

Михаил Николаевич Елисеев<sup>1</sup>, Ирина Николаевна Грибкова<sup>2✉</sup>,  
Максим Александрович Захаров<sup>3</sup>, Варвара Алексеевна Захарова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>2,3,4</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

<sup>1</sup>michail\_eliseev@mail.ru

<sup>2</sup>beer\_institut@mail.ru

<sup>3</sup>mazakharoff@mail.ru

<sup>4</sup>AVA-83@yandex.ru

## ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ ЧЕРНЫХ СОРТОВ ЧАЯ

Цель исследования – установление идентификационных критериев черных сортов чая для идентификации географического места происхождения и выяснения характера влияния некоторых фенольных соединений на вкусовой профиль чайных экстрактов. Объекты исследования – черные цейлонские сорта чая, расфасованные на территории России. Все образцы чая по внешнему виду настоя были яркими и прозрачными, с нежными ароматами и терпким вкусом, что соответствует виду продукции. Исключением был образец чая № 2, который по внешнему виду разваренного чайного листа не соответствовал нормам категории напитка. Содержание общих полифенолов в водных экстрактах колебалось в пределах 116,0–162,0 мг/г чая, кофеина – 5,7–7,1; катехинов – в пределах 4,4–8,7 мг/г чая. По совокупности содержания фенольных соединений чай № 3 и № 4 обладали наибольшим содержанием различных классов фенольных соединений. Содержание кверцетина в образцах составило 0,32–0,47 мг/дм<sup>3</sup>, рутина – 60,96–94,22 мг/дм<sup>3</sup>. В водных экстрактах были зафиксированы фенольные кислоты в количестве 0,37–13,1 мг/дм<sup>3</sup> и фенольные альдегиды – в количестве 0,11–5,55 мг/дм<sup>3</sup>, благодаря чему удалось установить, что кониферилловый и синаповый альдегиды могут быть идентификационными критериями для определения региональной принадлежности возделывания чая. Математический анализ позволил выявить сильную корреляцию между положительной дегустационной оценкой образцов и изменением содержания кофеина, а также рутина. Существует тесная корреляция между изменением содержания кофеина и рутина ( $r = 0,99$ ), а также содержанием катехинов и сиреновой кислоты и синаповым альдегидом ( $r = 0,93$  и  $r = 0,97$  соответственно), что связано со строением растительной матрицы чая.

**Ключевые слова:** чай, фенольные соединения, органолептические показатели, кофеин, идентификационные показатели

**Для цитирования:** Идентификационные критерии черных сортов чая / М.Н. Елисеев [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9. С. 205–213. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-205-213.

Mikhail Nikolaevich Eliseev<sup>1</sup>, Irina Nikolaevna Gribkova<sup>2✉</sup>, Maxim Alexandrovich Zakharov<sup>3</sup>,  
Varvara Alekseevna Zakharova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

<sup>2,3,4</sup>All-Russian Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов RAS, Moscow, Russia

<sup>1</sup>michail\_eliseev@mail.ru

<sup>2</sup>beer\_institut@mail.ru

<sup>3</sup>mazakharoff@mail.ru

<sup>4</sup>AVA-83@yandex.ru

## IDENTIFICATION CRITERIA FOR BLACK TEA

The purpose of the study is to establish the identification criteria for black tea varieties to identify the geographical place of origin and to determine the nature of the influence of certain phenolic compounds on the taste profile of tea extracts. The objects of study are black Ceylon teas packaged in Russia. All samples of tea in the appearance of the infusion were bright and transparent, with delicate aromas and tart taste, which corresponds to the type of product. The exception was tea sample No. 2, which, by the appearance of the boiled tea leaf, did not meet the standards for the beverage category. The content of total polyphenols in aqueous extracts ranged from 116.0–162.0 mg/g of tea, caffeine – 5.7–7.1; catechins – in the range of 4.4–8.7 mg/g of tea. In terms of the total content of phenolic compounds, tea No. 3 and No. 4 had the highest content of various classes of phenolic compounds. The content of quercetin in the samples was 0.32–0.47 mg/dm<sup>3</sup>, rutin – 60.96–94.22 mg/dm<sup>3</sup>. In aqueous extracts, phenolic acids were recorded in the amount of 0.37–13.1 mg/dm<sup>3</sup> and phenolic aldehydes in the amount of 0.11–5.55 mg/dm<sup>3</sup>, thanks to which it was possible to establish that coniferyl and synapic aldehydes can be identification criteria to determine the regional affiliation of tea cultivation. Mathematical analysis revealed a strong correlation between a positive tasting score of samples and changes in caffeine content, as well as rutin. There is a close correlation between the change in the content of caffeine and rutin ( $r = 0.99$ ), as well as the content of catechins and syringic acid and synapaldehyde ( $r = 0.93$  and  $r = 0.97$ , respectively), which is associated with the structure of the tea plant matrix.

