

The paper presents the research data on the influence of growth regulators of humic nature on the growth and synthetic processes of tea plants from the 'Kimyn' cultivar population in order to study the effectiveness of the growth regulators "Rokohumin", "Sodium Humate" and "Bombardier" used to strengthen the crop's resistance to stress factors, increase productivity and product quality in the conditions of the foothill zone of the Republic of Adygea. An active growth of young shoots (14.7–15.4 cm with 13.8 cm at the control), the formation of full-fledged flushes and a decrease in the percentage of dormant buds in the raw material have been found. Changes in such biometric parameters of the leaf as its mass and the leaf blade area and active accumulation of dry matter in the leaf due to an increase in the net productivity of photosynthesis by 1.8–2.5 times, compared with the control, were revealed. An increase in the yield of tea leaves was noted when treated with sodium humate and rokohumin to 25.7–27.2 c/ha (at the control – 24.8 c/ha).

**Key words:** tea, flushes, growth regulators, humic acids, stress-factors, raw material quality, biometric parameters, productivity.

УДК 633.72:581.19

doi: 10.31360/2225-3068-2021-78-129-141

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАРОК ЧАЯ

Смирнов А.Е., Белоус О.Г., Платонова Н.Б.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр  
Российской академии наук»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: natali1875@bk.ru*

В статье представлены данные о содержании основных биохимических компонентов антиоксидантной группы в различных промышленных марках чая. Отличия в процессах переработки сырья при производстве чёрного, зелёного и белого чая напрямую влияют на содержание в них полифенолов, витаминов и флавоноидов. Зелёный и белый чай наиболее богаты общими полифенолами (в среднем 12,3 мг/г сухой массы), в чёрном чае отмечено наибольшее количество флавоноидов, в частности теарубигинов (0,096 мг/г при 0,018 мг/г в белом чае) и антоцианов (75,42 мг/100 г при 16,96 мг/100 г в белом чае). Показано, что чай производимый из сырья сорта Колхида отличается высоким содержанием в зелёном чае аскорбиновой кислоты (24,05 мг/г при 3,12–5,28 мг/г в цейлонском и китайском чаях) и рутина (53,9 мг/г при 26,1–37,9 мг/г в зарубежных промышленных марках). Все исследуемые чаи соответствуют требованиям ГОСТ и ISO.

**Ключевые слова:** чай, флавоноиды, общие полифенолы, антоцианы, фенольные соединения, каротиноиды.

Чай – уникальный продукт питания, который нашёл широкое применение в большинстве стран мира. Это неудивительно, так как он обладает не только богатыми вкусовыми свойствами, но и терапевтическим эффектом. В древнем Китае чайное растение долгое время считалось исключительно лекарственным, и лишь позднее, после начала правления династии Тан (618 г. н. э.), чай стали использовать как повседневный напиток [7, 27].

На территории России чай в промышленных масштабах выращивается лишь в двух регионах: в Краснодарском крае и в республике Адыгея, где он появился позже и площади, занимаемые чайными плантациями, меньше. Эти регионы являются самыми северными в мире для возделывания культуры чая.

Как известно, чайный лист очень сложен по своему химическому составу, который зависит от сорта чайного растения, условий его выращивания, времени сбора и других факторов [2, 3, 15, 17]. В него входят фенольные соединения, углеводы, органические кислоты, алкалоиды, белковые вещества, витамины, эфирное масло, минеральные вещества и др. [2, 7, 12, 18, 24, 25, 30]. Однако, несмотря на изученность этого вопроса, биохимический состав краснодарского чая мало изучен, так как ранее проводились исследования только показателей, обусловленных ГОСТ (сумма экстрактивных веществ) и суммы танинов, являющихся сопутствующим компонентом экстрактивных веществ [4, 5, 8, 20].

В связи с этим, была **поставлена цель** – определить содержание основных биологически активных веществ (БАВ), входящих в состав экстракта краснодарского чая, и выявить связь содержания БАВ с технологией переработки сырья, местом произрастания растений и т.д.

**Объекты и методы.** Объектами исследования служили готовый чай, выращенный и производимый на территории Краснодарского края (Россия) из растений *Camellia sinensis* (L.) Kuntze cv. Колхида и промышленные марки чая из наиболее крупных чаепроизводящих стран: Шли-Ланка, Азербайджан, Китай.

