

CYWKA, Lucja, NOWAK, Alicja, BOGUSZ, Klaudia, NOWAK, Aleksandra, BARAN, Natalia, BIELAK, Adriana, SZWED, Weronika, MAKSYMOWICZ, Marcela and MACHOWIEC, Piotr. Kombucha - fermented tea rich in nutrients and its impact on health - review. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023;32(1):145-155. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.32.01.011> <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/44879> <https://zenodo.org/record/8202337>

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of 17.07.2023 No. 32318. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 17.07.2023 Lp. 32318. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przypisane dyscypliny naukowe: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).

© The Authors 2023;

This article is published with open access at License Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 02.07.2023. Revised:30.07.2023. Accepted: 31.07.2023. Published: 08.08.2023.

Kombucha - fermented tea rich in nutrients and its impact on health - review

Kombucha - fermentowana herbata bogata w składniki odżywcze i jej wpływ na zdrowie - przegląd literatury

Łucja Cywka¹, Alicja Nowak¹, Klaudia Bogusz¹, Aleksandra Nowak², Natalia Baran³,
Adriana Bielak⁴, Weronika Szwed⁵, Marcela Maksymowicz⁶, Piotr Machowiec⁶

¹ 7th Navy Hospital in Gdańsk, Polanki 117, 80-305 Gdansk, Poland

² Sz. Starkiewicz Specialist Hospital in Dąbrowa Górnicza, Szpitalna 13, 41-300 Dabrowa Gornicza, Poland

³ Independent Public Clinical Hospital of the prof W. Orłowski in Warsaw, Czerniakowska 231, 00-416 Warsaw, Poland

⁴ The Brothers Hospitallers of Saint John of God Hospital, Trynitaraska 11, 31-061 Krakow, Poland

⁵ Provincial Specialist Hospital in Olsztyn, Żołnierska 18, 10-561 Olsztyn, Poland

⁶ Independent Public Clinical Hospital No. 4 in Lublin, Jaczewskiego 8, 20-954 Lublin, Poland

ORCID ID:

Łucja Cywka: <https://orcid.org/0009-0007-8314-4825> cywka.lj@gmail.com

Aleksandra Nowak: <https://orcid.org/0009-0006-8572-8798> amm.nowak97@gmail.com

Alicja Nowak: <https://orcid.org/0009-0000-4684-2877> alicja.nowak.97@gmail.com

Klaudia Bogusz: <https://orcid.org/0009-0008-0818-2423> klaudia.bogusz7@wp.pl

Natalia Baran: <https://orcid.org/0000-0002-3221-9651> nataliaban097@gmail.com

Adriana Bielak: <https://orcid.org/0009-0000-4998-0458> a.bielak1@gmail.com

Weronika Szwed: <https://orcid.org/0000-0001-9546-7970> weronikaszwed1997@gmail.com

Marcela Maksymowicz: <https://orcid.org/0000-0003-2611-1609>

marcela.maksymowicz@gmail.com

Piotr Machowicz: <https://orcid.org/0000-0002-5418-0110> piotr.machowicz1997@gmail.com

Abstract

Introduction and purpose: Kombucha is a fermented beverage, usually made by fermenting sugared black or green tea with the symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY). Kombucha has gained increasing popularity in recent years, mainly due to the fact that it has been associated with some health effects. The aim of the study is to review the articles available in the PubMed database in order to learn about the health benefits of Kombucha consumption.

State of knowledge: Kombucha is a source of phenolic compounds, vitamins and minerals, amino acids, enzymes, proteins and other compounds which influence biological activity. Scientific research on Kombucha has shown that it exhibits antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, anti-carcinogenic and antidiabetic properties. It also has a good influence on the digestive system. Kombucha consumption helps to lower cholesterol level, stimulates liver detoxification processes and also supports the proper functioning of the immune system. These properties depend on the various factors such as used products, concentration of bacteria and yeast, duration of fermentation or temperature.

Summary: Kombucha tea is known as a nutraceutical. It could be used as a dietary supplement. Most of the trials have been conducted on rats or mice. Kombucha has only been involved or tested in a few human trials. It is important to spread awareness among the population about this product and its impact on people's health, conduct more research and standardise the production methods of this beverage.

