

Региональные особенности формирования антиоксидантных свойств черного байхового чая

Людмила П. Нилова	¹	nilova_l_p@mail.ru
Светлана М. Малютенкова	¹	malutesha66@mail.ru
Василий Р. Тверской	¹	vasilybasil@gmail.com

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. В статье рассмотрено влияние региона происхождения черного байхового чая на формирование его антиоксидантных свойств. В исследовании принимали участие образцы черного байхового чая, поступающие в розничную торговлю Санкт-Петербурга: индийский, цейлонский, китайский и кенийский. Установлены существенные отличия количественного состава индивидуальных антиоксидантов в образцах черного чая в зависимости от региона произрастания, как в сухом чайном листе, так и настое. Водорастворимые экстрактивные вещества в сухом чайном листе и настое преобладали в цейлонском чае. Танин преобладал в индийском чае, а общие фенольные соединения и флавоноиды в кенийском. Максимальный переход танинов в настой происходил в кенийском чае, что составило 97,9% от его содержания в сухом чайном листе. Более высокая температура заваривания черного чая увеличивала экстракцию индивидуальных антиоксидантов. Черный чай в зависимости от региона происхождения по содержанию общих фенольных соединений и флавоноидов распределялся следующим образом: кенийский > китайский > индийский > цейлонский. Антиоксидантные свойства чая изучали по антирадикальной активности методом DPPH и хелатирующей способности методом FRAP. Наибольшей антирадикальной активностью обладал китайский чай, а способностью связывать в комплексы хелатные соединения – кенийский чай. Отклонения антиоксидантных свойств между образцами черного чая из разных регионов максимально составляли 10% по хелатирующей способности (метод FRAP) и 35,5% по антирадикальной активности (метод DPPH). Максимальная антирадикальная активность и хелатирующая способность всех образцов черного чая проявлялась при более высокой температуре заваривания чая.

Ключевые слова: чай черный байховый, регион произрастания, индивидуальные антиоксиданты, антиоксидантная активность, FRAP, DPPH

Regional features of the formation of the antioxidant properties of black tea

Liudmila P. Nilova	¹	nilova_l_p@mail.ru
Svetlana M. Malyutenkova	¹	malutesha66@mail.ru
Vasilii R. Tverskoi	¹	vasilybasil@gmail.com

¹ Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

Abstract. The article considers the influence of the region of origin of black tea on the formation of its antioxidant properties. The study involved samples of black tea, coming to the retail trade of St. Petersburg from Indian, Ceylon, Chinese and Kenyan. Significant differences were found in the quantitative composition of individual antioxidants in black tea samples, depending on the region of growth, both in the dry tea leaf and in the infusion. Water-soluble extractives in dry tea leaves and infusion prevailed in Ceylon tea. Tannin prevailed in Indian tea, and total phenolic compounds and flavonoids in Kenyan. The maximum transition of tannins in the infusion occurred in Kenyan tea, which accounted for 97.9% of its content in dry tea leaves. The higher brewing temperature of black tea increased the extraction of individual antioxidants. Black tea, depending on the region of origin, was distributed according to the content of total phenolic compounds and flavonoids as follows: Kenyan tea samples > Chinese tea samples > Indian tea samples > Ceylon tea samples. The antioxidant properties of tea were studied for anti-radical activity by the DPPH method and chelation ability by the FRAP method. Chinese tea samples had the highest antiradical activity, and Kenyan tea samples had the ability to bind chelate compounds into complexes. The deviation of antioxidant properties between samples of black tea from different regions was a maximum of 10% in terms of chelating ability (FRAP method) and 35.5% in anti-radical activity (DPPH method). The maximum antiradical activity and chelating ability of all samples of black tea was indicated at a higher tea brewing temperature.

