fermentação são os glucorônicos, glucônicos, lácticos, málicos, cítricos, tartáricos, ácidos fólico, malônico, oxálico, succínico, pirúvico e úsnico. Sendo o Glucorônico o componente mais valioso, em termos de provedor de benefícios, presentes na Kombucha, pois possui capacidade de se ligar a xenobióticos favorecendo sua eliminação de forma mais eficiente pelos rins, além de ser precursor na biossíntese de vitamina C (Jayabalan et al. 2014; Nguyen et al. 2015). No corpo humano, o ácido glucorônico é convertido em glucosamina, que é um composto químico utilizado na profilaxia da osteoartrite (Nguyen et al. 2015; Yavari et al. 2011).

Os valores de pH, acidez total e rendimento de biomassa são parâmetros padrão que indicam o sucesso do processo de produção da Kombucha (Jayabalan et al. 2014). Os valores, após sete dias de fermentação, para os produtos tradicionais de kombucha para o pH são de 2,95 para aquelas feitas no chá preto e de 3,21 para aquelas preparadas o chá verde. Para o teor de ácidos totais, calculados em gramas de ácido acético por litro de bebida, os valores são de 5,23 para aquelas produzidas em chá preto e de 6,55 para aqueles produzidos em chá verde (Malbasa et al. 2011).

Os teores de ácido oxálico são maiores, quando comparados com o teor presente nos substratos iniciais. Os oxalatos são produzidos como resultado da oxidação de carboidratos por bactérias. O ânion de ácido fórmico é produzido pela redução do dióxido de carbono a reação catalisada pelas formato desidrogenases (Jasmina et al. 2018). O ácido acético é o produto mais característico da fermentação em produtos de kombucha e são produzidos por bactérias de ácido acético a partir do etanol (Jayabalan et al. 2007). O ácido succínico, o ácido málico e o ácido cítrico são resultados da atividade metabólica das leveduras, sendo que o ácido cítrico depois de sintetizado é levado para dentro das células para ser catabolizado (Ye et al. 2014).

Comumente o consórcio de microorganismos presentes no SCOBY engloba bactérias de ácido acético dos gêneros *Gluconobacter* e *Acetobacter*, bactérias de ácido láctico dos gêneros *Lactobacillus* e *Lactococcus* e leveduras dos gêneros *Saccharomyces* e *Saccharomyces* (Ivanisova et al. 2019). Algumas espécies de leveduras dos gêneros *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces/Dekkera*, *Candida*, *Torulopsis*, *Kloeckera/Hanseniaspora*, *Pichia*, *Lachancea*, *Schizosaccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Torula*, *Torulopsis*, *Mycotorula* e *Mycoderma* também já foram isoladas de Kombuchas (Jayabalan et al. 2014; Chakravorty et al. 2016; Coton et al. 2017; Marsh et al. 2014).

Os perfis microbianos da Kombucha parecem variar parcialmente com base na origem geográfica (Mayser et al. 1995) e a composição química muda ao longo do tempo, à medida que progride a fermentação (Marsh et al. 2014).

Os métodos de propagação de muitas culturas fermentadas são bem caracterizados devido à sua longa história de cultivo e domesticação. Muitos dos microorganismos que são essenciais para o processo de fermentação possuem suas informações genéticas elucidadas, assim como seus ciclos de desenvolvimento e sucessão, o que favorece resultados reproduzíveis (Wolfe & Dutton 2015).

Microorganismos presentes em alimentos fermentados produzem fatores que controlam o crescimento de invasores potenciais (Streinkraus 1977) e assim promover a estabilização da população microbiana dentro do sistema.

As bactérias do ácido láctico (LAB) possuem uma longa história de uso na produção de alimentos e foram comprovadas como seguras para o consumo humano, sendo certificadas como organismos geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) pela Food and Drugs Administration (FDA) dos EUA (Kolida & Gibson 2011). Seu uso se popularizou na década de 90, com o uso de culturas iniciais para produção de laticínios e alimentos fermentados (Konings 2000), devido à sua capacidade de produzir ácido láctico como principal produto final da fermentação de carboidratos (Kandler 1983).

