



Scan online to view this article

An overview of the health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites

Ali Akhavan Sepahi ¹, Mohaddeseh Larypoor ^{2*}

1. Science Campus, Faculty of Biological Sciences, University of Tehran, Iran

2. Department of Microbiology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran

Abstract

Kombucha is a tea with a slightly sweet and sour taste. This drink is rich in acetic, gluconic and glucuronic acids and has a lower concentration of citric acid as well as a limited amount of ethanol and CO₂. This article discusses the beneficial effects of kombucha, its chemical composition and metabolites from the fermentation process, as well as the properties of kombucha in particular as a natural probiotic compound. The purpose of this article is to introduce a natural food composition rich in organic matter and essential to increase human health.

This drink is prepared by fermenting Sweet tea with Scooby Carrier of microbes. Kombucha is based on a variety of teas such as black tea, green tea or oolong. Usually a piece of polysaccharide containing microbes including *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter xylinum* is brewed in 150 g of tea with 5 to 15% sucrose and placed in the dark for 7 to 10 days. Next, the polysaccharide layer microbial colony is removed and the kombucha is ready to eat. The final product contains organic acids, vitamins, minerals and antimicrobial and antioxidant compounds. Lowering cholesterol and blood pressure, preventing cancer, improving liver function, immune system and gastrointestinal tract are some of the potentially beneficial effects of kombucha drink. *Acetobacter*, *Glucobacter* and *Saccharomyces cerevisiae* are the most important natural probiotics in this drink, which help protect human health by producing organic acids.

Nowadays, by diversifying the production of kombucha, the amounts of its useful metabolites such as vitamins, organic acids and antimicrobial and antioxidant compounds can be optimized and used as a natural medicinal supplement.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, kombucha, Lactic bacteria, *Acetobacter xylinum*, Yeast

Corresponding author:

Department of Biotechnology, Faculty of Biological Science, Tehran North Branch , Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: m.larypoor@iau-tnb.ac.ir

برای مشاهده این مقاله به صورت
آنلاین اسکن کنید

مروری بر فواید ترکیبات و متابولیت های تغذیه ای

کامبوچا برای سلامتی

علی اخوان سپهری^۱، محدثه لاری پور*^۲

۱. پردیس علوم، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تهران، ایران

۲. گروه میکروبیشناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران

چکیده

کامبوچا نوعی چای با مزه کمی شیرین و ترش است. این نوشیدنی سرشار از اسیدهای استیک، گلوکونیک و گلوکورونیک و غلظت کمتری از اسید سیتریک و همچنین مقدار محدودی از اتانول و دی اکسیدکربن است. این مقاله در مورد اثرات مفید کامبوچا، ترکیبات شیمیایی آن و متابولیت های حاصل از فرآیند تخمیر و همچنین خواص کامبوچا به ویژه بعنوان یک ترکیب پروبیوتیک طبیعی اشاره می کند. هدف از ارائه این مقاله معرفی یک ترکیب غذایی طبیعی سرشار از مواد آلی و ضروری جهت افزایش سلامت انسان است. این نوشیدنی با تخمیر چای شیرین بوسیله اسکوبی حامل میکروبها تهیه میشود. تولید نوشیدنی کامبوچا بر پایه ی انواع چای مانند چای سیاه، چای سبز یا اولانگ انجام می شود. معمولاً قطعه ایی از پلی ساکارید حاوی میکروبهایی شامل ساکارومایسس سرویزیه و استوباکتر گزلینیوم در ۱۵۰ گرم چای دم کرده با ۵ تا ۱۵ درصد ساکاروز بمدت ۷ تا ۱۰ روز در تاریکی قرار داده می شود. در مرحله بعد، کلنی میکروبی لایه پلی ساکاریدی برداشته شده و کامبوچا آماده مصرف می شود. محصول نهایی حاوی اسیدهای آلی، ویتامین ها، مواد معدنی و ترکیبات آنتی میکروبی و آنتی اکسیدان است. یافته ها: کاهش سطح کلسترول و فشار خون، پیشگیری از سرطان، بهبود عملکرد کبد و سیستم ایمنی و دستگاه گوارش از اثرات بالقوه مفید نوشیدنی کامبوچا می باشد. استوباکتر، گلوکونوباکتر و ساکارومایسس مهمترین پروبیوتیک های طبیعی همزیست در این نوشیدنی هستند که با تولید اسیدهای آلی به محافظت از سلامتی انسان کمک می کنند. امروزه با ایجاد تنوع در تولید کامبوچا میتوان مقادیر متابولیت های مفید آن همچون ویتامین ها، اسیدهای آلی و ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی را بهینه سازی نمود و بعنوان یک مکمل دارویی طبیعی از آن استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ساکارومایسس سرویزیه، کامبوچا، باکتری لاکتیک، استوباکتر گزلینیوم، مخمر

مقدمه

گسترش یافت و به عنوان یک نوشیدنی کاربردی برای کاهش فشار خون، تسکین آرتروز، افزایش پاسخ ایمنی و درمان سرطان و بیماریهای متابولیک، بواسیر و روماتیسم در آنجا مصرف شد (۲). کامبوچا همچنین با نام های مختلفی در سراسر جهان شناخته شده است مانند قارچ چای قرمز، Ling zhi، Chainii kvass، Manchurian، Kargasok Tea، Chainii grib، Champignon de longue، Haipao، Mushroom vie و kocha kinoko. کامبوچای سنتی از طریق تخمیر هوازی چای سیاه و سبز و شکر تهیه می شود. لایه پلی- ساکاریدی که معمولاً به عنوان اجتماعی از همزیستی باکتری ها و مخمرها می باشد با نام اسکوبی (SCOBY) شناخته می شود (۳). مطالعه های زیادی در مورد بررسی میکروارگانیسم های موجود در کامبوچا وجود دارد که به- دلیل پتانسیل پروبیوتیک آن مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، در این مطالعه، ویژگی های عمومی کامبوچا نیز

کامبوچا (Kombucha) یک داروی سنتی است که با تخمیر چای سیاه شیرین تحت تاثیر همزیستس مخمرها و باکتری در شرایط کشت تهیه می شود. این نوشیدنی کمی شیرین، گازدار و اسیدی است. این ماده در سراسر جهان مصرف می شود، اما به صورت تاریخی در چین، روسیه و آلمان قدمت دارد. این ماده از ۲۲۰ سال قبل از میلاد مسیح در چین تا به امروز مصرف میشود (۱). کامبوچا در اوایل قرن بیست به روسیه و سپس آلمان

نویسنده مسئول:

گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

پست الکترونیکی: m.larypoor@iautn.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷

با توجه به خواص پروبیوتیک آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

تاریخچه کامبوچا

تاریخچه مصرف کامبوچا به ۲۲۰ سال قبل از میلاد برمی گردد (۴). در منچوری، چای به دلیل خواص جادویی آن مورد توجه بود. با گسترش مسیرهای تجاری به سرزمین های دورتر از مشرق زمین، کامبوچا به روسیه و اروپای شرقی راه پیدا نمود. این چای در روسیه بسیار محبوب شد و برای درمان بیماری های متابولیک، بواسیر و روماتیسم مصرف می شد. بیش تر متون و اطلاعات مربوط به این چای توسط پزشکان روسی و در زمینه مصارف دارویی آن است. پس از جنگ جهانی دوم، بررسی ها نشان داد، در نواحی از روسیه که از این چای استفاده می شد، به رغم آلودگی های صنعتی و سموم موجود در محیط، میزان سرطان نسبت به مناطقی که از این ماده استفاده نمی کردند به میزان قابل توجهی کم تر بود (۵). در طول جنگ جهانی دوم، مصرف کامبوچا از روسیه فراتر رفت و به اروپای غربی و آفریقای شمالی گسترش یافت (۶). مصرف این چای در اروپا به دلیل اثرهای احتمالی سم زدایی از خون و سیستم گوارشی آن بوده است. چای تخمیری، علاوه بر نام های دیگر مانند Man-churian، Kargasok Tea، Tea Fungus و Mushroom Haipao با نام کامبوچا به معنای قارچ چای نیز شناخته می شود. مصارف فعلی چای تخمیری به جهت سلامتی بهتر و درمان بیماری های مزمن، مانند سرطان است. با این حال، این امر به اثبات رسیده است که مصرف کامبوچا برای افرادی که دارای بیماری زمینه ای هستند مضر است. همچنین عدم رعایت بهداشت در تهیه آن، سبب رشد میکروب های پاتوژن می شود (۵، ۲).