Keywords: Kombucha, nutraceuticals, Functional food, Fermented tea, symbiotic culture of bacteria and yeast, fermentation, fermented beverage

Abstrakt

Wstęp i cel: Kombucha jest fermentowanym napojem, zazwyczaj przygotowywanym poprzez fermentację czarnej lub zielonej herbaty z cukrem i dodatkiem symbiotycznej kultury bakterii i drożdży (SCOBY). Spożywanie Kombuchy staje się coraz bardziej popularne, głównie ze względu na jej prozdrowotne właściwości. Celem tej pracy jest przegląd dostępnych w bazie PubMed artykułów w celu poznania korzyści zdrowotnych ze spożywania Kombuchy.

Opis stanu wiedzy: Kombucha jest źródłem związków fenolowych, witamin i minerałów, aminokwasów, enzymów, białek i innych związków, które biorą udział w procesach biologicznych. Badania naukowe pokazują, że Kombucha posiada właściwości antyoksydacyjne, antybakteryjne, przeciwzapalne, antykancerogenne i przeciwcukrzycowe. Korzystnie wpływa również na układ pokarmowy. Spożywanie Kombuchy pomaga obniżyć poziom cholesterolu we krwi, stymuluje detoksykację i wspomaga układ immunologiczny. Właściwości Kombuchy zależą od różnych czynników takich jak użyte produkty, skład SCOBY, czas fermentacji i temperatury.

Podsumowanie: Kombucha jest nutraceutykiem. Może być stosowana jako suplement diety. Większość badań została przeprowadzona na myszach lub szczurach, tylko kilka badań zostało przeprowadzonych na ludziach. Ważne jest, by szerzyć popularność Kombuchy i zwracać uwagę na jej pozytywny wpływ na zdrowie. Potrzeba jednak większej ilości badań aby wystandaryzować metody produkcji tego napoju.

Słowa kluczowe: Kombucha, nutraceutyki, żywność funkcjonalna, fermentowana herbata, symbiotyczna kultura bakterii i drożdży, fermentacja, fermentowany napój

Wprowadzenie

Kombucha to napój, który wytwarzany jest poprzez fermentację liści herbaty (*Camellia sinensis*) z cukrem przy użyciu bakterii symbiotycznych i drożdży. Początkowo była ona wytwarzana w Chinach. Po zyskaniu popularności w Japonii otrzymała swoją nazwę od słów „kombu” i „cha”, co oznacza „glony” i „herbata”. W procesie produkcji Kombuchy wykorzystywane są mikroorganizmy nazywane SCOBY, jest to skrót od angielskich słów - symbiotic culture of bacteria and yeast - oznaczających symbiotyczną kulturę bakterii i drożdży. Największy wpływ na właściwości probiotyczne ma zawartość w SCOBY bakterii takich jak bakterie z rodziny Acetobacteraceae, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus cereus*, *Propionibacterium freudenreichii*, oraz drożdży z rodzaju *Saccharomyces*. [14] Kombucha jest uważana za nutraceutyk, czyli substancję łączącą w sobie wartość żywieniową z działaniem farmaceutycznym. Jej właściwości mogą mieć potencjalnie korzystny wpływ na zdrowie fizyczne i psychiczne. Kombucha jest coraz szerzej stosowana ze względu na efekty prozdrowotne takie jak obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, poprawę funkcji wątroby, działanie antykancerogenne, stymulację działania układu

immunologicznego i funkcję układu pokarmowego. Podczas badań na zwierzętach wykazano korzystny wpływ kombuchy na poziom glikemii [1], stres oksydacyjny i poziom wolnych rodników tlenowych [2], utratę masy ciała [3], hipercholesterolemię [4] oraz chorobę wrzodową żołądka indukowaną indometacyną [5]. W badaniach na szczurach wykazano, że Kombucha hamuje uszkodzenie nerek wywołane cukrzycą [7].

