

УДК 581.192:612.393.2

## ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЧАЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ

Афонина С.Н., Лебедева Е.Н.

Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: lebedeva.e.n.@mail.ru

Чай (*Camellia sinensis* L.) – сложнейшее и разнообразнейшее по своему химическому составу растение. Общее число соединений, входящих в его состав, выделенных к началу XXI века, составляет около 300, некоторые из них ещё не идентифицированы, а биохимическая роль некоторых из них определена лишь в общих чертах. В чайном листе выделяют три основные группы фитохимических веществ: алкалоиды группы пурина, флавоноиды, дубильные вещества. В обзоре представлены данные о химическом составе, строении и свойствах основных групп фитохимических веществ. Обобщены имеющиеся сведения о биологической активности, в том числе и об антиоксидантных свойствах химических веществ чая, охарактеризованы основные показатели, которые влияют на качество чая. Представлены данные о действии основных компонентов чая на организм здорового человека и при патологии.

**Ключевые слова:** чай, химический состав чая, алкалоиды и флавоноиды, дубильные вещества, белки, витамины, микроэлементы

## CHEMICAL COMPONENTS OF TEA AND THEIR INFLUENCE ON THE ORGANISM

Afonina S.N., Lebedeva E.N.

Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: lebedeva.e.n.@mail.ru

Tea (*Camellia sinensis* L.) is complex and diverse in their chemical composition of plants. The total number of compounds in its composition, dedicated to the beginning of the XXI century, is about 300, some of them have not yet been identified, and the biochemical role of some of them is defined only in general terms. The survey provides data on the chemical composition, structure and properties of the main chemical components of tea. The available information on the biological activity, including an antioxidant of tea chemicals, characterized by major indicators that affect the quality of tea were refer. The data of the effect of the main components of tea on human health and in pathology were considered.

**Keywords:** tea, tea chemical composition, alkaloids, flavonoids, tannins, proteins, vitamins, trace elements

Чай (*Camellia sinensis* L.) – сложнейшее и разнообразнейшее по своему химическому составу растение. Общее число соединений, входящих в его состав, выделенных к началу XXI века, составляет около 300, некоторые из них ещё не идентифицированы, а биохимическая роль некоторых из них определена лишь в общих чертах. Следует иметь в виду, что химический состав свежесорванного зеленого чайного листа и сухого чая, полученного из этого листа, неодинаков. Сухой чай имеет более сложный, химический состав, который формируется в процессе его переработки.

Интерес к химическому составу чая в настоящее время вызван тем, что многие вещества, содержащиеся в чае, проявляют биологическую активность и могут быть использованы для профилактики различных заболеваний. В чайном листе выделяют три основные группы фитохимических веществ: алкалоиды группы пурина, флавоноиды, дубильные вещества [11].

Алкалоиды – это азотсодержащие гетероциклические соединения, обладающие высокой функциональной активностью, к которым относятся три основных соединения: кофеин, теобромин и теофиллин. В чае

кофеина содержится больше, чем в кофе, но оказываемый им эффект более мягкий [9]. Это обусловлено тем, что кофеин в чае связан с танином и образует теин или таннат кофеина. Теин придает чаю горечь и оказывает тонизирующее действие на организм, улучшает умственную работоспособность, повышает активность, стимулирует работу сердечно-сосудистой и центральной нервной системы [6]. Различные сорта чая содержат разный процент кофеина, в среднем от 1 до 4%, крепкие сорта чая содержат до 5% кофеина [19]. Будучи связанным с танином, кофеин выводится быстрее из организма, чем чистый алкалоид, что исключает опасность отравления кофеином при частом употреблении чая. В элитных сортах чая его больше, меньше в зеленом чае. Вместе с тем существуют данные о том, что теин, образуясь в чайных листьях в процессе роста и развития растений, в больших количествах содержится в качественных сортах зеленого чая молодого сбора [2]. Однако имеются данные о том, что кофеин не определяет крепость чая [22]. Например, в цейлонском чае кофеина содержится значительно меньше, чем в менее крепких китайских чаях. Кроме теина чай содержит незначительные

количества, примерно 0,5% от веса сухого чайного листа, других алкалоидов: теобромин и теofilлин, которые обладают сосудорасширяющим и мочегонным действием [23]. Наряду с полезными алкалоидами чай содержит гуанин, который при длительном

подогревании или длительном стоянии заваренного чая может превращаться в гуанидин, обладающий токсическими свойствами [10].