As bactérias do gênero *Gluconobacter* são gram-negativas, estritamente aeróbicas, pertencentes à família *Acetobacteriaceae* e estão envolvidas no processo de oxidação de diversos tipos de açúcares, incluindo alcoóis e ácidos de açúcares, podendo acumular uma grande quantidade dos produtos oxidados correspondentes no meio de cultura. Estando aptas a se desenvolverem em altas concentrações de açúcar e baixo pH (Amerasan et al. 2020).

Inicialmente estas bactérias eram relacionadas com *Acetobacter*, mas em 1995 foram reagrupadas filogeneticamente, criando o novo gênero *Gluconobacter* (Asai 1935). Antes da separação taxonômica, estas bactérias foram caracterizadas por ter capacidade expressiva de oxidação de glicose em glucanato e também, embora não tão expressivo, de oxidação de etanol em acetato (Kluyver e Boezaardt, 1938). Este gênero têm uma importância industrial na produção de L-sorbose a partir de D-sorbitol, assim como de ácido D-glucônico, ácidos 5-ceto e 2-cetoglucônicos a partir de D-glicose e dihidroxiacetona a partir de glicerol (Grupta et al. 2001). As

cepas deste gênero ocorrem naturalmente em ambientes com alto teor de açúcar como flores e frutas, mel de abelhas, leveduras de pão, cerveja, vinho e cidra (Blackwood et al. 1969; De Ley 1961). A maioria das espécies cresce em ambiente com 30% D-glicose, entre 15°C a 30°C, sendo 30°C a temperatura ótima e 37°C impossível o crescimento. O pH de crescimento ótimo é em cerca de 5,5, não havendo crescimento em pH 7,0 (Komogata et al. 2014).

Acetobacter é o gênero historicamente mais antigo no grupo das bactérias ácido acéticas (Persoon 1822), com as espécies que integram o grupo possuindo a característica de produzir ácido a partir de um número limitado de açúcares, alcoóis de açúcar e alcoóis. Tendo a produção de ácido variável de acordo com as espécies e cepas em L-arabiose, D-xilose e D-galactose. A produção de ácido é inexistente a partir de D-frutose, lactose, maltose, melibiose, sacarose, trealose, rafinose, D-manitol e sorbitol (Suzuki et al. 2009).

Estas bactérias têm a sua taxa de crescimento ideal em ambientes com cerca de 30°C, com algumas espécies podendo se desenvolver até 37°C, mas sendo impossível o crescimento a uma temperatura de 45°C. Podem crescer em pH entre 3,5 e 8,0 e sendo necessário que haja uma porcentagem de no mínimo 30% de glicose (Komogata et al. 2014). Suas cepas são encontradas naturalmente em vinagres, vinhos, cervejas, saquês, pickles, tofu, frutas e flores (Lisdiyanti et al. 2001.)

Estes dois gêneros *Gluconobacter* e *Acetobacter* podem ser diferenciados com base em etanol e oxidação de lactato, pois *Acetobacter* oxida etanol para CO₂ e H₂O via acetato e oxida lactato para CO₂ e H₂O, enquanto *Gluconobacter* não faz (De Ley e Swings 1994).

As leveduras formam um grupo artificial de fungos compreendendo principalmente organismos unicelulares que se reproduzem por brotamento (Hawksworth 2004). Apenas metade de todas as espécies de levedura já descritas são capazes de fermentar, apesar dos processos tradicionais de fermentação serem realizados por uma única espécie (*Saccharomyces cerevisiae*) (Barnett & Barnett 2011). Espécie designada como um dos primeiros organismos “geralmente reconhecidos como seguros” (GRAS) pela agência federal do Departamento de

Saúde e Serviços dos Estados Unidos, a FDA (Food and Drug Administration) e primeiro organismo geneticamente modificado usado para produção recombinante de alimentos e aditivos para rações (Dequin 2001; Attfield et al. 2003; Donalies et al. 2008).

Devido à capacidade de várias espécies crescerem em uma ampla diversidade de substratos, incluindo moléculas aromáticas, alcanos, compostos lipídicos, aminas e outros compostos recalcitrantes, elas têm a capacidade de transformar compostos deletérios em derivados inóculos (Seo et al. 2007). Assim como a capacidade para degradar micotoxinas, que traz implicações importantes, uma vez que estes tóxicos ocorrem em alimentos e bebidas e são considerados de graves riscos para a saúde (Schisler et al. 2011).