**Keywords:** tea, phenolic compounds, organoleptic indicators, caffeine, identification indicators

**For citation:** Identification criteria for black tea / M.N. Eliseev [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(9): 205–213. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-205-213.

**Введение.** Известно, что черный чай является популярным напитком в России. Растительным сырьем для приготовления различных сортов чая (черного, зеленого, красного и пр.) являются молодые верхние побеги растения

*C. sinensis*, произрастающего в Китае, Индии, Шри-Ланке, Европе, Северной и Южной Америке, а также в России [1]. В таблице 1 представлен состав органических соединений чайных листьев [2].

Таблица 1

Органический профиль листьев *C. sinensis*

Класс соединений		Основные представители
1		2
Флаван-3-олы	Катехины	Агликоны флаванолов: (+)-катехин, (-)-эпикатехин, (-)-галлокатехин, (-)-эпигаллокатехин; гликированные формы флаванолов в виде галлатов
	Фенольные кислоты	Галловая, кофейная, хининовая, хлорогеновая, п-кумаровая
	Флавонолы	Кверцетин, кемпферол, мирицетин
	Теафлавины	Теафлавин, теафлавин-3-О-галлат и его производные
	Тигаллины	Тигаллины
	Тиарубины	Катехин-галлаты молекулярной массой 1 кДа–40 кДа
Пигменты		Каротиноиды, хлорофилл
Алкалоиды		Кофеин, теофиллин, теобромин
Мономерные углеводы		Глюкоза, фруктоза, сахароза
Аминокислоты		Изолейцин, лейцин, метионин, треонин, фенилаланин, глутамин, аспарагин, аланин, серин, пролин, гистидин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, треонин
Витамины		Аскорбиновая кислота (С), α-, β-, γ-, δ-токоферолы (Е), рибофлавин (В <sub>2</sub> )

1	2
Органические кислоты	Янтарная, яблочная, лимонная, винная, хинная, оксалатная
Минеральные соединения	K, Na, Ca, Mg, NH-, Al, Fe, Zn, Cu, Ni, Al
Лигнаны, терпеновые сапонины	Смесь органических соединений

Отмечено, что химический состав чая зависит от географического места произрастания или таких факторов, как тип почвы, количество солнечных и дождливых дней в году, высота местности над уровнем моря и пр., а также от особенностей технологии растительного сырья (наличие/отсутствие ферментационной стадии, температура, длительность стадий и пр.) [3].

Наиболее значимыми соединениями растительного сырья для производства чайных напитков являются фенольные соединения (флавоноиды, флавонолы, флавоны, флаваноны и антоцианидины), они составляют до трети от сухой массы листьев [4, 5]. Наряду с терпеноидами, алкалоидами и фитостеролами фенольные соединения входят в группунутрицевтических соединений [6]. Некоторые из фенольных веществ образуются в ходе ферментативного окисления полифенолоксидазами, что характерно для технологии черного чая и имеет отношение к конденсированию катехинов до теарубигинов и теафлавинов: катехины ассоциируются связыванием колец В в структуре катехинов с галлоильной группой (димеры) наряду с образованием тримеров – бистеафлаватов А, получаемых в растительной матрице листьев посредством межмолекулярного связывания двух бензотрополоновых фрагментов теафлавата А [7]. Необходимо сказать, что именно продукты окисления отвечают за органолептический профиль чая: теафлавины влияют на терпкость и яркость экстракта чая, а теарубины – на цветообразование и интенсивность ощущений при дегустации. Установлено, что при образовании теафлавинов и теарубигинов в количестве 2–6 % задействовано 10–20 % катехинов, изначально присутствующих в листовом чайном сырье [1].

