

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-404-414>
УДК 663.958.7:577.16

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Биохимический состав чая и его изменения под влиянием различных факторов

Н. Б. Платонова, О. Г. Белоус*



Дата поступления в редакцию: 26.02.2020
Дата принятия в печать: 24.07.2020

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28

*e-mail: oksana191962@mail.ru



© Н. Б. Платонова, О. Г. Белоус, 2020

Аннотация.

Введение. Изучение особенностей антиоксидантного комплекса чая, выращиваемого в России, актуально и перспективно. Цель исследований заключается в изучении закономерностей формирования компонентов, формирующих качественные характеристики чая (как сырья, так и готового продукта). В данной статье рассмотрены изменения биохимического состава чая (пигментов, витаминов, кофеина и аминокислот) как в процессе вегетации, так и при переработке сырья в готовый продукт.

Объекты и методы исследования. Сорта и формы чая, произрастающие в Краснодарском крае: сорта – «Колхида» (контроль) и «Сочи»; формы – № 582, 3823, 855, 2264. Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях: на плантации коллекционно-маточных насаждений чая и лаборатории физиологии и биохимии растений. В работе использовали классические и современные методы анализа.

Результаты и их обсуждение. Проведен комплексный анализ биохимического состава чая. Высокие значения аскорбиновой кислоты отмечены во флешах форм № 2264, 3823 и сорта «Сочи». Но ее стабильным содержанием характеризуются форма № 3823 и сорт чая «Сочи». У всех опытных растений в июле отмечен наибольший синтез кофеина (от 24,633 до 28,614 мг/г). При переработке чайного сырья в готовый чай происходит деструкция кофеина и его количество снижается. В сырье опытных образцов идентифицировано 11 аминокислот, наибольшее количество которых синтезируется в мае. При переработке происходит не только общие изменения в их количестве, но и прослеживаются сортовые различия в метаболических реакциях превращения аминокислот.

Выводы. Выявлено варьирование всех биологически активных веществ как во флешах, так и в готовом чае. Это связано, как с сортовыми особенностями, так и с влиянием погодных условий вегетации.

Ключевые слова. Напитки, флеша, готовый продукт, вегетация, переработка, антиоксиданты, пигменты, витамины, кофеин, аминокислоты

Финансирование. Работа выполнена на базе ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН) в рамках плана НИР 0683-2014-0009-04 «Изучить закономерности формирования компонентов антиоксидантной системы чая, произрастающего на плантациях Краснодарского края».

Для цитирования: Платонова, Н. Б. Биохимический состав чая и его изменения под влиянием различных факторов / Н. Б. Платонова, О. Г. Белоус // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 3. – С. 404–414. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-404-414>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Biochemical Composition of Tea and its Changes under Different Factors

Natalia B. Platonova, Oksana G. Belous*

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences,
2/28, Yana Fabritsiusa Str., Sochi, 354002, Russia

Received: February 26, 2020
Accepted: July 24, 2020

*e-mail: oksana191962@mail.ru



© N.B. Platonova, O.G. Belous, 2020

Abstract.

Introduction. The present research featured the antioxidant complex of Russian tea varieties. The research objective was to study the formation patterns of the components responsible for the quality characteristics of tea as a raw material and finished product. The paper describes the changes that the biochemical composition of tea undergoes during the growing season and during processing. The study focused on pigments, vitamins, caffeine, and amino acids.

Study objects and methods. The research featured the following varieties of tea grown in the Krasnodar region of Russia: “Kolkhida” (control) and “Sochi”; forms – No. 582, 3823, 855, and 2264. The research was performed on the foundation plantation of collection tea in the village of Uch-Dere (Lazarevsky district of Sochi, Krasnodar region, Russia) and in the laboratory of plant physiology and biochemistry. The study involved traditional and advanced research methods.

Results and discussion. The paper introduces some results of a comprehensive analysis of the biochemical composition of various tea sorts. Shoots No. 2264, 3823, and the “Sochi” variety demonstrated high values of ascorbic acid. Form No. 3823 and the “Sochi” variety proved to have a relatively stable content of ascorbic acid. All experimental plants had the highest caffeine synthesis in July (from 24.633 to 28.614 µg/100 g). Processing destroyed caffeine and reduced its amount. The experimental samples of raw materials had eleven amino acids, the largest number being synthesized in May. Processing triggered both general changes in their quantity and varietal differences in the metabolic reactions of amino acid conversion.

Conclusion. The tea flushes and finished products differed in all biologically active substances, which is associated with both varietal characteristics and the effect of weather conditions during vegetation.

Keywords. Beverages, sprouts, finished product, vegetation, processing, antioxidants, pigments, vitamins, caffeine, amino acids

Funding. The research was performed on the premises of the Federal Research Centre of the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (FRC SSC RAS) as part of research plan No. 0683-2019-0009-04 “Patterns of formation of components of the antioxidant system in tea varieties grown on Krasnodar plantations”.

For citation: Platonova NB, Belous OG. Biochemical Composition of Tea and its Changes under Different Factors. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(3):404–414. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-404-414>.

Введение

Качество готового чая зависит от состава веществ, входящих в сырье (2-х или 3-х листовая флешь). Основные компоненты, обуславливающие вкус и аромат чая, – это экстрактивные вещества. Не менее важную роль играют алкалоидсодержащие вещества – кофеин, теобромин, теофиллин. Из алкалоидсодержащих соединений в процессе вегетации образуется и накапливается кофеин (2–3 %). В листьях чая как свежих, так и подвергнутых технологической переработке, содержится богатый состав пигментов (хлорофилл, кротиноиды, антоцианы, флавоноиды), от которых зависит цвета чая. Количественное содержание флавоноидов является одним из показателей качества чая [1, 3–8]. Поэтому для первичной оценки качества растительного сырья используется количественное определение содержания флавоноидов [9–11].

Пищевую ценность чая определяют входящие в его состав жирные кислоты. Их содержание зависит от многих факторов, в том числе, и от места произрастания растений. Краснодарские чаи богаты содержанием олеиновой и линолевой кислот. Также в чае присутствует пальмитиновая кислота, но в меньших количествах. Не менее важным компонентом, обуславливающим аромат чая, является состав эфирного масла. В чае присутствует богатый аминокислотный комплекс, изменяющийся как под воздействием абиогенных факторов, так и в процессе переработки сырья в готовый продукт [12].