آماده سازی کامبوچا

این نوشیدنی با قرار دادن اسکوبی در چای شیرین و انجام فرآیند تخمیر تهیه می شود (۷). طعم آن ترش و شیرین همراه دی اکسید کربن است (۸). تولید معمول نوشیدنی کامبوچا بر پایه چای سیاه، سبز یا اولانگ است. برای جلوگیری از آلودگی توسط قارچ های موجود در هوا یا میکروارگانیسم های بیماری زای دیگر، باید از ظروف استریل استفاده شود. دستور العمل تولید کامبوچا ممکن است متفاوت باشد. پس از برداشتن برگ های چای، اجازه داده می شود تا در دمای اتاق خشک شود. سپس به مدت حدود ۱۰ دقیقه برگ چای سیاه با آب جوشیده دم شده و به آن ۵۰ تا ۱۵۰ گرم در لیتر (۵ تا ۱۵ درصد) شکر، اضافه می کنند. کلنی میکروبی باقی مانده بر روی لایه

سلولزی یا اسکوبی به این محلول اضافه می شود. پس از دوره ۱۰ روزه انکوباسیون در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و تاریکی کامبوچا آماده است. اگر انکوباسیون بیش از ۱۰ روز ادامه یابد، اسیدیته ممکن است به سطحی برسد که برای مصرف مضر باشد. در مرحله بعد، کلنی میکروبی برداشته شده و کامبوچا آماده مصرف می شود. میزان مصرف توصیه شده از ۱۰۰ میلی لیتر تا ۳۰۰ میلی لیتر در روز است. محصول نهایی نوشیدنی کمی گازدار است که از اسیدهای آلی، ویتامین ها، مواد معدنی و اجزای چای تشکیل شده است و مزه شیرین دارد. کنترل سطح pH به هنگام تخمیر کامبوچا مهم است و به طور ترجیحی با رسیدن به سطح pH برابر با ۴ این روند متوقف می شود، زیرا تولید بیش از حد استیک اسید ممکن است ضد فرآیند تولید باشد (۹). سایر روش های ایمنی مواد غذایی شامل پاستوریزه کردن محصول نهایی برای جلوگیری از تولید بیش از حد الکل و کربن دی اکسید و همچنین افزودن ۰/۱ درصد بنزوات سدیم و ۰/۱ درصد سوربات پتاسیم به عنوان نگهدارنده مواد غذایی و در نهایت نگهداری آن در یخچال است (۱۰).

سوبسترای تخمیری کامبوچا

چای شیرین دم کرده سوبسترای است که میکروارگانیسم های کامبوچا برای تولید محصول نهایی روی آن رشد می کنند (۱۱). تأثیر شیرین کننده های مختلف بر فعالیت های متابولیکی قارچ توسط محققان بررسی شده است. در این بررسی ساکارز، لاکتوز، گلوکوز و فروکتوز آزمایش شده است و تولید اتانول و اسید لاکتیک توسط کلنی کامبوچا برای هر شیرین کننده و در غلظت های مختلف اندازه گیری شده است و ثابت شده که غلظت ۵۰ گرم در لیتر ساکاروز با کم ترین زمان تخمیر، بیش ترین میزان تولید اتانول و اسید لاکتیک را دارد و تخمیر را تسهیل می کند (۹، ۱۲). محققان همچنین کلنی کامبوچا را در چای سیاه، چای نعنای فلفلی، آبجو، و کولا و مقدار مشخص اتانول، اسید لاکتیک، اسید گلوکونیک و اسید استیک قرار دادند و مشخص شد این متابولیت های مفید کامبوچا در آبجو، کولا و چای نعنای بسیار کم تولید می شوند، ولی در چای سیاه پس از ۱۴ روز تخمیر به متابولیت های اخمیری ترتیب با ۱/۰۷ گرم در لیتر، ۲/۹۴ گرم در لیتر و ۲/۵۲ گرم در لیتر بود. در نتیجه، سوبسترای ترجیحی آزمایش شده برای کلنی کامبوچا چای سیاه است (۱۱). در جدول ۱ ترکیب های موجود در کامبوچای حاصل از چای سیاه با چای سبز مقایسه شده است (۱۳).

محتوای کافئین فنجان چای در حدود ۴۰ میلی گرم است. کافئین و پلی فنل در غلظت های بالا فعالیت آنتی بیوتیکی را از خود نشان می دهند. گروه پلی فنلی که بیشترین واکنش را در طی فرآیند آنزیمی تخمیر برگ های سبز تازه به برگ های چای سیاه دارند، کاتچین نام دارد. مشخص شد که کاتچین دارای خواص باکتریواستاتیک در برابر استرپتوکوک موتانس است (۱۴). چای سبز دارای محتوای کاتچین بسیار بالاتر از چای سیاه است (۱۵، ۱۶). در نتیجه، چای سبز با غلظت زیاد ممکن است فعالیت آنتی بیوتیکی بیشتری نسبت به چای سیاه داشته باشد. این نتیجه اختلاف فرآوری بین دو چای را نشان می دهد (۱۷). برای جلوگیری از هرگونه اکسیداسیون آنزیمی، برگ های چای سبز بلافاصله پس از چیدن، گرما داده شده و در معرض هوا اکسید شده و خشک می شوند تا واکنش های آنزیمی غیرفعال شود (۱۴). اکسیداسیون اجزای سازنده، به چای سیاه رنگ و عطر و طعم بی نظیری می بخشد. به دلیل این عطر و طعم، چای سیاه بیش تر برای تهیه کامبوچا استفاده می شود (۱۸). با این حال، نشان داده شده است که چای سبز اثر تحریک کننده رشد کمتری در مخمرها و تخمیر کامبوچا نسبت به چای سیاه دارد (۱۲).

تخمیر

دوره تخمیر کامبوچا در دمای اتاق به طور معمول نیاز به حداقل ۳ روز و حداکثر ۶۰ روز دارد که وابسته به روش کشت است (۱۰). ساکاروز به عنوان منبع اصلی کربن (غلظت ۲۰-۵ درصد) در این فرآیند است که محیط و مواد مغذی لازم برای رشد و تولید متابولیت های میکروبی را فراهم می کند. اسکوبی یا مایع حاصل در غلظت ۱۰ درصد از تخمیر قبلی ممکن است به عنوان آغازگر کشت برای تخمیر استفاده شود (۷، ۸). تخمیر کامبوچا، شامل تخمیرهای اتانول، لاکتیک و استیک است که در دمای اتاق، ۷-۱۰ روز یا بیش تر طول می کشد (۱۷). در تولید کامبوچا از قارچ چای به نام اسکوبی یا کشت کامبوچا که لایه پلی ساکاریدی است، استفاده می شود (۱۵). اگرچه شکل ظاهری کلنی شبیه قالب سطحی یا قارچ است، اما در واقع یک لایه سلولزی شناور است که در طی رشد میکروبی تولید می شود (۱۹). میکروارگانیسم های موجود در این کشت به طور معمول از مخمرهای اسمو فیل مانند ساکارومایسس (*Saccharomyces*) و باکتری های تولید کننده سلولز مانند استوباکتر گزینیلیوم (*Acetobacter xylinum*) تشکیل شده است. ترکیب میکروبی کامبوچا در مراحل مختلف تخمیر و از یک کشت به کشت دیگر

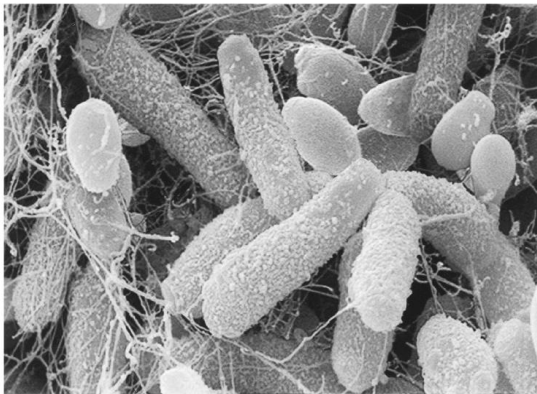
متفاوت است و به عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، آب و هوا، گونه های باکتری و مخمر، منبع تلقیح، مقادیر شکر و مواد اولیه بستگی دارد (۲۰).