Как отмечается, стадия финальной сушки растительного материала положительно влияла на увеличение содержания флавоноидов в черных чаях [8].

Наряду с флавоноидами в экстрактах чая обнаружены фенольные кислоты, подразде-

ляющиеся на гидроксibenзойные и гидроксикоричные. Распространенной формой гидроксibenзойных кислот является галловая кислота, которая служит строительной субъединицей для образования более сложных гидроксibenзойных кислот [9, 10]. Подобной функцией, но для группы гидроксикоричных кислот, обладает п-кумаровая кислота, более сложная по строению и обладающая ароматическим кольцом с одним гидроксильным замещением [10]. Мономерные фенольные соединения также влияют на органолептические характеристики экстрактов. Так, было показано, что фенольные кислоты имели кислый и вяжущий тон и влияли на горечь и терпкость чая [11]. Показано, что галловая кислота усиливает терпкость в присутствии кверцетина и рутина, а кофейная и хлорогеновая кислоты в тех же условиях – сглаживает терпкие тона во вкусе [11].

Таким образом, качественный и количественный профиль фенольных соединений структуры чайного листа зависит от многих факторов и оказывает влияние на органолептический профиль экстрактов, данная проблема актуальна, поскольку в связи с развитием приборных методов анализа дальнейшие исследования в этой области имеют перспективный характер.

**Цель исследования** – установление идентификационных критериев черных сортов чая для определения географического места происхождения и выяснения характера влияния некоторых фенольных соединений на вкусовой профиль чайных экстрактов.

**Задачи:** исследовать органолептические и физико-химические показатели качества образцов экстрактов чая; выявить зависимость изменения количественных характеристик отдельных фенольных соединений в зависимости от образца чая; применить принципы статистической обработки для нахождения функциональных зависимостей.

**Объекты и методы.** Объектами исследования являлись образцы черного чая, расфасованного и реализуемого на территории России. Об-

разцы чая № 1, 3–5 были крупнолистовыми, а образец № 2 – среднелистовым, причем, согласно маркировке производителя, место сбора образцов № 1–4 был Цейлон, а № 5 – Азербайджан. Все образцы чая при проведении экспериментов хранились при соблюдении установленных условий: при температуре  $(20\pm 5)$  °С и относительной влажности не более 75 %, в отсутствии прямых солнечных лучей, герметично упакованными для сохранения качества продукции.

Исследование образцов чая проводилось следующими методами: органолептический анализ – по [12]; определение общего содержания фенольных соединений – по [13]; определение массовой концентрации отдельных фенольных соединений – по [14]; определение массовой

концентрации кофеина – по [15]. Статистические данные обрабатывались программой Statistics (MS Corp., Redmond, WA, USA, 2006).

Количественная оценка фенольного профиля чайной продукции проводилась в водных экстрактах при гидромодуле 1:40 и продолжительности 60 мин, температура процесса составляла  $(98\pm 2)$  °С.

**Результаты и их обсуждение.** Образцы чая исследовали по органолептическим показателям. В отношении всех образцов чая можно сказать, что внешний вид настоя чая был ярким и прозрачным, с нежным ароматом и терпким вкусом, как и надлежит данному виду продукции. Остальные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Органолептические характеристики образцов чая

Показатель	Характеристики образцов				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Цвет разваренного чая	Коричнево-красный	Коричневый	Коричнево-красный		
Внешний вид чая	Однородный, ровный, хорошо скрученный	Разнородный, мелкий, нескрученный	Однородный, ровный, хорошо скрученный	Неоднородный, ровный, скрученный	
Общий дегустационный балл	7,3	6,8	8,5	8,8	7,2

Ориентируясь на полученные органолептические показатели образцов чая (табл. 2), образец № 2 по внешнему виду, аромату и вкусу настоя не соответствовал заявляемому производителем типу чая. Остальные образцы полно-

стью удовлетворяли требованиям ГОСТ 32573-2013 в части органолептических показателей.