Mediante análise filogenética multigênica, os gêneros *Saccharomyces* e *Hanseniaspora* foram determinados como gêneros irmãos basais a *Saccharomycetaceae* e foram classificados na família *Saccharomycodaceae* (Kurtzman 2003; Kurtzman & Robnett 2003). Ambos os gêneros são caracterizados pelo tipo de brotamento bipolar, mas não estão intimamente relacionados com outros gêneros que possuem o mesmo tipo de brotamento como *Wickerhamia* e *nadsonia* (Kurtzman & Robnett 1998).

O 'complexo *Saccharomyces*' inclui além do gênero *Saccharomyces*, os gêneros *Arxiozyma*, *Eremothecium*, *Hanseniaspora* e seu anamorfo *Kloeckera*, *Kazachstania*, *Kluyveromyces*, *Pachytichospora*, *Saccharomyces*, *Tetrapsispora*, *Torulaspota*, *Zygosaccharomyces* e três espécies anamórficas do gênero *Candida*. Com a maioria dos gêneros, exceto *Hanseniasopora* e *Saccharomyces*, se reproduzindo por brotamento multilateral (Kurtzman & Robnett 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da leitura de todos os artigos, teses e livros, que foram aceitos nesta revisão bibliográfica integrativa, através de um escopo previamente delimitado, pôde-se chegar à conclusão que os benefícios da Kombucha estão atrelados desde o substrato inicial para sua produção até o resultado final da fermentação. O chá, que é agregado como substrato, é utilizado como bebida medicinal há milênios e possui uma série de compostos químicos que produzem benefícios comprovados para a saúde daqueles que o consomem. Os microrganismos presentes no SCOBY, através do processo natural de fermentação, convertem alguns destes compostos iniciais em outros produtos finais que vão desde precursores de vitaminas a uma grande riqueza de ácidos orgânicos com atividades preventivas e reparadoras. Algumas lacunas na literatura nos permitem sugerir que é necessário produzir trabalhos focados em compreender se a riqueza de ácidos orgânicos produzidos na kombucha é simplesmente um produto residual ou se estes ácidos são produzidos por beneficiarem os microrganismos que os produziram.

A Kombucha tem sido caracterizada como um sistema de “bem público” e de cooperação para exclusão de concorrentes, onde este primeiro termo é utilizado nas ciências econômicas para se referir a bens não excludentes e livres de rivalidade, sendo empregado na kombucha no que se refere ao compartilhamento dos recursos pelas diversas espécies presentes no consórcio e pela cooperação em excluir algumas espécies de microrganismos, que por sinal são patogênicos ao homem. Neste sentido a kombucha abre espaço como sendo um sistema modelo para compreensão da evolução da cooperação tanto no sentido amplo quanto no contexto microbiológico em ambientes com variedade de espécies.

REFERÊNCIAS

- Attfield, P.V. & Bell, P.J.L. 2003. Genetics and classical genetic manipulations of industrial yeasts, J.H. de Winde (Ed.): Functional Genetics of Industrial Yeasts, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Aziz, N.H., Farag, S.E., Mousa, L.A., Abo-Zaid, M.A. 1998. Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Microbios*, Cambridge, v.93, n.374, p.43-54.
- Amerasan, N., Kumar, M. S., Annapurna, K., Kumar, K., Sankaranarayanan, A. 2020. Beneficial Microbes in Agro-Ecology, Academic Press, Chapter 25 Gluconobacter.
- Asai, T. 1935. Taxonomic studies on acetic acid bacteria and allied oxidative bacteria isolated from fruits. A new classification of the oxidative bacteria. *J. Agr. Chem. Soc.*
- Ashok, P.K., Upadhyaya, K. 2012. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. Vol.1 No.3.
- Braicu, C., Ladomery, M. R., Chedea, V. S., Irimie, A., & Berindan-Neagoe, I. 2013. The relationship between the structure and biological actions of green tea catechins. *Food Chemistry*, 141(3).
- Barnett, J.A. & Barnett, L. 2011. *Yeast Research a Historical Overview*, ASM Press.
- Blomqvist, J. 2011. *Dekkera bruxellensis*. - a competitive yeast for ethanol production from conventional and non-conventional substrates. Doctoral thesis, University of Agricultural Sciences, Sweden.
- Battikh, H., Bakhrouf, A., Ammar, E. 2012. Antimicrobial effect of Kombucha analogues. *LWT—Food Science and Technology* 47(1):71–77.
- Burak, M & Imen Y (1999) Flavonoids and their antioxidant properties. *Turkiye Klin Tip Bil Derg* 19, 296–304.
- Bellassoued, K., Ghrab, F., Makni-Ayadi, F., Van Pelt, J., Elfeki, A., Ammar, E. 2015. Protective effect of kombucha on rats fed a hypercholesterolemic diet is mediated by its antioxidant activity. *Pharm Biol.* ;53(11):1699-709.
- Botten M., Giorgia F., Franca F., e Carla M.. “Structural Properties of Green Tea Catechins”. *The Journal of Physical Chemistry B* 119, nº 40 (8 de outubro de 2015): 12860–67.
- Beggs, C.J., Wellmann, E. 1994. Photocontrol of flavonoid biosynthesis. In: Kendrick R.E., Kronenberg G.H.M. (eds) *Photomorphogenesis in Plants*. Springer, Dordrecht.