Keywords: black tea, region of growth, individual antioxidant, antioxidant activity, FRAP, DPPH

Для цитирования

Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Тверской В.Р. Региональные особенности формирования антиоксидантных свойств черного байхового чая // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 240–246. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-240-246

For citation

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Tverskoi V.R. Regional features of the formation of the antioxidant properties of black tea. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 240–246. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-240-246

Введение

Чай является одним из лучших напитков, используемых во всем мире каждый день. Наиболее распространенным чаем считается черный чай – 78%, на долю зеленого приходится только 20%, на желтый и красный – 2% [1]. Чай не только обладает высокими вкусовыми качествами, возможностью сочетания его приготовления с другими продуктами (сахаром, молоком, вареньем и др.), но и тонизирующим, антибактериальным, антиоксидантным и профилактическим эффектами [2–4]. Как правило, антиоксидантная активность (АОА) уменьшается в следующем порядке: зеленый чай > оолонг чай > черный чай, хотя некоторые исследования показывают, что черные чаи проявляют большую АОА, чем зеленые [5, 7–10]. Высокую АОА зеленого чая обуславливают гидролизуемые танины, которые в процессе ферментации черного чая частично конденсируются, снижая АОА, но проявляя синергетический эффект за счет совместного присутствия гидролизуемых и конденсируемых танинов [10]. Зеленый чай, в первую очередь, проявляет более высокую антирадикальную активность (АРА). Результаты АВТС-теста чая, полученного из одного и того же сырья (Малави, Африка) по разным технологиям выявили следующую тенденцию в его АРА: зеленый > белый > черный > черный СТС. В то же время АОА чая по способности связывать металлы переменной валентности была другая: белый \geq черный > черный СТС > зеленый [6].

На антиоксидантную активность чая влияет регион произрастания, высота над уровнем моря, размер и качество чайного листа [7, 9, 11]. ORAC-тест расположил АОА черного чая в зависимости от региона произрастания, моль ТЭ/г: Китай (548,8–970,9) < Вьетнам (783,9–968,2) < Аргентина (1174,7) < Ява (1226,2–1263,2) \leq Шри Ланка (1213,8–1224,3) < Гвинея (1265,8) \leq Суматра (1107,9–1529,1) \leq Африка (1376,4–1456,3) [7]. Высокогорный чай обладает меньшей АОА, чем выращенный у подножия гор, что связывают с более низким содержанием полифенолов на 22–28%. Причем маленькие листья содержат на 15% больше полифенолов, чем листья крупного размера независимо от региона и высоты произрастания [7]. АОА черного чая связана не только с разнообразием состава полифенолов чайного листа, но и процессами ферментации. Под действием полифенолоксидазы происходящий ресинтез полифенолов чайного листа во время ферментации, приводит к образованию теафлавинов и теарубигинов,

обуславливающих сенсорные и антиоксидантные свойства черного чая [5, 9]. Основными антиоксидантами черного чая являются теафлавины и катехины, содержание которых составляет 7:3 [7]. Из 12 идентифицированных методом ЯМР флавонов в черном чае наибольшую АОА проявлял (–) – эпигаллокатехин галлат [12]. Характерные особенности ферментации черного чая, возникающие под действием определенного спектра микроорганизмов, также могут оказать влияние на АОА. Так, доминирование *Aspergillus niger* при ферментации китайского Пуэр чая придает ему своеобразный аромат и вкус, повышая АРА (DPPH-тест), но снижая хелатирующую способность (FRAP-тест) по сравнению с китайским черным чаем другой технологической обработки [5]. При длительном хранении чая количество теафлавинов и катехинов уменьшается, что приводит снижению антиоксидантных свойств чая [7]. При этом влажность чая влияет только на микробиологические показатели при хранении, не оказывая влияния на количество антиоксидантов и АОА [13].

Приготовление настоя при заваривании чая не позволяет полностью экстрагировать антиоксиданты. Использование ультразвукового воздействия позволило увеличить выход в настой до 2 раз больше фенольных соединений, до 2,5 – флавоноидов, что повысило АОА в 1,5–2,2 раза [14]. Увеличение продолжительности ферментации при производстве быстрорастворимого чая из BMF до 3 ч позволило повысить выход в экстракт общих фенольных соединений на 16%, включая теафлавины, катехины и кофеин. Количество галловой кислоты при этом уменьшалось. Приготовление напитка из быстрорастворимого чая уменьшало АОА в 3,7–5,2 раза, полученного из BMF или BMF с ферментацией, соответственно [11].

На российском рынке основное количество чая представлено различными производителями, осуществляющими закупку чая на международном рынке, купажирование и / или расфасовку под собственным брендом [1]. В результате в розничной торговле ассортимент чая отличается видом, способом ферментации, регионом произрастания и собственными наименованиями для удовлетворения любых потребностей покупателей [15]. Изучение новых свойств чая, таких, как АОА, будет способствовать его продвижению и увеличению объема продаж.