Метаболизм растений чая основан на процессах накопления и превращения дубильных веществ

(катехиновый комплекс, преимущественно (-)-эпигаллокатехингаллат), содержание которых достигает 30 % и более. Дубильные вещества или танины, а именно теотанин, – это сложная смесь галловых эфиров катехинов и самих катехинов [13–18]. Окисленный теотанин придает чайному настою желто-коричневый или красноватый цвет, терпкость и вкус. В качестве фиксатора аромата важное значение имеют смолистые вещества чая. Не случайно многие качественные краснодарские чаи имеют камелиевый аромат.

Биохимический состав как чайного сырья, так и чая, изучен достаточно полно [2, 4, 8, 12, 19, 20]. Однако основные биохимические показатели значительно варьируются в зависимости от района произрастания чайного растения, погодных условий, сорта, агротехники, зрелости листа, переработки, хранения и многих других факторов [21–27].

На протяжении многих десятилетий в ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» ведется контроль качественных показателей чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), выращиваемого в условиях влажных субтропиков России. За этот период изучено влияние комплекса экологических факторов на биохимические компоненты [22–24]. Рассматривалось действие на качество чая удобрений (микро-, мезо- и макроэлементов) [21, 25, 26]. Поднимались вопросы изменения биохимических характеристик при разных способах сбора сырья (3-х листовой флешью) и сроках проведения омолаживающей подрезки чая [22].

Однако в исследованиях рассматривались только три биохимических компонента чайного сырья: танины, сумма водорастворимых экстрактивных веществ и кофеин. Полного изучения особенностей формирования и изменения антиоксидантного комплекса как чайного сырья, так и готового (черного и зеленого) чая, не проводилось. Это направление исследований является актуальным как в нашей стране, так и за рубежом. Об этом свидетельствует большое количество публикаций по данной теме.

Проводимое комплексное исследование формирования и изменения антиоксидантной системы чая, выращиваемого в условиях влажных субтропиков России (Сочи, Краснодарский край), актуально и перспективно.

Целью исследований является изучение влияния погодных условий вегетации и способов переработки на формирования компонентов антиоксидантной системы чая (как сырья, так и готового продукта), произрастающего на плантациях Краснодарского края.

Новизна исследований состоит в том, что впервые в условиях влажных субтропиков Краснодарского края проведены комплексные исследования, направленные на оценку антиоксидантных компонентов различных сортов и форм чая. Установлена сортовая специфичность чая по аккумуляции антиоксидантных компонентов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются сорта и формы чая, произрастающие на плантации Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур: сорта – «Колхида» (контроль) и «Сочи»; формы – № 582, № 3823, № 855, № 2264, а также зеленый и черный чай, производимый из их флешей в лаборатории ФИЦ СНИЦ РАН.

Полевые отборы чайного сырья (3-х листовая флеш) выполнены на плантации коллекционно-маточных насаждений чая (1981 г. посадки) в п. Уч-Дере (Лазаревский район города Сочи, Краснодарский край, Россия). Лабораторные исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук».

Содержание фотосинтетических пигментов. При исследовании использовали спектрофотометрический метод определения содержания хлорофилла и каротиноидов с экстракцией пигментов 96 % этанолом и использованием расчетных формул Смита и Бенитеза [28]. Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ (ООО «ЭКРОСХИМ», Россия) при длине волны для хлорофиллов *a* и *b* – 665 и 649 нм, для каротиноидов – 440,5 нм в кюветках с толщиной слоя 10 мм.

Анализ количества флавоноидов (TFs и TRs). В качестве экстракта для извлечения флавоноидов из сырья использовали 95 % этиловый спирт¹. Для определения флавоноидов (TFs и TRs) использовался метод УФ-ВИС спектрофотометрии с применением анализатора ПЭ-5400ВИ при длине волны 665 нм для теафлавинов и 825 нм для теарубигинов. Повторность лабораторных анализов трехкратная.

Определение аскорбиновой кислоты (АК) проводили классическим йодометрическим методом [29]. Титрантом служил раствор йодата калия. Титрование вели в присутствии йодида калия и хлороводородной кислоты (индикатор – крахмал) до стойкого синего окрашивания.

Флавоноидные соединения с Р-витаминной активностью (рутин) определяли методом титрования в соответствии с методикой анализа витаминов [30]. Количественное определение рутина основано на его способности окисляться перманганатом. В качестве индикатора применяется индигокармин, который вступает в реакцию с перманганатом после того, как окислится весь рутин

Определение кофеина и анализ аминокислотного состава (АС) осуществляли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Статистический анализ. Все химические анализы выполнены в трехкратном повторении. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPointTechnologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, *t*-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $P < 0,05$. Все эксперименты проводили в шестикратной повторности. Различия между повторностями оценивались с помощью непарного *t*-теста. Результаты исследования выражены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением.

Результаты и их обсуждение

Содержание пигментов в чае (фотосинтетические пигменты и флавоноиды). Изучена динамика накопления хлорофилла во флешей чая. В начале активной вегетации (в мае) синтезируется наибольшее количество суммы хлорофиллов (1,335 мг/г). К августу следует плавное падение (1,068 мг/г). Другая закономерность выявлена при изучении содержания каротиноидов и флавоноидов (теарубигинов и теафлавинов). Наблюдается повышение содержания этих групп пигментов в

¹ AOAC International. Quality assurance check list for small laboratories. 2009. – 13 p.