- Bauer-Petrovska, B. & Petrushevska-Tozi, L. 2000. Mineral and water soluble vitamin content in the Kombucha drink. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 35. Ed 2.
- Blackwood, A.C., Guimberteau, & Peynaud, E. 1969. Sur les bactéries acétiques isolées de raisins. *R. Hebd Séances Acad. Sci. Ser. D*. 269: 802-804.
- Cabral, S., Prista, C., Loureiro-Dias, M.C., Leandro, M.J. 2015. Occurrence of FFZ genes in yeasts and correlation with fructophilic behaviour. *Microbiology*, 161(10): 2008-18.
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., Gachhui, R. 2016. Kombucha tea fermentation: microbial and biochemical dynamics. *Int. J. Food. Microbiol.* 220:63–72.
- Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernandez, M., Páez-Hernandez, M., Rodriguez, J. Galán-Vidal, C. 2009. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chem* 113, 859–871.
- Coton, M., Pawtowski, A., Taminiau, B., Burgaud, G., Deniel, F., Coulloume-Labarthe, L., & Coton, E. 2017. Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. *Fems Microbiology Ecology*, 93(5), 1–16.
- Celiker, H., Gore, J. 2012. Competition between species can stabilize public-goods cooperation within a species. *Molecular Systems Biology* 8(1):621.
- Corti, R., Flammer, A.J., Hollenberg, N.K., Lüscher, T.F. 2009. Cocoa and cardiovascular health. *Circulation*. 119(10):1433-41.
- Chung, K., Wong, T.Y., Wei, C., Huang, Y. & Lin Y. 1998. Tannins and Human Health: A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38:6, 421-464
- Dufresne, C., Farnworth, E. 2020. Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Research International*, Ottawa, v. 33, n. 6, p. 409-421.
- Dewick, P.M. 2001. The shikimate pathway: aromatic amino acids and phenylpropanoids. In *Medicinal Natural Products: a Biosynthetic Approach*, 2nd ed., pp. 137–186 [PM Dewick, editor]. Chichester: John Wiley.
- De Ley, J. 1961. Comparative carbohydrate metabolism and a proposal for a phylogenetic relationship of the acetic acid bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 24: 31-50.
- Dequin, S. 2001. The potential of genetic engineering for improving brewing, wine-making and baking yeasts, *Appl Microbiol Biotechnol* 56:577–588.

Donalies, U.E.B., Nguyen, H.T.T., Stahl, U. & Nevoigt, E. 2008. Improvement of *Saccharomyces* Yeast Strains Used in Brewing, Wine Making and Baking, *Adv Biochem Engin/Biotechnol* 111: 67–98.

Ernst, E. 2003. Kombucha: A Systematic Review of the Clinical Evidence. *Complementary Medicine Research*. Vol. 10. Ed.2.

Falbe, J. & Regitz, M. 1995. CD RÖMPP Chemie Lexikon, Version 1.0, Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York.

Gramza-Michałowska, A., Kulczyński, B., Xindi, Y., Gumienna, M. 2016. Research on the effect of culture time on the kombucha tea beverage's antiradical capacity and sensory value. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 15(4):447– 457.