Fermentacja

Produkty spożywcze, takie jak jogurty, sery, kiszone warzywa czy kefir są znane z zawartości żywych kultur bakterii lub ich metabolitów, które powstają w podobnym procesie fermentacji co Kombucha. W czasie pandemii COVID 19 wzrosło spożycie fermentowanej żywności w wielu krajach, gdyż postulowano jej właściwości przeciwzapalne i antyoksydacyjne. [26]

Typowa produkcja Kombuchy polega na połączeniu liści herbacianych - czarnej, zielonej lub herbaty oolong z cukrem, który jest substratem dla fermentujących bakterii i drożdży. Można również wykorzystać napary z mięty, melisy, yerba mate, oregano, kopru włoskiego czy jaśminu. [15] Zanim zostanie dodany SCOBY, należy obniżyć temperaturę napoju do temperatury pokojowej. W procesie fermentacji drożdże obecne w naparze wytwarzają pozakomórkowe hydrolazy, które rozkładają polisacharydy do monosacharydów. W przypadku sacharozy są to glukoza i fruktoza, które są metabolizowane do m.in. dwutlenku węgla i alkoholu. Powstają również niewielkie ilości kwasu mlekowego i octowego i inne kwasy organiczne, które mają właściwości antibakteryjne i zabezpieczają przed zanieczyszczeniem ostatecznego produktu bakteriami patogennymi tj. *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* i *Campylobacter jejuni*. Podczas fermentacji należy utrzymywać odpowiednie pH i zakończyć fermentację, przy pH 4,2. [16]. Fermentacja zajmuje od 3 do 60 dni a następnie zostaje przerwana przez proces pasteryzacji. FDA rekomenduje fermentację powyżej 10 dni. Podczas procesu fermentacji powstają herbaciane polifenole, takie jak katechiny, teaflawiny, flawonole; kwasy organiczne, witaminy rozpuszczalne w wodzie, np. B1, B2, B3, B6, B12, C, witamina E, enzymy, np. amylaza, aminokwasy, białka, puryny i minerały.

Różnice w procesie fermentacji, takie jak odmienny czas, temperatura czy zawartość cukru wpływają na ostateczną koncentrację substancji organicznych. [17] Dłuższy czas fermentacji powoduje wzrost zawartości bioaktywnych składników - polifenoli, flawonoidów [9], witamin z grupy B, witaminy C oraz minerałów: żelaza, manganu, cynku, miedzi, niklu. [13] Jednocześnie wzrasta również zawartość kwasów organicznych produkowanych przez SCOBY, co może nieść niekorzystny efekt zdrowotny.

Działanie antyoksydacyjne

Wolne rodniki są znane ze swojej dużej reaktywności ze względu na fakt, iż zawierają niesparowany elektron. Dążą zatem do przyjęcia lub oddania elektronu wchodząc w reakcje z DNA, RNA, lipidami i białkami. Rozwój ostrych i przewlekłych chorób - naczyniowych, neurodegeneracyjnych, nowotworów, chorób wątroby, cukrzycy, zaćmy czy starzenia się skóry, jest związany ze stresem oksydacyjnym indukowanym przez wolne rodniki tlenowe oraz reaktywne formy azotu. W literaturze podkreśla się wysoki potencjał antyoksydacyjny

Kombuchy. [22] Na te antyoksydacyjne właściwości wpływają trzy czynniki: typ oraz skład naparu herbacianego, skład SCOBY oraz właściwości zastosowanego procesu fermentacji. Zielona herbata, parzona w sposób klasyczny, posiada duży potencjał antyoksydacyjny. Za właściwości antyoksydacyjne głównie odpowiadają polifenole, których zawartość wzrasta podczas procesu fermentacji. Badania in vitro wykazały, że Kombucha ma większy wpływ na hamowanie niektórych enzymów odpowiedzialnych za reakcje zapalne w porównaniu z herbatą niefermentowaną. [19] Związki fenolowe, oprócz działania antyoksydacyjnego, wykazują również właściwości przeciwzapalne.