Цель работы – исследование содержания индивидуальных антиоксидантов и антиоксидантных свойств черного байхового чая разных мест произрастания, реализуемых в розничной торговле Санкт-Петербурга.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был выбран чай черный байховый, реализуемый под брендом «Greenfield», упакованный ООО «ОРИМИ», разных мест произрастания: индийский «Classic Breakfast» из провинции Ассам, цейлонский «Golden Ceylon» из провинции Ругуну, кенийский «Kenyan Sunrise» из провинции Керичо, китайский «Magic Yunnan» из провинции Юньнань.

Исследования проводили в сухом чае и в настоях, полученных завариванием чая (3 г на 250 мл воды). Для заваривания чая использовали воду с температурой 95 и 80 °C. Продолжительность заваривания 5 мин. Содержание водорастворимых экстрактивных веществ определяли по ГОСТ 28551–90, танина – по ГОСТ 19885–74. Общее содержание фенольных веществ в пересчете на галловую кислоту (ГК) определяли спектрофотометрически при 725 нм с использованием реактива Фолина-Чокальтеу (смесь фосфорно-вольфрамовой и фосфорно-молибденовой кислот) [16]. Общее содержание флавоноидов в пересчете на рутин определяли спектрофотометрически при 510 нм с хлоридом алюминия; содержание танина – титрованием марганцевокислым калием в присутствии индигокармина [17]. Антиоксидантные свойства чая определяли спектрофотометрически методом FRAP с орто-фенантролином и Тритоном X-100 при длине волны 593 нм; антирадикальные свойства – спектрофотометрическим методом DPPH с использованием стабильного свободного радикала дифенилпикрилгидразила при длине волны 517 нм. При определении антиоксидантной и антирадикальной активности в качестве стандарта использовали аскорбиновую кислоту (АК) [16, 18]. Повторность опытов трехкратная. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с привлечением программных средств Microsoft Office 2010.

Результаты и обсуждение

Все исследуемые образцы чая были приблизительно одинаковой интенсивности цвета сухого чайного листа. Размер чайного листа зависел от происхождения: китайский < кенийский < индийский < цейлонский. Отклонения по размеру листа не превышали 8%, за исключением цейлонского чая, размер листа которого был в 1,5 раза больше. Образцы чая отличались степенью засоренности, и для чистоты эксперимента в исследовании одревесневшие частицы не участвовали.

Исследуемые образцы черного чая содержали разное количество экстрактивных веществ как в сухом листе, так и в настое (рисунок 1). Их количество зависело от страны происхождения чая: цейлонский > индийский ≥ кенийский > китайский. Операция измельчения чайного листа при пробоподготовке для определения экстрактивных веществ способствовала большему их извлечению, чем простое настаивание при заваривании чая. В результате в настое чай перешло на 15,5–23,3% меньше водорастворимых экстрактивных веществ. Наибольшая разница была зафиксирована у цейлонского чая. Больше экстрактивных веществ перешло в настой при использовании более высокой температуры заваривания чая. При этом заваривание при 80 °C позволило увеличить выход экстрактивных веществ в китайском чае.

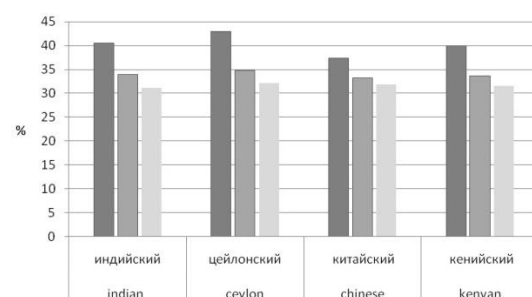


Рисунок 1. Количество водорастворимых экстрактивных веществ в чайном листе (1) и настоях после заваривания при температуре 95 (2) и 80 °C (3)

Figure 1. The water-soluble extractives in tea leaves (1) and infusions after brewing at 95 (2) and 80 °C (3)

Переход экстрактивных веществ был вызван переходом танина из чайного листа в настой. Содержание танина в сухом чайном листе варьировало от региона происхождения чая (таблица 1). Наибольшее его количество было обнаружено в индийском чае из провинции Ассам, расположенной в предгорьях Гималаев. Органолептически в нем ощущалась терпкость, интенсивный цвет медно-красных оттенков обусловлен присутствием танинов, которые перешли из листа в настой. Высокое содержание танинов было в кенийском чае, который по интенсивности цвета не отличался от индийского. Зато во вкусе одновременно с терпкостью обнаруживались грубые нотки. В цейлонском чае танина было меньше, чем в индийском и кенийском чае, несмотря на самое высокое содержание экстрактивных веществ в листе. При заваривании чая переход танинов в настой был связан с температурой воды, при повышении которой выход танина увеличивался (таблица 2).