Greenwalt, C.J., Steinkraus, K.H., Ledford, R.A. 2000. Kombucha, the Fermented Tea: Microbiology, Composition, and Claimed Health Effects. *Journal of Food Protection*. Vol 63. Ed. 7.

Grupta, A., Singh, V. K., Qazu, G. N., Kumar, A. 2001. *Gluconobacter oxydans*: Its Biotechnological Applications. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 3(3): 445-456.

Griesbach, R. 2005. Biochemistry and genetics of flower color. *Plant Breed Rev* 25, 89–114.

González, M., & González, V. 2013. Organic acids. In L. M. L. Nollet, & Fidel Toldrá (Eds.), *Food Analysis by HPLC* (pp. 443–465), third edition. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

Grunwald, P. 1998. *Nachr. Chem. Tech. Lab.* 46, 853.

Gaggia, F., Baffoni, L., Galiano, M., Nielsen, D.S., Jakobsen, R.R., Castro-Mejía, J.L., Bosi, S., Truzzi, F., Musumeci, F., Dinelli, G., Di Gioia, D. 2019. Kombucha beverage from green, black and rooibos teas: a comparative study looking at microbiology, chemistry and antioxidant activity. *Nutrients* 11(1):1.

Gore, J., Youk, H., Van Oudenaarden, A. 2009. Snowdrift game dynamics and facultative cheating in yeast. *Nature* 459(7244):253–256.

Heiss, M.L., Heiss, R.J. 2007. *The Story of Tea: A Cultural History and Drinking Guide*. Ten Speed Press, Nova Iorque, EUA. ISBN: 9781607741725 [ebook].

Hawksworth, D.L. 2004. Fungal diversity and its implications for genetic resource collections, *Stud. Mycol.*, 50, 9–18.

Haslam, E. 1989. *Plant Polyphenols – Vegetable Tannins Revisited – Chemistry and Pharmacology of Natural Products*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 165.

Haslam, E. 1996. *J. Nat. Prod.*, 59, 205.

Hatano, K., Yazaki, A. 1991. Okonogi and T. Okuda, *Chem. Pharm. Bull.*, 39, 1689.

Hayashi, T., Sawa, K., Kawasaki, M., Arisana, M., Shimizu, M., Morita, N. 1988. Inhibition of cow's milk xanthine oxidase by flavonoids. *J Nat Prod* 51, 345–348.

Ivasinova, E., Meňhartová, K., Terentjeva, M., Harangozo, L., Kántor, A., Kačániová, M. 2019. *Journal of Food Science and Technology*. Vol 57. Ed. 5.

Jane, V., Higdon & Balz Frei. 2003. Tea Catechins and Polyphenols: Health Effects, Metabolism, and Antioxidant Functions, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43:1, 89-143

Jasmina, S.V., Aleksandra, D.C., Pavle, Z.M., Jaroslava, V.S., Radomir, V.M. 2018. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow. *Journal Of Functional Foods* 44 95-102.

Jayabalan, R., Marimuthu, S., & Swaminathan, K. 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102, 392–398.

Jayabalan, R., Malini, K., Sathiskumar, M., Swaminathan, K., Yun, S. 2010. Biochemical characteristics of tea fungus produced during Kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*, Seoul, v. 19, n. 3, p. 843-847.

Jayabalan, R., Radomir V.M., Eva S.L., Jasmina S.V., Muthuswamy S. 2014. A review on Kombucha Tea – microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Chicago, v. 13, n. 4, p. 538-550.

Kluyver, A.J., & Boezaardt, A.G.J. 1938. The oxidation of glucose by *Acetobacter suboxydans*. *Rec. Trav. Chim.* 57: 609-615.

Komagata, K., Iino, T., & Yamada, Y. 2014. The Family Acetobacteraceae. *The Prokaryotes*, 3–78.

Kerry, N.L., Abbey, M. Red wine and fractionated phenolic compounds prepared from red wine inhibit low density lipoprotein oxidation in vitro. *Atherosclerosis*, Limerick, v.135, n.1, p.93-102, 1997.

Kurtzman, C.P. & Robnett, C.J. 1998. Identification and Phylogeny of Ascomycetous Yeasts from Analysis of Nuclear Large Subunit (26S) Ribosomal DNA Partial Sequences. *Antonie van Leeuwenhoek*, 73, 331-371.

