




Физиологическая роль катехинов зеленого чая

Ольга А. Соболева	¹	soboleva.olga88@ya.ru	 0000-0001-7183-6647
Варвара И. Минина	^{1,2}	vminina@mail.ru	 0000-0003-3485-9123
Екатерина Е. Воробьева	²	89515923860k@gmail.com	 0000-0001-6362-7589
Ирина С. Милентьева	²	irazumnikova@mail.ru	 0000-0002-3536-562X
Евгения А. Астафьева	³	astafeva.evgenia@ya.ru	 0000-0002-5841-6311

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, пр. Советский, 18, г. Кемерово, 650000, Россия






² Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650043, Россия

³ Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия

Аннотация. Зеленый чай – один из самых популярных напитков, потребляемых в мире. Важными компонентами, содержащимися в зеленом чае и обладающие антиоксидантными и антиканцерогенными свойствами, являются катехины – органические вещества, относящиеся к классу полифенольных соединений. Главным образом в зеленом чае содержатся 4 основных катехина: (-)-эпикатехин, (-)-эпикатехин-3-галлат, (-)-эпигаллокатехин и (-)-эпигаллокатехин-3-галлат. В данном обзоре обобщены результаты основных исследований, выполненных преимущественно за последние 5 лет, в которых приводятся доказательства, что катехины, содержащиеся в зеленом чае, защищают от ультрафиолетового излучения, способны улучшить качество жизни пациентов, страдающих онкологическими, сердечно-сосудистыми, нейродегенеративными, вирусными, инфекционными заболеваниями, ожирением и рядом других патологий, а также служить мерой профилактики данных заболеваний у здоровых индивидуумов. Показано, что самым мощным катехином, содержащимся в зеленом чае, является (-)-эпигаллокатехин-3-галлат. Описаны антиканцерогенные эффекты (-)-эпигаллокатехин-3-галлата в случае возникновения рака простаты, рака молочной железы, колоректального рака. Мощная антиоксидантная активность катехинов может лечь в основу профилактики развития инфекционных и вирусных заболеваний, а также улучшить качество жизни пациентов с метаболическим синдромом и ожирением. Таким образом, зеленый чай является не только тонизирующим напитком, но и важным средством профилактики и лечения заболеваний человека, в патогенезе которых важную роль играет свободнорадикальное окисление и окислительный стресс. Сферами практического применения катехинов зеленого чая может быть терапия злокачественных опухолей (во время курса лучевой или химиотерапии), лечение вирусных, инфекционных, сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, защита кожи от действия ультрафиолетовых лучей и проч.

Ключевые слова: полифенолы, катехины, зеленый чай, антиоксиданты, (-)-эпигаллокатехин-3-галлат, заболевания.

The physiological role of green tea catechins

Olga A. Soboleva	¹	soboleva.olga88@ya.ru	 0000-0001-7183-6647
Varvara I. Minina	^{1,2}	vminina@mail.ru	 0000-0003-3485-9123
Ekaterina E. Vorobyeva	²	89515923860k@gmail.com	 0000-0001-6362-7589
Irina S. Milentyeva	²	irazumnikova@mail.ru	 0000-0002-3536-562X
Evgenia A. Astafeva	³	astafeva.evgenia@ya.ru	 0000-0002-5841-6311

¹ Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the RAS, Sovetsky av., 18, Kemerovo, 650000, Russia

² Kemerovo State University, Krasnaya st., 6, Kemerovo, 650043, Russia

³ Kemerovo State Medical University, Voroshilova St., 22a, Kemerovo, 650056, Russia

Abstract. Green tea is one of the most popular drinks consumed in the world. Important components contained in green tea and having antioxidant and anticarcinogenic properties are catechins - organic substances belonging to the class of polyphenolic compounds. Green tea contains 4 main catechins: (-)-epicatechin, (-)-epicatechin-3-gallate, (-)-epigallocatechin and (-)-epigallocatechin-3-gallate. This review summarizes the results of key studies, predominantly performed over the last 5 years, which provide evidence that catechins in green tea protect against ultraviolet radiation, can improve the quality of life of patients suffering from cancer, cardiovascular, neurodegenerative, viral, infectious diseases, obesity and a number of other pathologies, as well as serve as a measure for the prevention of these diseases in healthy individuals. The most potent catechin found in green tea has been shown to be (-)-epigallocatechin-3-gallate. The anticarcinogenic effects of (-)-epigallocatechin-3-gallate in the case of prostate cancer, breast cancer, colorectal cancer are presented. The powerful antioxidant activity of catechins can form the basis for the prevention of the development of infectious and viral diseases, as well as improve the quality of life of patients with metabolic syndrome and obesity. Thus, green tea is not only a tonic drink, but also an important tool for the prevention and treatment of human diseases, in the pathogenesis of which free radical oxidation and oxidative stress play an important role. The areas of practical application of green tea catechins can be the treatment of malignant tumors (during a course of chemotherapy or radiation therapy), the treatment of viral, infectious and cardiovascular diseases, skin protection from ultraviolet rays, etc.

Keywords: polyphenols, catechins, green tea, antioxidants, (-)-epigallocatechin-3-gallate, diseases.

Для цитирования

Соболева О.А., Минина В.И., Воробьева Е.Е., Милентьева И.С., Астафьева Е.А. Физиологическая роль катехинов зеленого чая // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 1. С. 54–63. doi:10.20914/2310-1202-2023-1-54-63

For citation

Soboleva O.A., Minina V.I., Vorobyeva E.E., Milentyeva I.S., Astafeva E.A. The physiological role of green tea catechins. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 1. pp. 54–63. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-1-54-63

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Чай является вторым по популярности в мире напитком после воды. Традиционно выделяют черный чай, зеленый, улун, фруктово-травяной чай. 80% продаж приходится на черный чай, хотя полезные свойства зеленого чая значительно выше [1]. При производстве зеленого чая вместо процессов завяливания и ферментации (лежащих в основе производства черного чая) применяется тепловая обработка, обеспечивающая инактивацию окислительно-восстановительных ферментов. В результате такой обработки полифенолы, являющиеся мощным природным антиоксидантом и содержащиеся в листьях чайного куста, не подвергаются окислению до более сложных продуктов. К основным классам полифенолов растительного происхождения относятся гидроксibenзойные и гидроксикоричные фенольные кислоты, флавоноиды (флаваны, катехины, антоцианы, изофлавоноиды, флаванолы, флавонолы, флавоны, флаванолы), стильбены, лигнаны и др [2].