Сорт Колхида – клон крупнолистного китайского чая (Т. Д. Мутовкина, М. В. Колелейшвили, 1973). Получен в результате клоновой селекции на Чаквинской чайной плантации под № 257, по данным Н. С. Киселёвой (2000) является диплоидом –  $2n = 30$ . Куст сильнорослый, быстрорастущий, крона густая округлая, отличается светло-зелёной окраской флешей, с мягкими шершавыми листьями. Характеризуется интенсивным образованием побегов. Лист у него яйцевидной или удлинённо овальной формы, длиной  $13,0 \pm 0,6$  см, шириной  $5,8 \pm 0,3$  см. Пластинка листа светло-зелёной окраски, нежная, пузырчатая. Кончик листа – 1,0 см;

угол прикрепления листа – 63°; длина междоузлий  $4,0 \pm 0,3$  см; размер типса – 1,2 см; средняя масса 3-листных флешей – 1,2 г. Цветение в октябре. Длина вегетационного периода – 215 дней. Сорт отличается высокой урожайностью (до 94,27 ц/га). По качественным характеристикам не уступает лучшим мировым стандартам, обладает неповторимым вкусом и розанистым ароматом. Содержание танина в сырье составляет 26,7 %, экстрактивных веществ – 46,1 %. В 1995 г. внесен в Госреестр по использованию во влажных субтропиках России [13].

Биохимические анализы выполнены в учебной лаборатории ОЦ «Сириус» (2021 г.) и лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНИЦ РАН (2017–2020 гг.). Повторность лабораторных анализов – трёхкратная.

При исследовании содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла и каротиноидов) использовали спектрофотометрический метод определения содержания хлорофилла и каротиноидов с экстракцией пигментов 96%-ным этанолом и использованием расчётных формул Смита и Бенитеза [21]. Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ, производитель – ООО «ЭКРОСХИМ» (Россия) при длине волны для хлорофиллов *a* и *b* – 665 и 649 нм, для каротиноидов – 440,5 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм.

В качестве экстракта для извлечения флавоноидов из сырья использовали 96%-ный этиловый спирт [23]. Для определения флавоноидов (TFs и TRs) использовался метод УФ-ВИС спектрофотометрии с применением анализатора ПЭ-5400ВИ (Россия) при длине волны 665 нм для теафлавинов и 825 нм для теарубигинов.

Флавоноидные соединения с Р-витаминной активностью (рутин) определяли методом титрования в соответствии с методикой анализа витаминов [10]. 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 аскорбиновой кислоты (АК) проводили классическим йодометрическим методом [19], титрантом служил раствор йодата калия. Титрование вели в присутствии йодида калия и хлороводородной кислоты (индикатор – крахмал) до стойкого синего окрашивания.

Определение суммарного содержания полифенолов проведено спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чоколтеу в качестве экстрагента [ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010 Чай. Метод определения общего содержания полифенолов]. Полифенолы экстрагировали из измельченной пробы чая 70%-ным раствором этанола при

температуре 70 °С. Содержание полифенолов в экстракте определяли колориметрическим методом с применением реактива Фолина-Чокалтеу, который содержит фосфорно-вольфрамовые кислоты, останавливающиеся при взаимодействии с легко окисляющимися ОН-группами фенола. При этом образуется вольфрамовая синь, обладающая характерной полосой поглощения с максимумом 765 нм, придающая исследуемому раствору синий цвет. Несмотря на то, что Реактив Фолина-Чокалтеу по-разному взаимодействует с различными полифенолами, использование галловой кислоты в качестве стандарта позволяет достоверно определить общее содержание полифенолов.

Определение суммарного содержания антоцианов осуществляли спектрофотометрическим методом. Оптическую плотность экстракта антоцианов в 1%-ном растворе соляной кислоты измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ, производитель – ООО «ЭКРОСХИМ» (Россия) при длине волны 510 нм [10]. Для внесения поправок на содержание зелёных пигментов определяли оптическую плотность полученных экстрактов при длине волны 657 нм. Содержание суммы антоцианов рассчитывали по цианидин-3,5-дигликозиду [17].