Таблица 1. Содержание фотосинтетических пигментов в 3-х листовых флешах чая

Table 1. Content of photosynthetic pigments in three-leaves flushes

Сорт/форма	Содержание пигментов в мг/г сырого веса				
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Хлорофилл <i>a</i> / Хлорофилл <i>b</i>	Скаротиноиды	Σхлорофилл/ Σскаротиноиды
«Колхида»	0,878 ± 0,150	0,307 ± 0,086	3,151 ± 0,201	0,302 ± 0,057	3,922 ± 0,798
№ 3823	0,732 ± 0,197	0,279 ± 0,076	2,813 ± 0,227	0,285 ± 0,057	3,549 ± 0,536
№ 582	0,726 ± 0,261	0,257 ± 0,100	2,958 ± 0,339	0,269 ± 0,091	3,650 ± 0,359
№ 855	0,689 ± 0,143	0,237 ± 0,084	3,362 ± 0,210	0,256 ± 0,047	3,621 ± 0,475
№ 2264	0,732 ± 0,113	0,258 ± 0,063	3,088 ± 0,135	0,273 ± 0,041	3,630 ± 0,342
НСР ($P \leq 0,05$)	0,11*	0,05*	0,84	0,04	0,21*

* $P < 0,05$ при сравнении с контролем.

* $P < 0.05$ when compared with control.

Таблица 2. Содержание флавоноидов в чае и сырье, мг/г

Table 2. Flavonoids in finished tea products and raw materials, mg/g

Сорт/форма	3-х листовая флешь		Зеленый чай		Черный чай	
	TFs	TRs	TFs	TRs	TFs	TRs
«Колхида»	0,07 ± 0,02	0,84 ± 0,30	0,04 ± 0,01	0,72 ± 0,28	0,07 ± 0,02	1,03 ± 0,28
«Сочи»	0,07 ± 0,02	0,88 ± 0,47	0,04 ± 0,02	0,71 ± 0,39	0,07 ± 0,01	0,95 ± 0,19
№ 3823	0,09 ± 0,03	1,17 ± 0,60	0,04 ± 0,01	0,60 ± 0,23	0,08 ± 0,02	1,08 ± 0,17
№ 582	0,11 ± 0,04	1,33 ± 0,65	0,04 ± 0,02	0,70 ± 0,32	0,09 ± 0,02	1,18 ± 0,32
№ 855	0,10 ± 0,02	1,13 ± 0,39	0,04 ± 0,02	0,63 ± 0,41	0,07 ± 0,01	0,10 ± 0,12
№ 2264	0,09 ± 0,02	1,10 ± 0,36	0,03 ± 0,01	0,53 ± 0,13	0,08 ± 0,02	1,03 ± 0,15

июне, спад в июле, к августу снова незначительное повышение. Повышение связано с неблагоприятными условиями – засухой в эти периоды. Кроме того, отмечено, что в содержании фотосинтетических пигментов проявляются генотипические особенности (табл. 1).

Основным фотосинтезирующим пигментом является хлорофилл *a*. Каротиноиды передают дополнительную энергию на хлорофиллы, выполняя светособирающую функцию, и отводят от них избыточную энергию, выполняя светозащитную функцию [31, 32]. Значительное накопление в листьях хлорофилла *a* характерно для контрольного сорта «Колхида». В изучаемых формах содержание хлорофилла *a* ниже (табл. 1).

Содержание хлорофилла *b* свидетельствует об уровне приспособленности растений к низкой освещенности. Для растений чая это не актуально, т. к. выращивается культура на открытых пространствах и обрезка шпалеры стимулирует рост листьев на верхней ее части. Но часто плотно сомкнутая шпалера ограничивает открытое для солнечных лучей пространство и многие листья боковых поверхностей оказываются в тени. В данном случае повышенное содержание хлорофилла *b* предпочтительно для фотосинтезирующей деятельности листьев данного яруса. Отмечена та же закономерность, что и с хлорофиллом *a*: больше хлорофилла *b* накапливается контрольным сортом; различия наблюдаются и на границе существенности,

как и у форм № 3823 и 2264. Как известно, важным является не только содержание того или иного пигмента, но и их соотношение [33–35]. Во всех изученных нами растениях чая соотношение *a/b* находится в пределах от 2,813 мг/г до 3,362 мг/г. Отличие между формами незначительно (табл. 1).

Фотосинтетические пигменты относятся не только к компонентам антиоксидантной защиты самого растения, но и входят в состав биохимических компонентов напитка, т. к. при приготовлении черного и зеленого чая пигменты в той или иной степени переходят в настой. При переработке происходят изменения в их содержании: значительная часть хлорофилла при обработке паром, а также в процессе сушки разрушается. Поэтому хлорофилла в зеленом чае меньше, чем в сырье. При изготовлении черного чая зеленых пигментов остается еще меньше, чем в зеленом. Но это хорошо, т. к. присутствие хлорофилла в готовом чае отрицательно сказывается на его качестве – чай приобретает травяной запах и нехарактерный вкус. Наименьшее количество этого пигмента в зеленом и черном чае содержит форма № 855 (0,33 мг/г), что является предпочтительным. Каротиноиды обеспечивают не только устойчивость растения к экзогенному стрессу, но и его ценность как источника антиоксидантов для человека. Их содержание в готовом чае (черном и зеленом) является положительным фактом. Однако нами не выявлено изменений в их содержании. При этом каротиноиды не учитываются при качественной оценке чая.

Теофлавин (TFs) и теарубигин (TRs) образуются в процессе ферментации чая. Выявлено, что между качеством сырья и содержанием флавоноидов в чае существует прямая зависимость: в зеленом чае теафлавинов меньше, чем в сырье и черном чае (табл. 2). Теафлавины – нестойкие соединения и при окислении легко переходят в теарубигины, поэтому в черном чае теарубигинов значительно больше.

В сортовом разрезе можно отметить, что сырье форм № 855 и № 582 (0,10 мг/г и 0,11 мг/г соответственно), а также черный чай, полученный из формы № 582 (0,09 мг/г), показали наиболее высокие значения содержания теафлавинов. Наибольшее содержание теарубигинов было обнаружено в формах № 582 и № 3823 (1,33 и 1,17 мг/г). В настоящее время не существует стандарта по содержанию этих пигментов в готовом чае. Но, согласно международным правилам, любой чай должен иметь соотношение теафлавинов и теарубигинов не ниже, чем 1:16, а в чае высшего качества 1:10. По данному показателю краснодарский чай соответствует международным требованиям.