В листьях зеленого чая содержится примерно 36% полифенолов (30–42% сухого веса), представленных в основном катехинами [3]. Катехины являются наиболее восстановленной группой флавоноидов и, следовательно, обладают наивысшей степенью антиоксидантной активности, которая, с одной стороны, связана с их возможностью образовывать комплексы совместно с ионами тяжелых металлов, с другой стороны – действовать в качестве акцепторов свободных радикалов. В экстрактах зеленого чая обнаружено порядка десяти разновидностей катехинов, наиболее массово представленными из которых являются (–) – эпикатехин (ЭК) (6,4% всех катехинов), (–) – эпикатехин-3-галлат (ЭКГ) (13,6%), (–) – эпигаллокатехин (ЭГК) (19%) и (–) – эпигаллокатехин-3-галлат (ЭГКГ) (59%). На 100 граммов листьев зеленого чая приходится по содержанию 792±3 мг. ЭК, 1702±4 мг. ЭКГ, 1696±1 мг. ЭГК и 8295±2 мг. ЭГКГ [4]. Стоит отметить, что концентрация катехинов, содержащихся в экстракте зеленого чая, может варьировать и зависит в свою очередь от растворителя, температурного нагрева и продолжительности экстрагирования. Экспериментально установлено, что максимальная концентрация ЭГКГ, который в наибольшей степени обеспечивает целебные свойства зеленого чая, достигается при экстрагировании 35%-м раствором этанола при 90 °C в течение 60 минут [5].

По силе антиоксидантной активности катехины зеленого чая превышают таковую α-токоферола и аскорбиновой кислоты в 25–100 раз при сопоставимых условиях. Отмечено, что данная группа полифенолов способна снижать

хрупкость и проницаемость капилляров, способствует нормализации тканевого дыхания, предотвращает развитие атеросклероза, активно участвует в обмене сложных белков, влияет на активность ферментов. В частности, ЭГКГ способен повышать минерализацию костной ткани, увеличивать активность ключевых ферментов остеогенеза, ингибировать активность остеокластов, а также повышать в организме синтез ферментов глутатион S-трансферазы, нейтрализующей продукты свободнорадикального окисления и осуществляющей детоксикацию ксенобиотиков, и тем самым тормозить развитие онкологических заболеваний [6–9].

Цель обзора – обобщение результатов основных исследований, выполненных преимущественно за последние пять лет, в которых приводятся доказательства, что катехины, содержащиеся в зеленом чае, способны улучшить качество жизни индивидуумов, страдающих патологиями различного генеза и сделать вывод о физиологической роли, значении и возможной сфере применения данных полифенолов.

Стратегия и методы поиска информации

Поиск исследований проводился в поисковых системах ScienceDirect и MEDLINE с использованием стратегии поиска, принятой в организации Кокрановского сотрудничества, по ключевым словам «*catechins*» и «*green tea*», совместно с названием основных рассматриваемых патологий: «*prostate cancer*», «*breast cancer*», «*colorectal cancer*», «*cardiovascular diseases*», «*neurodegenerative diseases*», «*obesity and metabolic syndrome*», «*viral and infectious diseases*». Кроме того, проводился поиск с использованием данных научной электронной библиотеки Elibrary. Язык публикаций – русский или английский. В анализ включали рандомизированные, контролируемые исследования, мета-анализы и обзоры, опубликованные в период 2016–2021 гг., полный текст которых находится в открытом доступе. Также в анализ был включен ряд исследований, опубликованных ранее 2016 г., имевших с точки зрения авторов большую научную ценность. Исключали из обзора зарубежные исследования, полный текст которых был опубликован не на английском языке либо отсутствовал в открытом доступе, работы, опубликованные ранее 2016 г. (за исключением работ, оставленных на усмотрение авторов), работы, в которых совместно с катехинами, участники принимали дополнительные биологически активные вещества природного происхождения. В результате поиска по ключевым словам, критериям включения/исключения соответствовали 46 исследовательских работ. Дублирующие друг друга исследования в обзоре не представлены.

Анализ результатов

Самым мощным из известных антиоксидантов растительного происхождения является ЭГКГ [10], представляющий собой сложный эфир ЭГК и галловой кислоты, и обладающий ярко выраженными антиканцерогенными свойствами. Именно влиянием ЭГКГ были обусловлены положительные исходы подавляющего большинства рассмотренных нами исследований.

В исследовании Chang с соавт. показано, что употребление зеленого чая пациентами со злокачественными опухолями головы и шеи приводит к повышению содержания ЭГКГ в слюне примерно до 50 μM и имеет связь с защитой нормальных клеток слюнной железы и снижением количества повреждений, индуцированных химиотерапевтическим воздействием γ -облучения [11].

В обзоре Shirakami с соавт. приводится ряд результатов эпидемиологических, клинических и экспериментальных исследований, также демонстрирующих противораковую активность компонентов зеленого чая [12]. Помимо антиоксидантной активности при исследовании клеточных культур, авторами была обнаружена вовлеченность чайных катехинов в механизмы регуляции клеточного цикла, ингибирования путей рецепторной тирозинкиназы и модуляции иммунной системы. Кроме этого, есть сведения о том, что ЭГКГ способен подавлять метастазы [13].

Л.М. Рапопорт с соавт. в своей работе обобщают ряд исследований, касающихся превентивной терапии рака предстательной железы [14] и демонстрирующих статистически значимое снижение риска развития данного заболевания при суточном потреблении зеленого чая не менее одного литра и подтверждающих способность катехинов тормозить прогрессирование данной разновидности рака. Даже у пациентов с локализованным раком предстательной железы, получавших на протяжении нескольких дней перед простатэктомией пищевые добавки, производимые из декофеинизированного зеленого чая и содержащие 65% ЭГКГ и 22% других катехинов, достоверно снижался уровень простат-специфического антигена в крови [15].

В мета-анализе Cui с соавт., основанном на двух слепых плацебо-контролируемых исследованиях, сообщалось, что катехины зеленого чая демонстрируют защитный эффект у пациентов с гистологически подтвержденными поражениями простаты, а именно – с интраэпителиальной неоплазией высокой степени и атипичской мелкоацинарной пролиферацией [16]. Мета-анализ Guo с соавт. продемонстрировал, что более

высокое потребление зеленого чая было линейно связано со снижением риска развития рака предстательной железы при употреблении более 7 чашек в день [17].

Bonusscelli с соавт. заявляют, что японский порошковый зеленый чай матча способен ингибировать размножение «раковых стволовых клеток» при раке молочной железы, воздействуя на митохондриальный метаболизм, гликолиз и множественные клеточные сигнальные пути и может иметь значительный терапевтический потенциал, достигаемый через метаболическое перепрограммирование раковых клеток [18]. Romano с соавт. обобщает ряд исследований, в которых также изучается влияние ЭГКГ на протекание рака молочной железы и делает вывод, что ЭГКГ блокирует клеточный цикл, модулирует сигнальные пути, влияющие на пролиферацию и дифференцировку клеток, индуцирует апоптоз, отрицательно модулирует различные этапы метастазирования и нацеливается на ангиогенез путем ингибирования транскрипции сосудистого эндотелиального фактора роста. Пероральное введение ЭГКГ при исследованиях *in vivo*, выполненных на мышах, приводит к снижению роста опухоли, а также к антимагистатическим и антиангиогенным эффектам в моделях ксенотрансплантатов и аллотрансплантатов животных [19]. Kuban-Jankowska с соавт. заявляют о том, что катехины зеленого чая вызывают ингибирование тирозин-белковой фосфатазы нерецепторного типа (RTP1B) в раковых клетках молочной железы [20]. RTP1B регулируется окислительным стрессом и участвует в проонкогенных путях, ведущих к образованию рака молочной железы и является перспективной терапевтической мишенью при разработке методов лечения рака данной этиологии [21]. Авторами было обнаружено, что все четыре основных разновидности катехинов, содержащиеся в зеленом чае (ЭК, ЭКГ, ЭГК, ЭГКГ), могут снижать ферментативную активность фосфатазы RTP1B и жизнеспособность раковых клеток линии MCF-7. Наиболее эффективными ингибиторами жизнеспособности клеток MCF-7 в свою очередь оказались ЭГК и ЭГКГ.