Таблица 1.

Результаты инструментальных исследований образцов черного байхового чая

Table 1.

The results of instrumental studies of samples of black tea

Показатели Indicators	Вид чая Type of tea			
	Индийский Indian	Цейлонский Ceylon	Китайский Chinese	Кенийский Kenyan
Танин, г/100 г Tannin, g/100 g	9,12 ± 0,22	8,21 ± 0,10	8,05 ± 0,10	8,66 ± 0,12
Общие фенольные соединения, г ГК/100 г Total phenolic compounds, g GA/100 g	4,42 ± 0,12	3,34 ± 0,14	4,55 ± 0,20	4,80 ± 0,15
Общие флавоноиды, г рутина/100 г Total flavonoids, g rutin/100 g	0,614 ± 0,001	0,545 ± 0,001	0,690 ± 0,001	0,932 ± 0,001

Таблица 2.

Результаты инструментальных исследований настоя черного байхового чая при разных температурах заваривания

Table 2.

The results of instrumental studies of black long leaf tea at different brewing temperatures

Показатели Indicators	Вид чая Type of tea			
	Индийский Indian	Цейлонский Ceylon	Китайский Chinese	Кенийский Kenyan
Температура заваривания чая 95 °С Tea brewing temperature 95 °C				
Танин, г/100 г Tannin, g/100 g	8,61 ± 0,16	7,81 ± 0,10	5,85 ± 0,10	8,48 ± 0,12
Общие фенольные соединения, г ГК/100 г Total phenolic compounds, g GA/100 g	3,99 ± 0,10	2,97 ± 0,09	4,18 ± 0,09	4,32 ± 0,12
Общие флавоноиды, г рутина/100 г Total flavonoids, g rutin/100 g	0,541 ± 0,001	0,468 ± 0,001	0,625 ± 0,001	0,812 ± 0,001
Температура заваривания чая 80 °С Tea brewing temperature 80 °C				
Танин, г/100 г Tannin, g/100 g	8,61 ± 0,16	7,81 ± 0,10	5,85 ± 0,10	8,48 ± 0,12
Общие фенольные соединения, г ГК/100 г Total phenolic compounds, g GA/100 g	3,99 ± 0,10	2,97 ± 0,09	4,18 ± 0,09	4,32 ± 0,12
Общие флавоноиды, г рутина/100 г Total flavonoids, g rutin/100 g	0,541 ± 0,001	0,468 ± 0,001	0,625 ± 0,001	0,812 ± 0,001

Содержание общих фенольных соединений и флавоноидов не было связано с количеством танина в сухом чайном листе и настое. Они преобладали в чайном листе из Кении, их количество было выше на 5–30 и 26–41%, соответственно. Причем в индийском чае – лидере по содержанию танина в чайном листе, флавоноидов было на 35% меньше, чем в кенийском чае. По количеству общих фенольных соединений исследуемые образцы сухого чайного листа имели следующий ряд: кенийский > китайский > индийский > цейлонский. Такую же последовательность имело и содержание флавоноидов. По сравнению с исследованиями других авторов по содержанию этих веществ в свежеработанном чае [7, 9], чай, реализуемый на рынке Санкт-Петербурга, содержит их в десятки раз меньше, что вполне объяснимо сроками закупки, транспортирования и нахождением в розничной торговле.

В настое чая в зависимости от места его происхождения содержание танинов имело такой же ряд, как и в сухом чайном листе.

Следует отметить, что в кенийском чае произошел максимальный переход танинов в настой, что составило 97,9% от его содержания в сухом чайном листе. В настоях индийского и цейлонского чая танинов содержалось меньше, что связано как с их количеством в сухом чайном листе, так и с интенсивностью перехода в настой. Меньше всего танинов содержал настой китайского чая, в большей степени из-за более низкой его экстрактивности. Содержание танинов в его настое составляло только 72,7% от содержания в сухом чайном листе. Заваривание чая при более низкой температуре уменьшило выход танинов в настой в среднем на 2% по сравнению с использованием более высокой температуры заваривания.