Działanie przeciwstarzeniowe

Związki fenolowe i flawonoidy zawarte w Kombuchy, posiadają grupy hydroksylowe, które pomagają stabilizować wolne rodniki, hamują ich rozwój oraz redukują degradację kolagenu i kwasu hialuronowego, co opóźnia proces starzenia skóry. [23] Niskie pH oraz celuloza bakteryjna zawarta w SCOBY hamują niekorzystny wpływ bakterii na skórę i stymulują regenerację komórek. Podczas fermentacji powstają również inne substancje mające właściwości przeciwstarzeniowe - jest to kwas mlekowy, witamina B3, witamina C. Kwas mlekowy należy do grupy alfa-hydrokys kwasów (AHA). Bierze on udział w stymulacji biosyntezy kolagenu i kwasu hialuronowego. Witamina B3 zawarta w Kombuchy również może stymulować biosyntezę kolagenu. Witamina C wykazuje efekt antyoksydacyjny wobec wolnych rodników, które powstają jako negatywny produkt działania promieniowania UVB. Stwierdzono zatem, że składniki zawarte w Kombuchy mają działanie przeciwstarzeniowe i przeciwdziałają powstawaniu zmarszczek. [34]

Działanie antykancerogenne

Działanie antykancerogenne zależy od działania antyoksydacyjnego i przeciwzapalnego, głównie związanego z efektem antyproliferacyjnym. W badaniu Villareal -S i wsp. [19] testowano wykorzystanie Kombuchy w leczeniu raka piersi i raka jelita grubego u ludzi. Wyniki wykazały zwiększone hamowanie proliferacji komórek nowotworowych po regularnym spożywaniu kombuchy.

Działanie antibakteryjne

Ważnym produktem powstającym podczas fermentacji są kwasy organiczne - kwas octowy, glukonowy i glukuronowy. Działanie antibakteryjne wykazuje głównie kwas octowy. Badania wykazały, że kombucha wykazuje efekt antibakteryjny przeciw bakteriom takim jak: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, oraz *Bacillus subtilis*. [24]

Działanie na układ pokarmowy

Substancje zawarte w Kombuchy mogą wpływać na skład i funkcje mikrobioty jelitowej. [25] Współczesne badania pokazują, że probiotyki zawarte w naparze mogą mieć korzystny wpływ na oś jelita - mózg. [28] Badania na myszach cierpiących na insulinooporność, wykazały, że Kombucha wpływa na poprawę funkcjonowania wątroby, wspomaga

metabolizm, hamuje apoptozę hepatocytów oraz włóknienie tego narządu. [27] Wykazano również, że spożywanie Kombuchy obniża poziom enzymów wątrobowych u osób po zatruciu paracetamolem. [8, 29] U myszy, którym podawano Kombuchę, zauważono spadek wartości aminotransferaz - alaninowej i asparaginianowej oraz obniżenie poziomu trójglicerydów. [34] Prozdrowotny wpływ na wątrobę wykazuje również monohydrat kwasu 1,4-lakton-D-glukarowego, który produkowany jest przez bakterie *Gluconobacter* podczas procesu fermentacji napoju [6]. Może prawdopodobnie pomagać w usunięciu hepatotoksyn tj. acetaminofenu i czterochlorku węgla, kancerogenów i promotorów nowotworowych z organizmu. [12] Możliwe jest również, że Kombucha stanie się suplementem wykorzystywanym w profilaktyce progresji niealkoholowego stłuszczeniowego zapalenia wątroby (NASH) lub w stabilizacji przewlekłych stłuszczeniowych chorób wątroby. [31] Badania na myszach wykazały, że Kombucha ma wpływ na stabilizację błony komórkowej mitochondriów, zawartych w hepatocytach oraz blokuje pobudzenie zależnych od mitochondriów szlaków sygnałowych prowadzących do apoptozy, redukując powstawanie wolnych rodników tlenowych. W badaniu przeprowadzonym na szczurach, w którym zwierzęta te podzielono na cztery grupy: pierwsza grupa otrzymywała normalną dietę, druga grupa zwierząt była karmiona w ten sam sposób, co grupa pierwsza ale otrzymywała dodatkowo porcję Kombuchy doustnie w ilości 2,5ml/kg dziennie. Trzecia i czwarta grupa zwierząt były karmione dietą wysokotłuszczową. Czwarta grupa otrzymywała dodatkowo porcję Kombuchy tożsamą z grupą drugą. Wykazano, że u grup, które otrzymywały Kombuchę zanotowano wzrost poziomu HDL oraz spadek poziomu LDL. Dodatkowo podaż Kombuchy miała wpływ na obniżenie poziomu homocysteiny, która, wzrastając podczas stosowania diety bogatotłuszczowej, przyczynia się do rozwoju chorób sercowo - naczyniowych, osteoporozy, choroby Alzheimera, choroby Parkinsona i udaru mózgu. [36]

