

Определение катехинов в образцах зеленого чая методом ВЭЖХ с амперометрическим детектором

А. Я. Яшин, к. х. н.¹

УДК 543.544.5.068.7

Впервые проведено сравнение содержания катехинов в образцах зеленого чая основных производителей этого напитка: Китая, Индии, Шри-Ланка, Вьетнама, Индонезии. Катехины – основные полифенолы-антиоксиданты зеленого чая. Они обеспечивают его высокую антиоксидантную активность и положительное влияние на здоровье человека. Основных катехинов в зеленом чае от шести до двенадцати, их определяют, как правило, методом ВЭЖХ с разными детектирующими системами. Потребление зеленого чая с большим содержанием катехинов снижает риск опасных болезней: сердечно-сосудистых, онкологических, нейродегенеративных и др. Катехины подавляют опасную бактерию, Геликобактер пилори, вызывающую болезни желудка, и благотворно влияют на микробиоту кишечника человека. Самый активный катехин – эпигаллокатехин галлат подавляет даже метастазы некоторых видов рака. Катехины зеленого чая снижают активность вируса гриппа и других вирусных заболеваний.

Ключевые слова: зеленый чай, катехины, ВЭЖХ, амперометрический детектор, антиоксиданты

For the first time, a comparison of the catechins content in green tea samples of the main producers of this drink: China, India, Sri Lanka, Vietnam, Indonesia. Catechins are the main polyphenols-antioxidants of green tea. They provide its high antioxidant activity and a positive effect on human health. The main catechins in green tea are from six to twelve, they are usually determined by HPLC with different detection systems. The consumption of green tea with a high content of catechins reduces the risk of dangerous diseases: cardiovascular, oncological, neurodegenerative and others. Catechins suppress a dangerous bacterium, *Helicobacter pylori*, which causes stomach diseases, and beneficially affect the microbiota of the human intestines. The most active catechin-epigallocatechin gallate inhibits even the metastases of certain cancers. Green tea catechins reduce the activity of influenza virus and other viral diseases.

Keywords: green tea, catechins, HPLC, amperometric detector, antioxidants

Статья получена 05.03.2020
Принята к публикации 22.06.2020

¹ Компания «Интерлаб», Москва, yashin@interlab.ru.

Введение

Чай – самый распространенный напиток в мире после воды. Самые популярные виды: полностью ферментированный черный, неферментированный зеленый и оолонг (или улун), который ферментирован наполовину. Больше всего потребляют черный чай (около 80% населения), зеленый чай – около 20%. Однако, в последние годы интерес к зеленому чаю растет, благодаря его оздоровительному действию. Ранее продавали зеленый чай только Китай и Япония, а теперь его стали производить на продажу Индия, Шри-Ланка, Кения, Вьетнам и другие страны. Зеленый чай – натуральный напиток, поскольку черный чай и оолонг ферментируют, кофе и какао подвергают обжарке. При этих процессах (ферментация и обжарка) изменяется первоначальный состав и появляются новые не всегда полезные соединения. Чтобы сохранились все ценные исходные ингредиенты, зеленый чай только быстро сушат. Его считают самым полезным напитком в мире, что подтверждено многими эпидемиологическими, клиническими и терапевтическими исследованиями. Опубликованы книги [1–3] и обзоры [4–10] о благотворных и целебных свойствах зеленого чая. Статья о пользе зеленого чая включена в Европейскую Фармакопею последнего издания [3]. Отдельно отмечается польза основного катехина зеленого чая – эпигаллокатехин галлата [7, 8].

Определение химического состава зеленого чая

Для определения химического состава зеленого чая используются методы хроматографии, чаще всего это высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Из табл. 1 видно насколько широко применяются методы ВЭЖХ и УльтраВЭЖХ и их варианты (капиллярная, хиральная, двумерная, препаративная) с самыми распространенными детекторами: масс-спектрометрическим, диоднолучным, спектрофотометрическим, ультрафиолетовым, электрохимическим. Для выделения катехинов используются классические методы экстракции: жидкостно-жидкостная, твердофазная, микроволновая. В работе [40] обобщены оптимальные условия

экстракции катехинов. Катехины выделяют и определяют не только в зеленом чае, но и в биологических жидкостях человека для исследования их биодоступности и фармакокинетики. Весь процесс пробоподготовки для анализа катехинов приведен в работе [41]. Процедуры разработки и валидации методики определения катехинов методом ВЭЖХ также описаны в [42]. Эти соединения определяют для того, чтобы классифицировать, оценить качество, подтвердить географическое происхождение изучаемых образцов зеленого чая [43].