При заваривании чая происходило экстрагирование общих фенольных соединений и флавоноидов, но в разных концентрациях в зависимости от вещества и региона происхождения чая. В настое, заваренном при 95°С, общие фенольные соединения составляли 88–92% от их количества в сухом чайном листе,

а флавоноиды – от 78 до 90%. Наименьший переход фенольных соединений и особенно флавоноидов, был в кенийском чае. Но несмотря на это зависимость их содержания от региона происхождения не менялась и оставалась одинаковой как в сухом листе, так и настоях, заваренных при разных температурах. А кенийский чай оставался лидером содержания общих фенольных соединений и флавоноидов. Использование более низкой температуры заваривания замедлило переход биологически активных веществ в настой, но он был незначительным, и разница в содержании этих веществ колебалась от 3 до 5%. Следует выделить китайский чай, в настой которого при использовании более низкой температуры заваривания интенсивнее переходили общие флавоноиды, чем общие фенольные соединения. Так, содержание флавоноидов было только на 2,4% меньше при заваривании чая при температуре 80 °С, чем при температуре 95 °С, а фенольных соединений – на 4,3%.

Исследуемые образцы черного байхового чая обладали разными антиоксидантными свойствами – антирадикальной активностью (DPPH-тест) и хелатирующей способностью (FRAP-тест). Результаты исследований представлены на рисунках 2 и 3.

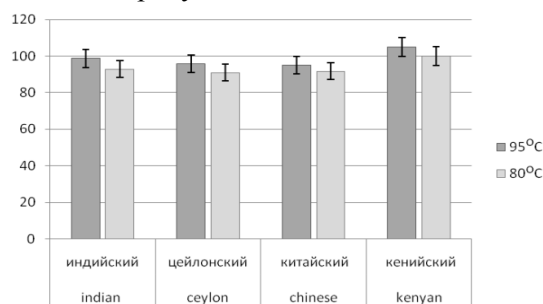


Рисунок 2. Исследование антиоксидантных свойств FRAP-тестом в настое чая в зависимости от температуры заваривания, мкг аскорбиновой кислоты/мл

Figure 2. The study of antioxidant properties of the FRAP-test in the infusion of tea depending on the infusion temperature, µg of ascorbic acid/ml

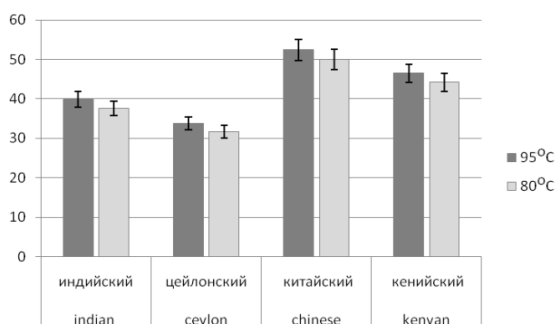


Рисунок 3. Исследование антиоксидантных свойств DPPH-тестом в настое чая в зависимости от температуры заваривания, мкг аскорбиновой кислоты/мл

Figure 3. The study of antioxidant properties of the DPPH – test in the infusion of tea depending on the infusion temperature, µg of ascorbic acid/ml

По способности связывать хелатные соединения в комплексы АОА настоя черного чая имела следующий ряд: кенийский > индийский > цейлонский ≥ китайский. Максимальные значения доходили до 105 мкг/мл в пересчете на аскорбиновую кислоту у кенийского чая. Разница между максимальным значением FRAP у кенийского чая и минимальным значением у китайского чая составила около 10%. Исследуемые образцы черного чая в большей степени отличались антирадикальной активностью, определенной DPPH-тестом: китайский > кенийский > индийский > цейлонский. Китайский чай достиг значений АРА 52,4 мкг/мл в пересчете на аскорбиновую кислоту. Отличия максимального и минимального значений составили 35,5%. При этом антиоксидантные свойства черного чая, реализуемого в Санкт-Петербурге, ниже, чем у свежеработанного чая [6, 7]. Для решения этого вопроса производители чая используют добавки растительного происхождения, которые хотя и снижают содержание танина и кофеина, но повышают их АОА почти в 2 раза за счет других биологически активных веществ фенольного типа [20]. Таким образом, общие фенольные соединения за счет феноксильного радикала способны не только препятствовать действию металлов переменной валентности, связывая их в комплексы, но и напрямую гасить свободные радикалы. Максимальные антиоксидантные свойства проявлялись у черного чая, заваренного при 95 °С, что способствовало переходу АО в настой. При снижении температуры заваривания, полученные настои чая, обладали антиоксидантными свойствами, но менее выраженными, особенно в отношении способности гасить свободные радикалы.