Определение аскорбиновой кислоты (АК). Содержание АК является очень важным параметром, поскольку это соединение представляет собой активный антиоксидант (рис. 1). В целом по сортам количество витамина С колеблется от 100 мг/100 г до 148 мг/100 г и наблюдается увеличение АК от мая к августу. В начале вегетации количество витамина С в опытных растениях было равным, находясь в пределах от 136,1 мг/100 г до 159,6 мг/100 г. Некоторое повышение температуры и период затухания ростовых процессов вызвали изменения в накоплении АК в соответствии с сортовыми особенностями. Отмечено, что в июне количество витамина С во флешах формы № 2264 было максимальным. Однако этот показатель у данной формы варьируется: уже в июле содержание АК падает в 11 раз до минимума – с 256,4 мг/100 г до 23,5 мг/100 г.

В среднем за вегетацию высокие значения отмечены во флешах форм № 2264, № 3823 и сорта

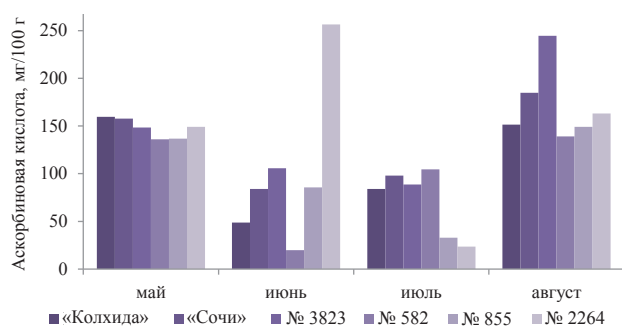


Рисунок 1. Содержание аскорбиновой кислоты в 3-х листной флеше чая, мг/100 г

Figure 1. Ascorbic acid in three-leaves flushes, mg/100 g

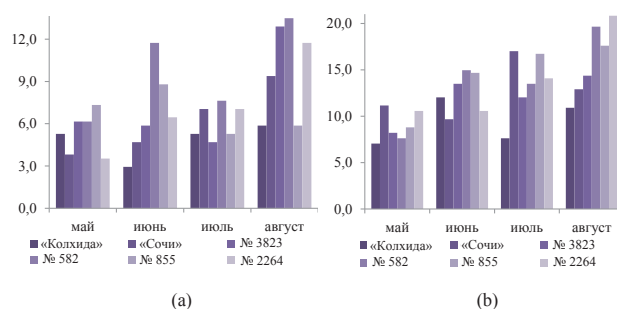


Рисунок 2. Содержание аскорбиновой кислоты в черном (а) и зеленом (б) чае, в мг/100 г

Figure 2. Ascorbic acid in black (a) and green (b) tea, mg/100 g

«Сочи». Считаем, что растения с относительно стабильным содержанием витамина С во флешах более ценны, например, форма № 3823 и сорт «Сочи», у которых коэффициент вариации АК во флешах за период вегетации составил 47 % и 36 % соответственно. При переработке сырья в готовый продукт вследствие термической обработки происходит разрушение витамина С в 17–20 раз при производстве черного чая и почти в 9 раз – при приготовлении зеленого (рис. 2а и б). Остальные закономерности остаются те же, что и при анализе сырья (3-х листной флешы), т. е. от мая к августу количество аскорбиновой кислоты растет.

Флавоноидные соединения с Р-витаминной активностью (рутин). Не менее важным компонентом антиоксидантной системы растений чая является витамин Р (рутин). Он не только принимает участие в основных окислительно-восстановительных реакциях, но и усиливает впитывание аскорбиновой кислоты [36]. Исследования показали, что, в зависимости от сезона сбора чайного листа, в зеленом чае содержание рутина колеблется от 36 мг/100 г до 41 мг/100 г, а в черном – в пределах 17–20 мг/100 г. Это в 2 раза ниже, чем в зеленом не ферментированном чае. Генотипические особенности оказывают не меньшее влияние на содержание витамина Р (табл. 3). Так, низким содержанием рутина характеризуется сорт «Сочи» (в среднем 10 мг/100 г в черном чае и 34 мг/100 г в зеленом), высоким – форма № 582 (около 23 мг/100 г в черном чае и 46 мг/100 г в зеленом). Значительным показателем является вариабельность в течение сезона: стабильное содержание витамина Р в чае форм № 2264, 3823, 582 и 855 (V, % = 9; 7; 5; 2).

Определение кофеина. Еще один очень важный биологически активный компонент чая – кофеин, динамика накопления которого в 3-х листной флеше представлена на рисунке 3. В чае содержится одна из разновидностей кофеина – теин. Особенностью теина является мягкое действие на организм человека. Так как кофеин присутствует в сочетании с чайным танином, то при заваривании он не экстрагируется полностью и напиток действует на

Таблица 3. Содержание витамина Р в готовом чае, мг/100 г

Table 3. Vitamin P in finished tea products, mg/100 g

Сорт/форма	Май		Июнь		Июль		Август	
	черный	зеленый	черный	зеленый	черный	зеленый	черный	зеленый
«Колхида»	17,6 ± 1,6	32,5 ± 0,9	17,1 ± 0,9	34,7 ± 0,9	20,8 ± 1,6	39,5 ± 2,4	24,0 ± 0,9	33,6 ± 1,6
«Сочи»	10,1 ± 0,9	36,8 ± 1,6	9,1 ± 0,9	36,3 ± 0,9	11,7 ± 0,9	36,3 ± 0,9	10,7 ± 0,9	25,6 ± 2,8
№ 3823	21,9 ± 0,9	38,9 ± 4,6	18,7 ± 0,9	45,3 ± 0,9	20,3 ± 0,9	35,7 ± 0,9	21,9 ± 0,9	30,9 ± 0,9
№ 582	25,1 ± 0,9	47,5 ± 3,7	21,9 ± 0,9	47,5 ± 0,9	20,3 ± 0,9	46,9 ± 18	25,6 ± 1,6	42,7 ± 2,4
№ 855	14,9 ± 0,9	38,9 ± 0,9	16,5 ± 0,9	39,5 ± 0,9	22,9 ± 0,9	38,4 ± 0,9	17,1 ± 0,9	37,9 ± 0,9
№ 2264	13,3 ± 0,9	36,3 ± 0,9	16,5 ± 0,9	43,7 ± 2,4	20,3 ± 0,9	40,5 ± 0,9	23,5 ± 0,9	43,7 ± 0,9

Таблица 4. Содержание кофеина в 3-х листной флеш и готовом (зеленом) чае

Table 4. Caffeine content in three-leaves flushes and finished green tea

Сорт/форма	Кофеин, мг/г	
	Флеш	Зеленый чай
«Колхида»	26,93	19,35
«Сочи»	24,63	18,45
№ 3823	27,10	20,42
№ 582	28,61	20,20
№ 855	26,73	21,83
№ 2264	25,38	21,89

организм мягче. При этом, в отличие от кофеина, теин не накапливается в организме. На количество кофеина (теина) в чае влияет условия выращивания, применяемая агротехника и условия переработки [1, 10, 11]. Это полностью подтверждается и нашими исследованиями (рис. 3, табл. 4).