Экспериментальная часть

Все измерения выполнены на жидкостном хроматографе «МаэстроВЭЖХ» с амперометрическим детектором. Рабочий электрод амперометрического детектора – стеклоуглерод. Потенциал рабочего электрода +1,3 В. Для разделения использовали колонку 250×4,6 мм, заполненную сорбентом Кромасил С18 с размером частиц 5 мкм. Скорость элюента 1 мл/мин. Элюент А – ацетонитрил (1 мл H₃PO₄ конц.), В – бидистиллированная вода (1 мл H₃PO₄ конц.), градиент:

Время, мин	Элюэнт А, %	Элюэнт В, %
0	10	90
10	45	55
11	10	90
13	10	90

Пробы зеленого чая были получены непосредственно у фирм-производителей на

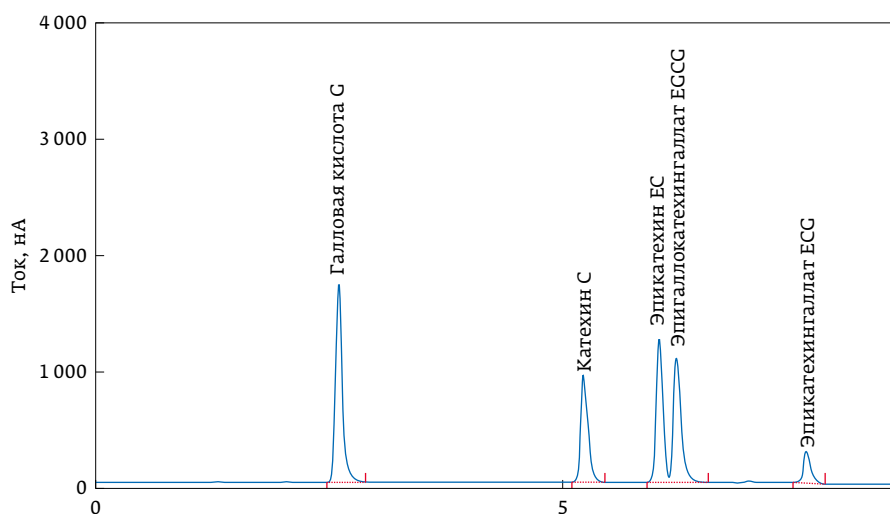


Рис. 1. Хроматограмма стандартной смеси компонентов зеленого чая

специализированных выставках. Стандарты катехинов приобретены у фирмы Fluka.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведена хроматограмма стандартной смеси катехинов зеленого чая, а на рис. 2 – структурные формулы катехинов. Хроматограммы образцов зеленого чая из пяти стран показаны на рис. 3. С помощью стандартов получены калибровочные графики и по ним вычислены концентрации четырех катехинов во всех пробах (табл. 2). Как и ожидалось, наибольшая концентрация у эпигаллокатехин галлата (ЭГКГ), его доля по многим измерениям составляет 50% и более от суммы всех остальных катехинов. Необычно малые концентрации катехинов во вьетнамском чае. Возможно, это старый чай и плохо хранился, катехины довольно быстро окисляются при контакте с кислородом воздуха. Высокие концентрации катехинов в зеленом чае Индии и Шри-Ланки связаны с тем, что эти страны стремятся завоевать рынок и поставляют качественную продукцию на торговые биржи разных стран. Амперометрическим детектором была определена общая антиоксидантная активность исследуемых образцов. Амперометрический детектор регистрирует только молекулы антиоксидантов, поэтому сумма всех площадей пиков на хроматограмме может быть мерой антиоксидантной активности (табл. 3). Отметим хорошую корреляцию антиоксидантной активности чая и содержания в нем катехинов.