Природные флавонолы – это кемпферол, кверцетин, мирицетин. Основной источник этих соединений чай – [7].

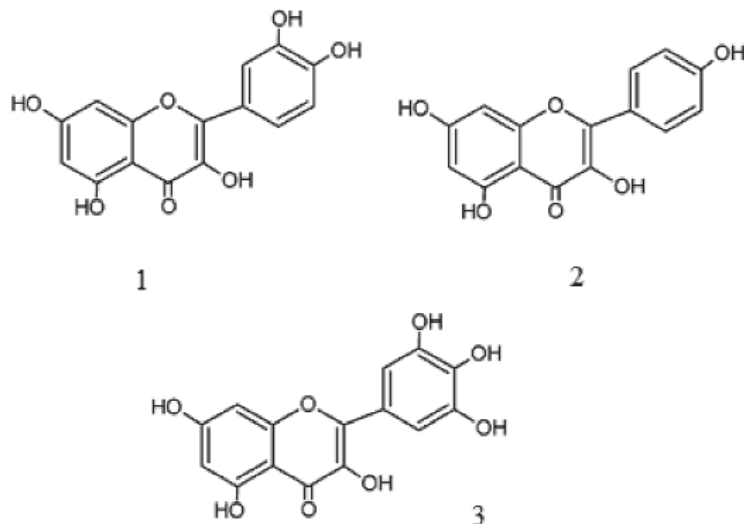
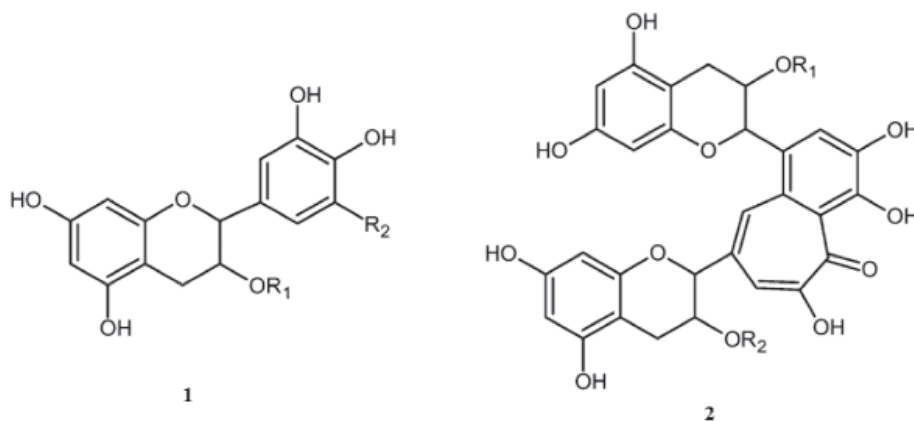
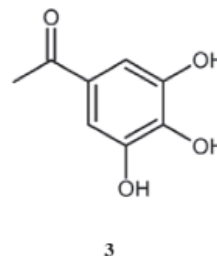


Рис. 1. Строение флавонолов чая:  
1 – кемпферол; 2 – кверцетин; 3 – мирицетин



НАЗВАНИЯ ГРУПП	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
ЭПИКАТЕХИН (ЕС)	H	H
ЭПИГАЛЛОКАТЕХИН (EGC)	H	ОН
ЭПИКАТЕХИН-3-ГАЛЛАТ(EGCG)	G	H
ЭПИГАЛЛОКАТЕХИН-3-ГАЛЛАТ(EGCG)	G	ОН
ТЕАФЛАВИН	H	H
ТЕАФЛАВИН-3-ГАЛЛАТ	H	G
ТЕАФЛАВИН-3'-ГАЛЛАТ	G	H
ТЕАФЛАВИН-3,3'-ДИГАЛЛАТ	G	G

Рис. 2. Строение катехинов:  
1 – катехины; 2 – теафлавины; 3 – галлат



Флавоноиды представлены в чае в основном катехинами, которые определяют качество и полезные свойства чайного напитка, особенно зеленого чая [9]. На долю катехинов приходится 20–30% сухого вещества чая, причем чем больше в сухом чае полифенолов, тем выше качество настоя, тем лучше цвет, терпкость и аромат напитка [1]. В чае присутствуют 8 катехинов, из них в наибольшем количестве содержатся галлокатехин, эпигаллокатехин, эпигаллокатехингаллат [3]. Катехины чайного листа снижают хрупкость и проницаемость капилляров, нормализуют тканевое дыхание, предотвращают развитие атеросклероза, принимают активное участие в обмене сложных белков, влияют на активность ферментов, в частности фермента тиломеразы, который обеспечивает регуляцию процессов деления клеток [5].