Toden с соавт. исследовали химиосенсибилизирующие эффекты ЭГКГ в клетках, пораженных колоректальным раком, устойчивых к 5-фторурацилу, а также молекулярные механизмы, ответственные за химиопрофилактическую активность данного катехина [22]. ЭГКГ усиливал цитотоксичность, индуцированную 5-фторурацилом и ингибировал пролиферацию в клеточных линиях, устойчивых к 5-фторурацилу, за счет усиления апоптоза и остановки клеточного цикла.

Кроме того, ЭГКГ подавлял экспрессию Notch1, Bmi1, Suz12 и Ezh2 и активировал самообновляющиеся супрессорные малые интерферирующие РНК, которые являются одними из ключевых путей, нацеленных на клетки колоректального рака, устойчивые к 5-фторурацилу. Авторы утверждают, что ЭГКГ может применяться в качестве дополнительного лекарственного средства наряду с обычными химиотерапевтическими препаратами у пациентов с колоректальным раком.

В работе Pervin с соавт. описывается благотворное воздействие потребления зеленого чая на нейродегенеративные нарушения, такие как когнитивная дисфункция и потеря памяти [23]. Seidler с соавт. заявляют, что ЭГКГ способен разрушать белковые агрегаты в мозге, связанные с болезнью Альцгеймера [24]. В своей работе специалисты описали, каким образом ЭГКГ расщепляет фибриллы тау-белка, способные к образованию клубков, тем самым вызывая гибель нейронов, а также выявили другие молекулы, которые работают схожим образом, но эффективнее проникают в ткани мозга. Ide с соавт. заявляют, что помимо торможения болезни Альцгеймера, катехины способны также вызывать торможение развития и болезни Паркинсона [25]. Известно, что данные заболевания на молекулярном уровне обусловлены наличием в клетках амилоидных структур, фибриллообразных агрегатов белков, на основании чего данные патологии относят к группе прионовых болезней. В США запатентован способ использования экстрактов зеленого чая в целях лечения заболеваний подобного рода.

Помимо выраженного антиканцерогенного эффекта, исследователи связывают потребление зеленого чая с более низкой заболеваемостью и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, включая дисфункцию сердца и кровеносных сосудов. Считается, что среди различных соединений, содержащихся в зеленом чае, именно катехины играют важную роль в благотворном воздействии на сердечно-сосудистую систему [26].

Yamagata с соавт. в своем обзоре обобщили ряд исследований, показывающих, что потребление зеленого чая обратно пропорционально частоте возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. ЭГКГ, действуя как антиоксидант, вызывает высвобождение оксида азота (NO) и снижает продукцию эндотелина-1 в эндотелиальных клетках. ЭГКГ повышает биодоступность нормального NO за счет снижения уровня асимметричного диметиларгинина, представляющего собой метилированное производное аминокислоты L-аргинина и являющегося эндогенным ингибитором NO. Кроме того, ЭГКГ ингибирует повышенную экспрессию молекул

адгезии, таких как молекула адгезии сосудистых клеток-1 и молекула межклеточной адгезии-1, и ослабляет адгезию моноцитов, а также предотвращает усиленный окислительный стресс посредством сигнального пути Nrf2/НО-1 [27]. Эти эффекты указывают на то, что ЭГКГ может предотвращать выработку активных форм кислорода, ингибировать воспаление и уменьшать апоптоз эндотелиальных клеток на начальных стадиях атеросклероза [28].

В проспективном исследовании по типу «случай-контроль», выполненном Ikeda с соавт., были изучены связи между концентрацией катехинов в плазме и риском сердечно-сосудистых заболеваний у японцев среднего возраста. Высокие уровни ЭГКГ в плазме были связаны со сниженным риском инсульта у некурящих мужчин; скорректированное отношение шансов (95% ДИ) для наивысшего показателя ЭГКГ в плазме и неопределяемого уровня составило 0,53 (0,29–0,98). Соответствующее ОШ для курящих мужчин составило 1,23 (0,75–2,16) [29].

В мета-анализе, выполненном Xu с соавт., включающем 31 исследование с участием 3321 индивидуума, показано влияние потребления зеленого чая на уровень липидов крови [30]. Авторами продемонстрировано снижение общего уровня холестерина: средневзвешенные различия между опытной и контрольной группой составили –4,66 мг/дл; ДИ 95%: от –6,36 до –2,96 мг/дл; $p < 0,0001$. Потребление зеленого чая не влияло на уровень холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), однако наблюдалось снижение уровня триглицеридов по сравнению с контролем (средневзвешенные различия: –3,77 мг/дл; ДИ 95%: от –8,90, до –1,37 мг/дл; $p = 0,15$).

Momose с соавт. представили систематический обзор литературы, касающейся способности ЭГКГ зеленого чая снижать уровень холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП). При потреблении 107–856 мг/сут ЭГКГ в течение 4 – 14 недель, уровень холестерина ЛПНП у участников исследования снизился на 9,29 мг/дл (95% ДИ: 12,27–6,31) Авторы пришли к выводу, что потребление ЭГКГ привело к значительному снижению уровня холестерина ЛПНП вне зависимости от исходного уровня холестерина и суточной дозы ЭГКГ, а величина эффекта незначительно зависела от исходного уровня липидов у субъектов [31].

Kaihatsu с соавт. демонстрируют противовирусный механизм действия ЭГКГ и сложных эфиров жирных кислот в отношении широкого спектра ДНК-вирусов и РНК-содержащих вирусов [32]. Авторы заявляют, что ЭГКГ способен подавлять инфекцию на ранней стадии путем вмешательства в мембранные белки вируса.