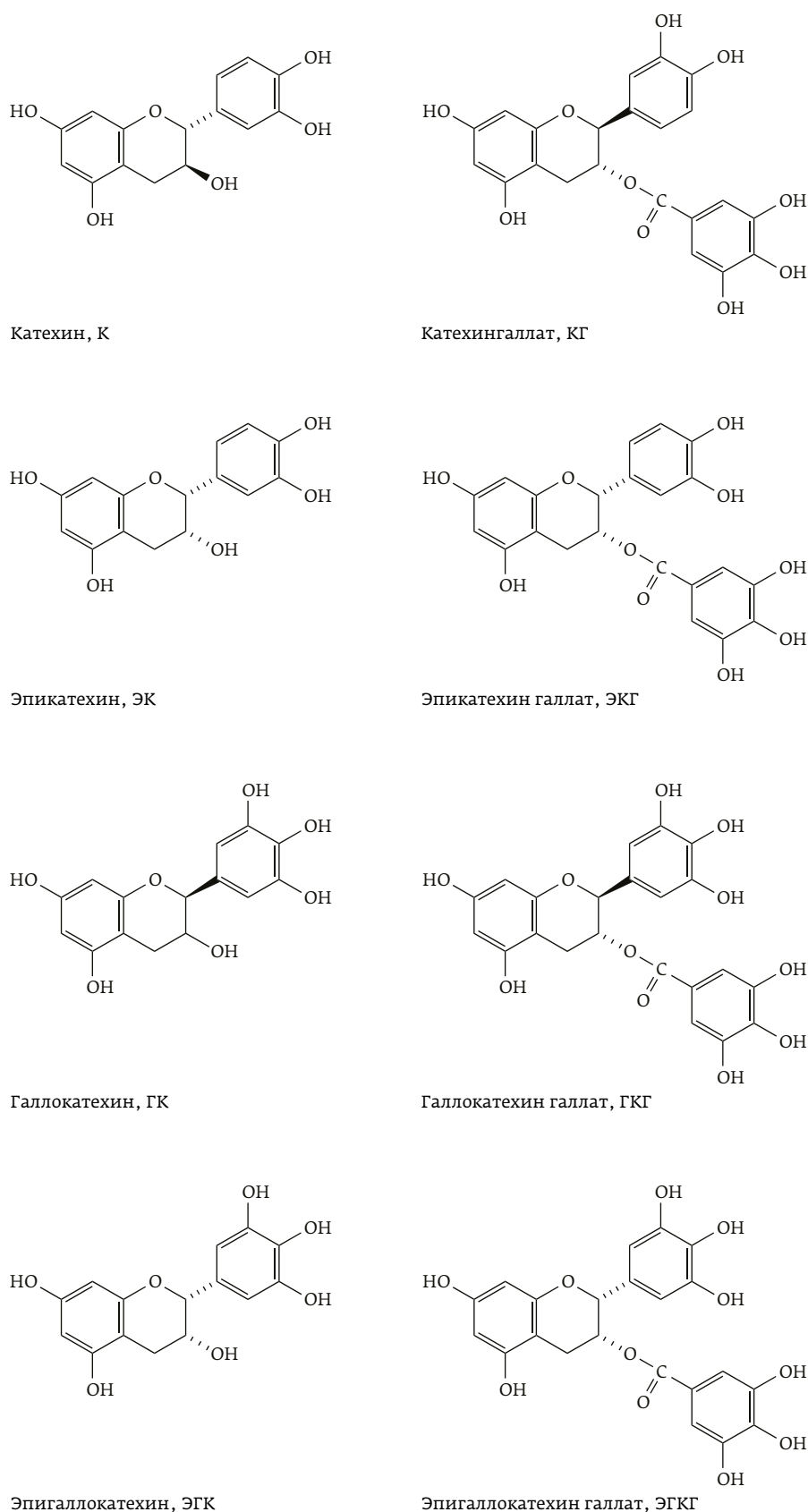


Рис. 2. Структурные формулы наиболее распространенных катехинов зеленого чая

Влияние катехинов зеленого чая на здоровье человека

Издано много различной литературы, посвященной общим вопросам влияния потребления зеленого чая на здоровье человека. Мы проанализировали сотни научных публикаций о роли регулярного потребления зеленого чая в снижении риска многих заболеваний (табл. 4). Выводы сделаны на основании большого числа

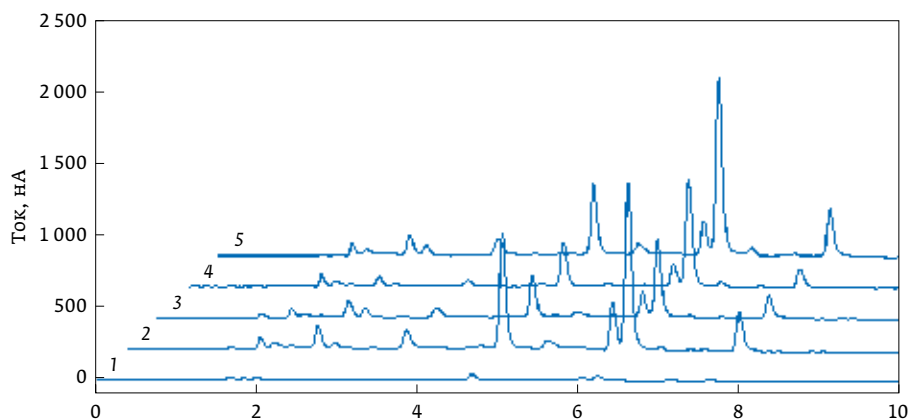


Рис. 3. Наложение хроматограмм образцов зеленого чая из разных стран. 1 – Вьетнам, 2 – Цейлон, 3 – Индонезия, 4 – Китай, 5 – Индия

Таблица 1. Методы хроматографии, применяемые для анализа катехинов

Метод	Детектор/особенности анализа	Ссылка
ВЭЖХ		11–19
	Микроволновая экстракция, монолитная колонка	14
	Диодноматричный детектор (ДМД)	15
	Твердофазная экстракция катехинов из плазмы	16
	Градиентное элюирование	17
	Качественный и количественный анализ зеленого чая	18
	Масс-спектрометрический (МС) детектор	19, 20
	МС-детектор, определение 12 катехинов	21
	МС/МС-детектор	22
	Спектрофотометрический детектор (СПФ)	23
Амперометрический детектор, определение 12 катехинов	24	
Капиллярная ВЭЖХ	Определение катехинов на уровне аттомолей (10^{-18}) с электрохимическим детектором	25
Хиральная ВЭЖХ	Определение оптических изомеров катехинов	26, 27
ВЭЖХ	Инфракрасный (ИКС) детектор	28
	ГОСТ ИСО 14502.2.2015. Определение катехинов	29
УльтраВЭЖХ и ВЭЖХ	Сравнение методов	30
УльтраВЭЖХ	МС-детектор	31
	МС/МС	32
	С двумя детекторами – ДМД и МС	33
	С двумя детекторами МС и ультрафиолетовым (УФ)	34
	Двумерная хроматография – обращенно-фазная и эксклюзионная	35
	Орбитрэп МС/МС	36
ВЭЖХ и КЭФ	Сравнение ВЭЖХ и капиллярного электрофореза (КЭФ)	37
Противоточная хроматография	Выделение катехинов в чистом виде	38
Препаративная ВЭЖХ	Выделение эпигаллокатехин галлата – основного катехина в чистом виде	39