Как видно из представленных данных, наибольший синтез кофеина у всех опытных растений отмечен в июле (от 24,633 мг/г до 28,614 мг/г). Значительное превышение его количества, по сравнению с остальными периодами вегетации, составляет 1,6–2,3 раза. При переработке чайного сырья (3-х листной флеш) в готовый чай происходит некоторая деструкция кофеина и его количество снижается в 1,2–1,4 раза (табл. 4).

Анализ аминокислотного состава (АС). Белки и аминокислоты определяют вкус и аромат чая. В связи с эти начато установление содержания аминокислот

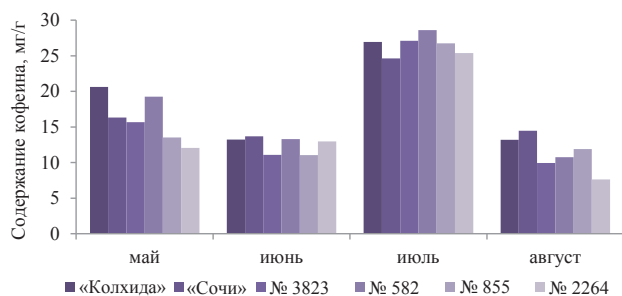


Рисунок 3. Динамика содержания кофеина в 3-х листной флеш, мг/г

Figure 3. Dynamics of the caffeine content in three-leaves flushes, mg/g

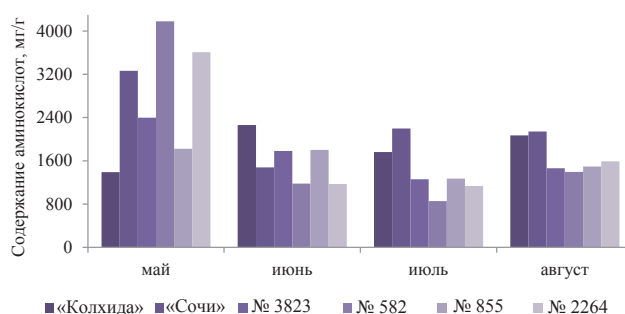


Рисунок 4. Динамика накопления аминокислот в 3-х листной флеш (общее количество, мг/г)

Figure 4. Accumulation dynamics of amino acids in three-leaves flushes (total, mg/g)

в чае. Всего идентифицировано 11 аминокислот, общая динамика синтеза которых представлена на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4, наибольшее количество аминокислот синтезируется в мае. В дальнейшем их синтез снижается. Вероятно, включаются процессы их превращений и взаимопревращений в другие соединения.

В содержании аминокислот прослеживаются сортовые различия. Их процентное содержание в опытных образцах представлено в таблице 4,

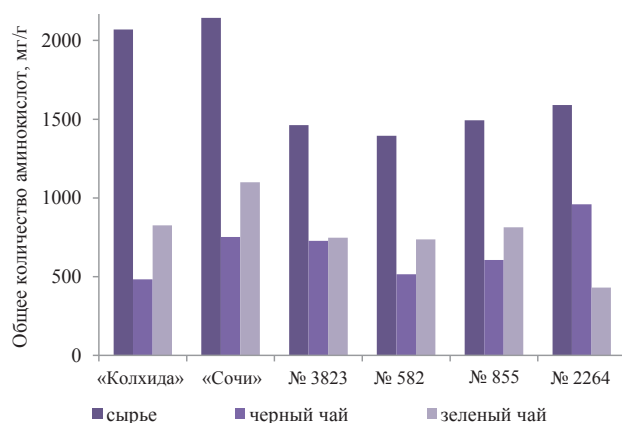


Рисунок 5. Изменение содержания аминокислот в процессе переработки

Figure 5. Dynamics of amino acid content during processing

из которой видно, что больше всего во флешах содержится пролина (от 44 % у формы № 2264 до 63 % у сорта «Сочи»), от 5 до 15 % составляют серин и валин и около 7 % – метионин, остальные аминокислоты присутствуют в небольшом количестве. При переработке сырья в готовый чай количество аминокислот падает. Это связано с окислительным дезаминированием и преобразованием их в белковые соединения, которые участвуют в образовании армата чая (рис. 5).

Как видно из рисунка 5, больше всего аминокислот в сырье (3-х листной флеш) содержится в сортах «Колхида» и «Сочи». При переработке происходят не только общие изменения – в черном чае аминокислот меньше, чем в зеленом. Это объясняется тем, что в процессе ферментации черного чая идут активные процессы окислительного дезаминирования. Также прослеживаются сортовые различия в метаболических реакциях превращения аминокислот: при производстве черного чая аминокислотный состав сорта «Колхида» больше подвержен изменениям ($V = 88\%$), в то время как при производстве зеленого чая больше изменяется состав формы № 2264 ($V = 81\%$).

Выводы

Нами проведен сравнительный биохимический анализ содержания антиоксидантных веществ в чайном сырье (3-х листная флеш) и готовом чае (черном и зеленом). Отмечено значительное изменение содержания флавоноидов, аскорбиновой кислоты, кофеина и рутина при переработке чайного сырья. Различия обусловлены отсутствием процесса ферментации при производстве неферментированного (зеленого) чая, который является важным технологическим методом при производстве черного чая. Это позволяет зеленому чаю удерживать почти все водорастворимые витамины, которые ингибируют перекисное

окисление липидов в клеточных мембранах. Кроме того, наблюдается значительная вариабельность содержания биологически активных веществ (флавоноидов, витаминов и аминокислот), обусловленная генотипическими особенностями чайных растений.