Аналогичные выводы делает Хи с соавт [33], обобщая в своем обзоре значительное количество исследований, касающихся противовирусной активности катехинов зеленого чая. Furushima с соавт. сообщают, что данные полифенолы способны ингибировать адсорбцию вируса гриппа и подавлять репликацию и активность нейраминидазы, а также повышать иммунитет против вирусной инфекции, приводя в качестве доказательств ряд эпидемиологических исследований, демонстрирующих снижение заболеваемости гриппом у индивидов, регулярно употребляющих зеленый чай. Авторы заявляют, что полоскание горла зеленым чаем, содержащим катехины, способно защитить от развития гриппозной инфекции [34]. Подобные выводы делают в своей работе Rawangkan с соавт. на основании проведенного мета-анализа, включающего восемь исследований с 5048 участниками, в которых изучалось влияние потребления катехинов зеленого чая на профилактику гриппа [35].

Heness с соавт. исследовали противовирусную активность ЭГКГ относительно инфекции тяжелого острого респираторного синдрома коронавирус-2 (SARS-CoV-2). ЭГКГ блокировал проникновение не только SARS-CoV-2, но и псевдотипированных лентивирусных векторов MERS- и SARS-CoV и ингибировал вирусные инфекции *in vitro*. Механически наблюдалось ингибирование взаимодействия спайк-рецептора SARS-CoV-2. Авторы заявляют, что ЭГКГ может подойти в качестве ведущей структуры для разработки более эффективных препаратов против COVID-19 [36]. Nishimura с соавт. *in vitro* удалось показать, что экстракты зеленого чая эффективно способны инактивировать коронавирус-2 (SARS-CoV-2) дозозависимым образом. Десятикратные серийно разведенные растворы реагента катехиновой смеси зеленого чая смешивали с вирусной культуральной жидкостью в объемном соотношении 9:1 соответственно и инкубировали при комнатной температуре в течение 5 мин. Раствор катехинового реагента 10 мг/мл снижал титр вируса на 4,2 log, а раствор 1,0 мг/мл – на 1 log. Таким образом, катехины могут иметь потенциал для подавления инфекции SARSCoV-2 [37].

Кроме этого полифенолы представляют собой старейшую и наиболее распространенную форму альтернативных методов лечения и профилактики ожирения. В настоящее время потребление биоактивных соединений природного происхождения среди населения увеличивается в связи с высокой стоимостью, наличием потенциальных побочных эффектов и ограниченных преимуществ доступных в настоящее время фармацевтических препаратов [38]. А поскольку путь окислительного стресса является одним

из вероятных механизмов этиологии метаболического синдрома, антиоксидантные эффекты катехинов зеленого чая могут лечь в основу новой стратегии преодоления данной патологии [39].

В ретроспективном анализе, выполненном Hibi с соавт., объединяющем шесть исследований, показана эффективность катехинов зеленого чая для снижения риска абдоминального ожирения и метаболического синдрома у лиц с ожирением и избыточным весом. Потребление напитков, содержащих катехины, в течение 12 недель значительно снизило общую площадь жировых отложений ($-17,7 \text{ см}^2$, 95% ДИ: от $-20,9$ до $-14,4$), площадь висцерального жира ($-7,5 \text{ см}^2$, 95% ДИ: от $-9,3$ до $-5,7$), площадь подкожного жира ($-10,2 \text{ см}^2$, 95% ДИ: от $-12,5$ до $-7,8$), массу и индекс массы тела, а также окружность талии; помимо этого значительно улучшились показатели артериального давления [40]. При разделении участников исследования на группы, характеризующиеся преметаболическим и метаболическим синдромами, наибольшие различия были показаны в группе с метаболическим синдромом по сравнению с группой плацебо (ОШ = 1,67, 95% ДИ: 1,08–2,57).

В рандомизированном клиническом исследовании с участием 70 женщин с подтвержденным диагнозом метаболического синдрома, зеленого чая на показатели данной патологии. Женщин одной группы (группа исследования) просили выпивать три порции зеленого чая по 200 мл утром, в полдень и вечером в течение восьми недель, в то время как женщин контрольной группы попросили выпивать такое же количество теплой воды по тому же графику. Антропометрические показатели, артериальное давление, уровень сахара в крови, липидный профиль, диета и физическая активность оценивались в начале и в конце исследования. Регулярное употребление зеленого чая на протяжении восьми недель значительно улучшило антропометрические показатели, артериальное давление, уровень сахара в крови и липидный профиль у женщин группы исследования. Независимый t-критерий показал, что вес ($p = 0,001$), индекс массы тела ($p = 0,001$), окружность талии ($p < 0,001$), соотношение талии и бедер ($p = 0,02$), систолическое артериальное давление ($p = 0,04$), уровень глюкозы в крови натощак ($p = 0,01$) и липопротеидов низкой плотности ($p = 0,03$) изменились значительно сильнее в группе женщин, принимавших зеленый чай, чем в контрольной группе. Межгрупповых различий не наблюдалось в показателях диастолического артериального давления, уровнях триглицеридов, общего холестерина и ЛПВП ($p > 0,05$) [41].

В работе Chatree с соавт. показано, что ЭГКГ способен снижать уровень триглицеридов в плазме, артериальное давление и уровень кисспептина (гормона, продуцируемого гипоталамусом) в сыворотке у людей с ожирением [42]. Результаты данного исследования демонстрируют, что по сравнению с исходными значениями, ЭГКГ значительно снижал уровни триглицеридов в плазме натошак ($p < 0,05$), систолическое и диастолическое артериальное давление ($p < 0,05$) и уровни кисспептина в сыворотке ($p < 0,05$) после восьми недель приема добавки. Вместе с этим не было выявлено снижения массы тела, индекса массы тела, уменьшения окружности талии и бедер, а также снижения общей массы или процентного содержания жира в организме по сравнению со значениями, зафиксированными на момент начала исследования.

Регулярное употребление зеленого чая также связывают с защитой от ультрафиолетового (УФ) излучения. Ряд исследований показали, что регулярное потребление катехинов увеличивает минимальную дозу облучения, необходимую для возникновения эритемы. Исследования, проводимые Zhang с соавт., касающиеся способности катехинов защищать кожу от УФ-излучения продемонстрировали, что данные полифенолы способны повысить фотостабильность и протективные свойства эпидермиса от УФ-лучей [43]. Проанализировав шесть рандомизированных контролируемых исследований с участием здоровых добровольцев (в общей сложности 100 человек), в которых катехины зеленого чая принимались перорально на протяжении 6–12 недель, Кароог с соавт. сообщают, что катехины зеленого чая защищают кожу от эритемного воспаления даже при повышенной минимальной эритемной дозе (МЭД) УФ излучения. Результаты мета-анализа подтверждают высокую эффективность перорального приема катехинов зеленого чая при эритематозном ответе, вызванном низкоинтенсивным УФ излучением (диапазон МЭД 1,25–1,30), по сравнению с плацебо, ($p = 0,002$); SMD (стандартизированная разница средних показателей): $-0,35$; 95% ДИ, от $-0,57$ до $-0,13$; $I^2 = 4\%$, $p = 0,40$) в модели со случайными эффектами [44].

Таким образом пероральные добавки с катехинами зеленого чая являются привлекательной стратегией фотозащиты у здоровых людей и могут применяться в качестве дополнительного фактора защиты кожи от эритемного воспаления наряду с местными солнцезащитными средствами.