При употреблении чая поступление антиоксидантов в организм человека зависит не только от температуры заваривания. Антирадикальные свойства черного чая снижает добавление сахара и особенно молока в 2 и 3 раза соответственно. При этом добавление молока повышает АОА чая в модельной системе с линолевой кислотой [4]. Употребление чая с лимоном способствует временному снижению его антиоксидантных свойств за счет перехода танинов в неионизированное состояние, которые восстанавливаются в щелочной среде кишечника [10].

Заключение

Черный байховый чай, реализуемый на рынке Санкт-Петербурга, различается содержанием танинов, общих фенольных соединений и флавоноидов в зависимости от региона произрастания. Водорастворимые экстрактивные вещества в сухом чайном листе и настое преобладали в цейлонском чае; танин – в индийском чае;

общие фенольные соединения и флавоноиды – в кенийском. Более высокая температура заваривания черного чая увеличивала экстракцию индивидуальных антиоксидантов. Максимальный переход танинов в настой происходил в кенийском чае, что составило 97,9% от его содержания в сухом чайном листе. В зависимости от региона происхождения черный чай по содержанию индивидуальных АО – общих фенольных соединений и флавоноидов распределился следующим образом: кенийский > китайский > индийский > цейлонский. Высокое содержание индивидуальных АО в чае оказало влияние на формирование

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Николаева М.А., Карташова Л.В. Рынок чая и кофе: состояние и перспективы развития // Товаровед продовольственных товаров. 2018. № 3. С. 63–70.
- 2 Naveed M., BiBi J., Kamboh A.A., Suheryani I. et al. Pharmacological values and therapeutic properties of black tea (*Camellia sinensis*): A comprehensive overview // Biomedicine and Pharmacotherapy. 2018. № 100. P. 521–531. doi: 10.1016/j.biopha.2018.02.048
- 3 Sanliera N., Gokcenb B.B., Altug M. Tea consumption and disease correlations // Trends in Food Science and Technology. 2018. № 78. P. 95–106. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.026
- 4 Sharma V., Kumar H.V., Rao L.J.M. Influence of milk and sugar on antioxidant potential of black tea // Food Research International. 2008. № 41. P. 124–129. doi:10.1016/j.foodres.2007.10.009
- 5 Lv H., Zhang Y., Shi J., Lin Zh. Phytochemical profiles and antioxidant activities of Chinese dark teas obtained by different processing technologies // Food Research International. 2017. № 100. P. 486–493. doi: 10.1016/j.foodres.2016.10.024
- 6 Carloni P., Tiano L., Padella L., Bacchetti T. et al. Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar // Food Research International. 2013. № 53. P. 900–908. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.057
- 7 Zhang Ch., Suen C. Li-Ch., Yang Ch., Quek S.Y. Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation levation and leaf grade // Food Chemistry. 2018. № 244. P. 109–119. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.126
- 8 Gulua L., Nikolaishvili L., Jgenti M., Turmanidze T. et al. Polyphenol content, anti-lipase and antioxidant activity of teas made in Georgia // Annals of Agrarian Science. 2018. № 16. P. 357–361. doi: 10.1016/j.aasci.2018.06.006
- 9 Bhuyan L.P., Sabhapondit S., Baruah B.D., Bordoloi C. et al. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of CTC black tea of North-East India // Food Chemistry. 2013. № 141. P. 3744–3751. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.06.086
- 10 Рябина И.Е., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. Танины чая и травяных экстрактов: природа, содержание, активность // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2014. № 4. С. 47–51. doi: 10.14258/jcprn.1402169
- 11 Perera G.A.A.R., Amarakoon A.M.T., Illeperuma D.Ch.K., Muthukumarana P.K.P. Effects of raw material on the chemical composition, organoleptic properties, antioxidant activity, physical properties and the yield of instant black tea // LWT – Food Science and Technology. 2015. № 63. P. 745–750. doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.060

их антиоксидантных свойств, которые проявлялись в способности ингибировать свободные радикалы и образовывать комплексные соединения с хелатными соединениями. Наибольшей антирадикальной активностью обладал китайский чай, а способностью связывать в комплексы хелатные соединения – кенийский чай. Отклонения антиоксидантных свойств между образцами черного чая из разных регионов максимально составляли 10% по хелатирующей способности (метод FRAP) и 35,5% – по антирадикальной активности (метод DPPH).