чай содержит меньше мономерных катехинов, так как в процессе ферментации происходит их полимеризация с образованием олигомерных теафлавинов (желто-оранжевого цвета) и теарубигинов (красно-коричневого цвета), определяющих качество чая [14]. *Теафлавины* – первые продукты окисления катехинов и катехингаллатов в процессе ферментации, придающие черному чаю вяжущий вкус и ярко-золотую окраску. Содержание теафлавинов колеблется в пределах 0,29–1,25%. Низкое содержание теафлавинов указывает на неполную ферментацию и длительный срок хранения чая [17]. *Теарубигины* являются продуктами превращения теафлавинов, они придают чайному настою красноватый цвет и полный, богатый вкус, обладают вяжущим, дубящим действием (рис. 3).

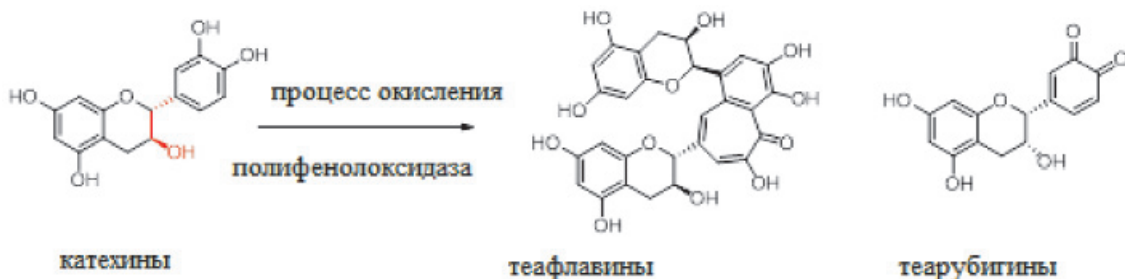


Рис. 3. Процесс образования теафлавинов и теабраунинов

Эпигаллокатехингаллат зеленого чая повышает активность ключевых ферментов остеогенеза, увеличивает минерализацию костной ткани, блокирует активность остеокластов [15]. Он эффективен при сепсисе и ревматоидном артрите [13]. Кроме того, катехины чая являются мощными антиоксидантами, нейтрализующими действие свободных радикалов [21]. Они способствуют связыванию различных ядовитых веществ и выведению их из организма, оказывают вяжущее и бактериостатическое действие [9]. Катехины тормозят развитие таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона. В настоящее время биофлавоноидам чая принадлежит широкий спектр фармакологических свойств, таких как иммуностимулирующие, кардио-, радио-, гепато-, геропротекторные, антитромботические, антиаллергические, противоопухолевые и антивирусные [8, 12, 16]. В зеленом чае сохраняется химический состав, характерный для свежих листьев чая, в котором присутствуют стереоизомеры группы катехинов в количестве 0,32 г/г [1, 4]. Черный

*Теабраунины*, продукты окисления теарубигинов, придают чаю темно-коричневый цвет и отрицательно сказываются на качестве чая. Для оценки качества черного чая используется отношение концентрации теафлавинов к концентрации теарубигинов. Свежий, черный чай должен содержать теафлавинов более 1%, теарубигинов – около 10%, и их отношение > 0,1 [14].

Чай – один из самых богатых источников антиоксидантов [18, 21]. В зеленом чае основной вклад в антиоксидантную активность вносят катехины, а в черном – теафлавины и теарубигины. Благодаря антиоксидантным свойствам черный и зеленый чаи эффективно ингибируют процесс развития атеросклероза, снижая уровень атерогенных форм липопротеинов: ЛПОНП и ЛПНП и увеличивая уровень антиатерогенной фракции липопротеинов – ЛПВП [5].

*Дубильные вещества* – это смесь полифенольных соединений и их производных, на долю которых приходится от 15 до 30%. Они препятствуют развитию онкологических процессов, понижают артериальное давление, обладают антимикробным,

дезинфицирующим, антиоксидантным действием [24]. Наиболее богаты дубильными веществами белые и зеленые чаи [4]. Одним из представителей дубильных веществ является танин или теотанин. Его содержание в зеленом чае в два раза больше, чем в черном. Продукты окисления дубильных веществ – хиноны, образующиеся в ходе переработки чая, окисляют другие вещества чайного листа и образуют ароматические продукты, участвующие в создании чайного аромата.