Вае с соавт. в своей работе обобщает многочисленные исследования, направленные на изучение активности катехинов и их применения в различных отраслях (пищевой, косметической, фармацевтической и других видах промышленности [45]. В работе Goyal с соавт. показано, что экстракты зеленого чая значительно снижают уровень *Streptococcus mutans* в слюне и на поверхности зубов [46].

Также были найдены исследования, в которых показано, что полифенолы зеленого чая способны преодолевать гематоэнцефалический барьер и защищать нейроны [47], обладают противомикробным эффектом против большинства бактерий полости рта, а также способны улучшать здоровье ротовой полости за счет повышения активности местных пероксидаз, предотвращать развитие и прогрессирование пародонтита, снизить эрозию дентина и способствовать сохранности зубов [48].

Заключение

Зеленый чай является не только популярным тонизирующим напитком, но и важным средством профилактики и лечения заболеваний, в патогенезе которых важную роль играет свободнорадикальное окисление и оксидативный стресс. Мощнейшие антиоксидантные и антиканцерогенные свойства катехинов данного напитка могут найти применение в комбинированном лечении многочисленных заболеваний, сопровождающихся усилением окислительных процессов. В качестве сопутствующей терапии потребление данных полифенолов может иметь место при лечении злокачественных опухолей (во время курса лучевой или химиотерапии, вирусных, инфекционных, сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, использоваться в качестве дополнительной защиты кожи от действия УФ излучения и лечении других патологий указанной этиологии.

Литература

1. Исанбулатова Е.С. Анализ чайного рынка в России // Маркетинг и логистика. 2021. № 6(38). С. 33–40.
2. Oyenih A.B., Smith C. Are polyphenol antioxidants at the root of medicinal plant anti-cancer success? // Journal of Ethnopharmacology. 2019. V. 229. P. 54–72.
3. Sang S. Tea: Chemistry and Processing. 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00685-1
4. Koch W., Kukula-Koch N., Komsta L. Green tea quality evaluation based on its catechins and metals composition in combination with chemometric analysis // Molecules. 2018. V. 23. P. 1689.
5. Chowdhury A., Sarkar J., Chakraborti T. Protective role of EGCG in health and disease. A perspective // Biomed. Pharmacotherapy. 2016. V. 78. P. 50–59.

6. Schulze J., Melzer L., Smith L., Teschke R. Green tea and its extracts. In cancer prevention and treatment // Beverage. 2017. V. 3. P. 17.
7. Chowdhury A., Sarkar J., Chakraborti T. Protective role of EGCG in health and disease. A perspective // Biomed. Pharmacotherapy. 2016. V. 78. P. 50–59.
8. Singh B.N., Shankar S., Srivastava R.K. Green tea catechin EGCG-mechanisms, perspectives and clinical applications // Biochem Pharmacology. 2016. V. 82. P. 1807–1821.
9. Amit K.S., Priyanka B., Madhulika S., Sanjay M. et al. Synthesis of PLGA nanoparticles of tea polyphenols and their strong in vivo protective effect against chemically induced DNA damage // International Journal of Nanomedicine. 2013. V. 8. P. 1451–1462.
10. Зверев Я.Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2017. Т. 15. № 4. С. 5–13. doi: 10.17816/RCF1545–13
11. Chang H.–P., Sheen L.–Y., Lei Y.–P. The protective role of carotenoids and polyphenols in patients with head and neck cancer // Journal of the Chinese Medical Association. 2015. V. 78. № 2. P. 89–95.
12. Shirakami Y., Shimizu M. Possible Mechanisms of Green Tea and Its Constituents against Cancer // Molecules 2018. V. 23. P. 2284.
13. Maruyama T., Murata S., Nanyama K. et al. EGCG suppresses liver metastasis of human colorectal cancer // Oncol. Rep. 2014. V. 31. P. 625–633.
14. Рапопорт Л.М., Цариченко Д.Г., Ганжа Т.М. Химиопреventивная терапия рака предстательной железы // Эффективная фармакотерапия. 2015. № 4. С. 14–21.
15. McLarty J., Bigelow R.L., Smith M. Tea polyphenols decrease serum levels of prostate-specific antigen, hepatocyte growth factor, and vascular endothelial growth factor in prostate cancer patients and inhibit production of hepatocyte growth factor and vascular endothelial growth factor in vitro // Cancer Prev. Res. (Phila.). 2009. V. 2. № 7. P. 673–682.
16. Cui K., Li X., Du Y. et al. Chemoprevention of prostate cancer in men with high-grade prostatic intraepithelial neoplasia (HGPIN): a systematic review and adjusted indirect treatment comparison // Oncotarget. 2017. V. 8. P. 36674–36684.
17. Guo Y., Zhi F., Chen P. Green tea and the risk of prostate cancer: A systematic review and meta-analysis // Medicine (Baltimore). 2017. V. 96. P. e6426.
18. Bonuccelli G., Sotgia F., Lisanti M.P. Matcha green tea (MGT) inhibits the propagation of cancer stem cells (CSCs), by targeting mitochondrial metabolism, glycolysis, and multiple cell signaling pathways // Aging. 2018. V. 10. P. 1867–1883.
19. Romano A., Martel F. The Role of EGCG in Breast Cancer Prevention and Therapy // Mini-Reviews in Medicinal Chemistry 2021. V. 21. № 7. doi: 10.2174/1389557520999201211194445
20. Kuban-Jankowska A., Kostrzewa T., Musial C., Barone G. et al. Green Tea Catechins Induce Inhibition of PTP1B Phosphatase in Breast Cancer Cells with Potent Anti-Cancer Properties: In Vitro Assay, Molecular Docking, and Dynamics Studies // Antioxidants (Basel). 2020. V. 9. № 12. P. 1208. doi: 10.3390/antiox9121208
21. Kostrzewa T., Sahu K.K., Gorska-Ponikowska M., Tuszyński J.A. et al. Synthesis of small peptide compounds, molecular docking, and inhibitory activity evaluation against phosphatases PTP1B and SHP2 // Drug Des Devel Ther. 2018. V. 12. P. 4139–4147. doi: 10.2147/DDDT.S186614
22. Toden S., Tran H.M., Tovar-Camargo O.A., Okugawa Y. et al. Epigallocatechin-3-gallate targets cancer stem-like cells and enhances 5-fluorouracil chemosensitivity in colorectal cancer // Oncotarget. 2016. V. 7. P. 16158–16170.
23. Pervin M., Unno K., Ohishi T., Tanabe H. et al. Beneficial Effects of Green Tea Catechins on Neurodegenerative Diseases // Molecules. 2018. V. 23. P. 1297.
24. Seidler P.M., Murray K.A., Boyer D.R. Structure-based discovery of small molecules that disaggregate Alzheimer's disease tissue derived tau fibrils in vitro // Nat Commun. 2022. V. 13. doi: 10.1038/s41467-022-32951-4
25. Ide K., Matsuoka N., Yamada H., Furushima D. et al. Effects of Tea Catechins on Alzheimer's Disease: Recent Updates and Perspectives // Molecules. 2018. V. 23. P. 2357.
26. Li Y., Karim M.R., Wang B., Peng J. Effects of Green Tea (–) – Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) on Cardiac Function – A Review of the Therapeutic Mechanism and Potentials // Mini Rev Med Chem. 2022. V. 22. № 18. P. 2371–2382. doi: 10.2174/1389557522666220328161826
27. Zeng J., Deng Z., Zou Y., Liu C. et al. Theaflavin alleviates oxidative injury and atherosclerosis progress via activating microRNA-24-mediated Nrf2/HO-1 signal // Phytother Res. 2021. V. 35. № 6. P. 3418–3427. doi: 10.1002/ptr.7064
28. Yamagata K. Protective Effect of Epigallocatechin Gallate on Endothelial Disorders in Atherosclerosis // J Cardiovasc Pharmacol. 2020. V. 75. № 4. P. 292–298. doi: 10.1097/FJC.0000000000000792
29. Ikeda A., Iso H., Yamagishi K., Iwasaki M. et al. JPHC Study Group. Plasma tea catechins and risk of cardiovascular disease in middle-aged Japanese subjects: The JPHC study // Atherosclerosis. 2018. V. 277. P. 90–97. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.08.001
30. Xu R., Yang K., Li S., Dai M. et al. Effect of green tea consumption on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Nutr J. 2020. V. 19. № 1. P. 48. doi: 10.1186/s12937-020-00557-5
31. Momose Y., Maeda-Yamamoto M., Nabetani H. Systematic review of green tea epigallocatechin gallate in reducing low-density lipoprotein cholesterol levels of humans // Int J Food Sci Nutr. 2016. V. 67. № 6. P. 606–13. doi: 10.1080/09637486.2016.1196655
32. Kaihatsu K., Yamabe M., Ebara Y. Antiviral Mechanism of Action of Epigallocatechin-3-gallate and Its Fatty Acid Esters // Molecules. 2018. V. 23. P. 2475.
33. Xu J., Xu Z., Zheng W. A review of the antiviral role of green tea catechins // Molecules. 2017. V. 22. P. 1337.
34. Furushima D., Ide K., Yamada H. Effect of Tea Catechins on Influenza Infection and the Common Cold with a Focus on Epidemiological / Clinical Studies // Molecules. 2018. V. 23. P. 1795.
35. Rawangkan A., Kengkla K., Kanchanasurakit S., Duangjai A. et al. Anti-Influenza with Green Tea Catechins: A Systematic Review and Meta-Analysis // Molecules. 2021. V. 26. № 13. P. 4014. doi: 10.3390/molecules26134014
36. Henss L., Auste A., Schürmann C., Schmidt C. et al. The green tea catechin epigallocatechin gallate inhibits SARS-CoV-2 infection // J Gen Virol. 2021. V. 102. № 4. P. 001574. doi: 10.1099/jgv.0.001574