جدول ۱. مقایسه ترکیب های موجود در کامبوچای حاصل از چای سیاه با چای سبز (۱۳)

چای سبز	چای سیاه	
۳۴	۴/۲	کاتچین
—	۱/۸	تئافلاوین
—	۱۷	تئاروبینین
۰/۴	—	فلاوونول
۴/۴	۱/۴	فلاوونول گلیکوزید
۷/۶	۱۰/۷	پروتئین
۵/۳	۴/۸	آمینو اسید
۶/۹	۷/۱	کافئین
۱۲/۵	۱۳/۵	کربوهیدرات
۹/۵	۱۱	ارگانیک اسید

بعد از این که قارچ چای به چای شیرین و دم کرده اضافه می شود، تخمیر شروع شده و پس از چند روز یک کشت تازه اسکوبی از کشت کهنه اسکوبی ظاهر می شود. در این مرحله، حباب های گاز اسید کربنیک تولید شده و بوی تخمیر به مشام می رسد. برای تولید اسیدها و متابولیت های مشخص، تخمیر کامبوچا به میزان اکسیژن و دی اکسید کربن کافی نیاز دارد. ساکارز، به عنوان منبع کربن، ابتدا با اثر آنزیم اینورتاز تولید شده توسط مخمرها *Saccharomyces cerevisiae* سرویس می شود. در طی تخمیر، به گلوکز و فروکتوز تجزیه می شود. مخمرها گلوکز موجود را از طریق مسیر گلیکولیتیک به صورت بی هوازی به اتانول تبدیل می کنند، در حالی که میکروبها به ترتیب از گلوکز و اتانول برای تولید اسید گلوکونیک و اسید استیک استفاده می کند. علاوه بر این، اکسیداسیون گلوکز توسط *Komagataeibacter xylinus* (آن را به اسید گلوکونیک تبدیل می کند. لاکتوباسیلوس هم چنین با استفاده از گلوکز و ساکارز اسید لاکتیک تولید می کند. علاوه بر این، *کوماگاتایی باکتر زایلینوس* سلولز را از گلوکز تولید می نماید (۳، ۴). در پایان تخمیر، طعم دلپذیر میوه ای، ترش، سبک و گازدار کامبوچا به طعم ملایم سرکه مانند تبدیل می شود. اگرچه کامبوچا به طور سنتی از چای سیاه تولید می شود، اما می توان تولید کامبوچا را با توجه به ویژگی های مورد نظر اصلاح کرد و از انواع مختلف چای و منابع کربن و طعم دهنده های خاص در تولید آن استفاده کرد. (۲۱)

میکروبیولوژی کامبوچا



شکل ۱. میکروگراف الکترونی روبشی از میکروبیوم کامبوچا (۲۷)

عملکرد میکروبی در کامبوچا

تبدیل کربن ساکارز با تجزیه قندهای موجود در قند و فروکتوز توسط مخمرها آغاز می‌شود. گلوکز در درجه اول توسط مخمرها برای تولید اتانول و دی اکسید کربن مصرف می‌شود. سپس اتانول توسط باکتری‌ها به استالاندید و سپس به اسید استیک اکسید می‌شود. غلظت معمول اسید استیک زیر ۱۰ گرم در لیتر است. استوباکتر از گلوکز به عنوان یک فعالیت بیوشیمیایی ثانویه استفاده می‌کند و اسید گلوکونیک تولید می‌کند که به طور معمول در مقادیر قابل توجهی (حدود ۲۰ گرم در لیتر) وجود دارد (۲۹). مقدار الکل کامبوچا هرگز از ۱۰ گرم در لیتر تجاوز نمی‌کند و اگر به چای تا ۳۰ روز اجازه تخمیر داده شود، ممکن است، غلظت اسید استیک به ۳۰ گرم در لیتر (۳٪) برسد (۳۰). بخشی از فروکتوز در محیط تخمیر باقی‌مانده و توسط میکروارگانیسم‌ها تا درجه بالاتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه، باکتری‌ها در درجه اول اسید استیک، اسید گلوکونیک و سلولز تولید می‌کنند (۳۱).

رشد اسکوبی

اسکوبی به عنوان یکی از اجزای ماتریکس خارج سلولی نقش کلیدی در اجتماع میکروبیوم جامعه میکروبی دارد که روابط متقابل قوی باکتری‌ها و مخمرها را نشان می‌دهد (۱۶، ۱۸، ۱۹). محققان نشان داده‌اند که کشت کامبوچا نویددهنده ایجاد کنسرسیون با خصوصیت پروبیوتیک مطلوب است. کشت مورد استفاده برای تخمیر کامبوچا با توجه به منشأ، آب و هوا، موقعیت جغرافیایی و محیط مورد استفاده برای تخمیر، ترکیب‌های میکروبی متنوعی دارد (۳۲). فراوان‌ترین پروکاریوت‌ها در کامبوچا جنس‌های گلوکونوباکتر و استوباکتر است (۳۳). این جنس‌ها متعلق به خانواده استوباکتریاسه، باکتری‌های

ترکیب میکروبی چای تخمیر شده شامل میکروب‌های ساکن بر روی غشا سلولزی شناور است که در طی رشد میکروبی در شرایط هوادهی و داخل چای فعالیت می‌کنند (۲۲). با هر مجموعه از کامبوچایک بیوفیلم میکروبی جدید تشکیل می‌شود و این فیلم جدید شامل یک کلنی است که می‌توان از آن برای ساخت مجموعه بعدی کامبوچا استفاده کرد. محققین در مطالعه‌ای محرک‌های طبیعی بیوسنتز سلولز را در دم‌کرده‌های گیاهی بررسی نمودند. در این مطالعه مشخص شد که کافئین و ترکیب‌های مرتبط (تئوفیلین و تئوبرومین) توانایی باکتری‌ها را برای تولید سلولز تحریک می‌کنند. به ظاهر، متیل گزانتین‌ها مکانیسم خاموش کردن سلولاز سنتاز را مهار می‌کنند. در نتیجه، اکسیژن موجود در چای کافئین‌دار به حداکثر می‌رسد (۲۳). با این حال، افزایش سطح کافئین از ۴ تا ۱۶ برابر سطح طبیعی (۴۰ میلی گرم) موجب جلوگیری از تخمیر کامبوچا می‌شود (۲۴). باکتری‌های تولید کننده اسید استیک و اسید گلوکونیک گونه‌های غالب پروکاریوتی در کلنی کامبوچا هستند. استوباکتر گزلیپینیوم باکتری اصلی در این کلنی است (۲۰). این باکتری از منابع کربنی مانند اتانول و گلوکز ترکیب‌های اسید استیک، اسید گلوکونیک و سلولز و سرکه تولید می‌کند. علاوه بر این، آلودگی ناشی از فساد و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در کامبوچا شناسایی نشده است و تولید و مصرف آن منعی ندارد (۲۵). این محصول به نسبت اسیدی است pH برابر با ۲/۵ و توانایی رشد بسیاری از موجودات دیگر و آلاینده‌های احتمالی را محدود می‌کنند (۲۶).