Таблица 2. Содержание катехинов в зеленых чаях разных стран, определенных методом ВЭЖХ с амперометрическим детектором

Страна производства зеленого чая	Количество, мг / г			
	катехин, К	эпикатехин, ЭК	эпигаллокатехин галлат, ЭГКГ	эпикатехин галлат, ЭКГ
Индия	3,0	7,0	39,9	24,5
Цейлон	2,7	10,0	37,3	22,2
Китай	0,2	4,5	23,7	9,9
Индонезия	1,2	5,1	17,2	13,0
Вьетнам	–	0,7	0,9	0,3

эпидемиологических, клинических и терапевтических исследований. Особенно важно отметить, что потребление зеленого чая снижает риск социально-значимых опасных болезней. Главный лечебный эффект зеленого чая связан с катехинами, особенно эпигаллокатехин галлатом (ЭГКГ) [9, 10]. Катехины зеленого чая защищают от атеросклероза за счет уменьшения окисления липопротеинов низкой плотности (ЛПНП). Известно, что окисленные ЛПНП легко откладываются на стенках сосудов, это приводит к росту бляшек. Кроме того, потребление зеленого чая приводит к снижению давления. Собрано много данных об антиканцерогенном действии катехинов зеленого чая. Регулярное потребление зеленого чая снижает риски самых опасных и распространенных видов рака: молочной железы, легких, простаты, толстой кишки, меланомы и др. Есть сведения о том, что ЭГКГ даже подавляет метастазы. Зеленый чай снижает риск старческих болезней: Альцгеймера, Паркинсона, деменции, что способствует долголетию. Пожилым людям нужно рекомендовать регулярно пить зеленый чай. Важно отметить, что чай борется с ожирением, с которым связано много опасных болезней. Катехины зеленого чая обладают антивирусным,

Таблица 3. Антиоксидантная активность (АА) образцов зеленого чая разных стран

Страна производства зеленого чая	АА, как сумма всех пиков на хроматограмме
Шри-Ланка	17940
Индия	15572
Китай	9346
Индонезия	8832
Вьетнам	1006

антибактериальным и антигрибковым действием (табл. 5), что подтверждается десятками исследований. Важно, что потребление зеленого чая помогает при таких массовых болезнях, как грипп и ОРВИ. Катехины зеленого чая угнетают, не дают размножаться бактериям Геликобактер пилори в желудке. 85% населения нашей страны имеют эту бактерию (данные доктора А. Л. Мясникова). Эта

Таблица 4. Перечень болезней, риск возникновения которых может быть снижен при регулярном потреблении катехинов зеленого чая

Тип болезни	Ссылка
1 Сердечно-сосудистые заболевания	44, 45
2 Гипертония	46
3 Онкологические болезни	47–50
3.1. Общие обзоры – зеленый чай и рак	
3.2. Рак молочной железы	51
3.3. Рак простаты	52
3.4. Рак легких	53
3.5. Колоректальный рак	54
3.6. Рак кишечника	55
3.7. Рак поджелудочной железы	56
3.8. ЭГКГ подавляет метастазы	57
3.9. Меланома	58
4 Нейродегенеративные болезни	59
4.1. Альцгеймера	60
4.2. Паркинсона	61
5 Диабет 2 типа	62
6 Окислительный стресс	63
7 Новая стратегия лечения рака – использование комбинации катехинов зеленого чая и антиканцерогенных лекарств (химиотерапия)	64

Таблица 5. Антивирусные, антибактериальные и антигрибковые действия катехинов зеленого чая

Тип вирусов, бактерий	Ссылка
Антимикробные свойства катехинов зеленого чая – общие обзоры	65–67
Вирус гриппа	68–70
Вирус ВИЧ	71–73
Вирус гепатита В	74
Вирус гепатита С	75
Вирус Зика	76
Вирус герпеса	77, 78
Вирус Эпштейна – Барра	79
Ротавирус и энтеровирус	80
Антибактериальные и антигрибковые действия эпигаллокатехин галлата	81
Бактерии Геликобактер пилори	82

бактерия – основная причина язвы и рака желудка человека. Здоровье человека и его иммунитет в значительной степени определяется микробиотой кишечника. Катехины зеленого чая благотворно влияют на микробиоту и тем самым поддерживают общее состояние здоровья человека.

Заключение

Впервые проведено сопоставление содержания катехинов в образцах зеленого чая разных стран – основных мировых поставщиков. Оценена антиоксидантная активность, приведены методы хроматографии, применяемые для анализа катехинов в зеленом чае, а также в биологических жидкостях человека. Значение хроматографических методов подтверждено выпуском Международного ГОСТа по определению катехинов в зеленом чае методом ВЭЖХ: ISO 14502-2-2015 «Чай. Метод определения содержания катехинов». Обобщены данные о положительном влиянии регулярного потребления катехинов зеленого чая на здоровье человека, особенно следует отметить снижение риска самых смертельно-опасных болезней: сердечно-сосудистых и онкологических. Катехины зеленого чая облегчают течение и замедляют развитие старческих болезней. В целом потребление катехинов зеленого чая снижает смертность, увеличивает продолжительность и улучшает качество жизни человека. Его следует рекомендовать включать в функциональное и лечебное питание для профилактики опасных болезней.