Działanie przeciwcukrzycowe

Zawarte w Kombuchy polifenole mogą również zapobiegać powstaniu uszkodzeń oraz apoptozie trzustkowych komórek β . Kwercetyna i epikatechina stymulują regenerację tych komórek, chroniąc je przed uszkodzeniem oraz wspomagają wydzielanie insuliny. [32] Dodatkowo, redukcja ilości powstających wolnych rodników tlenowych, redukuje ich toksyczny wpływ na komórki trzustkowe. U szczurów, u których cukrzyca była indukowana alloxanem, składniki Kombuchy hamują działanie α -amylazy i lipazy trzustkowej. [30] Hamowanie działania lipazy trzustkowej, enzymu odpowiedzialnego za metabolizm lipidów, prowadzi do znacznego zmniejszenia wychwytywania wolnych kwasów tłuszczowych, jednocześnie zmniejszając poposiłkowy poziom glukozy we krwi u pacjentów z cukrzycą insulinoniezależną. α -amylaza trzustkowa jest kluczowym katalizatorem, który zapoczątkowuje hydrolizę polisacharydów do oligosacharydów, tj. maltozy, maltotriozy czy oligosacharydów. Następnie są one rozkładane przez α -glukozydazy do glukozy, która trafia do układu krwionośnego. Składniki Kombuchy, hamując ten proces, wpływają na zmniejszenie poposiłkowego wyrzutu insuliny. U szczurów cierpiących na cukrzycę, u których przeprowadzono badanie histopatologiczne trzustki po doustnej podaży Kombuchy zaobserwowano, że struktura wysp trzustkowych Langerhansa oraz komórki β uległy regeneracji. Najlepszy efekt zauważono po podaży Kombuchy w dawce 5ml/kg.

Działanie neuroprotecyjne

W badaniu z 2016 roku, w którym chciano wykazać działanie neuroprotecyjne Kombuchy, wywołano u szczurów udar niedokrwienny spowodowany obliteracją tętnicy oponowej środkowej. Następnie raz dziennie podawano im dootrzewnowo Kombuchę w dawce 5 i 15 mg/kg. Opisano zwiększenie integralności bariery krew - mózg, zmniejszenie obrzęku mózgu, zmniejszenie rozległości udaru. Dodatkowo Kombucha znacznie zredukowała poziom dialdehydu malonowego w mózgu i osoczu, tym samym redukując uszkodzenia oksydacyjne. Badacze twierdzą, że spożywanie Kombuchy może być stosowane w profilaktyce udaru oraz uszkodzenia mózgu wywołanego reperfuacją. [35]

Potencjalne ryzyko

Kombucha zawiera niewielkie ilości alkoholu - badania FDA podają, że zawartość alkoholu w próbkach wynosiła pomiędzy 0,7% a 1,3%, nie wykryto obecności metanolu. Spożywanie kombuchy jest przeciwwskazane u kobiet w ciąży i karmiących piersią oraz niewskazane u osób z poważnymi chorobami nerek, płuc lub wątroby. [21] W nawiązaniu do coraz większej popularności Kombuchy i jej produkcji na dużą skalę, istnieje ryzyko zanieczyszczenia końcowego produktu poprzez zastosowanie surowców z niepewnego źródła, niewysterylizowanych naczyń, opakowań oraz niezachowania niezbędnych warunków sanitarnych podczas procesu fermentacji.