هم‌زیستی میکروبی

توزیع میکروارگانیسم‌ها در لایه سلولزی بسیار پیچیده است. محققان از فعالیت سیتوکروم اکسیداز برای تعیین رابطه هم‌زیستی در شبکه سلولزی استفاده کردند. تحقیقات آن‌ها نشان داد، باکتری‌ها و مخمرهای موجود در کلنی کامبوچا به صورت باند و لایه در شبکه سلولزی متصل شده‌اند (۲۶). میکروگراف الکترونی روبشی در شکل ۱ باکتری استوباکتر را در کنار مخمرهای ساکارومایسس را درون ماتریس سلولز نشان می‌دهد (۲۷). علاوه بر این، تولید اسید استیک ممکن است، تولید اتانول بیش‌تر در مخمر را تحریک کند. در نهایت، تولید هم‌زمان اتانول و اسید استیک از رقابت سایر میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. هم‌زیستی و سازگاری بین ارگانیسم‌های موجود در کلنی چای می‌تواند منجر به تولید ترکیب‌های مفید با اثرهای پروبیوتیکی، آنتی-سمتیک و ته‌کسب باند، م‌شود (۲۸).

باسیل گرم منفی هوازی هستند در جدول ۲. کنسرسیون میکروبی موجود در کامبوچا نشان داده شده است (۳۴).
جدول ۲. کنسرسیون میکروبی موجود در کامبوچا (۳۴)

مخمر	باکتری
ساکارومایسس سرویزیه (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	<i>Acetobacter xylinum</i> استوباکتر گزینیلیوم
زیگوساکارومایسس بایلی (<i>Zygosaccharomyces bailii</i>)	<i>Acetobacter xylinoides</i> استوباکتر گزینیلینوئیدس
شیزوساکارومایسس پومبه (<i>Schizosaccharomyces pombe</i>)	<i>Bacterium gluconicum</i> باکتریوم گلوکونیکوم
ساکارومایسس لادیویگی (<i>Saccharomyces ludwigii</i>)	<i>Acetobacter aceti</i> استوباکتر اسیتی
زیگوساکارومایسس رواکسی <i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	<i>Acetobacter pascuianus</i> استوباکتر پاستوریانوس
تورولاسپورا دیلبروکی <i>Torulaspora delbrueckii</i>	<i>Gluconobacter oxydans</i> (<i>Leuconostoc</i> sp.)
برتانومایسس لامبیکوس <i>Brettanomyces lambicus</i>	لئوکونوستوک (<i>Bifidobacterium</i> sp.)
برتانومایسس کاستری <i>Brettanomyces custerii</i> (<i>Candida</i> sp.)	بیفیدوباکتریوم ترموس <i>Thermus</i>
کاندیدا (<i>Pichia membranaefaciens</i>)	<i>Allobaculum</i> sp. آلوباکتریوم
پیچیا ممبرانافاسینس (<i>Kloeckera apiculata</i>)	<i>Ruminococcus</i> رومینوکوکوس
کلوکرا آپیکولیت (<i>Torulopsis</i>)	<i>Propionibacterium</i> پروپیونی باکتریوم
تورولوپسیس	<i>Enterococcus</i> (sp.) اینتروکوکوس

طور عمده باکتری *Acetobacter xylinum* شبکه‌ای از سلولز را به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه تخمیر تولید می‌کنند. توده هم‌زیستی باکتری و مخمر به بیوفیلم می‌چسبند و غشایی ژله مانند ضخیم را تشکیل می‌دهد که به آن *Zooglea biofilm* نیز می‌گویند (۳۸). رشد کنسرسیون باکتری و مخمرها باعث اضافه شدن غشاهای ضخیم‌تر جدید می‌شود و این غشای سلولزی، میکروارگانیس‌م‌ها را در سطح نگه می‌دارد و امکان دسترسی کافی به اکسیژن را برای توسعه فراهم کرده و از میکروارگانیس‌م‌ها در برابر اشعه UV محافظت می‌کند (۴۰).

اجزای شیمیایی و اثرهای مفید کامبوچا

عوامل مختلفی در غلظت ترکیب‌های کامبوچا نقش دارند که از مهم‌ترین آن‌ها دما است. طبق تحقیقات انجام گرفته توسط Suharja و همکارانش در سال ۲۰۱۴، نگهداری نوشیدنی کامبوچا در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش ملایم محتوای باکتری‌های اسید استیک می‌شود. این کاهش تعداد در طی ۱۴ روز ذخیره سازی به‌طور قابل توجهی از $10^6 \text{ CFU/ml} \times 9/3$ به $10^6 \text{ CFU/ml} \times 3/4$ می‌رسد. در حالی که محتوای باکتری‌های اسید استیک به‌طور غالب در طول ۸ روز ذخیره‌سازی به‌طور تقریبی از تعداد $10^6 \text{ CFU/ml} \times 23/5$ به 10^6 CFU/ml

سویه‌های جنس استوباکتر از اتانول، اسید استیک تولید می‌کنند. این فرآیند توسط الکل دهیدروژناز و آلدهید دهیدروژناز (آنزیم‌هایی که اسید استیک تولید می‌کنند) انجام می‌شود. در این فرآیند با دریافت آب و دی اکسید کربن به‌عنوان محصول‌های نهایی وارد چرخه کربس می‌شود (۳۵). جنس گلوکونوباکتر قادر به اکسیداسیون استات از طریق چرخه کربس نیست، زیرا فاقد آنزیم‌های لازم برای فرآیند اکسیداسیون مانند سوکسینات دهیدروژناز و آلفاکتوگلوکوتارات دهیدروژناز است که منجر به تجمع محصول‌هایی مانند گلوکونات در محیط می‌شود (۳۶). علاوه بر این، گونه‌های مختلف میکروبی در کامبوچا یافت می‌شود که بیش‌تر از نوع باکتری‌های اسید استیک هستند (۳۷). آنزیم اینورتاز مشتق شده از مخمرها، هیدرولیز ساکارز را به گلوکز و فروکتوزبا تولید اتانول از طریق مسیر گلیکولیز کاتالیز می‌کند. از سوی دیگر باکتری‌های گلوکونوباکتر و استوباکتر از گلوکز برای تولید گلوکونیک اسید و اتانول برای تولید اسید استیک استفاده می‌کنند (۳۸). تولید اتانول و اسید استیک مانع رشد باکتری‌های بیماری‌زا در کامبوچا می‌شود (۳۹). مخمر اسموفیل که برای تخمیر در نوشیدنی تلقیح می‌شوند عامل رشد آنچه به‌عنوان قارچ چای شناخته شده است *Medusomyces gisevii* نام دارد. (۱۹) با استفاده از ساکارز به‌عنوان منبع کربن، باکتری‌های اسید استیک به-

استخراج کردند. مهم‌ترین جنس جدا شده باکتریایی *Gluconacetobacter* (بیش‌تر از ۸۵ درصد) و لاکتوباسیلوس بود و مخمر *Zygosaccharomyces* در بیش‌تر از ۹۵ درصد نمونه‌های تخمیر شده وجود داشت. در تحقیقی از سه نمونه نوشیدنی کامبوچا برای ارزیابی ترکیب‌های کامبوچا در مراحل مختلف تخمیر در ۱۴، ۷ و ۲۱ روز استفاده شد. فیبر و پروتئین از اجزای اصلی اسکویی بودند. از نظر پروتئین‌ها، مقدار قابل توجهی اسید آمینه مشخص شد که بیش‌ترین غلظت اسیدآمینه‌های ضروری شامل لوسین و ایزولوسین بودند. در جدول ۳ غلظت‌های اسید آمینه در کامبوچا در زمان‌های مختلف تخمیر نشان داده شده است (۳۹).