37. Nishimura H., Okamoto M., Dapat I., Katsumi M. et al. Inactivation of SARS-CoV-2 by Catechins from Green Tea // *Jpn J Infect Dis.* 2021. V. 74. № 5. P. 421–423. doi: 10.7883/yoken. JJID.2020.902
38. Carrasco-Pozo C., Cires M.J., Gotteland M. Quercetin and Epigallocatechin Gallate in the Prevention and Treatment of Obesity: From Molecular to Clinical Studies // *J Med Food.* 2019. V. 22. № 8. P. 753–770. doi: 10.1089/jmf.2018.0193
39. Esmaeelpanah E., Razavi B.M., Hosseinzadeh H. Green tea and metabolic syndrome: A 10-year research update review // *Iran J Basic Med Sci.* 2021. V. 24. № 9. P. 1159–1172. doi: 10.22038/IJBMS.2021.52980.11943
40. Hibi M., Takase H., Iwasaki M., Osaki N. et al. Efficacy of tea catechin-rich beverages to reduce abdominal adiposity and metabolic syndrome risks in obese and overweight subjects: a pooled analysis of 6 human trials // *Nutr Res.* 2018. V. 55. P. 1–10. doi: 10.1016/j.nutres.2018.03.012
41. Mortazavi F., Paknahad Z., Hasanzadeh A. Effect of green tea consumption on the metabolic syndrome indices in women: a clinical trial study // *Nutrition & Food Science.* 2019. V. 49. № 1. P. 32–46. doi: 10.1108/NFS-03-2018-0091
42. Chatree S., Sitticharoon C., Maikaew P., Pongwattanapakin K. et al. Epigallocatechin gallate decreases plasma triglyceride, blood pressure, and serum kisspeptin in obese human subjects // *Exp Biol Med (Maywood).* 2021. V. 246. № 2. P. 163–176. doi: 10.1177/1535370220962708
43. Zhang W., Yang Y., Lv T., Fan Z. et al. Sucrose esters improve the colloidal stability of nanoethosomal suspensions of (–) – epigallocatechin gallate for enhancing the effectiveness against UVB-induced skin damage // *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2016. V. 105. P. 2416–25.
44. Kapoor M.P., Sugita M., Fukuzawa Y., Timm D. et al. Green Tea Catechin Association with Ultraviolet Radiation-Induced Erythema: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Molecules.* 2021. V. 26. № 12. P. 3702. doi: 10.3390/molecules26123702
45. Bae J. et al. Activity of catechins and their applications // *Biomedical Dermatology.* 2020. V. 4. P. 1–10. doi: 10.1186/s41702-020-0057-8
46. Goyal A., Bhat M., Sharma M., Garg M. et al. Effect of green tea mouth rinse on *Streptococcus mutans* in plaque and saliva in children: an in vivo study // *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2017. V. 35. P. 41–46.
47. Figueira G., Garcia R.C. Polyphenols journey through blood-brain barrier towards neuronal protection // *Scientific Reports.* 2017. V. 7. № 1.
48. De Moraes M.D.R., Carneiro J.R.M., Passos V.F., Santiago S.L. Effect of green tea as a protective measure against dental erosion in coronary dentine // *Brazilian Oral Research.* 2016. V. 30. № 1.