Критерии авторства

Н. Б. Платонова производила отбор образцов и их биохимический анализ, осуществляла анализ результатов, формулировала выводы. Были написаны такие разделы статьи, как «введение», «объекты и методы исследования», «выводы». О. Г. Белоус является руководителем проекта. Проводила полную статистическую обработку всех результатов, обобщала полученные данные, выводила закономерности и формулировала основные выводы. Ею написаны разделы статьи «результаты и их обсуждение», откорректированы выводы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с этой статьей.

Contribution

N.B. Platonova selected the samples, performed their biochemical analysis, analyzed the results, and formulated the introduction, research objects and methods, and conclusions. O.G. Belous supervised the project, performed the statistical processing of all results, generalized the data obtained, deduced patterns, formulated the main conclusions, wrote the results and discussion, and improved the conclusions.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Татарченко, И. И. Химия субтропических и пищевкусных продуктов / И. И. Татарченко, И. Г. Мохначев, Г. И. Касьянов. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
2. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics / S. Chakravorty, S. Bhattacharya, A. Chatzinotas [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2016. – Vol. 220. – P. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>.
3. Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants / L. K. Leung, Y. Su, R. Chen [et al.] // Journal of Nutrition. – 2001. – Vol. 131, № 9. – P. 2248–2251. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/131.9.2248>.
4. Валиулина, Д. Ф. Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей / Д. Ф. Валиулина, Н. В. Макарова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 3 (77). – С. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-104-110>.
5. Wright, L. P. Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*): dr. bio. sci. diss / L. P. Wright. – Pretoria : University of Pretoria, 2002. – 216 p.
6. Theaflavins, polyphenols of black tea, inhibit entry of hepatitis C virus in cell culture / P. Chowdhury, M.-E. Sahuc, Y. Rouillé [et al.] // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13, № 11. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198226>.
7. Impact of light irradiation on black tea quality during withering / Z. Ai, B. Zhang, Y. Chen [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54, № 5. – P. 1212–1227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2558-z>.
8. Воронцов, В. Е. Биохимия чая / В. Е. Воронцов. – М. : Пищепроиздат, 1946. – 279 с.

9. Шафигулин, Р. В. Качественное и количественное содержание катехинов в различных сортах чая / Р. В. Шафигулин, А. В. Буланова, К. Х. По // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2007. – Т. 7, № 2. – С. 349–352.
10. The composition and content of phenolic compounds in tea, grown in humid subtropics of Russia / N. Platonova, A. Astanin, S. Sedykh [et al.] // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2019. – Vol. 13, № 1. – P. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.5219/990>.
11. Определение полифенольных антиоксидантов в образцах зеленого чая. Характеристические хроматографические профили / Л. А. Карцова, В. А. Деев, Е. А. Бессонова [и др.] // Аналитика и контроль. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 377–385. DOI: <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.3.010>.
12. Belous, O. G. Amino acids structure of tea in subtropics of Russia / O. G. Belous // Nauka i studia. – 2012. – Vol. 10, № 55. – P. 10–15.
13. Research advance on tea biochemistry / X. Wan, D. Li, Z. Zhang [et al.] // Journal of Tea Science. – 2015. – Vol. 35, № 1. – P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.13305/j.cnki.jts.2015.01.002>.
14. Потапович, А. И. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств цитопротекторной активности флавоноидов / А. И. Потапович, В. А. Костюк // Биохимия. – 2003. – Т. 68, № 5. – С. 632–638.
15. Романова Н. Г. Биологическая и биохимическая оценка различных видов лекарственного растительного сырья для создания функциональных напитков: дис. ... канд. сельхоз. наук: 06.01.13 / Романова Наталья Геннадиевна. – М., 2008. – 125 с.
16. Study of the antioxidant activity and total polyphenol concentration of medicinal plants / A. V. Ivanova, E. L. Gerasimova, E. R. Gazizullina [et al.] // Journal of Analytical Chemistry. – 2017. – Vol. 72, № 4. – P. 415–420. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934817040049>.
17. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 271 с.
18. Запрометов, М. Н. Биохимия катехинов. Биосинтез превращения и практическое использование / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1964. – 296 с.
19. Платонова, Н. Б. Динамика активности фермента пероксидазы как элемента антиоксидантной защиты чая *Camellia sinensis* (L.) Kuntze / Н. Б. Платонова, О. Г. Белоус // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – № 68. – С. 197–201. DOI: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-197-201>.
20. Deb, S. A review of withering in the processing of black tea / S. Deb, K. R. Jolvis Pou // Journal of Biosystems Engineering. – 2016. – Vol. 41, № 4. – P. 365–372. DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.365>.
21. Притула, З. В. Влияние мезоудобрений (Ca, Mg) на содержание кофеина в чайном растении в условиях влажных субтропиков России / З. В. Притула, В. Н. Бехтерев, Л. С. Малюкова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – № 54. – С. 185–192.
22. Белоус, О. Г. Физиологические особенности растений чая в различных почвенно-климатических условиях / О. Г. Белоус, А. В. Рындин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 49–51.
23. Белоус, О. Г. Биологические особенности культуры чая в условиях влажных субтропиков России: дис. ... д-ра био. наук: 06.01.07 / Белоус Оксана Геннадьевна. – Краснодар, 2009. – 314 с.
24. Притула, З. В. Особенности влияния комплекса экологических факторов на биохимические показатели качества чая сорта Колхида в условиях субтропиков России / З. В. Притула, Л. С. Малюкова, Н. В. Козлова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2009. – № 42–2. – С. 86–103.
25. Бушин, П. М. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество чая сорта Колхида в условиях субтропиков России / П. М. Бушин, З. В. Притула, Л. С. Малюкова // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – 2001. – № 114. – С. 68–69.
26. Белоус, О. Г. Влияние микроэлементов на повышение качества чая / О. Г. Белоус // Садоводство и виноградарство. – 2006. – № 6. – С. 18–20.
27. Belous, O. Physiological foundations of sustainability *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze and *Corylus pontica* C. Koch. in the conditions of humid subtropics of Russia / O. Belous, N. Platonova // American Journal of Plant Sciences. – 2018. – Vol. 9, № 9. – P. 1771–1780. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99129>.
28. Шлык, А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений / О. А. Павлинова. – М.: Наука, 1971. – С. 154–170.
29. Починок, Х. М. Методы биохимического анализа растений / Х. М. Починок. – Киев: Наукова думка, 1976. – 334 с.
30. Воскресенская, О. Л. Большой практикум по биоэкологии / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2006. – 107 с.
31. Pogson, B. J. The role of carotenoids in energy quenching / B. J. Pogson, H. M. Rissler, H. A. Frank // Photosystem II. The light-driven water: plastoquinone oxidoreductase / T. J. Wydrzynski, K. Satoh, J. A. Freeman. – Dordrecht: Springer, 2005. – P. 517–537. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4254-X_24.
32. Ладыгин, В. Г. Современные представления о функциональной роли каротиноидов в хлоропластах эукариот / В. Г. Ладыгин, Г. Н. Ширшикова // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67, № 3. – С. 163–190.