$10^6 \times 2/7$ کاهش می‌یابند. بر اساس گزارش‌ها، مخمر تأثیر مثبتی بر بقای باکتری اسید لاکتیک در ۳۰ درجه سانتی‌گراد دارد، اما در ۱۲ درجه سانتی‌گراد تأثیری ندارد (۲۸، ۲۹). این امر می‌تواند به این معنی باشد که دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ممکن است اثر مثبت مخمرها بر روی رشد باکتری‌های اسید استیک را محدود کرده و میزان بقای آن‌ها را کاهش دهد (۱۲، ۱۳).

Marsh و Cotter در سال ۲۰۱۴ به تجزیه و تحلیل توالی چندین نمونه از کامبوچا به منظور بررسی عمیق میکروفلور در طی تولید کامبوچا پرداختند. آن‌ها DNA را از سلول‌های سلولزی از پنج نمونه کامبوچا در دو زمان تخمیر

جدول ۳. غلظت تقریبی اسیدهای آمینه در کامبوچا (۳۹)

نوع اسید آمینه			زمان های تخمیر		
اسید آمینه ضروری (روز)			۷	۱۴	۲۱
ایزولوسین			۲۸/۱	۳۵/۲	۴۴/۲
لوسین			۲۷/۲	۳۵/۹	۴۵/۱
لایزین			۳۹/۵	۴۸	۵۳/۱
متیونین			۶/۳	۱۱/۳	۲۰/۲
فنیل آلانین			۱۳/۶	۲۲/۳	۳۰/۲
ترئونین			۷/۷	۱۳/۲	۲۰/۱
والین			۱۵/۱	۲۲/۳	۳۰/۲
تریپتوفان			۷/۴	۱۲/۳	۲۱/۱
اسید آمینه غیر ضروری (روز)			۷	۱۴	۲۱
آلانین			۳۰/۹	۴۱/۹	۴۴/۲
آرژنین			۱۴/۵	۳۰/۸	۴۵/۱
آسپارتیک اسید			۳۰/۳	۴۲	۵۳/۱
سیستئین			۱۰/۳	۱۵/۲	۲۰/۲
گلوتامیک اسید			۳۲/۲	۴۲/۳	۳۰/۲
گلیسین			۹/۵	۱۷/۲	۲۰/۱
هیستیدین			۶	۱۰/۶	۳۰/۲
پرولین			۲۵/۵	۳۵/۲	۲۱/۱
سربین			۱۱/۲	۲۲/۲	۱۵/۲
تیروزین			۹/۹	۱۸/۶	۵۳

(منگنز، آهن، نیکل، مس، روی، کبالت، کروم و کادمیوم)، آنیون‌ها (فلوراید، کلرید، برومید، نیترات، فسفات و سولفات)، اسیدهای دی ساکارید-۱، لاکتون-۴ و محصول-های متابولیکی مخمرها و باکتری‌ها نیز یافت می‌شوند (۶). وجود مقدار اجزای شیمیایی متغیر است و به‌طور عمده به محیط زیست میکروارگانیسم‌های کننده در تخمیر کامبوچا و هم‌چنین دما، زمان تخمیر، محتوای ساکارز و نوع چای استفاده شده، هم‌چنین به روش‌های تجزیه و تحلیل مورد استفاده برای کمی سازی بستگی دارد (۱۲، ۱۳). آخرین تجزیه و تحلیل شیمیایی با استفاده از کروماتوگرافی مایع با تمایل بالا و طیف سنجی جرمی

سنجش‌های شیمیایی نوشیدنی کامبوچا نشان دهنده وجود انواع ترکیب‌ها، از جمله اسیدهای آلی که به‌طور عمده اسید استیک، اسید گلوکونیک و اسید گلوکورونیک است. اگرچه سیتریک، L-لاکتیک، مالیک، تارتاریک، مالونیک، اگزالیک، سوکسینیک، پیروویک و اسیدهای یونیک نیز ممکن است یافت شود. قندها (ساکارز، گلوکز و فروکتوز)، ویتامین‌های محلول در آب (B1-B2-B6-) و B12 و C)، اسیدهای آمینه، آمین‌های بیوژنیک، پورین‌ها، رنگدانه‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، آنزیم‌های هیدرولیتیک، اتانول، باکتری‌های اسید استیک، باکتری‌های اسید لاکتیک، کربن دی اکسید، پلی فنول‌ها، مواد معدنی

انجام شد که فروکتوز، اسید استیک و اسید گلوکونیک از ترکیب‌های اصلی تخمیری فروکتوز بودند (۱۷). متابولیت‌های تولید شده در نوشیدنی کامبوچا با اضافه کردن غلظت‌های مختلف ساکاروز (۰، ۵۰ گرم در لیتر، ۷۰ گرم در لیتر، ۱۰۰ گرم در لیتر) تغییر می‌کند. علاوه بر این، در تحقیقات اسید لاکتیک هرگز به غلظت‌های بالاتر از ۰/۶ گرم در لیتر و اسید گلوکونیک کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نرسید (۹، ۸). ترکیب‌های دیگر کامبوچا ممکن است شامل ترکیب‌های چای و سایر متابولیت‌های جزئی میکروبی باشند. محققان مشخص کرد که اینورتاز، آمیلاز و سایر آنزیم‌های اکسیداتیو ممکن است در چای در نتیجه فعالیت‌های متابولیکی در کلنی وجود داشته باشد (۲۵، ۲۶). هم‌چنین اسیدهای اورسینول، آترانورین، اورسولینیک، اسلازینسی، لکانوریک و فومارپروتوتستریک شناسایی شدند. این ترکیب‌ها به احتمال زیاد توسط مخمر موجود در کلنی تولید می‌شوند (۲۰، ۱۹).

اثرهای بیولوژی و ضد میکروبی کامبوچا

محققان در بررسی‌های خود اظهار کردند، کامبوچا در تسهیل و تقویت هضم غذا مؤثر بوده و خستگی، استرس، پیری و سرطان با مصرف منظم کامبوچا بهبود می‌یابد (۷، ۶). هم‌چنین اثرهای کامبوچا از نظر دارویی اثبات نشده است و بنابراین باید به‌عنوان یک مکمل غذایی و نه درمانی در نظر گرفته شود (۱۹). چای تخمیر نشده دارای اثرهای اثبات شده ضد سرطان، ضد تومور، ضد میکروبی، ضد آتروژنیک، آنتی اکسیدان و ضد التهاب است. لازم‌به ذکر است، این اثرهای مفید در جمعیت‌هایی که بیش از یک فنجان چای در روز به‌طور معمولی چهار یا بیش‌تر مصرف می‌کنند مشاهده می‌شود. از آنجا که به‌طور معمول مصرف کامبوچا کم‌تر از یک فنجان در روز است، این نوع اثرها بر روی سلامتی نباید با مصرف کامبوچا همراه باشد (۱۱، ۱۲). کامبوچا دارای فعالیت ضد میکروبی در آزمایشگاه علیه *Escherichia coli*، *Staphylococcus aureus* و *Agrobacterium tumefaciens* به‌دنبال مصرف کم چای (۴/۴ گرم وزن خشک در لیتر) است. این فعالیت مشاهده شده به محتوای اسید استیک کامبوچا نسبت داده شد. Steinkraus و همکارانش در مطالعه‌ای اظهار داشتند، فعالیت مهاری چای تخمیر شده و تخمیر نشده با هم قابل قیاس نیست، زیرا روش تهیه و مقادیر استفاده شده از ترکیب‌ها و چای در فعالیت‌های میکروبی تأثیر مستقیم دارد (۳۳). فعالیت آنتی‌بیوتیکی کامبوچا تهیه شده با ۳۷ گرم در لیتر چای توسط *Agrobacterium*

tumefaciens در چای تخمیر شده مهار می‌شود (۱۱). کامبوچای حاوی ۷ گرم در لیتر (۷/۰ درصد) اسید استیک، فعالیت ضد میکروبی علیه *Escherichia coli aureus*، *Salmonella*، *Bacillus cereus typhimurium* و *Agrobacterium tumefaciens* دارد اما رشد *Candida albicans* با این نمونه‌های آزمایش شده کامبوچا مهار نشد. چای سبز و سیاه در سطوح مختلف شامل ۴/۴ گرم در لیتر (۴۴/۰ درصد) و در ۷۰ گرم در لیتر (۷/۰ درصد) مورد آزمایش قرار گرفت. همه میکروارگانیسم‌ها به‌طور مشابه در نمونه‌های چای تخمیر شده مهار شدند که به اسیدیتته چای تخمیر شده نسبت داده می‌شود (۱۵، ۱۶). در نتیجه این فعالیت ضد میکروبی کامبوچا، پیشنهاد شده است، در صورت استفاده موضعی آن به کاهش عفونت در آسیب‌های پوستی و سوختگی کمک می‌کند. هم‌چنین مصرف کامبوچا به کاهش درد و افزایش خواب موش‌های صحرایی که به‌مدت دو هفته از نوشیدنی استفاده می‌کردند، کمک کرد (۲۱، ۲۲).