- 12 Zhou H., Li H.-M., Du Ya.-M., Yan R.-A., Ou Sh.-Y. et al. C-geranylated flavanones from YingDe black tea and their antioxidant and a-glucosidase inhibition activities // Food Chemistry. 2017. № 235. P. 227–233. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.034
- 13 Fanaro G.B., Hassimotto N.M.A., Bastos D.H.M., Villavicencio A.L.C.H. Effects of γ -radiation on microbial load and antioxidant proprieties in black tea irradiated with different water activities // Radiation Physics and Chemistry. 2014. № 97. P. 217–222. doi: 10.1016/j.radphyschem.2013.11.036
- 14 Bakht Md.A., Geesi M.H., Riadi Ya., Imran M. et al. Ultrasound-assisted extraction of some branded tea: Optimization based on polyphenol content, antioxidant potential and thermodynamic study // Saudi Journal of Biological Sciences. 2018. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.07.013.
- 15 Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Потребительская стоимость пищевых продуктов как фактор конкурентоспособности розничного торгового предприятия // Международный технико-экономический журнал. 2017. № 6. С. 38–41.
- 16 Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции. СПб: ГИОРД, 2016. 480 с.
- 17 Jones A., Acquaviva A., Dennis G.R., Shalliker R.A. et al. Bioactive screening of complex tea samples using the ferric reducing antioxidant power assay incorporating reaction flow HPLC columns for post column derivatisations // Microchemical Journal. 2018. № 138. P. 197–202. doi: 10.1016/j.microc.2018.01.005
- 18 Нилова Л.П. Антиоксидантная активность порошков из растительного сырья в модельной системе in vitro // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. 2014. № 1. С. 274–276.
- 19 Черноусова О.В., Кривцова А.И., Кучменко Т.А. Определение антиоксидантной активности белого чая // Вестник ВГУИТ. 2018. Т.80. № 1. С. 133–139. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-133-139
- 20 Пилипенко Т.В., Коротышева Л.Б. Изучение качества и функциональных свойств напитков на основе чая // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. Т. 4. № 1. С. 87–94. doi: 10.14529/food160111

REFERENCES

- 1 Nikolaeva M.A., Kartashova L.V. Tea and coffee market: state and development prospects. *Tovarovед prodovol'stvennyh tovarov* [Goods manager of food products]. 2018. no. 3. pp. 63–70. (in Russian)
- 2 Naveed M., BiBi J., Kamboh A.A., Suheryani I. et al. Pharmacological values and therapeutic properties of black tea (*Camellia sinensis*): A comprehensive overview. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2018. no. 100. pp. 521–531. doi: 10.1016/j.biopha.2018.02.048

3 Sanliera N., Gokcenb B.B., Altug M. Tea consumption and disease correlations. Trends in Food Science and Technology. 2018. no. 78. pp. 95–106. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.026

4 Sharma V., Kumar H.V., Rao L.J.M. Influence of milk and sugar on antioxidant potential of black tea. Food Research International. 2008. no. 41. pp. 124–129. doi:10.1016/j.foodres.2007.10.009

5 Lv H., Zhang Y., Shi J., Lin Zh. Phytochemical profiles and antioxidant activities of Chinese dark teas obtained by different processing technologies. Food Research International. 2017. no. 100. pp. 486–493. doi: 10.1016/j.foodres.2016.10.024

6 Carloni P., Tiano L., Padella L., Bacchetti T. et al. Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. Food Research International. 2013. no. 53. pp. 900–908. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.057

7 Zhang Ch., Suen C. Li-Ch., Yang Ch., Quek S.Y. Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation levation and leaf grade. Food Chemistry. 2018. no. 244. pp. 109–119. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.126