Podsumowanie

Kombucha jest fermentowanym napojem, który poprzez bogatą zawartość substancji biologicznie czynnych wykazuje szereg prozdrowotnych właściwości. Przedstawione w artykule badania pokazują ogromny potencjał stosowania Kombuchy w profilaktyce i leczeniu różnych chorób. Badania przytoczone w artykule przeprowadzane były głównie na zwierzętach. Ze względu na potencjalne duże korzyści ze stosowania Kombuchy powinno się przeprowadzić więcej badań oraz ustalić odpowiednie wytyczne produkcji, które umożliwią pełne wykorzystanie potencjalnych korzyści ze stosowania tego napoju.

Disclosures

Author's contribution: Conceptualization, Łucja Cywka; methodology, Klaudia Bogusz; software, Natalia Baran; check, Weronika Szwed, Marcela Maksymowicz and Piotr Machowiec; formal analysis, Alicja Nowak; investigation, Aleksandra Nowak and Weronika Szwed; resources, Adriana Bielak; data curation, Marcela Maksymowicz; writing - rough preparation, Łucja Cywka and Klaudia Bogusz; writing - review and editing, Aleksandra Nowak, Piotr Machowiec and Adriana Bielak; visualization, Natalia Baran; supervision,

Łucja Cywka; project administration, Alicja Nowak; All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

Funding

This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement

Not applicable.

Informed Consent Statement

Not applicable.

Data Availability Statement

Not applicable.

Conflicts of Interest

The author declares no conflict of interest.

Spis piśmiennictwa:

1. Aloulou A., Hamden K., Elloumi D., Ali M.B., Hargafi K., Jaouadi B., Ayadi F., Elfeki A., Ammar E. Hypoglycemic and antilipidemic properties of kombucha tea in alloxan-induced diabetic rats. *BMC Complement. Altern. Med.* 2012;12:63. doi: 10.1186/1472-6882-12-63.
2. Dipti P., Yogesh B., Kain A.K., Pauline T., Anju B., Sairam M., Singh B., Mongia S.S., Kumar G.I.D., Selvamurthy W. Lead induced oxidative stress: Beneficial effects of Kombucha tea. *Biomed. Environ. Sci.* 2003;16:276–282
3. Morshedi A., Dashti M.H., Mosaddegh M.H., Rafati A., Salami A.S. The chronic effect of Kombucha Tea consumption on weight loss in diabetic rats. *J. Med. Plants.* 2006;1:17–22.
4. Yang Z.-W., Ji B., Zhou F., Li B., Luo Y., Yang L., Li T. Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. *J. Sci. Food Agric.* 2009;89:150–156. doi: 10.1002/jsfa.3422