فواید کامبوچا برای سلامتی

کامبوچا به‌دلیل خواص پروبیوتیکی و سینبیوتیکی به‌تازگی به نوشیدنی محبوبی تبدیل شده است که اگر به‌طور منظم مصرف شود فواید مثبتی بر سلامتی دارد (۳۴). هم‌چنین توسط اداره غذا و داروی ایالات متحده گزارش شده است که کامبوچا برای مصرف انسان بی‌خطر است و اثرهای پیشگیری‌کننده و بهبود دهنده آن بر روی سلامتی اثبات شده است (۳، ۷). از این نوشیدنی برای تأمین ویتامین‌ها و اسیدهای آلی جهت کمک به حفظ سلامتی در افرادی که در محیط‌های ناسالمی مانند معادن و مناطق قطبی کار می‌کنند، استفاده می‌شود (۳۷). هم‌چنین گزارش شده که کامبوچا به‌عنوان یک پروبیوتیک عمل می‌کند و به تعادل میکروبیوتای دستگاه گوارش در انسان کمک می‌کند و نرمال سازی فعالیت‌های روده را تسهیل می‌کند (۳۶، ۴۰). هم‌چنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد میکروب‌های کامبوچا سبب تحریک سیستم ایمنی در میزبان می‌شود (۲۱، ۲۲). در بین کنسرسیون میکروبی کامبوچا، گونه‌های لاکتوباسیلوس به‌دلیل تأثیرهای مثبت آن‌ها بر سلامتی، بیش‌ترین استفاده را دارند (۲۸). اگرچه بیش‌تر مطالعه‌های بیولوژیکی در مورد چای کامبوچا در شرایط آزمایشگاهی انجام شده است، اما چندین تحقیق بر روی موش صحرایی، موش معمولی و غیره انجام شده است (۳، ۷، ۱۱). کاهش اختلالات قاعدگی و گرگرفتگی یائسگی،

افزایش بینایی چشم، بازسازی سلول‌های پوششی، تحریک سیستم ایمنی بدن، تسکین برونشیت و آسم، سلامت مو، پوست و ناخن، افزایش متابولیسم کلی، کاهش استرس و اختلالات عصبی و کلسیفیکاسیون کلیه از اثرهای مفید مصرف کامبوچا است (۲۸،۲۹). هم‌چنین کاهش قند خون، محافظت کبدی و کاهش کلسترول و محافظتی در برابر بیماری‌های قلب و عروق از اثرهای مفید دیگر کامبوچا است (۱۲،۱۵،۲۰،۲۳،۳۵،۴۰) اسید گلوکونیک، اسید گلوکونیک و اسید بوتیریک در فرآیند تخمیر کامبوچا تولید می‌شود و به‌عنوان محافظ غشای سلولی انسان شناخته می‌شود. ترکیبی از اسید گلوکونیک و بوتیریک با تقویت مخاط روده از اتصال انگل به مخاط روده جهت بیماری‌زایی ممانعت می‌کند (۱۱). گزارش شده است که فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی کامبوچا در نتیجه متابولیسم میکروبی پلی‌فنول‌های چای افزایش می‌یابد (۱۰،۱۲). مخمرهای موجود در این نوشیدنی به‌همراه اسیدهای آلی می‌توانند اثرهای سموم میکروبی موجود در مواد غذایی مانند آفلاتوکسین-B1 را که از عوامل ایجاد کننده سرطان کبد در انسان است خنثی نمایند. در تحقیقات آتی باید به بررسی اثرهای توکسین‌بایندری پلی‌ساکارید پرداخته شود (۲۷).

اثرهای مضر کامبوچا

در تحقیقی ضایعات داخلی پس از ۱۲ هفته مصرف در اندام‌های موش‌ها مشاهده شد و نتایج آن در موش‌هایی که تحت درمان مشابه قرار گرفتند و هیچ‌گونه عارضه‌ای نداشتند، مقایسه شد و بیان شد که حساسیت به سمیت ناشی از کامبوچا از گونه‌ای به‌گونه دیگر متفاوت است (۲۵). احتمال ایجاد اثرهای سمی در صورت مصرف زیاد کامبوچا پس از دو حادثه در ایالات متحده در سال ۱۹۹۵ باعث نگرانی شد. یک نفر در اثر زخم روده و اسیدوز شدید جان خود را از دست داد. در بررسی‌ها نشان داده شد که این فرد مصرف کامبوچای خود را سه برابر یعنی به ۱۲ اونس در روز افزایش داده بود (۳۹). مدت زمان تخمیر کامبوچا در زمان تخمیر از ۷ روز به ۱۴ روز افزایش یافته بود و اسیدیته آن بسیار بالا بوده است که افراد دارای پیش زمینه‌های مستعدکننده اسیدوز بودند منع مصرف دارند. هم‌چنین نتایج نشان داد، مصرف کامبوچا در حدود ۴ اونس در روز مضر نیست. توصیه شده است، افراد بیمار یا مبتلا به نقص ایمنی نباید کامبوچا بنوشند (۱۳،۳۰). علاوه بر این، مواردی از مسمومیت با سرب به‌دلیل مصرف کامبوچا در گلدان سرامیکی وجود دارد که ممکن است به‌دلیل شستشوی سرب از گلدان

سرامیکی توسط اسیدهای موجود در کامبوچا باشد (۳۱،۳۲). در گزارشی، یک زن ۵۸ ساله که به‌مدت یک ماه کامبوچا مصرف کرده بود، دچار درد معده، حرکات روده‌ای، ادرار تیره، خارش و زردی شده است، اما مسمومیت کبدی وی مربوط به مصرف دارو بوده است (۱۶،۱۰). در مطالعه‌ای نشان داده شد که هیچ اثر سمی بر روی موش تغذیه شده با کامبوچا به‌مدت ۹۰ روز گزارش نشده است (۳۷). با اندازه‌گیری پارامترهای مختلف بیوشیمیایی و هیستوپاتولوژیک سمیت کامبوچا را با تغذیه خوراکی موش به‌مدت ۱۵ روز با استفاده از ۳ دوز مختلف (دوز طبیعی و ۵ و ۱۰ برابر آن دوز) بررسی کردند و نشان دادند که کامبوچا سمیت قابل توجهی نشان نمی‌دهد. هم‌چنین، علائمی که به‌دلیل مصرف کامبوچا دیده می‌شود ممکن است مربوط به تخمیر در شرایط غیر بهداشتی باشد (۶). وجود *Bacillus anthracis* نیز در کامبوچای تولید شده در شرایط غیر بهداشتی گزارش شده است (۲۶،۲۷).