В таблицах 3, 4 представлены фенольные профили образцов чая.

Таблица 3

### Состав сложных фенольных соединений экстрактов чая

Показатель	Фактическая концентрация соединений в экстрактах чая				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Полифенолы, %	16,2±0,15	11,6±0,10	11,9±0,10	15,7±0,15	11,6±0,10
Кофеин, %	0,71±0,07	0,71±0,07	0,64±0,06	0,57±0,06	0,64±0,06
Катехины, мг%	440,0±40	656,0±65	802,0±80	866,0±85	619,0±60
Кверцетин, мг/дм <sup>3</sup>	0,37±0,04	0,32±0,03	0,45±0,04	0,45±0,04	0,47±0,05
Рутин, мг/дм <sup>3</sup>	62,86±0,6	60,96±0,6	78,87±0,8	94,22±0,9	77,11±0,8

Состав мономерных фенольных соединений экстрактов чая

Показатель, мг/дм <sup>3</sup>		Содержание в экстрактах образцов				
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Фенольные кислоты	Галловая	12,48±0,1	6,99±0,7	12,37±0,1	13,06±0,1	13,13±0,1
	Ванилиновая	0,43±0,04	0,54±0,05	0,37±0,04	0,67±0,07	0,60±0,06
	Сиреневая	0,87±0,08	1,45±0,1	1,50±0,1	1,60±0,02	1,06±0,02
Фенольные альдегиды	Ванилин	2,92±0,3	2,89±0,3	4,64±0,5	5,55±0,5	4,42±0,4
	Сиреневый	0,35±0,04	0,29±0,03	0,21±0,02	0,66±0,07	0,46±0,05
	Канифериловый	0,15±0,02	0,12±0,1	0,18±0,02	0,11±0,01	0,76±0,07
	Синаповый	0,14±0,01	1,87±0,2	1,33±0,1	1,54±0,2	0,39±0,04

Содержание общих полифенолов по данным таблицы 3 в экстракте колеблется от 116,0 до 162,0 мг/г, что несколько выше заявляемых другими авторами (50,2–131,0 мг/г) [16].

Согласно данным таблицы 3, содержание кофеина в экстрактах образцов чая колеблется в узких пределах 5,7–7,1 мг/г чая, что соответствует показателям ранее опубликованных исследований [17], где заявляется об уровнях от 6,1 до 34,8 мг/г кофеина. Авторы [18] подразделяют сорта чая на некрепкие с содержанием кофеина 10,0–40,0 мг/г и крепкие – до 50,0 мг/г кофеина. Следуя данной классификации, исследуемые сорта чая можно отнести к некрепким сортам чая.

Уровень катехинов в исследуемых образцах составил 4,4–8,7 мг/г чая, это несколько ниже заявляемого другими авторами (11,7–55,3 мг/г) [16], что может быть связано с особенностями технологии производства чая [8].

Судя по совокупности содержания фенольных соединений образцы чая № 3 и № 4 обладали наибольшим содержанием различных классов фенольных соединений. Уровень содержания кверцетина в образцах составил 0,32–0,47 мг/дм<sup>3</sup>, причем наибольшее содержание кверцетина (0,45±0,02 мг/дм<sup>3</sup>) наблюдалось в образцах № 3–5. Содержание рутина было в диапазоне 60,96–94,22 мг/дм<sup>3</sup>.