33. Singlet oxygen-induced membrane disruption and serpin-protease balance in vacuolar-driven cell death / E. Koh, R. Carmieli, A. Mor [et al.] // *Plant Physiology*. – 2016. – Vol. 171, № 3. – P. 1616–1625. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.15.02026>.
34. Belous, O. Photosynthetic pigments of subtropical plants / O. Belous, K. Klemeshova, V. Malyarovskaya // *Photosynthesis. From its evolution to future improvements in photosynthetic efficiency using nanomaterials* / J. C. G. Cañedo, G. L. Lopez-Lizarraga. – London : IntechOpen, 2018. – P. 31–52. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.75193>.
35. Applications of chitosan nanoparticles to enhance absorption and bioavailability of tea polyphenols: A review / J. Liang, H. Yan, P. Puligundla [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2017. – Vol. 69. – P. 286–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.041>.
36. Konnov, N. A. Comparative analysis of rutin content in tea of different climatic zones / N. A. Konnov, N. B. Platonova, O. G. Belous // Jubilee scientific conference devoted to the 40th anniversary of the Institute of Ornamental and Medicinal Plants. – Sofia, 2019. – P. 33.

References

1. Tatarchenko II, Mokhnachev IG, Kas'yanov GI. *Khimiya subtropicheskikh i pishchevkusovykh produktov* [Chemistry of subtropical and food products]. Moscow: Akademiya; 2003. 256 p. (In Russ.).
2. Chakravorty S, Bhattacharya S, Chatzinotas A, Chakraborty W, Bhattacharya D, Gachhui R. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*. 2016;220:63–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>.
3. Leung LK, Su Y, Chen R, Zhang Z, Huang Y, Chen Z-Y. Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *Journal of Nutrition*. 2001;131(9):2248–2251. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/131.9.2248>.
4. Valiulina DF, Makarova NV. Comparative study of the antioxidant activity of popular tea brands from trade market. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018;80(3)(77):104–110. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-104-110>.
5. Wright LP. *Biochemical analysis for identification of quality in black tea (Camellia sinensis)*. Dr. bio. sci. diss. Pretoria: University of Pretoria; 2002. 216 p.
6. Chowdhury P, Sahuc M-E, Rouillé Y, Rivière C, Bonneau N, Vandeputte A, et al. Theaflavins, polyphenols of black tea, inhibit entry of hepatitis C virus in cell culture. *PLoS ONE*. 2018;13(11). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198226>.
7. Ai Z, Zhang B, Chen Y, Yu Z, Chen H, Ni D. Impact of light irradiation on black tea quality during withering. *Journal of Food Science and Technology*. 2017;54(5):1212–1227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2558-z>.
8. Vorontsov VE. *Biokhimiya chaya* [Biochemistry of tea]. Moscow: Pishchevroizdat; 1946. 279 p. (In Russ.).
9. Shafigulin RV, Bulanova AV, Ro KKh. *Kachestvennoe i kolichestvennoe sodержanie katekhinov v razlichnykh sortakh chaya* [Qualitative and quantitative content of catechins in various tea sorts]. *Sorption and Chromatography Processes*. 2007;7(2):349–352. (In Russ.).
10. Platonova N, Astanin A, Sedykh S, Samarina L, Belous O. The composition and content of phenolic compounds in tea, grown in humid subtropics of Russia. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019;13(1):32–37. DOI: <https://doi.org/10.5219/990>.
11. Kartsova LA, Deev VA, Bessonova EA, Belous OG, Platonova NB. Determination of polyphenol antioxidants in the samples of green tea. The characteristic chromatographic profiles. *Analytics and Control*. 2019;23(3):377–385. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.3.010>.
12. Belous OG. Amino acids structure of tea in subtropics of Russia. *Nauka i studia*. 2012;10(55):10–15.
13. Wan X, Li D, Zhang Z, Xia T, Ling T, Chen Q. Research advance on tea biochemistry. *Journal of Tea Science*. 2015;35(1):1–10. DOI: <https://doi.org/10.13305/j.cnki.jts.2015.01.002>.
14. Potapovich AI, Kostyuk VA. Comparative study of antioxidant properties and cytoprotective activity of flavonoids. *Biochemistry*. 2003;68(5):632–638. (In Russ.).
15. Romanova NG. *Biologicheskaya i biokhimicheskaya otsenka razlichnykh vidov lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya dlya sozdaniya funktsional'nykh napitkov* [Biological and biochemical evaluation of various types of medicinal plant materials for development of functional drinks]. Cand. agr. sci. diss. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 2008. 125 p.
16. Ivanova AV, Gerasimova EL, Gazizullina ER, Popova KG, Matern AI. Study of the antioxidant activity and total polyphenol concentration of medicinal plants. *Journal of Analytical Chemistry*. 2017;72(4):415–420. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934817040049>.
17. Zaprometov MN. *Fenol'nye soedineniya: Rasprostranenie, metabolizm i funktsii v rasteniyakh* [Phenolic compounds: distribution, metabolism, and function in plants]. Moscow: Nauka; 1993. 271 p. (In Russ.).
18. Zaprometov MN. *Biokhimiya katekhinov. Biosintez prevrashcheniya i prakticheskoe ispol'zovanie* [Biochemistry of catechins. Conversion biosynthesis and its practical use]. Moscow: Nauka; 1964. 296 p. (In Russ.).