برخی مطالعه‌ها گزارش کرده‌اند که کامبوچا می‌تواند باعث حالت تهوع، دشواری تنفس، سردرد، سرگیجه و زردی شود (۱۳،۲۴). دفتر ایمنی مواد غذایی و خدمات آزمایشگاهی زیر نظر وزارت کشاورزی پنسیلوانیا در سال ۲۰۱۷ برای جلوگیری از مشکلات احتمالی، دستورالعمل‌هایی را برای تولید و بطری‌سازی کامبوچا ارائه داده است. طبق این راهنما، هنگام تهیه کامبوچا، باید از ظروف و تجهیزات تمیز و مناسب استفاده شود و مناطق تخمیر باید تمیز نگه داشته شود تا از ایجاد آلودگی جلوگیری شود. بعد از بطری کردن، می‌توان با پاستوریزه کردن محصول در دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ ثانیه از رشد مخمرهای تخمیری جلوگیری کرد و هم‌چنین می‌توان از بنزوات سدیم و سوربات پتاسیم در غلظت‌های ۰/۱ درصد برای جلوگیری از رشد کپک استفاده کرد (۲۹). اگر مقدار pH نهایی در پایان تخمیر زیر ۴/۶ باشد، برای جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زا، عملیات حرارتی لازم نیست و کامبوچا غذایی ایمن محسوب می‌شود زیرا بیش‌تر میکروارگانیسم‌های فاسد کننده نمی‌توانند زیر pH برابر با ۴ رشد کنند. بعد از تخمیر، مقدار pH کامبوچا به‌طور معمولی حدود ۲/۵ است. با این حال، کامبوچا با مقدار pH زیر ۲/۵ نباید مصرف شود زیرا بسیار اسیدی است. در نتیجه، کامبوچا که تحت شرایط بهداشتی تهیه می‌شود به‌عنوان یک ماده غذایی بی‌خطر در نظر گرفته می‌شود. با این حال، کپک‌های مایکوتوکسیژن ممکن است توانایی رشد در چای تخمیر

روانه ۲۰ میلی لیتر کامپوچا به مدت ۱۰ روز با معادیر نرمال قند خون در ۲۴ نفر (۴۵-۵۵) سال مبتلا به دیابت شیرین وابسته به انسولین همراه است (۳۳).

کامپوچا، نوشیدنی طبیعی پروبیوتیک

یکی از مکانیسم‌های اصلی محافظتی پروبیوتیک‌ها در برابر عفونت‌های گوارشی، تعدیل سایتوکاین‌های پیش التهابی و تعادل فعالیت میکروبیوتای روده است (۸). هم-چنین پروبیوتیک‌ها با جلوگیری از رشد پاتوژن‌ها به واسطه رقابت با آن‌ها بر سر اتصال به سلول میزبان و مواد مغذی لازم برای رشد و تکثیر از طریق سنتز ترکیب‌های ضد میکروبی مانند اسیدهای آلی و باکتریوسین می‌توانند از دستگاه گوارشی محافظت کنند. تحریک واکنش سیستم ایمنی میزبان و تعدیل میکروبیوتای روده یکی دیگر از مکانیسم‌های پروبیوتیک‌ها است (۱۵، ۱۲). نوشیدنی‌های تخمیر شده پروبیوتیک به‌طور معمول با استفاده از فرآیند هم‌زیستی بین مخمر و باکتری تولید می‌شود (۴۰). مطالعه‌ها نشان می‌دهد که میکروارگانیسم‌های موجود در کامپوچا حاوی بیش از ۵۰ جنس مختلف از کنسرسیوم پروبیوتیکی شامل لاکتوباسیلوس، بیفیدوباکتریوم و ساکارومایسس است و پنج جنس از باکتری‌ها در آن به‌صورت غالب وجود دارند که شامل *Actinobacteria*, *Bacteroids*, *Dinococcus*, *Proteobacteria Formiticus* هستند (۱۲). مطالعه‌های بعدی فراوانی جنس‌های *Lactobacillus* و *Komagataeibacter*، *Leuconostoc*، *Lactococcus* و *Gluconobacter* در تخمیر کامپوچا را نشان داد (۲۹، ۱۴). نتایج مطالعه‌ای مشخص کرد، لاکتوباسیلوس و لاکتوکوکوس بر روی لایه‌های پلی‌ساکاریدی کامپوچا غالب هستند. جنس مخمر غالب کامپوچا *Zygosaccharomyces* گزارش شده است (۳۴، ۲۷). اگرچه بیش‌تر مطالعه‌ها بر روی قارچ‌های موجود در کامپوچا متمرکز بوده است، اما تحقیقات اخیر در مورد لاکتوباسیلوس به‌دلیل پتانسیل پروبیوتیکی این باکتری‌ها افزایش یافته است. نمونه‌های آزمایشگاهی جدا شده از کامپوچا پروبیوتیک محسوب می‌شوند و تحت آزمایش‌های تولید باکتریوسین و آزمون تحمل نمک صفراوی تحمل دارند. نتایج نشان داد، جدایه L5 باکتریوسین تولید می‌کند و تحمل زیادی به نمک صفراوی نشان می‌دهد (۲۶، ۲۳). در مطالعه دیگری *Lactiplantibacillus* *plantarum* SLG10 جدا شده از کامپوچا برای تولید باکتریوسین به نام SLG10 پیدا شد (۱۸، ۱۴). انواع

نویید اسی بیویب‌ها و مابویب‌های نعل و صد می‌روبی ناشی از تخمیر و تبدیل ترکیبات فنلی به اجزای فعال بیولوژیکی در کامپوچا، این نوشیدنی را به یک نوشیدنی طبیعی پروبیوتیکی تبدیل کرده است. در مطالعه‌ای که انجام شد، افزودن چای کامپوچا (غلظت ۲۰٪) به رژیم-های غذایی مبتنی بر گندم باعث افزایش رشد مرغ گوشتی شد و به‌عنوان مکمل غذایی استفاده شد (۲۵، ۲۱). در مطالعه‌ای نشان داده شده است که کامپوچا می‌تواند جایگزین مناسبی برای تولید آنتی‌بیوتیک در مکمل خوراک دام و طیور باشد (۱۲).

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، محبوبیت کامپوچا به‌دلیل تأثیرهای مثبت آن بر سلامتی افزایش یافته است. حتی اگرچه بسیاری از مطالعه‌ها گزارش کرده‌اند که کامپوچا فوایدی برای سلامتی دارد، اما خطرهای ناشی از مصرف زیاد کامپوچا در افرادی با نقص ایمنی باید در نظر گرفته شود. FDA اعلام کرده که کامپوچا در صورت تولید در شرایط بهداشتی بی‌خطر است. تمام تحقیقات انجام شده در مورد کامپوچا مربوط به تعیین ترکیب شیمیایی، محتوای میکروبی و همچنین اثرهای سلامتی آن است. به‌طور کلی، باکتری‌ها و مخمرهای موجود در کامپوچا به‌عنوان پروبیوتیک‌های بالقوه در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، مطالعه‌های بسیار محدودی در مورد میکروارگانیسم‌های موجود در کامپوچا و اثرهای پروبیوتیکی آن انجام شده است. اگرچه تأثیرهای کامپوچا بر روی مدل‌های حیوانی تأیید شده است، در ۱۰ سال گذشته هیچ مطالعه‌ای در مورد بررسی اثرهای آن بر روی انسان صورت نگرفته است و مکانیسم‌های قابل مقایسه در انسان تا به امروز نامشخص است. از این‌رو، برای تعیین دقیق فعالیت پروبیوتیکی کامپوچا، تحقیقات بیش‌تری لازم است.

سپاسگزاری

نویسندگان اظهار داشتند که هیچ منافع مالی یا روابط شخصی تأثیرگذار بر نگارش مقاله وجود ندارد.