Согласно данным таблицы 4, можно сказать, что концентрация галловой кислоты была в узком диапазоне значений 12,37–13,13 мг/дм<sup>3</sup> для всех образцов, кроме № 2, в котором содержание данной кислоты было в 2 раза ниже

(6,99 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрация ванилиновой кислоты находилась в пределах 0,37–0,67 мг/дм<sup>3</sup>, сиреневой – 0,87–1,60 мг/дм<sup>3</sup>, причем для образцов № 2–4 сиреневая кислота была представлена в узком диапазоне 1,45–1,60 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация ванилина экстрактов образцов чая была в диапазоне 2,9–5,55 мг/дм<sup>3</sup>, причем для образцов № 3–5 содержание данного альдегида было в узком диапазоне 4,42–5,55 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание сиреневого альдегида в экстрактах чая находилось в диапазоне 0,21–0,66 мг/дм<sup>3</sup>, а каниферилового и синапового – 0,11–0,76 и 0,14–1,87 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Отметим, что для большинства образцов содержание каниферилового альдегида соответствовало узкому диапазону 0,11–0,18 мг/дм<sup>3</sup> и принадлежало образцам, приготовленным из сортов цейлонского региона, в образце чая из другого региона количество данного альдегида соответствовало уровню 0,76 мг/дм<sup>3</sup>. В отношении синапового альдегида наблюдалось изменение его концентрации в узком диапазоне 1,33–1,87 мг/дм<sup>3</sup> для образцов № 2–4, а для образцов № 1 и 5 – в диапазоне 0,14–0,39 мг/дм<sup>3</sup>, что также можно отнести к месту географического произрастания сырья для данных видов чая. Содержание конкретных видов фенольных соединений было в пределах ранее определенных значений [2].

С целью установления степени влияния фенольных соединений на дегустационную оценку качества образцов результаты исследований были оценены с помощью множественной линейной регрессии, коэффициенты корреляции которой представлены в таблице 5.

## Парные коэффициенты корреляции системы

	Дегустационный балл	Кофеин	Катехины	Кверцетин	Рутин	Галловая кислота	Сиреневая кислота	Кониферилловый альдегид	Синаповый альдегид
	у	х <sub>1</sub>	х <sub>2</sub>	х <sub>3</sub>	х <sub>4</sub>	х <sub>5</sub>	х <sub>6</sub>	х <sub>7</sub>	х <sub>8</sub>
у	1	-0,83	0,77	0,64	0,86	0,58	0,59	-0,32	0,78
х <sub>1</sub>	-0,83	1	-0,80	-0,80	-0,99	-0,60	-0,55	-0,11	-0,69
х <sub>2</sub>	0,77	-0,80	1	0,48	0,79	0,10	0,93	-0,21	0,97
х <sub>3</sub>	0,64	-0,80	0,48	1	0,81	0,84	0,12	0,53	0,30
х <sub>4</sub>	0,86	-0,99	0,79	0,81	1	0,63	0,54	0,08	0,70
х <sub>5</sub>	0,58	-0,60	0,10	0,84	0,63	1	-0,26	0,36	-0,01
х <sub>6</sub>	0,59	-0,55	0,93	0,12	0,54	-0,26	1	-0,44	0,96
х <sub>7</sub>	-0,32	-0,11	-0,21	0,53	0,08	0,36	-0,44	1	-0,45
х <sub>8</sub>	0,78	-0,69	0,97	0,30	0,70	-0,01	0,96	-0,45	1

Данные таблицы 5 показывают, что сильная зависимость (при  $r > 0,8$ ) наблюдается между изменением содержания кофеина, а также рутина, и положительной дегустационной оценкой экстрактов чая. Сильная корреляционная связь наблюдается между изменением содержания кофеина и рутина ( $r = 0,99$ ), а также содержанием катехинов и сиреневой кислотой и синаповым альдегидом ( $r = 0,93$  и  $r = 0,97$  соответственно). В отношении связи сиреневой кислоты и синапового альдегида известно, что данная кислота в растительных объектах является источником образования синапового альдегида [19]. В отношении влияния кофеина на восприятие чайных экстрактов другие авторы подтверждают, что кофеин в составе продуктов стимулирует «вкусовые» рецепторы дегустаторов, что и объясняет связь балловой оценки качества образцов чая и содержания кофеина [20]. Влияние катехинов в составе чая положительно связывают с качеством настоя (цветом, терпкостью, ароматом) [21]. Вероятнее всего, в растительной структуре чайного листа катехины прочно связаны с летучими органическими соединениями, а также фенольными соединениями, отвечающими за ароматические и вкусовые преимущества настоев.