19. Platonova NB, Belous OG. Dynamics of peroxidase enzymatic activity as an element of antioxidant defense in tea plant *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. Subtropical and Ornamental Horticulture. 2019;(68):197–201. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-197-201>.
20. Deb S, Jolvis Pou KR. A review of withering in the processing of black tea. Journal of Biosystems Engineering. 2016;41(4):365–372. DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.365>.
21. Pritula ZV, Bekhterev VN, Malyukova LS. Effect of meso-fertilizers (CA, MG) on caffeine content in tea plant in Russian humid subtropics. Subtropical and Ornamental Horticulture. 2015;(54):185–192. (In Russ.).
22. Belous OG, Ryndin AV. Physiological features of tea plants under various soil-climatic conditions. Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2008;(3):49–51. (In Russ.).
23. Belous, OG. Biologicheskie osobennosti kul'tury chaya v usloviyakh vlazhnykh subtropikov Rossii [Biological features of tea culture in the humid subtropics of Russia]. Dr. bio. sci. diss. Krasnodar: I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University; 2009. 314 p.
24. Pritula ZV, Malyukova LS, Kozlova NV. Osobennosti vliyaniya kompleksa ehkologicheskikh faktorov nabiokhimicheskie pokazateli kachestva chaya sorta Kolkhida v usloviyakh subtropikov Rossii [Effect of environmental factors on the nabiochemical indicators of the quality of Kolkhida tea variety in the conditions of Russian subtropics]. Subtropical and Ornamental Horticulture. 2009;(42–2):86–103. (In Russ.).
25. Bushin PM, Pritula ZV, Malyukova LS. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo chaya sorta Kolkhida v usloviyakh subtropikov Rossii [Effect of mineral fertilizers on the yield and quality of Kolkhida tea variety in Russian subtropics]. Byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrokhimii im. D.N. Pryanishnikova [Bulletin of the D.N. Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry]. 2001;(114):68–69. (In Russ.).
26. Belous OG. Vliyanie mikroelementov na povyshenie kachestva chaya [Effect of trace elements on improving the tea quality]. Horticulture and Viticulture. 2006;(6):18–20. (In Russ.).
27. Belous O, Platonova N. Physiological foundations of sustainability *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze and *Corylus pontica* C. Koch. in the conditions of humid subtropics of Russia. American Journal of Plant Sciences. 2018;9(9):1771–1780. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99129>.
28. Shlyk AA. Opredelenie khlорофилла i karotinoidov v ehkstraktakh zelenykh list'ev [Determination of chlorophyll and carotenoids in extracts of green leaves]. In: Pavlinova OA, editor. Biokhimicheskie metody v fiziologii rasteniy [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow: Nauka; 1971. pp. 154–170. (In Russ.).
29. Pochinok KhM. Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy [Biochemical analysis of plants]. Kiev: Naukova dumka; 1976. 334 p. (In Russ.).
30. Voskresenskaya OL, Alyabysheva EA, Polovnikova MG. Bol'shoy praktikum po bioehkologii [A complete tutorial on bioecology]. Yoshkar-Ola: Mari State University; 2006. 107 p. (In Russ.).
31. Pogson BJ, Rissler HM, Frank HA. The role of carotenoids in energy quenching. In: Wydrzynski TJ, Satoh K, Freeman JA, editors. Photosystem II. The light-driven water: plastoquinone oxidoreductase. Dordrecht: Springer; 2005. pp. 517–537. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-4254-X_24.
32. Ladygin VG, Shirshikova GN. The current concepts of functional role of carotenoids in the eukaryotic chloroplasts. Journal of General Biology. 2006;67(3):163–190. (In Russ.).
33. Koh E, Carmieli R, Mor A, Fluhr R. Singlet oxygen-induced membrane disruption and serpin-protease balance in vacuolar-driven cell death. Plant Physiology. 2016;171(3):1616–1625. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.15.02026>.
34. Belous O, Klemeshova K, Malyarovskaya V. Photosynthetic pigments of subtropical plants. In: Cañedo JCG, Lopez-Lizarraga GL, editors. Photosynthesis. From its evolution to future improvements in photosynthetic efficiency using nanomaterials. London: IntechOpen; 2018. pp. 31–52. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.75193>.
35. Liang J, Yan H, Puligundla P, Gao X, Zhou Y, Wan X. Applications of chitosan nanoparticles to enhance absorption and bioavailability of tea polyphenols: A review. Food Hydrocolloids. 2017;69:286–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.041>.
36. Konnov NA, Platonova NB, Belous OG. Comparative analysis of rutin content in tea of different climatic zones. Jubilee scientific conference devoted to the 40th anniversary of the Institute of Ornamental and Medicinal Plants; 2019; Sofia. Sofia, 2019. p. 33.

Сведения об авторах

Платонова Наталия Борисовна

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», 354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, тел.: +7 (918) 305-73-87, e-mail: natali1875@bk.ru


Information about the authors

Nataliia B. Platonova

Postgraduate student, Junior Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, Federal Research Centre of the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 2/28, Yana Fabritsiusa Str., Sochi, 354002, Russia, phone: +7 (918) 305-73-87, e-mail: natali1875@bk.ru


Белоус Оксана Геннадьевна

д-р био. наук, доцент, заведующая лабораторией физиологии и биохимии растений, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», 354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, тел.: +7 (918) 105-91-15, e-mail: Oksana191962@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5613-7215>

Oksana G. Belous

Dr.Sci.(Bio.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, Federal Research Centre of the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 2/28, Yana Fabritsiusa Str., Sochi, 354002, Russia, phone: +7 (918) 105-91-15, e-mail: Oksana191962@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5613-7215>