Kurtzman, C., & Robnett, C. 2003. Phylogenetic relationships among yeasts of the complex determined from multigene sequence analyses. *FEMS Yeast Research*, 3(4), 417–432.

- Kurtzman, C.P. 2003. Phylogenetic circumscription of *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* and other members of the *Saccharomycetaceae*, and the proposal of the new genera *Lachancea*, *Nakaseomyces*, *Naumovia*, *Vanderwaltozyma* and *Zygorhizula*. *FEMS Yeast Res.* 4, 233–245.
- Kolida, S. & Gibson, G.R. 2011. "Synbiotics in health and disease." *Annu. Rev. Food Sci. Technol* 2:373–93.
- Konings, W. 2000. "Lactic acid bacteria: the bugs of the new millennium." *Current Opinion in Microbiology* 3(3):276–82.
- Kashiwada, L.Y., Huang, R. E., Kilkuskie, A. J., Bodner & Lee, K.-H. 1992. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2, 235.
- Kakiuchi, M. N., Hattori, M., Nishizawa, T., Yamagishi, T., Okuda & Namba, T. 1986. *Chem. Pharm. Bull.*, 34, 720.
- Kandler, O. 1983. "Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria." *Antonie van Leeuwenhoek* 49(3):209–
- Lee, Y.K., Yuk, D.Y., Lee, J.W., Lee, S.W., Ha, T.Y., Ki, W.O., Yun, Y.P. & Hong, J.T. 2009. Epigallocatechin-3-gallate prevents lipopolysaccharide-induced elevation of β -amyloid generation and memory deficiency. *Brain Res* 1250, 164–174.
- Lisdiyanti, P., Kawasaki, H., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T., Komagata, K. 2001. Identification of *Acetobacter* strains isolated from Indonesian sources, and proposals of *Acetobacter syzygii* sp. nov., *Acetobacter cibinongensis* sp. nov., and *Acetobacter orientalis* sp. nov. *J Gen Appl Microbiol* 47:119–131.
- Leal, J.M., Suárez, L.V., Jayabalan, R., Oros, J.H., Escalante-Aburto, A. 2018. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CyTA - J Food.* 16(1):390–399.
- Loncar, E.S., Kanuric, K.G., Malbasa, R.V., Duric, M.S., Milanovic, S.D. 2014. Kinetics of saccharose fermentation by kombucha. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.*, v. 20, n. 3, p. 345-352.
- Mohammadshirazi, A., Kalhor, E.B. 2016. Energy and cost analyses of kombucha beverage production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 55, p. 668-673.
- Mendes, K.D., Silveira, R.C.C.P., Galvao, C.M. 2008. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto contexto - enferm.*, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764.
- Mattila, P., & Hellström, J. 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 152–160.

- Marzban, F., Azizi, G., Afraei, S., Sedaghat, R., Seyedzadeh, M.H., Razavi, A., Mirshafiey, A. 2015. Kombucha tea ameliorates experimental autoimmune encephalomyelitis in mouse model of multiple sclerosis. *Food Agric Immunol.* 26(6):782-793.
- Malbas̃a, R.V. 2004. Investigation of antioxidant activity of beverage from tea fungus fermentation. Ph.D. Thesis, University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad.
- Malbasa, R., Loncar, E., Vitas, J., & Canadanovic-Brunet, J. M. 2011. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. *Food Chemistry*, 127(4), 1727-1731.
- Mayser, P., Fromme, S., Leitzmann, C., Gründer, K. 1995. The yeast spectrum of the 'tea fungus Kombucha'. *Mycoses* 38(7–8):289–295.
- Marsh, A.J., O'Sullivan, O., Hill, C., Ross, R.P., Cotter, P.D. 2014. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food Microbiology* 38:171–178.
- Metodiewa, D., Kochman, A. & Karolczak, S. 1997. Evidence for antiradical and antioxidant properties of four biologically active N, N, diethylaminoethyl ethers of flavanone oximes: a comparison with natural polyphenolic flavonoid (rutin) action. *Biochem Mol Biol Int* 41, 1067–1075.
- McGee, H. 2004. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*, págs. 435-41. Scribner, Nova Iorque, EUA. ISBN: 1416556370
- Neffe-Skocin´ska, K., Sionek, B., S̃cibiszi, I., Kolozyn-Krajewska, D. 2017. Acid contents and the effect of fermentation condition of kombucha tea beverage on physicochemical, microbiological and sensory properties. *CYTA: J Food* 15:601–607.
- Nguyen, K.N., Nguyen, P.B., Nguyen, H.T., & Le, P.H. 2015. Screening the optimal ratio of symbiosis between isolated yeast and acetic bacteria strain from traditional Kombucha for high-level production of glucuronic acid. *LWT – Food Science and Technology*, 64, 1149–1155.
- Okuda, T., Hatano & Yazaki, K. 1983. *Chem. Pharm. Bull.*, 31, 333.
- Oliveira, J.L., Almeida, C., Bomfim, N.S. 2017. A importância do uso de probióticos na saúde humana. *Unoesc & Ciência – ACBS.* 8(1):7-12.
- Paul, K., Jorma, K., Ritva, J., Harri, R., Markku, H., Antti, R., Timo, H., Arpo, A. 2002. Flavonoid intake and risk of chronic diseases, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 76, Issue 3, Pages 560–568.