**Заключение.** Органолептическая оценка образцов чая выявила несоответствие образца

чая № 2 требованиям ГОСТ 32573-2013 в части органолептических показателей. Физико-химический анализ образцов продукции показал завышенный относительно известных показателей уровень общих полифенолов в экстрактах в диапазоне 116,0–162,0 мг/г; концентрация кофеина в экстрактах образцов чая колебалась в пределах 5,7–7,1 мг/г чая; уровень катехинов образцов составил 4,4–8,7 мг/г чая. Анализ содержания мономерных фенольных соединений показал, что экстракты содержат галловую, ванилиновую и сиреневую кислоты, а также ванилин и альдегиды вышеперечисленных кислот. Содержание кислот находилось в диапазоне 0,37–13,13 мг/дм<sup>3</sup>, а концентрация альдегидов – в диапазоне 0,11–5,55 мг/дм<sup>3</sup>, причем изменения некоторых фенольных соединений (кониферилового и синапового альдегидов) коррелировало с местом географического произрастания сырья. Количество димерных фенольных соединений коррелировало с органолептической оценкой образцов чая. Статистическая обработка результатов исследования подтвердила сильную зависимость между изменением содержания кофеина, а также рутина, и положительной дегустационной оценкой экстрактов чая. Была выявлена корреляционная связь между содержанием кофеина и рутина, а также содержанием катехинов и сиреневой ки-

слотой и синаповым альдегидом, что связано с органическими превращениями внутри растительной матрицы чая.

Таким образом, можно рекомендовать исследовать содержание сиреневой кислоты, кониферилового и синапового альдегида как маркера региона произрастания продукции, а общее содержание фенольных соединений (рутина, катехинов, галловой кислоты) и кофеина – как маркера качества чая.

#### Список источников

1. Sajilata M.G., Bajaj P.R., Singhal R.S. Tea polyphenols as nutraceuticals // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2008. V. 7 (3). P. 229–254.
2. Yashin A., Nemzer B., Combet E.Y., Yashin I. Determination of the Chemical Composition of Tea by Chromatographic Methods: A Review // *Journal of Food Research*. 2015. V. 4. DOI: 10.5539/jfr.v4n3p56.
3. Baldi A., Abramović H., Poklar Ulrih N., Daglia M. Tea catechins. *Handbook of Dietary Phytochemicals*, 2019. P. 1–46.
4. Drynan J.W., Clifford M.N., Obuchowicz J., Kuhnert N. The chemistry of low molecular weight black tea polyphenols // *Natural Product Reports*. 2010. V. 27 (3). P. 417–462.
5. Lucci P., Saurina J., Núñez, O. Trends in LC-MS and LC-HRMS analysis and characterization of polyphenols in food // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2017. V. 88. P. 1–24.
6. Vastrad J.V., Byadgi S.A., Goudar G., Kotur R. Characterization of phytoconstituents in leaf extracts of forest species for textile applications // *Forest Products Journal*. 2014. V. 64 (7–8). P. 259–264.
7. Abudureheman B., Yu X., Fang D., Zhang H. Enzymatic Oxidation of Tea Catechins and Its Mechanism // *Molecules*. 2022. V. 27. P. 942. DOI: 10.3390/molecules27030942.
8. Lee M.K., Kim H.W., Lee S.H. Characterization of catechins, theaflavins, and flavonols by leaf processing step in green and black teas (*Camellia sinensis*) using UPLC-DAD-QToF/MS // *Eur Food Res Technol*. 2019. V. 245. P. 997–1010. DOI: 10.1007/s00217-018-3201-6.
9. Lee B.H., Nam T.G., Park N.Y., Chun O.K., Koo S.I., Kim D.O. Estimated daily intake of phenolics and antioxidants from green tea consumption in the Korean diet // *International journal of food sciences and nutrition*. 2016. V. 67 (3). P. 344–352.
10. Liu Z., Bruins M.E., Ni L., Vincken J.P. Green and black tea phenolics: Bioavailability, transformation by colonic microbiota, and modulation of colonic microbiota // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018. V. 66 (32). P. 8469–8477.
11. Chen Y.H., Zhang Y.H., Chen G.S. Effects of phenolic acids and quercetin-3-O-rutinoside on the bitterness and astringency of green tea infusion // *Sci Food*. 2022. V. 6. P. 8. DOI: 10.1038/s41538-022-00124-8.
12. ГОСТ 32573-2013. Чай черный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 14 с.
13. ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010. Чай. Метод определения общего содержания полифенолов. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
14. ГОСТ 33407-2015. Коньяки, дистилляты коньячные, бренди. Определение содержания фенольных и фурановых соединений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с.
15. ГОСТ 19885-74. Чай. Методы определения содержания танина и кофеина. М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.
16. Liang Y., Lu J., Zhang L., Wu S., Wu Y. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions // *Food Chemistry*. 2003. V. 80. P. 283–290. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00415-6.
17. Tfouni S.A.V., Camara M.M., Kamikata K., Gomes F.M.L., Furlani R.P.Z. Caffeine in teas: levels, transference to infusion and estimated intake // *Food Science and Technology*. 2018. V. 38 (4). P. 661–666. DOI: 10.1590/1678-457X.12217.
18. Афонина С.Н., Лебедева Е.Н. Химические компоненты чая и их влияние на организм // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 6. С. 59–63.
19. Cheemanapalli Srinivasulu, Mopuri Ramgopal, Golla Ramanjaneyulu, C.M. Anuradha, Chitta