Литература/References

- Green tea and Health: Antioxidant Properties, consumption and Role in Disease Prevention. Ed. Powel N. Nova Science. Pub. Inc. Hauppauge. N Y. USA. 2015.
- Juneja L. R., Kapoor M. P., Okubo T., Rao T. Green tea polyphenols. Nutraceuticals of Modern life. CRC Press. Boca Raton. FL. USA. 2016.
- Green tea in European Pharmacopoeia. 9th ed. Coucil of Europa. Strasbourg. France. 2018.
- Chacko S. M., Thambi P. T., Kuttan R., Nishigani I. Beneficial effects of green tea. A literature review // Clin. Med. 2010. V. 5. P. 13.
- Isemura M. Catechin in human health and disease // Molecules. 2019. V. 24. P. 528.
- Reygaert W. G. An update on the health benefits of green tea // Beverages. 2017. V. 3. P. 6.
- Johnson R, M. Bryant S., Huntley A. L. Green tea and green tea catechin extracts. An overview of the clinical evidence // Maturitas. 2012. V. 73. P. 280–287.
- Cabrera C., Artacho R., Gimenez R. et al. Beneficial effects of green tea-a review // J. Amer. College Nutr. 2015. V. 25. P. 79–99.
- Chowdhury A., Sarkar J., Chakraborti T. et al. Protective role of EGCG in health and disease. A perspective // Biomed. Pharmacotherapy. 2016. V. 78. P. 50–59.
- 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.
- Fernandez P. L., Martin M. J., Gonzalez G., Pablos F. HPLC determination of catechins and caffeine in tea. Differentiation of green, black and instant teas // Analyst. 2000. V. 125. P. 421–425.
- Friedman M., Levin C. E., Choi S. H., Kozukue E., Kozukue N. HPLC analysis of catechins, theaflavins, and alkaloids in commercial teas and green tea dietary supplements: comparison of water and 80% ethanol/water extracts; Journal of Food Science, (2006); 71: C328–C337.
- El-Shahami M. S., Homra A., Bahaffi S. O. et al. Analysis of some selected catechins and caffeine in greentea by HPLC // Food Chem. 2012. V. 134. P. 2268–2275.
- Rahim A. A., Nofrizal S., Saad B. Rapid tea catechins and caffeine determination by HPLC using microwave-assisted extraction and silica monolithic column // Food Chemistry. 2014. V. 147. P. 262–268.
- Neilson A. P., Green R. J., Wood K. V., Ferruzzi M. G. High-throughput analysis of catechins and theaflavins by high performance liquid chromatography with diode array detection // Journal of Chromatography A. 2006. V. 1132. P. 132–140.
- Unno T., Sagesaka Y. M., Kakuda T. Analysis of tea catechins in human plasma by high-performance liquid chromatography with solid-phase extraction // J. Agric. Food Chem. 2005. V. 53. P. 9885–9889.
- Dalluge J. J., Nelson B. C. Determination of tea catechins // J. Chromatog. A. 2000. V. 881. P. 411–424.
- Ahmad R. S. et al. Quantitative and qualitative portrait of green tea catechins through HPLC // Intern. J. Food Properties. 2014. V. 17. P. 1626–1636.
- Masukawa Y., Matsui Y., Shimizu N., Kondou N., Endou H., Kuzukawa M., Hase T. Determination of green tea catechins in human plasma using liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry // J. Chromatogr. B. 2006. V. 834. P. 26–34.
- Arayafarias M., Gaudreau A., Rozoy E., Bazinet L. Rapid HPLC-MS method for the simultaneous determination of tea catechins and folates // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2014. V. 62(19). P. 4241–4250.
- Zeeb D. J., Nelson B. C., Albert K., Dalluge J. J. Separation and identification of twelve catechins I tea using liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization – mass spectrometry // Anal. Chem. 2000. V. 72. P. 5020–5026.
- Zhang Q.-H., Wang W.-B., Li J., Chang Y.-X., Wang Y.-F., Zhang J., Zhang B.-L., Gao X.-M. Simultaneous determination of catechin, epicatechin and epicatechin gallate in rat plasma by LC-ESI-MS/MS