References

1. Isanbulatova E.S. Analysis of the tea market in Russia. Marketing and logistics. 2021. no. 6(38). pp. 33–40. (in Russian).
2. Oyenih A.B., Smith C. Are polyphenol antioxidants at the root of medicinal plant anti-cancer success? *Journal of Ethnopharmacology.* 2019. vol. 229. pp. 54–72.
3. Sang S. Tea: Chemistry and Processing. 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00685-1
4. Koch W., Kukula-Koch N., Komsta L. Green tea quality evaluation based on its catechins and metals composition in combination with chemometric analysis. *Molecules.* 2018. vol. 23. pp. 1689.
5. Chowdhury A., Sarkar J., Chakraborti T. Protective role of EGCG in health and disease. A perspective. *Biomed. Pharmacotherapy.* 2016. vol. 78. pp. 50–59.
6. Schulze J., Melzer L., Smith L., Teschke R. Green tea and its extracts. In cancer prevention and treatment. *Beverage.* 2017. vol. 3. pp. 17.
7. Chowdhury A., Sarkar J., Chakraborti T. Protective role of EGCG in health and disease. A perspective. *Biomed. Pharmacotherapy.* 2016. vol. 78. pp. 50–59.
8. Singh B.N., Shankar S., Srivastava R.K. Green tea catechin EGCG-mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochem Pharmacology.* 2016. vol. 82. pp. 1807–1821.
9. Amit K.S., Priyanka B., Madhulika S., Sanjay M. et al. Synthesis of PLGA nanoparticles of tea polyphenols and their strong in vivo protective effect against chemically induced DNA damage. *International Journal of Nanomedicine.* 2013. vol. 8. pp. 1451–1462.
10. Zverev Ya.F. Flavonoids through the eyes of a pharmacologist. Antioxidant and anti-inflammatory activity. *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy.* 2017. vol. 15. no. 4. pp. 5–13. doi: 10.17816/RCF1545-13 (in Russian).
11. Chang H.-P., Sheen L.-Y., Lei Y.-P. The protective role of carotenoids and polyphenols in patients with head and neck cancer. *Journal of the Chinese Medical Association.* 2015. vol. 78. no. 2. pp. 89–95.
12. Shirakami Y., Shimizu M. Possible Mechanisms of Green Tea and Its Constituents against Cancer. *Molecules* 2018. vol. 23. pp. 2284.
13. Maruyama T., Murata S., Nanyama K. et al. EGCG suppresses liver metastasis of human colorectal cancer. *Oncol. Rep.* 2014. vol. 31. pp. 625–633.
14. Rapoport L.M., Tsarichenko D.G., Ganzha T.M. Chemopreventive therapy of prostate cancer. *Effective pharmacotherapy.* 2015. no. 4. pp. 14–21. (in Russian).
15. McLarty J., Bigelow R.L., Smith M. Tea polyphenols decrease serum levels of prostate-specific antigen, hepatocyte growth factor, and vascular endothelial growth factor in prostate cancer patients and inhibit production of hepatocyte growth factor and vascular endothelial growth factor in vitro. *Cancer Prev. Res. (Phila.).* 2009. vol. 2. no. 7. pp. 673–682.
16. Cui K., Li X., Du Y. et al. Chemoprevention of prostate cancer in men with high-grade prostatic intraepithelial neoplasia (HGPIN): a systematic review and adjusted indirect treatment comparison. *Oncotarget.* 2017. vol. 8. pp. 36674–36684.
17. Guo Y., Zhi F., Chen P. Green tea and the risk of prostate cancer: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017. vol. 96. pp. e6426.
18. Bonuccelli G., Sotgia F., Lisanti M.P. Matcha green tea (MGT) inhibits the propagation of cancer stem cells (CSCs), by targeting mitochondrial metabolism, glycolysis, and multiple cell signaling pathways. *Aging.* 2018. vol. 10. pp. 1867–1883.
19. Romano A., Martel F. The Role of EGCG in Breast Cancer Prevention and Therapy. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 2021. vol. 21. no. 7. doi: 10.2174/1389557520999201211194445