*Сапонины чая* – это ацилированные сапонины олеанан-тритерпенового ряда. В отличие от полифенолов чая сапонины изучены значительно меньше. По мере изучения этих веществ их количество возрастает. В настоящее время открыты сапонины А1–А9, Е1–Е9, С1–С4, Н1. Сапонины – это высокомолекулярные органические вещества, содержащие углеводные компоненты и обладающие поверхностно-активными свойствами. Молекула сапонины состоит из углеводной части, представленной остатками глюкозы, рамнозы, фруктозы и др., и агликона, называемого сапогенином. Тритерпеновые сапонины содержат до 10 и более остатков глюкозы, которые образуют две углеводные цепочки. Эти цепочки могут быть линейными и разветвленными. В эксперименте показано, что смесь чайных сапонинов Е1 и Е2, выделенных из чая оолонг, ингибирует панкреатическую липазу *in vitro*. Сапонины чая, называемые теасапонины, оказывают антиоксидантное и противомикробное действие. В последнее время установлено, что эта группа фитохимических веществ чая обладает антиаллергическим, гипотензивным, противовоспалительным, гиполипидемическим и антиканцерогенным действием. Полученные данные свидетельствуют о новых аспектах использования чая в профилактике целого ряда патологических процессов [25].

Содержание белков и аминокислот в чае составляет в среднем 25% [11]. Наиболее богаты белками зеленые чаи, при этом повышенное содержание белка не вредит качеству этого чая, но снижает качество черного чая, ухудшает его вкус [4].

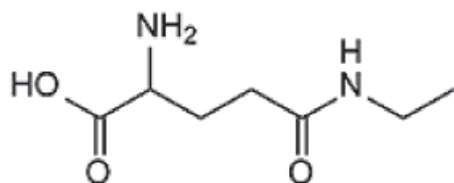


Рис. 4. Химическое строение теанина

Важной аминокислотой чая является теанин, обеспечивающий вкус настоев зеленого чая: сладковатый, пикантный и являющийся показателем качества чая. В чае присутствуют практически все наиболее важные *витамины* [21]. В частности, в нем содержатся провитамин А-каротин, обеспечивающий функциональное состояние слизистых оболочек глаза, носа, глотки, гортани, дыхательных путей, витамины группы В, способствующие нормальному функционированию желез внутренней секреции, нервной системы, а также улучшающие состояние кожи и волос. В чае присутствует аскорбиновая кислота, обладающая антимикробным противовоспалительным действием, стимулирующая иммунитет, защитные силы организма, влияющая на синтез белков в соединительной ткани, на процессы кроветворения. Зеленый чай содержит в 2–3 раза больше витамина С, чем лимоны и апельсины [13]. В экстракционном масле чайного листа обнаружены жирорастворимые витамины А, К, Д, Е [2]. *Эфирные масла* содержатся в чае в небольшом количестве, примерно 0,08%. Несмотря на их крайне незначительное количество, именно им приписывают неповторимый чайный аромат. В чае присутствуют различные *макро- и микроэлементы*. Их количество составляет примерно 4–7%. Это, прежде всего, железо, марганец, магний, натрий, кремний, кальций, калий, фосфор а также микроэлементы йод, фтор, медь, золото и некоторые другие. Все они находясь в форме коллоида растворяются в воде и выходят в чайный настой (особенно фтор и йод). Благодаря высокому содержанию растворимых соединений фтора в чае, этот напиток можно использовать как источник фторидов [4].

Отдавая должное многочисленным исследованиям, посвященным изучению химического состава и биологической активности чая, следует отметить, что многие вопросы, связанные с изучением биохимии чая остаются до сих пор невыясненными, подчас противоречивыми, что диктует необходимость их дальнейшего изучения.

#### Список литературы

1. Барабой В.А. Катехины чайного растения: структура, активность, применени // Биотехнология. – 2008. – т. 1, № 3. – С. 25–36.
2. Мелкадзе Р.Г. Липофильный комплекс чайного листа / Р.Г. Мелкадзе, В.Г. Хведелидзе // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С. 133–135.