- for pharmacokinetic studies after oral administration of Cynomorium songaricum extract // *J. Chromatogr. B.* 2012. V. 880. P. 168-171.
23. **He Q., Yao K., Jia D. et al.** Determination of total catechin in tea extracts by HPLC and spectrophotometry // *Natural Product Research.* 2009. V. 23(1). P. 93-100.
 24. **Sano M., Tabata M., Suzuki M. et al.** Simultaneous determination of twelve tea catechins by HPLC with electrochemical detection // *Analyst.* 2001. V. 126. P. 816-820.
 25. **Kotani A., Takahashi K., Hanamata H. et al.** Attomole catechins determination by capillary liquid chromatography with electrochemical detection // *Anal. Sci.* 2007. V. 23. P. 157-163.
 26. **Friori J., Pasquini B., Caprini C., Orlandini S.** Chiral analysis of theanine and catechin in characterization of green tea by cyclodextrin-modified micellar electrokinetic chromatography and HPLC // *J. Chromat. A.* 2018. V. 1562. P. 115-122.
 27. **Gotti R., Furianetto S., Lanteri S., Olma S.** Differentiation of green tea samples by chiral CD-MEKS analysis of catechin content // *Electrophoresis.* 2009. V. 30. P. 2922-2930.
 28. **Robb C.S., Geldort S.E. et al.** Analysis components of green tea by HPLC-IMS // *J. Liq. Chrom. Relat. Techn.* 2002. V. 25. P. 787-801.
 29. ISO 14502-2-2015. Tea. Part 2. Content of catechins in green tea-method using HPLC.
 30. **Jiang H. Y., Engelhardt U.H., Thrane C., Maiwald B., Stark J.** Determination of flavonol glycosides in green tea, oolong tea and black tea by UHPLC compared to HPLC; *Food Chemistry.* 2015. V. 183. P. 30-35.
 31. **Misaka S., Kawabe K., Onoue S., Werba J.P., Giroli M., Kimura J., Watanabe H., Yamada S.** Development of rapid and simultaneous quantitative method for green tea catechins on the bioanalytical study using UPLC/ESI-MS // *Biomed. Chromatogr.* 2013. V. 27. P. 1-6.
 32. **Park J.-E., Kim T.E., Shin R.-H.** Quantitative analysis of four catechins from green tea extracts in human plasma using UHPLC-MS/MS for pharmacokinetic studies // *Molecules.* 2018. V. 23. P. 984.
 33. **Zhao Y., Chen P., Lin L.Z., Harnly J.M., Yu L.L., Li Z.W.** Tentative identification, quantitation, and principal component analysis of green puerh, green, and white teas using UPLC/DAD/MS // *Food Chemistry.* 2011. V. 126. P. 1269-1277.
 34. **Guillarme D., Casetta C., Bicchi C., Veuthey J.L.** High throughput qualitative analysis of polyphenols in tea samples by ultra-high pressure liquid chromatography coupled to UV and mass spectrometry detectors // *Journal of Chromatography A.* 2010. V. 1217. P. 6882-6890.
 35. **Scoparo C.T., de Souza L.M., Dartora N., Sasaki G.L., Gorin P.A.J., Iacomini M.** Analysis of *Camellia sinensis* green and black teas via ultra high performance liquid chromatography assisted by liquid-liquid partition and two-dimensional liquid chromatography (size exclusion x reversed phase) // *Journal of Chromatography A.* 2012. V. 1222. P. 29-37.
 36. **Lopez-Gutierrez N., Romero-Gonzalez R., Plaza-Bolanos P., Martinez-Vidal J.-L., Garrido-Frenich A.** Identification and quantification of phytochemicals in nutraceutical products from green tea by UHPLC-Orbitrap-MS // *Food Chemistry.* 2015. V. 173. P. 607-618.
 37. **Lee B.L., Ong C.N.** Comparative analysis of tea catechins and theaflavines by HPLC and capillary electrophoresis // *J. Chrom. A.* 2000. V. 881. P. 439-447.
 38. **Wang K.B., Liu Z.H., Huang J.A. et al.** Preparative isolation and purification of theaflavines and catechins by high-speed countercurrent chromatography // *J. Chromat. B.* 2008. V. 867. P. 282-286.
 39. **Hong S.B., Kim, Row K.H.** Preparative separation of EGCG from Korean green tea by HPLC // *J. Sep. Sci. Techn.* 2002. V. 37. P. 1631-1640.
 40. **Choung M.G., Lee M.C.** Optimal extraction conditions for simultaneous determination of catechin and caffeine in green tea leaves // *Food Sci. Biotechnol.* 2011. V. 20. P. 327-333.
 41. **Blahova E., Lehotay J.** Sample preparation and HPLC determination of catechin in green tea // *Chem Anal. (Warsaw).* 2006. V. 57. P. 795.
 42. **Romaksishna U.V., Shyan S.R., Rajesh K.K. et al.** Method development and validation for rapid identification of EGCG using HPLC // *PLOS ONE* 2020. V. 15. e0227569.
 43. **Koch W., Kukula-Koch N., Komsta L. et al.** Green tea quality evaluation based on its catechins and metals composition in combination with chemometric analysis // *Molecules.* 2018. V. 23. P. 1689.
 44. **Bhardwaj P., Khanna D.** Green tea catechins: Defensive role in cardiovascular disorders // *Chin. J. Nat. Med.* 2013. V. 11. P. 345-353.
 45. **Chen X.Q., Hu T., Han Y., Huang W., Yuan H.B., Zhang Y.T., Du Y. Jiang Y.W.** Preventive Effects of Catechins on Cardiovascular Disease // *Molecules.* 2016. V. 21. P. 1759.
 46. **Khalesi S., Sun J., Buys N., Jamashid A., Nikbakht-Nasrabadi E., Khosravi-Boroujeni H.** Green tea catechins and blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Eur. J. Nutr.* 2014, 53, 1299-1311.
 47. **Butt M.S., Ahmad R.S., Sultan M.T., Qayyum M.M., Naz A.** Green tea and anticancer perspectives: Updates from last decade // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015. V. 55. P. 792-805.
 48. **Shirakam Y., Shimizu M.** Possible Mechanisms of Green Tea and Its Constituents against Cancer // *Molecules* 2018. V. 23. P. 2284.
 49. **Yang C.S., Wang H.** Cancer preventive activities of tea catechins // *Molecules* 2016. V. 21. P. 1679.
 50. **Schulze J., Melzer L., Smith L., Teschke R.** Green tea and its extracts. In cancer prevention and treatment // *Beverage.* 2017. V. 3. P. 17.
 51. **Xiang L.-P., Wang A., Ye J.-H. et al.** Suppressive effects of tea catechins on breast cancer // *Nutrients.* 2016. V. 8. P. 458.
 52. **Connors S.K., Chornoku G., Kumar N.B.** New insights into the mechanisms of green tea catechins in the chemoprevention of prostate cancer // *Nutr. Cancer.* 2012. V. 64. P. 4-22.
 53. **Fritz H., Seely D., Kennedy D.A., Fernandes R., Cooley K., Fergusson D.** Green tea and lung cancer: A systematic review // *Integr. Cancer Ther.* 2013. V. 12. P. 7-24.
 54. **Wang X.J., Zeng X.T., Duan X.L., Zeng H.C., Shen R., Zhou P.** Association between green tea and colorectal cancer risk: A meta-analysis of 13 case-control studies // *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2012. V. 13. P. 3123-3127.
 55. **Hou I.C., Amarnani S., Chong M.T., Bishayee A.** Green tea and the risk of gastric cancer: Epidemiological evidence // *World J. Gastroenterol.* 2013. V. 19. P. 3713-3722.
 56. **Busu A., Holder S.** Combinatorial effect of EGCG and trail on pancreatic cancer cell death // *Int. J. Oncol.* 2009. V. 34. P. 281-286.
 57. **Maruyama T., Murata S., Nanyama K. et al.** EGCG suppresses liver metastasis of human colorectal cancer // *Oncol. Rep.* 2014. V. 31. P. 625-633.
 58. **Prasad R., Katiyar S.K.** Polyphenols from green tea inhibit the growth of melanoma cells // *Genes Cancer.* 2015. V. 16. P. 49-61.
 59. **Pervin M., Unno K., Ohishi T., Tanabe H., Miyoshi N., Nakamura Y.** Beneficial Effects of Green Tea Catechins on Neurodegenerative Diseases // *Molecules.* 2018. V. 23. P. 1297.
 60. **Ide K., Matsuoka N., Yamada H., Furushima D., Kawakami K.** Effects of Tea Catechins on Alzheimer's Disease: Recent Updates and Perspectives // *Molecules.* 2018. V. 23. P. 2357.
 61. **Weinreb O., Mandel S., Amit T., Youdim M.B.H.** Neurological mechanisms of green tea polyphenols in Alzheimer and Parkinson disease // *J. Nutr. Biochem.* 2004. V. 15. P. 506-516.
 62. **Jiao H., Hu G., Gu D., Ni X.** Having a promising efficacy on type 2 diabetes, its definitely a green tea time // *Curr. Med. Chem.* 2015. V. 22. P. 70-79.
 63. **Sugita M., Kapoor M.P., Nishimura A., Okubo T.** Influence of green tea catechins on oxidative stress metabolites at rest