8 Gulua L., Nikolaishvili L., Jgenti M., Turmanidze T. et al. Polyphenol content, anti-lipase and antioxidant activity of teas made in Georgia. Annals of Agrarian Science. 2018. no. 16. pp. 357–361. doi: 10.1016/j.aasci.2018.06.006

9 Bhuyan L.P., Sabhapondit S., Baruah B.D., Bordoloi C. et al. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of CTC black tea of North-East India. Food Chemistry. 2013. no. 141. pp. 3744–3751. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.06.086

10 Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I. The tannins of tea and herbal extracts: the nature, content and activity. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya. [Scientific journal Processing of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2014. no. 4. pp. 47–51. doi: 10.14258/jcprm.1402169 (in Russian)

11 Perera G.A.A.R., Amarakoon A.M.T., Illeperuma D.Ch.K., Muthukumarana P.K.P. Effects of raw material on the chemical composition, organoleptic properties, antioxidant activity, physical properties and the yield of instant black tea. LWT – Food Science and Technology. 2015. no. 63. pp. 745–750. doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.060

12 Zhou H., Li H.-M., Du Ya.-M., Yan R.-A., Ou Sh.-Y. et al. C-geranylated flavanones from YingDe black tea and

their antioxidant and α -glucosidase inhibition activities. Food Chemistry. 2017. no. 235. pp. 227–233. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.034

13 Fanaro G.B., Hassimotto N.M.A., Bastos D.H.M., Villavicencio A.L.C.H. Effects of γ -radiation on microbial load and antioxidant proprieties in black tea irradiated with different water activities. Radiation Physics and Chemistry. 2014. no. 97. pp. 217–222. doi: 10.1016/j.radphyschem.2013.11.036

14 Bakht Md.A., Geesi M.H., Riadi Ya., Imran M. et al. Ultrasound-assisted extraction of some branded tea: Optimization based on polyphenol content, antioxidant potential and thermodynamic study. Saudi Journal of Biological Sciences. 2018. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.07.013

15 Nilova L.P., Malyutenkova S.M. Consumer value of food as a factor in the competitiveness of a retail trading enterprise. Mezhdunarodnyj tekhniko-ehkonomicheskij zhurnal [International Technical-Economic Journal]. 2017. no. 6. pp.38–41. (in Russian)

16 Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Praktikum po biohimii sel'skohozyajstvennoj produkcii. [Workshop on biochemistry of agricultural products]. St. Petersburg, GIOR, 2016. 480 p. (in Russian)

17 Jones A., Acquaviva A., Dennis G.R., Shalliker R.A. et al. Bioactive screening of complex tea samples using the ferric reducing antioxidant power assay incorporating reaction flow HPLC columns for post column derivatisations. Microchemical Journal. 2018. no. 138. pp. 197–202. doi: 10.1016/j.microc.2018.01.005

18 Nilova L.P. Antioxidant activity of powders from plant materials in an in vitro model system. Torgovohkonomicheskie problemy regional'nogo biznesa prostranstva. [Trade and economic problems of the regional business space] 2014. no. 1. pp. 274–276. (in Russian)

19 Chernousova OV, Krivtsova A.I., Kuchmenko T.A. The study of antioxidant activity of white tea. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Processing of VSUET] 2018. vol. 80. no. 1. pp. 133–139. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-133-139. (in Russian)

20 Pilipenko T.V., Korotysheva L.B. Study of the quality and functional properties of tea-based beverages. Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii [Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology] 2016. vol. 4. no. 1. pp. 87–94. doi: 10.14529/food160111 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Liudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Voronezh, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova_l_p@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Voronezh, Saint-Petersburg, 195251, Russia, malutesha66@mail.ru

Vasilii R. Tverskoi master student, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Voronezh, Saint-Petersburg, 195251, Russia, vasilybasil@gmail.com

CONTRIBUTION

Liudmila P. Nilova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Svetlana M. Malyutenkova proposed a scheme of the experiment

Vasilii R. Tverskoi review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 10.1.2018

ACCEPTED 11.14.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova_l_p@mail.ru

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, malutesha66@mail.ru

Василий Р. Тверской магистрант, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, vasilybasil@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Людмила П. Нилова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Светлана М. Малютенкова предложила методику проведения эксперимента

Василий Р. Тверской обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.10.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.11.2018