3. Тараховский Ю.С. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С. Абдралилов, Е.Н. Музафаров. – Пушино: Synchronbook, 2013. – 969 с.
4. Яшин Я.И. Чай. Химический состав чая и его влияние на здоровье человека / Я.И. Яшин, А.Я. Яшин. – М.: ТрансЛит, 2010. – 159 с.
5. Ahmad R.S. Preventive role of green tea catechins from obesity and related disorders especially hypercholesterolemia and hyperglycemia / Ahmad et al. // *Journal of Translational Medicine*. – 2015. – № 13. – P. 79 DOI 10.1186/s12967-015-0436-x.
6. Bohn S.K. Effects of tea and coffee on cardiovascular disease risk / S.K. Bohn, N.C. Ward, J.M. Hodgson, K.D. Croft // *Food Funct*. – 2012. – № 3. – P. 575.
7. Cheyner V. Polyphenols in foods are more complex than often thought // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2005. – Vol.81, 1 Suppl. – P. 223–229.
8. Guang-Jian Du Epigallocatechin Gallate (EGCG) Is the Most Effective Cancer Chemopreventive Polyphenol in Green Tea / Guang-Jian Du et al. // *Nutrients*. – 2012. – № 4. – P. 1679–1691; doi:10.3390/nu4111679.
9. Higdon J.V., Frei B. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions // *Crit Rev Food Sci Nutr*. – 2003. – № 43. – P. 89–143.
10. Hiroshi Ashihara, Hiroshi Sano, Alan Crozier Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering // *Phytochemistry*. – 2008. – № 69. – P. 841–856.
11. Jain A., Manghani C., Kohli S., Nigam D., Rani V. Tea and human health: The dark shadows // *Toxicology Letters*. – 2013. – № 220 (1). – P. 82–87.
12. Jonathan M. Hodgson Tea flavonoids and cardiovascular disease / *Asia Pac J Clin Nutr*. – 2008. – № 17(S1). – P. 288–290.
13. Mak J.C. Potential role of green tea catechins in various disease therapies: Progress and promise // *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*. – 2012. – № 39. – P. 265–273.
14. Menet M.C., Sang S., Yang C.S., Ho C.T., Rosen R.T. Analysis of theaflavins and thearubigins from black tea extract by maldi-tof mass spectrometry // *J Agric Food Chem*. – 2004. – № 52. – P. 2455–61.
15. Naito Y., Yoshikawa T. Green tea and heart health // *J Cardiovasc Pharmacol*. – 2009. – № 54. – P. 385–90.
16. Peterson J., Dwyera J., Bhagwat S., Haytowitz D., Holden J., Eldridge A.L., Beecherd G., Aladesanmi J. Major flavonoids in dry tea // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2005. – № 18. – P. 487–501.
17. Sang S., Lambert J.D., Tian S., Hong J., Hou Z., Ryu J.H., et al. Enzymatic synthesis of tea theaflavin derivatives and their anti-inflammatory and cytotoxic activities // *Bioorg Med Chem*. – 2004. – № 12. – P. 459–67.
18. Sang S., Yang I., Buckley B., Ho C.T., Yang C.S. Autoxidative quinone formation in vitro and metabolite formation in vivo from tea polyphenol (–)-epigallocatechin-3-gallate: studied by real-time mass spectrometry combined with tandem mass ion mapping // *Free Radic Biol Med*. – 2007. – № 43. – P. 362–71.
19. Sharma V., Rao L.J. A thought on the biological activities of black tea // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. – 2009. – Vol.49, № 5. – P. 379–404.
20. Sharma V.K. Health Benefits of Tea Consumption / V.K. Sharma, A. Bhattacharya, A. Kumar, H.K. Sharma // *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, September. – 2007. – № 6 (3). – P. 785–792.
21. Susanne M.H., Yantao N., Nicolas H.L., Gail D.T., Rosario R.M., Hejing W., Vay L.W.G., David H. Bioavailability and antioxidant activity of tea flavanols after consumption of green tea, black tea, or a green tea extract supplement // *Am. J. Clin. Nutr*. – 2004. – № 80. – P. 1558–64.
22. Tariq A.L., Reyaz. A.L. Phytochemical analysis of *Camellia sinensis* Leaves // *Int. J. Drug Dev. & Res.*, October-December. – 2012. – № 4(4). – P. 311–316.
23. Tsung O. Cheng All teas are not created equal. The Chinese green tea and cardiovascular health // *International Journal of Cardiology*. – 2006. – № 108. – P. 301–308.
24. Yang C.S., Wang X., Lu G., Picinich S.C. Cancer prevention by tea: animal studies, molecular mechanisms and human relevance // *Nat. Rev. Cancer*. – 2009. – № 9. – P. 429–39.
25. Xiaohong L. In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein Endothelial Cells / Xiaohong Li et al // *J. of Food and Nutr. Res*. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 206–212.