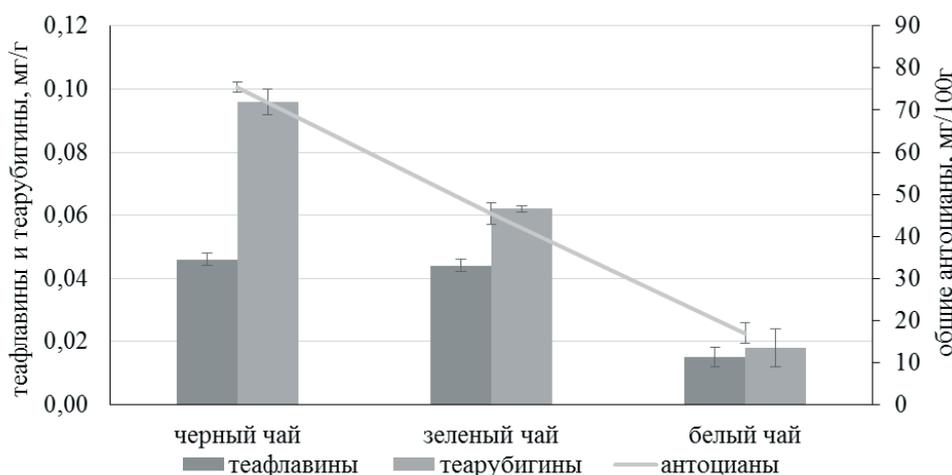
Экстрактивные вещества определяли весовым способом по методике Воронцова [9], танин – по Левенталю с пересчётным коэффициентом 5,82 (по К. М. Джемухадзе).

Для оценки статистических величин проведён анализ с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) 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  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Теафлаavin (TFs) и теарубигин (TRs) образуются в процессе ферментации чая. Теафлавины придают чёрному чаю вяжущий вкус и ярко-золотую окраску заварки чая, теарубигины придают раствору красноватый цвет и полный, богатый вкус [13, 28]. Благодаря приятному слабовяжущему вкусу и характерной золотисто-красной окраске водных растворов, они определяют качество чёрного чая [31]. Выявлено, что между качеством сырья и содержанием флавоноидов в напитке существует прямая зависимость: в зелёном чае теафлавинов больше, чем в чёрном чае. Однако теафлавины легко трансформируются в теарубигины, этот процесс активизирует ряд факторов (повышение температуры, окислители и т. д.). Как видно из представленного рисунка 1, большее количество теарубигинов характерно для чёрного чая, так как их синтез происходит в результате процесса ферментативного окисления сырья (этап ферментации), который

является обязательным условием производства чёрного чая. Зелёный и белый чай не проходят этап ферментации, поэтому в их экстрактах теарубигинов меньше.

Антоцианы являются веществами, положительно влияющими на пищевую значимость чая [1, 26], в связи с чем нами определено их содержание в готовом чае. При приготовлении зелёного чая сырьё фиксируется паром (в условиях лаборатории – на аппарате Коха), белый чай проходит только стадию кратковременного повышения температуры (в течении 2–3 мин), поэтому в данных чаях остается столько веществ, сколько их накопил лист. А при приготовлении чёрного чая – обязательно идёт процесс ферментации (окисление скрученного сырья), который сопровождается химическими реакциями в самом листе. Поэтому в чёрном чае антоцианов больше, чем в зелёном и белом (рис. 1).