Paul, R., Morgan, S.R. & Hill, C. 2002. Preservation and fermentation: past, present and future. *International Journal of Food Microbiology*, 79(1-2), 3–16.

Persoon, C.H. 1822. *Mycologia europaea. Sectio Tertia, Particula Prima*, Erlangae

Piazzon, A., Vrhovsek, U., Masuero, D., Mattivi, F., Mandoj, F., & Nardini, M. 2012. Antioxidant activity of phenolic acids and their metabolites: synthesis and antioxidant properties of the sulfate derivatives of ferulic and caffeic acids and of the acyl glucuronide of ferulic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 12312- 12323.

Porter, L.J. 1989. in *Methods in Plant Biochemistry-Plant Phenolics*, Series ed P. M. Dey and J. B. Harborne, Academic Press, London, vol. 1, p. 389.

Prado, F.C., Parada, J., Pandey, A., Soccol, C.R. 2008. Trends in non-dairy probiotic beverages. *Food Res Int* 4:111–112.

Reva, O.N., Zaets, I.E., Ovcharenko, L.P., Kukharenko, O.E., Shpylova, S.P., Podolich, O.V., Vera, J.P., Kozyrousa, N.O. 2015. Metabarcoding of the kombucha microbial community grown in different microenvironments. *AMB Express* 5:2–8

Reiss, J. 1994. Influence of different sugars on the metabolism of the tea fungus. *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 198, 258–261.

Robbins, J. R. 2003. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology, *J. Agric. Food Chem.* 51, 10, 2866–2887

Saijo, R., Nonaka, G.-I. & Nishioka, I. 1989. *Chem. Pharm. Bull.*, 37, 2063.

Steinkraus, K.H., Shapiro, K.B., Hotchkiss, J.H., Mortlock, R.P. 1996. Investigations into the antibiotic activity of tea fungus/kombucha beverage. *Acta Biotechnologica*, [s. l.], v. 16, n. 2-3, p. 199-205.

Stoner, D. G., & Mukhtar, H. 1995. Polyphenols as cancer chemopreventive agents. *Journal of Cellular Biochemistry*, 22, 169–180.

Scalbert, A., Johnson, I.T., Mike, S., Polyphenols: antioxidants and beyond, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 81, Issue 1, January 2005, Pages 215S–217S.

Santos, M.J. 2016. Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração. 119 f. Tese para obtenção de grau de mestre (Faculdade de ciências e tecnologia) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