- Suresh Kumar. Syringic acid (SA) – A Review of Its Occurrence, Biosynthesis, Pharmacological and Industrial Importance // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018. V.108. P. 547–557. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.09.069.
20. Poole R.L., Tordoff M.G. The Taste of Caffeine // *Journal of caffeine research*. 2017. V. 7(2). P. 39–52. DOI: 10.1089/jcr.2016.0030.
  21. Барабой В.А. Катехины чайного растения: структура, активность, применение // *Биотехнология*. 2008. Т. 1, № 3. С. 25–36.
- ### References
1. Sajilata M.G., Bajaj P.R., Singhal R.S. Tea polyphenols as nutraceuticals // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2008. V. 7 (3). P. 229–254.
  2. Yashin A., Nemzer B., Combet E.Y., Yashin I. Determination of the Chemical Composition of Tea by Chromatographic Methods: A Review // *Journal of Food Research*. 2015. V. 4. DOI: 10.5539/jfr.v4n3p56.
  3. Baldi A., Abramovič H., Poklar Ulrih N., Daglia M. Tea catechins. *Handbook of Dietary Phytochemicals*, 2019. P. 1–46.
  4. Drynan J.W., Clifford M.N., Obuchowicz J., Kuhnert N. The chemistry of low molecular weight black tea polyphenols // *Natural Product Reports*. 2010. V. 27 (3). P. 417–462.
  5. Lucci P., Saurina J., Núñez, O. Trends in LC-MS and LC-HRMS analysis and characterization of polyphenols in food // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2017. V. 88. P. 1–24.
  6. Vastrad J.V., Byadgi S.A., Goudar G., Kotur R. Characterization of phytoconstituents in leaf extracts of forest species for textile applications // *Forest Products Journal*. 2014. V. 64 (7-8). P. 259–264.
  7. Abudurehman B., Yu X., Fang D., Zhang H. Enzymatic Oxidation of Tea Catechins and Its Mechanism // *Molecules*. 2022. V. 27. P. 942. DOI: 10.3390/molecules27030942.
  8. Lee M.K., Kim H.W., Lee S.H. Characterization of catechins, theaflavins, and flavonols by leaf processing step in green and black teas (*Camellia sinensis*) using UPLC-DAD-QToF/MS // *Eur Food Res Technol*. 2019. V. 245. P. 997-1010. DOI: 10.1007/s00217-018-3201-6.
  9. Lee B.H., Nam T.G., Park N.Y., Chun O.K., Koo S.I., Kim D.O. Estimated daily intake of phenolics and antioxidants from green tea consumption in the Korean diet // *International journal of food sciences and nutrition*. 2016. V. 67 (3). P. 344–352.
  10. Liu Z., Bruins M.E., Ni L., Vincken J.P. Green and black tea phenolics: Bioavailability, transformation by colonic microbiota, and modulation of colonic microbiota // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018. V. 66 (32). P. 8469–8477.
  11. Chen Y.H., Zhang Y.H., Chen G.S. Effects of phenolic acids and quercetin-3-O-rutinoside on the bitterness and astringency of green tea infusion // *Sci Food*. 2022. V. 6. P. 8. DOI: 10.1038/s41538-022-00124-8.
  12. GOST 32573-2013. Chaj chernyj. Tehnicheskie usloviya. M.: Standartinform, 2012. 14 s.
  13. GOST R ISO 14502-1-2010. Chaj. Metod opredeleniya obschego soderzhaniya polifenolov. M.: Standartinform, 2019. 12 s.
  14. GOST 33407-2015. Kon'yaki, distillyaty kon'yachnye, brendi. Opredelenie soderzhaniya fenol'nyh i furanovyh soedinenij metodom vysoko`effektivnoj zhidkostnoj hromatografii. M.: Standartinform, 2019. 15 s.
  15. GOST 19885-74. Chaj. Metody opredeleniya soderzhaniya tanina i kofeina. M.: Standartinform, 2009. 5 s.
  16. Liang Y., Lu J., Zhang L., Wu S., Wu Y. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions // *Food Chemistry*. 2003. V. 80. P. 283-290. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00415-6.
  17. Tfouni S.A.V., Camara M.M., Kamikata K., Gomes F.M.L., Furlani R.P.Z. Caffeine in teas: levels, transference to infusion and estimated intake // *Food Science and Technology*. 2018. V. 38 (4). P. 661-666. DOI: 10.1590/1678-457X.12217.
  18. Afonina S.N., Lebedeva E.N. Himicheskie komponenty chaya i ih vliyanie na organizm // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016. № 6. S. 59–63.
  19. Cheemanapalli Srinivasulu, Mopuri Ramgopal, Golla Ramanjaneyulu, C.M. Anuradha, Chitta Suresh Kumar. Syringic acid (SA) – A Review of Its Occurrence, Biosynthesis, Pharmacolog-