5. Banerjee D., Hassarajani S.A., Maity B., Narayan G., Bandyopadhyay S.K., Chattopadhyay S. Comparative healing property of kombucha tea and black tea against indomethacin-induced gastric ulceration in mice: Possible mechanism of action. *Food Funct.* 2010;1:284–293. doi: 10.1039/c0fo00025f.
6. Chakravorty S., Bhattacharya S., Chatzinotas A., Chakraborty W., Bhattacharya D., Gachhui R. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *Int. J. Food Microbiol.* 2016;220:63–72. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015.
7. Bhattacharya S., Manna P., Gachhui R., Sil P.C. D-saccharic acid 1,4-lactone protects diabetic rat kidney by ameliorating hyperglycemia-mediated oxidative stress and renal inflammatory cytokines via NF-kappaB and PKC signaling. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2013;267:16–29.
8. Wang Y., Ji B., Wu W., Wang R., Yang Z., Zhang D., Tian W. Hepatoprotective effects of kombucha tea: Identification of functional strains and quantification of functional components. *J. Sci. Food Agric.* 2014;94:265–272. doi: 10.1002/jsfa.6245.
9. Jayabalan R., Subathradevi P., Marimuthu S., Sathishkumar M., Swaminathan K. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. *Food Chem.* 2008;109:227–234.
10. Jayabalan R., Subathradevi P., Marimuthu S., Sathishkumar M., Swaminathan K. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. *Food Chem.* 2008;109:227–234.
11. Dimidi E, Cox SR, Rossi M, Whelan K. Fermented Foods: Definitions and Characteristics, Impact on the Gut Microbiota and Effects on Gastrointestinal Health and Disease. *Nutrients.* 2019 Aug 5;11(8):1806. doi: 10.3390/nu11081806. PMID: 31387262; PMCID: PMC6723656.
12. Wang Y, Ji B, Wu W, Wang R, Yang Z, Zhang D, Tian W. Hepatoprotective effects of kombucha tea: identification of functional strains and quantification of functional components. *J Sci Food Agric.* 2014 Jan 30;94(2):265-72. doi: 10.1002/jsfa.6245. Epub 2013 Jul 1. PMID: 23716136.
13. Bortolomedi B.M., Paglarin C.S., Brod F.C.A. Bioactive compounds in kombucha: A review of substrate effect and fermentation conditions. *Food Chem.* 2022;385:132719. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132719.
14. Vargas B.K., Fabricio M.F., Ayub M.A.Z. Health effects and probiotic and prebiotic potential of Kombucha: A bibliometric and systematic review. *Food Biosci.* 2021;44:101332. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101332.
15. Jessica Martínez Leal, Lucía Valenzuela Suárez, Rasu Jayabalan, Joselina Huerta Oros & Anayansi Escalante-Aburto (2018) A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites, *CyTA - Journal of Food*, 16:1, 390-399, DOI: 10.1080/19476337.2017.1410499
16. Sreeramulu G, Zhu Y, Knol W. Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. (Dimidi E, Cox SR, Rossi M, Whelan K. Fermented Foods: Definitions and Characteristics, Impact on the Gut Microbiota and Effects on Gastrointestinal Health and Disease. *Nutrients.* 2019 Aug 5;11(8):1806. doi: 10.3390/nu11081806. PMID: 31387262; PMCID: PMC6723656.)

17. (Vīna, I., Linde, R., Patetko, A., & Semjonovs, P. (2013). Glucuronic acid from fermented beverages: Biochemical functions in humans and its role in health protection. *International Journal of Recent Research and Applied Studies*, 14, 17–25)
18. Jakubczyk K., Kałduńska J., Kochman J., Janda K. Chemical Profile and Antioxidant Activity of the Kombucha Beverage Derived from White, Green, Black and Red Tea. *Antioxidants*. 2020;9:447. doi: 10.3390/antiox9050447
19. Villarreal-Soto S.A., Bouajila J., Pace M., Leech J., Cotter P.D., Souchard J.-P., Taillandier P., Beaufort S. Metabolome-microbiome signatures in the fermented beverage, Kombucha. *Int. J. Food Microbiol.* 2020;333:108778. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108778.
20. (A Review on Kombucha Tea—Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus Rasu Jayabalan, Radomir V. Malbaša, Eva S. Lončar, Jasmina S. Vitas, Muthuswamy Sathishkumar First published: 21 June 2014 <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>)
21. Kapp JM, Sumner W. Kombucha: a systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Ann Epidemiol.* 2019 Feb;30:66-70. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.11.001. Epub 2018 Nov 10. PMID: 30527803.
22. 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. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014;13:538–550. doi: 10.1111/1541-4337.12073
23. Permatasari H.K., Nurkolis F., Augusta P.S., Mayulu N., Kuswari M., Taslim N.A., Wewengkang D.S., Batubara S.C., Ben Gunawan W. Kombucha tea from seagrapes (*Caulerpa racemosa*) potential as a functional anti-ageing food: In vitro and in vivo study. *Heliyon*. 2021;7:e07944. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07944.
24. Bhattacharya D., Bhattacharya S., Patra M.M., Chakravorty S., Sarkar S., Chakraborty W., Koley H., Gachhui R. Antibacterial Activity of Polyphenolic Fraction of Kombucha Against Enteric Bacterial Pathogens. *Curr. Microbiol.* 2016;73:885–896. doi: 10.1007/s00284-016-1136-3.
25. Watawana M.I., Jayawardena N., Gunawardhana C.B., Waisundara V.Y. Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. *J. Chem.* 2015:591869. doi: 10.1155/2015/591869.
26. La Torre C., Fazio A., Caputo P., Plastina P., Caroleo M.C., Cannataro R., Cione E. Effects of long-term storage on radical scavenging properties and phenolic content of kombucha from black tea. *Molecules*. 2021;26(18):5474. doi: 10.3390/molecules26185474
27. Lee C, Kim J, Wang S, Sung S, Kim N, Lee HH, Seo YS, Jung Y. Hepatoprotective Effect of Kombucha Tea in Rodent Model of Nonalcoholic Fatty Liver Disease/Nonalcoholic Steatohepatitis. *Int J Mol Sci.* 2019 May 13;20(9):2369. doi: 10.3390/ijms20092369. PMID: 31086120; PMCID: PMC6539514.
28. Boyajian JL, Ghebretatios M, Schaly S, Islam P, Prakash S. Microbiome and Human Aging: Probiotic and Prebiotic Potentials in Longevity, Skin Health and Cellular Senescence. *Nutrients*. 2021 Dec 18;13(12):4550. doi: 10.3390/nu13124550. PMID: 34960102; PMCID: PMC8705837.