20. Kuban-Jankowska A., Kostrzewa T., Musial C., Barone G. et al. Green Tea Catechins Induce Inhibition of PTP1B Phosphatase in Breast Cancer Cells with Potent Anti-Cancer Properties: In Vitro Assay, Molecular Docking, and Dynamics Studies. *Antioxidants* (Basel). 2020. vol. 9. no. 12. pp. 1208. doi: 10.3390/antiox9121208
21. Kostrzewa T., Sahu K.K., Gorska-Ponikowska M., Tuszyński J.A. et al. Synthesis of small peptide compounds, molecular docking, and inhibitory activity evaluation against phosphatases PTP1B and SHP2. *Drug Des Devel Ther.* 2018. vol. 12. pp. 4139–4147. doi: 10.2147/DDDT.S186614
22. Toden S., Tran H.M., Tovar-Camargo O.A., Okugawa Y. et al. Epigallocatechin 3 gallate targets cancer stem-like cells and enhances 5 fluorouracil chemosensitivity in colorectal cancer. *Oncotarget.* 2016. vol. 7. pp. 16158–16170.
23. Pervin M., Unno K., Ohishi T., Tanabe H. et al. Beneficial Effects of Green Tea Catechins on Neurodegenerative Diseases. *Molecules.* 2018. vol. 23. pp. 1297.
24. Seidler P.M., Murray K.A., Boyer D.R. Structure-based discovery of small molecules that disaggregate Alzheimer's disease tissue derived tau fibrils in vitro. *Nat Commun.* 2022. vol. 13. doi: 10.1038/s41467-022-32951-4
25. Ide K., Matsuoka N., Yamada H., Furushima D. et al. Effects of Tea Catechins on Alzheimer's Disease: Recent Updates and Perspectives. *Molecules.* 2018. vol. 23. pp. 2357.
26. Li Y., Karim M.R., Wang B., Peng J. Effects of Green Tea (–) – Epigallocatechin 3 Gallate (EGCG) on Cardiac Function – A Review of the Therapeutic Mechanism and Potentials. *Mini Rev Med Chem.* 2022. vol. 22. no. 18. pp. 2371–2382. doi: 10.2174/1389557522666220328161826
27. Zeng J., Deng Z., Zou Y., Liu C. et al. Theaflavin alleviates oxidative injury and atherosclerosis progress via activating microRNA 24 mediated Nrf2/HO-1 signal. *Phytother Res.* 2021. vol. 35. no. 6. pp. 3418–3427. doi: 10.1002/ptr.7064
28. Yamagata K. Protective Effect of Epigallocatechin Gallate on Endothelial Disorders in Atherosclerosis. *J Cardiovasc Pharmacol.* 2020. vol. 75. no. 4. pp. 292–298. doi: 10.1097/FJC.0000000000000792
29. Ikeda A., Iso H., Yamagishi K., Iwasaki M. et al. JPHC Study Group. Plasma tea catechins and risk of cardiovascular disease in middle-aged Japanese subjects: The JPHC study. *Atherosclerosis.* 2018. vol. 277. pp. 90–97. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.08.001
30. Xu R., Yang K., Li S., Dai M. et al. Effect of green tea consumption on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr J.* 2020. vol. 19. no. 1. pp. 48. doi: 10.1186/s12937-020-00557-5
31. Momose Y., Maeda-Yamamoto M., Nabetani H. Systematic review of green tea epigallocatechin gallate in reducing low-density lipoprotein cholesterol levels of humans. *Int J Food Sci Nutr.* 2016. vol. 67. no. 6. pp. 606–613. doi: 10.1080/09637486.2016.1196655
32. Kaihatsu K., Yamabe M., Ebara Y. Antiviral Mechanism of Action of Epigallocatechin 3 gallate and Its Fatty Acid Esters. *Molecules.* 2018. vol. 23. pp. 2475.
33. Xu J., Xu Z., Zheng W. A review of the antiviral role of green tea catechins. *Molecules.* 2017. vol. 22. pp. 1337.
34. Furushima D., Ide K., Yamada H. Effect of Tea Catechins on Influenza Infection and the Common Cold with a Focus on Epidemiological / Clinical Studies. *Molecules.* 2018. vol. 23. pp. 1795.
35. Rawangkan A., Kengkla K., Kanchanasurakit S., Duangjai A. et al. Anti-Influenza with Green Tea Catechins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Molecules.* 2021. vol. 26. no. 13. pp. 4014. doi: 10.3390/molecules26134014
36. Henss L., Auste A., Schürmann C., Schmidt C. et al. The green tea catechin epigallocatechin gallate inhibits SARS-CoV-2 infection. *J Gen Virol.* 2021. vol. 102. no. 4. pp. 001574. doi: 10.1099/jgv.0.001574
37. Nishimura H., Okamoto M., Daput I., Katsumi M. et al. Inactivation of SARS-CoV-2 by Catechins from Green Tea. *Jpn J Infect Dis.* 2021. vol. 74. № 5. pp. 421–423. doi: 10.7883/yoken. JJID.2020.902
38. Carrasco-Pozo C., Cires M.J., Gotteland M. Quercetin and Epigallocatechin Gallate in the Prevention and Treatment of Obesity: From Molecular to Clinical Studies. *J Med Food.* 2019. vol. 22. no. 8. pp. 753–770. doi: 10.1089/jmf.2018.0193
39. Esmaeelpanah E., Razavi B.M., Hosseinzadeh H. Green tea and metabolic syndrome: A 10 year research update review. *Iran J Basic Med Sci.* 2021. vol. 24. no. 9. pp. 1159–1172. doi: 10.22038/IJBMS.2021.52980.11943
40. Hibi M., Takase H., Iwasaki M., Osaki N. et al. Efficacy of tea catechin-rich beverages to reduce abdominal adiposity and metabolic syndrome risks in obese and overweight subjects: a pooled analysis of 6 human trials. *Nutr Res.* 2018. vol. 55. pp. 1–10. doi: 10.1016/j.nutres.2018.03.012
41. Mortazavi F., Paknahad Z., Hasanazadeh A. Effect of green tea consumption on the metabolic syndrome indices in women: a clinical trial study. *Nutrition & Food Science.* 2019. vol. 49. no. 1. pp. 32–46. doi: 10.1108/NFS-03-2018-0091
42. Chatree S., Sitticharoon C., Maikaew P., Pongwattanapakin K. et al. Epigallocatechin gallate decreases plasma triglyceride, blood pressure, and serum kisspeptin in obese human subjects. *Exp Biol Med (Maywood).* 2021. vol. 246. no. 2. pp. 163–176. doi: 10.1177/1535370220962708
43. Zhang W., Yang Y., Lv T., Fan Z. et al. Sucrose esters improve the colloidal stability of nanoethosomal suspensions of (–) – epigallocatechin gallate for enhancing the effectiveness against UVB-induced skin damage. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2016. vol. 105. pp. 2416–25.
44. Kapoor M.P., Sugita M., Fukuzawa Y., Timm D. et al. Green Tea Catechin Association with Ultraviolet Radiation-Induced Erythema: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Molecules.* 2021. vol. 26. no. 12. pp. 3702. doi: 10.3390/molecules26123702
45. Bae J. et al. Activity of catechins and their applications. *Biomedical Dermatology.* 2020. vol. 4. pp. 1–10. doi: 10.1186/s41702-020-0057-8
46. Goyal A., Bhat M., Sharma M., Garg M. et al. Effect of green tea mouth rinse on *Streptococcus mutans* in plaque and saliva in children: an in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2017. vol. 35. pp. 41–46.
47. Figueira G., Garcia R.C. Polyphenols journey through blood-brain barrier towards neuronal protection. *Scientific Reports.* 2017. vol. 7. no. 1.
48. De Moraes M.D.R., Carneiro J.R.M., Passos V.F., Santiago S.L. Effect of green tea as a protective measure against dental erosion in coronary dentine. *Brazilian Oral Research.* 2016. vol. 30. no. 1.

Сведения об авторах


Ольга А. Соболева ведущий инженер-технолог, лаборатория цитогенетики, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, пр. Советский, 18, г. Кемерово, 650000, Россия, soboleva.olga88@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7183-6647>


Варвара И. Минина д.б.н., профессор кафедры генетики и фундаментальной медицины, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650043, Россия, vminina@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3485-9123>


Екатерина Е. Воробьева магистрант, кафедра бионанотехнологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650043, Россия, 89515923860k@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6362-7589>

Ирина С. Милентьева к.т.н., доцент, кафедра бионанотехнологии, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650043, Россия, irazumnikova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3536-562X>

Евгения А. Астафьева ассистент, кафедра морфологии и судебной медицины, Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, ул. Ворошилова, 22а, г. Кемерово, 650056, Россия, astafeva.evgenia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5841-6311>

Вклад авторов

Ольга А. Соболева, Екатерина Е. Воробьева написание рукописи, несет ответственность за плагиат

Варвара И. Минина, Ирина С. Милентьева корректура рукописи до подачи в редакцию


Евгения А. Астафьева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Olga A. Soboleva leading engineer, laboratory of cytogenetics, The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Sovetsky av., 18, Kemerovo, 650000, Russia, soboleva.olga88@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7183-6647>


Varvara I. Minina Dr. Sci. (Biol.), professor, genetics and fundamental medicine department, Kemerovo State University, Krasnaya st., 6, Kemerovo, 650043, Russia, vminina@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3485-9123>


Ekaterina E. Vorobyeva master student, bionanotechnology department, Kemerovo State University, Krasnaya st., 6, Kemerovo, 650043, Russia, 89515923860k@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6362-7589>

Irina S. Milentyeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bionanotechnology department, Kemerovo State University, Krasnaya st., 6, Kemerovo, 650043, Russia, irazumnikova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3536-562X>

Evgenia A. Astafeva assistant, morphology and forensic department, Kemerovo State Medical University, Voroshilova St., 22a, Kemerovo, 650056, Russia, astafeva.evgenia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5841-6311>

Contribution

Olga A. Soboleva, Ekaterina E. Vorobyeva wrote the manuscript and is responsible for plagiarism

Varvara I. Minina, Irina S. Milentyeva correction of the manuscript before submission to the editor

Evgenia A. Astafeva review of the literature on an investigated problem,

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 23/01/2023	После редакции 15/02/2023	Принята в печать 03/03/2023
Received 23/01/2023	Accepted in revised 15/02/2023	Accepted 03/03/2023