- ical and Industrial Importance // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2018. V.108. P. 547–557. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.09.069.
20. *Poole R.L., Tordoff M.G.* The Taste of Caffeine // Journal of caffeine research. 2017. V. 7(2). P. 39–52. DOI: 10.1089/jcr.2016.0030.
21. *Baraboj V.A.* Katehiny čajnogo rasteņiya: struktura, aktivnost', primenenie // Biotehnologiya. 2008. T. 1, № 3. S. 25–36.

Статья принята к публикации 15.06.2022 / The article accepted for publication 15.06.2022.

Информация об авторах:

**Михаил Николаевич Елисеев<sup>1</sup>**, профессор кафедры товароведения и товарной экспертизы, доктор технических наук, профессор

**Ирина Николаевна Грибкова<sup>2</sup>**, старший научный сотрудник отдела технологии пивоварения, кандидат технических наук

**Максим Александрович Захаров<sup>3</sup>**, заведующий лабораторией инструментальных методов анализа, кандидат технических наук

**Варвара Алексеевна Захарова<sup>4</sup>**, младший научный сотрудник отдела технологий крепких напитков

Information about the authors:

**Mikhail Nikolaevich Eliseev<sup>1</sup>**, Professor of the Department of Commodity Research and Commodity Expertise, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Irina Nikolaevna Gribkova<sup>2</sup>**, Senior Researcher, Brewing Technology Department, Candidate of Technical Sciences

**Maxim Alexandrovich Zakharov<sup>3</sup>**, Head of the Laboratory of Instrumental Methods of Analysis, Candidate of Technical Sciences

**Varvara Alekseevna Zakharova<sup>4</sup>**, Junior Researcher, Spirits Technology Department