- and during exercise in healthy humans // *Nutrition*. 2016. V. 32. P. 321–331.
64. **Suganuma M., Saha A., Fujiki H.** New cancer treatment strategy using combination of green tea catechins and anticancer drugs // *Cancer Sci*. 2011. V. 102. P. 317–323.
 65. **Reygaert W. C.** The antimicrobial possibilities of green tea // *Front. Microbiol*. 2014. V. 5. P. 434.
 66. **Kaihatsu K., Yamabe M., Ebara Y.** Antiviral Mechanism of Action of Epigallocatechin-3-O-gallate and Its Fatty Acid Esters // *Molecules*. 2018. V. 23. P. 2475.
 67. **Xu J., Xu Z., Zheng W.** A review of the antiviral role of green tea catechins // *Molecules*. 2017. V. 22. P. 1337.
 68. **Ide K., Kawasaki Y., Kawakami K., Yamada H.** Anti-influenza virus effects of catechins: A molecular and clinical review // *Curr. Med. Chem*. 2016. V. 23. P. 4773–4783.
 69. **Song J. M., Lee K. H., Seong B. L.** Antiviral effect of catechins in green tea on influenza virus // *Antivir. Res*. 2005. V. 68. P. 66–74.
 70. **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.
 71. **Fassina G., Buffa A., Benelli R., Varnier O. E., Noonan D. M., Albini A.** Polyphenolic antioxidant (–)-epigallocatechin-3-gallate from green tea as a candidate anti-HIV agent // *Aids* 2002. V. 16. P. 939–941.
 72. **Li S., Hattori T., Kodama E. N.** Epigallocatechin gallate inhibits the HIV reverse transcription step // *Antivir. Chem. Chemother*. 2011. V. 21. P. 239–243.
 73. **Nance C. L., Siwak E. B., Shearer W. T.** Preclinical development of the green tea catechin, epigallocatechin gallate, as an HIV-1 therapy // *J. Allergy Clin. Immunol*. 2009. V. 123. P. 459–465.
 74. **Huang H. C., Tao M. H., Hung T. M., Chen J. C., Lin Z. J., Huang C.** (–)-Epigallocatechin-3-gallate inhibits entry of hepatitis B virus into hepatocytes // *Antivir. Res*. 2014. V. 111. P. 100–111.
 75. **Ciesek S., von Hahn T., Colpitts C. C., Schang L. M., Friesland M., Steinmann J., Manns M. P., Ott M., Wedemeyer H., Meuleman P. et al.** The green tea polyphenol, epigallocatechin-3-gallate, inhibits hepatitis C virus entry // *Hepatology*. 2011. V. 54. P. 1947–1955.
 76. **Carneiro B. M., Batista M. N., Braga A. C., Nogueira M. L., Rahal P.** The green tea molecule EGCG inhibits Zika virus entry // *Virology* 2016. V. 496. P. 215–218.
 77. **Isaacs C. E., Wen G. Y., Xu W. M., Jia J. H., Rohan L., Corbo C., Di Maggio V., Jenkins E. C. Jr., Hillier S.** Epigallocatechin gallate inactivates clinical isolates of herpes simplex virus // *Antimicrob. Agents Chemother*. 2008. V. 52. P. 962–970.
 78. **Isaacs C. E., Xu W., Merz G., Hillier S., Rohan L., Wen G. Y.** Digallate dimers of (–)-epigallocatechin gallate inactivate herpes simplex virus // *Antimicrob. Agents Chemother*. 2011. V. 55. P. 5646–5653.
 79. **Liu S. et al.** EGCG inhibition of Epstein-Barr virus // *Carcinogenesis* 2013. V. 34. P. 627–637.
 80. **Mukoyama A., Ushijima H., Nishimura S., Koike H., Toda M., Hara Y., Shimamura T.** Inhibition of rotavirus and enterovirus infections by tea extracts // *Jpn. J. Med. Sci. Biol*. 1991. V. 44. P. 181–186.
 81. **Ho H. Y., Cheng M. L., Weng S. F., Leu Y. L., Chiu D. T.** Antiviral effect of epigallocatechin gallate on enterovirus 71. *J. Agric. Food Chem*. 2009. V. 57. P. 6140–6147.
 82. **Matsumoto Y., Kaihatsu K., Nishino K., Ogawa M., Kato N., Yamaguchi A.** Antibacterial and antifungal activities of new acylated derivatives of epigallocatechin gallate // *Front. Microbiol*. 2012. V. 3. P. 53.
 83. **Stoicov C., Saffari R., Houghton J.** Green tea inhibits *Helicobacter* growth in vivo and in vitro // *Int. J. Antimicrob. Agents* 2009. V. 33. P. 473–478.
 84. **Chen M., Zhai I., Arendrup M. C.** In vitro activity of 23 tea extractions and EGCG against *Candida* species // *Med. Mycol*. 2015. V. 53. P. 194–198.