1. Afsharmanesh M, Sadaghi B. Effects of dietary alternatives (probiotic, green tea powder, and Kombucha tea) as antimicrobial growth promoters on growth, ileal nutrient digestibility, blood parameters, and immune response of broiler chickens. *Comparative Clinical Pathology*. 2014 May 1;23(3):717-24.
2. Chakravorty S, Bhattacharya S, Chatzinotas A, Chakraborty W, Bhattacharya D, Gachhui R. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International journal of food microbiology*. 2016 Mar 2;220:63-72.
3. Coton M, Pawtowski A, Taminiau B, Burgaud G, Deniel F, Coulloumme-Labarthe L, Fall A, Daube G, Coton E. Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. *FEMS Microbiology Ecology*. 2017 May 1;93(5).
4. De Filippis F, Troise AD, Vitaglione P, Ercolini D. Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation. *Food microbiology*. 2018 Aug 1;73:11-6.
5. Fu C, Yan F, Cao Z, Xie F, Lin J. Antioxidant activities of kombucha prepared from three different substrates and changes in content of probiotics during storage. *Food Science and Technology*. 2014;34:123-6.
6. Galdeano CM, Cazorla SI, Dumit JM, Vélez E, Perdigón G. Beneficial effects of probiotic consumption on the immune system. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2019;74(2):115-24.
7. Gedela M, Potu KC, Gali VL, Alyamany K, Jha LK. A case of hepatotoxicity related to kombucha tea consumption. *SD Med*. 2016 Jan 1;69(1):26-8.
8. Goh WN, Rosma A, Kaur B, Fazilah A, Karim AA, Bhat R. Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose. *International Food Research Journal*. 2012;19(1):109.
9. Hosseini SA, Rasouli L, Gorjian M, Yadollahpour A. A comparative study of the effect of Kombucha prepared from green and black teas on the level of blood glucose and lipid profile of diabetic rats. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. 2016 Apr 1;5(2).
10. Jayabalan R, Malini K, Sathishkumar M, Swaminathan K, Yun SE. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*. 2010 Jun;19(3):843-7.
11. Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014 Jul;13(4):538-50.
12. Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014 Jul;13(4):538-50.
13. Chakravorty S, Bhattacharya S, Chatzinotas A, Chakraborty W, Bhattacharya D, Gachhui R. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International journal of food microbiology*. 2016 Mar 2;220:63-72.
14. Martínez Leal J, Valenzuela Suárez L, Jayabalan R, Huerta Oros J, Escalante-Aburto A. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CyTA-Journal of Food*. 2018 Jan 1;16(1):390-9.
15. Kovacevic Z, Davidovic G, Vuckovic-Filipovic J, Janicijevic-Petrovic MA, Janicijevic K, Popovic A. A Toxic Hepatitis Caused the Kombucha Tea—Case Report. *OA Maced J Med Sci*. 2014 Mar 15; 2 (1): 128-131.
16. Kozyrovska NO, Reva OM, Goginyan VB, De Vera JP. Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology. *Biopolymers and Cell*. 2012.

17. Lavefve L, Marasini D, Carbonero F. Microbial ecology of fermented vegetables and non alcoholic drinks and current knowledge on their impact on human health. *Advances in food an nutrition research*. 2019 Jan 1;87:147-85.
18. Marsh AJ, O'Sullivan O, Hill C, Ross RP, Cotter PD. Sequence-based analysis of the bacterial an fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food microbiology*. 2014 Ap 1;38:171-8.
19. Bogdan M, Justine S, Filofteia DC, Petruta CC, Gabriela LU, Roxana UE, Florentina M. Lacti acid bacteria strains isolated from Kombucha with potential probiotic effect. *Rom. Biotechnol. Let* 2018 May 1;23:13592-8.
20. Neffe-Skocinska K, Dybka-St K, Antolak H. Isolation and identification of acetic acid bacteri with potential prohealth properties. *Zywnosc Nauka Technol. Jakosc*. 2019;26:183-95.
21. Nummer BA. SPECIAL REPORT: Kombucha brewing under the Food and Drug Administratio Model Food Code: Risk analysis and processing guidance. *Journal of environmental health*. 2013 No 1;76(4):8-11.
22. Panghal A, Janghu S, Virkar K, Gat Y, Kumar V, Chhikara N. Potential non-dairy probioti products—A healthy approach. *Food bioscience*. 2018 Feb 1;21:80-9.
23. Podolich O, Zaets I, Kukhareenko O, Orlovska I, Reva O, Khirunenkeno L, Sosnin M, Haidak A Shpylova S, Rabbow E, Skoryk M. Kombucha multimicrobial community under simulated spaceflight and martian conditions. *Astrobiology*. 2017 May 1;17(5):459-69.
24. Pundir RK, Rana S, Kashyap N, Kaur A. Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from food samples: an in vitro study. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2013 Mar 1;3(3):85.
25. Reva ON, Zaets IE, Ovcharenko LP, Kukhareenko OE, Shpylova SP, Podolich OV, de Vera JF Kozzyrovskia NO. Metabarcoding of the kombucha microbial community grown in differer microenvironments. *AMB Express*. 2015 Dec;5(1):1-8.
26. Larypoor M, Bayat M, Zuhair MH, Sepahy AA, Amanlou M. Evaluation of the number of CD4- CD25+ FoxP3+ Treg cells in normal mice exposed to AFB1 and treated with aged garlic extract. *Cel Journal (Yakhteh)*. 2013;15(1):37.
27. Greenwalt CJ, Steinkraus KH, Ledford RA. Kombucha, the fermented tea: microbiology composition, and claimed health effects. *J Food Prot*. 2000;63(7):976-81.
28. Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensiv Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014 Jul;13(4):538-50.
29. Sun TY, Li JS, Chen C. Effects of blending wheatgrass juice on enhancing phenolic compound and antioxidant activities of traditional kombucha beverage. *Journal of food and drug analysis*. 201 Dec 1;23(4):709-18.
30. SungHee Kole A, Jones HD, Christensen R, Gladstein J. A case of Kombucha tea toxicity. *J intensive care medicine*. 2009 May;24(3):205-7.
31. Teyssier C, Hamdouche Y. Acetic acid bacteria: Prospectives applications in food biotechnology In *Fermented foods*. Part I: Biochemistry and biotechnology 2016 (pp. 112-126). CRC Press Boc Raton, FL.
32. Vîna I, Semjonovs P, Linde R, Deniņa I. Current evidence on physiological activity and expecte health effects of kombucha fermented beverage. *Journal of medicinal food*. 2014 Feb 1;17(2):179-88.
33. Velićanski AS, Cvetković DD, Markov SL, Tumbas Šaponjac VT, Vulić JJ. Antioxidant an antibacterial activity of the beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa off cinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts. *Food technology and biotechnology* 2014 Dec 15;52(4):420-9.

34. Vina I, Semjonovs P, Linde R, Patetko A. Glucuronic acid containing fermented functional beverages produced by natural yeasts and bacteria associations. *International Journal of Research and Reviews in Applied*. 2013;14:17-25.
35. Vina I, Semjonovs P, Linde R, Patetko A. Glucuronic acid containing fermented functional beverages produced by natural yeasts and bacteria associations. *International Journal of Research and Reviews in Applied*. 2013;14:17-25.
36. Watawana MI, Jayawardena N, Gunawardhana CB, Waisundara VY. Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. *Journal of Chemistry*. 2015 Dec 29;2015.
37. Yapar K, Cavusoglu K, Oruc E, Yalcin E. Protective effect of kombucha mushroom (KM) tea on phenol-induced cytotoxicity in albino mice. *Journal of environmental biology*. 2010 Sep 1;31(5):615.
38. Zaets IY, Podolich OV, Reva ON, Kozyrovska NO. DNA metabarcoding of microbial communities for healthcare. *Biopolymers and Cell*. 2016.
39. Zubaidah E, Yurista S, Rahmadani NR. Characteristic of physical, chemical, and microbiological kombucha from various varieties of apples. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2018 Mar (Vol. 131, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
40. Shams K, Larypoor M, Salimian J. The immunomodulatory effects of *Candida albicans* isolated from the normal gastrointestinal microbiome of the elderly on colorectal cancer. *Medical Oncology*. 2021Dec;38(12):1-2.