29. Abshenas J., Derakhshanfar A., Ferdosi M.H., Hasanzadeh S. Protective effect of kombucha tea against acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice: A biochemical and histopathological study. *Comp. Clin. Path.* 2012;21:1243–1248
30. Aloulou A, Hamden K, Elloumi D, Ali MB, Hargafi K, Jaouadi B, Ayadi F, Elfeki A, Ammar E. Hypoglycemic and antilipidemic properties of kombucha tea in alloxan-induced diabetic rats. *BMC Complement Altern Med.* 2012 May 16;12:63. doi: 10.1186/1472-6882-12-63. PMID: 22591682; PMCID: PMC3403982.
31. Lee C, Kim J, Wang S, Sung S, Kim N, Lee HH, Seo YS, Jung Y. Hepatoprotective Effect of Kombucha Tea in Rodent Model of Nonalcoholic Fatty Liver Disease/Nonalcoholic Steatohepatitis. *Int J Mol Sci.* 2019 May 13;20(9):2369. doi: 10.3390/ijms20092369. PMID: 31086120; PMCID: PMC6539514.
32. Coskun O, Kanter M, Korkmaz A, Oter S. Quercetin, a flavonoid antioxidant, prevents and protects streptozotocin-induced oxidative stress and beta-cell damage in rat pancreas. *Pharmacol Res.* 2005 Feb;51(2):117-23. doi: 10.1016/j.phrs.2004.06.002. PMID: 15629256.
33. Rattanawiatpong P, Wanitphakdeedecha R, Bumrungpert A, Maiprasert M. Anti-aging and brightening effects of a topical treatment containing vitamin C, vitamin E, and raspberry leaf cell culture extract: A split-face, randomized controlled trial. *J Cosmet Dermatol.* 2020 Mar;19(3):671-676. doi: 10.1111/jocd.13305. Epub 2020 Jan 24. PMID: 31975502; PMCID: PMC7027822.
34. Hyun J, Lee Y, Wang S, Kim J, Kim J, Cha J, Seo YS, Jung Y. Kombucha tea prevents obese mice from developing hepatic steatosis and liver damage. *Food Sci Biotechnol.* 2016 Jun 30;25(3):861-866. doi: 10.1007/s10068-016-0142-3. PMID: 30263346; PMCID: PMC6049161.
35. Kabiri N., Setorki M. Protective effect of kombucha tea on brain damage induced by transient cerebral ischemia and reperfusion in rat. *Bangladesh Journal of Pharmacology.* 2016;11(3):675–683. doi: 10.3329/bjp.v11i3.27014
36. Abaci N, Senol Deniz FS, Orhan IE. Kombucha - An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. *Food Chem X.* 2022 Apr 6;14:100302. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100302. PMID: 35434600; PMCID: PMC9011011.