- Stanbury, P. F., Whitaker, A., Hall, S. J. 1995. Principles of Fermentation Technology – 2nd ed. – LIVRO.
- Suzuki, R., Lisdiyanti, P., Komagata, K., Uchimura, T. 2009. MxaF, a gene encoding alpha subunit of methanol dehydrogenase in and false growth of acetic acid bacteria on methanol. *J Gen Appl Microbiol* 55:101–110.
- Souza, M.T., Silva, M.D., Carvalho, R. 2010. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*. 8(1 Pt 1):102-6.
- Subbaramaiah, K., Chung, W.J, Michaluart, P., Telang, N., Tanabe, T., Inoue, H., Jang, M., Pezzuto, J.M., Dannenberg, A.J. 1998. Resveratrol inhibits cyclooxygenase-2 transcription and activity in phorbol ester-treated human mammary epithelial cells. *J Biol Chem*. 1998; 273(34):21875- 21882.
- Séfora-Souza, M., Angelis-Pereira, M.C. 2013. Mecanismos moleculares de ação anti-inflamatória e antioxidante de polifenóis de uvas e vinho tinto na aterosclerose. *Ver Bras Plan Med*. 2013; 15(4): 617-626.
- Soares, S.E. 2002. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Ver. Utr., Campins*, 15(1):71-81.
- Steinkraus, K.H. 1997. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. *Food Control* 8(5–6):311–317.
- Saichana, N., Matsushita, K., Adachi, O., Frébort, I., Frebortova, J. 2015. Acetic acid bacteria: a group of bacteria with versatile biotechnological applications. *Biotechnology Advances* 33(6):1260–1271.
- Salminen, S., Ouwehand, A., Benno, Y. & Lee, Y. K. 1999. “Probiotics: how should they be defined?” *Trends in Food Science & Technology* 107–10.
- Schrezenmeir, J. & de Vrese, M. 2001. “Probiotics, prebiotics, and synbiotics-approaching a definition.” *Food Biotechnology* 73(2):361S–364S.
- Teoh, A.L., Heard, G., Cox, J. 2004. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, [s. l.], v. 95, p. 119-126.
- Tsao, R. 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients*, 2, 1231-1246.
- Talawat, S., Ahantharik, P., Laohawiwattanukul, S., Premasuk, A., Ratanapo, S. 2006. Efficacy of fermented teas in antibacterial activity. *Kasetsart Journal of Natural Science* 40:925–933.
- Velićanski, A., Cvetković, D., Markov, S. 2013. Characteristics of Kombucha fermentation on medicinal herbs from Lamiaceae family. *Romanian Biotechnological Letters* 18:8034–8042.

Vázquez-Cabral, B. D., Larrosa-Pérez, M., Gallegos-Infante, J. A., Rutiaga-Quiñones, J. G., Gamboa-Gómez, C. I., Rocha-Guzmán, N. E. 2017. Oak kombucha protects against oxidative stress and inflammatory processes. *Chemico-Biological Interactions*. Vol 272.

Vinson, J.A., Dabbagh, Y.A., Serry, M.M., Jang, J. 1995. Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, Washington DC, v.43, p.2800-2802.

Watawana, M.I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C.B., Waisundara, V.Y. 2015. Health, Wellness, and Safety Aspects of the Consumption of Kombucha. *Journal of Chemistry*, article ID 591869, p. 1-11.

Watawana, M.I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C.B., Waisundara, V.Y. 2016. Enhancement of the antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities of king coconut water (*Cocos nucifera* var. *aurantiaca*) by fermentation with kombucha 'tea fungus'. *International Journal of Food Science & Technology* 51(2):490–498.

Williamson, G. 2017. The role of polyphenols in modern nutrition, *Nutrition Bulletin*, 42, 226–235

Würdig, G. & Woller, R. 1989. *Chemie des Weines*, Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart.

Walker, E.H., Pacold, M.E., Perisic, O., Stephens L., Hawkins, P.T., Williams, R.L. (2000) Structural determinations of phosphoinositide 3-kinase inhibition by wortmannin, LY294002, quercetin, myricetin, and staurosporine. *Mol Cell* 6, 909–919.

Wolfe, B.E., Dutton, R.J. 2015. Fermented foods as experimentally tractable microbial ecosystems. *Cell* 161(1):49–55.

Ye, M., Yue, T., & Yuan, Y. 2014. Evolution of polyphenols and organic acids during the fermentation of apple cider. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2951–2957.

Yavari, N., Assadi, M.M., Moghadam, M.B., & Larijani, K. 2011. Optimizing glucuronic acid production using tea fungus on grape juice by response surface methodology. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(11), 1788–1794.

Yoshida, H.T., Ohbayashi, K., Ishihara, W., Ohwashi, K., Haba, Y., Okano, T., Shingu & Okuda, T. 1991. *Chem. Pharm. Bul.*, 39, 2233.