Электрохимические методы анализа (ЭМА-2020)

Уважаемые коллеги!

С 16 по 20 ноября 2020 г. в Казани пройдет X Юбилейная Всероссийская конференция по электрохимическим методам анализа «ЭМА-2020». Казанский федеральный университет является одним из признанных отечественных лидеров в данной области аналитической химии и мы сделаем все, чтобы конференция прошла на высоком уровне.

Место проведения: г. Казань, санаторий «Крутушка» Тел.: +79173901888 E-mail: ema2020kazan@gmail.com

Оргкомитет конференции ЭМА-2020

Президиум:

- Золотов Ю.А., академик РАН, г. Москва
- Брайнина Х.З., д.х.н., профессор, Уральский экономический университет
- Галкин В.И., д.х.н., профессор, директор Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета

Сопредседатели:

- Будников Г.К., д.х.н., профессор, г. Казань
- Евтюгин Г.А., д.х.н., профессор, г. Казань

Ученый секретарь:

- Порфирьева А.В., к.х.н.

Члены Оргкомитета:

- Ермаков С.С., д.х.н., профессор, г. Санкт-Петербург
- Зиятдинова Г.К., д.х.н., доцент, г. Казань
- Карякин А.А., д.х.н., профессор, г. Москва
- Козицина А.Н., д.х.н., г. Екатеринбург
- Короткова Е.И., д.х.н., профессор, г. Томск
- Кулапина Е.Г., д.х.н., профессор, г. Саратов
- Майстренко В.Н., д.х.н., профессор, г. Уфа
- Михельсон К.Н., д.х.н., профессор, г. С-Петербург
- Слепченко Г.Б., д.х.н., профессор, г. Томск
- Стожко Н.Ю., д.х.н., профессор, г. Екатеринбург

- Супрун Е.В., д.б.н., г. Москва
- Темердашев Э.А., д.х.н., профессор, г. Краснодар
- Шайдарова Л.Г., д.х.н., профессор, г. Казань
- Широкова В.И., к.х.н., г. Москва
- Шлигун Л.К., д.х.н., профессор, г. Москва

Рабочая группа:

- к.х.н. Белякова С.В.
- к.х.н. Иванов А.Н.
- к.х.н. Кузин Ю.И.
- к.х.н. Шамарсумова Р.В.