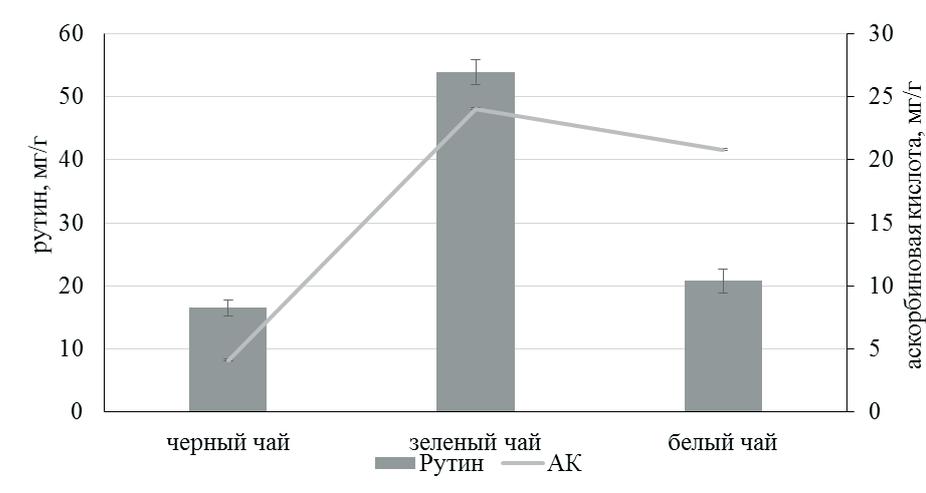


**Рис. 1.** Содержание флавоноидов в готовом чае сорта Колхида

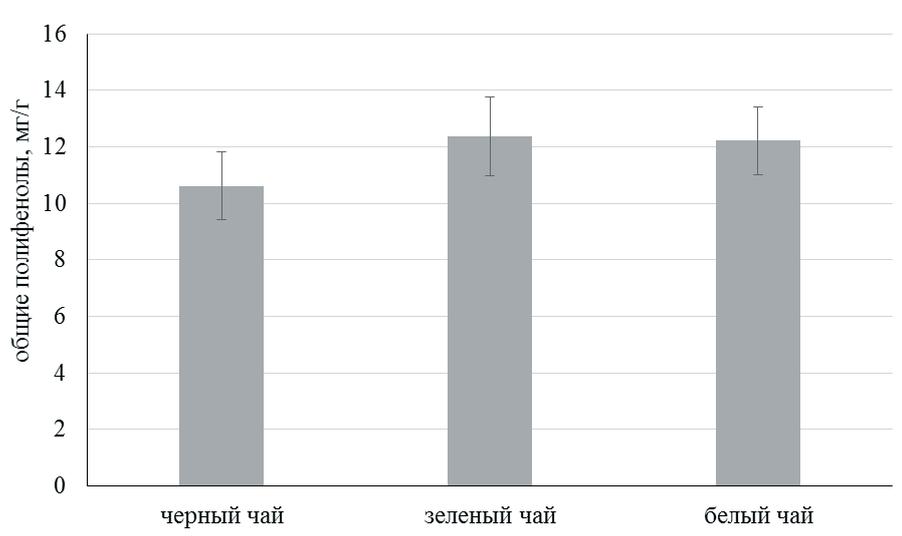
Не менее важным компонентом антиоксидантной системы растений чая является витаминный комплекс. Так, витамин Р (рутин) не только принимает участие в основных окислительно-восстановительных реакциях, но и усиливает впитывание аскорбиновой кислоты [3, 17, 29]. Содержание рутина в чёрном чае ниже, чем в зелёном не ферментированном, так как его образование происходит при разрушении полифенолов при ферментации (рис. 2).

Аскорбиновая кислота (витамин С) – самое распространённое и наиболее широко изученное антиоксидантное соединение [22]. Она эффективно нейтрализует многие свободные радикалы и может восстанавливать

б-токоферольный радикал, тем самым возвращая токоферолу антиоксидантные свойства. Повышенное образование аскорбиновой кислоты (АК) является одним из проявлений иммунитета растений, а также «регулируется» температурой окружающей среды [14, 29]. Однако, вследствие термической обработки происходит разрушение витамина С, содержание которого в чёрном чае в 17–20 раз ниже, чем в сырье (рис. 2). В зелёном чае этого витамина значительно больше, вследствие более мягкого термического воздействия при пропаривании сырья.



**Рис. 2.** Содержание витаминов в готовом чае сорта Колхида



**Рис. 3.** Содержание общих полифенолов в готовом чае сорта Колхида

Известно, что чем выше содержание полифенольных соединений в исходном сырье, тем более интенсивно протекают биохимические процессы, и тем большую физиологическую ценность будет иметь готовый продукт [11, 29]. Определение общих полифенолов в ферментированных и не ферментированных сортах чая выявило различие в их содержании (рис. 3). Наиболее богаты полифенолами белый и зелёный чай. Это объясняется особенностями процесса получения чёрного чая, включающего стадию ферментативного окисления, которая приводит к разрушению полифенолов с последующим образованием соединений флавоноидной природы.

К факторам, влияющим на накопление веществ, определяющих органолептические свойства чая, относятся почвенные условия, агротехника, гидротермальные (сочетание температуры и влажности, осадков) и орографические факторы (экспозиция склонов и высота насаждений над уровнем моря) [6, 8, 16, 20].

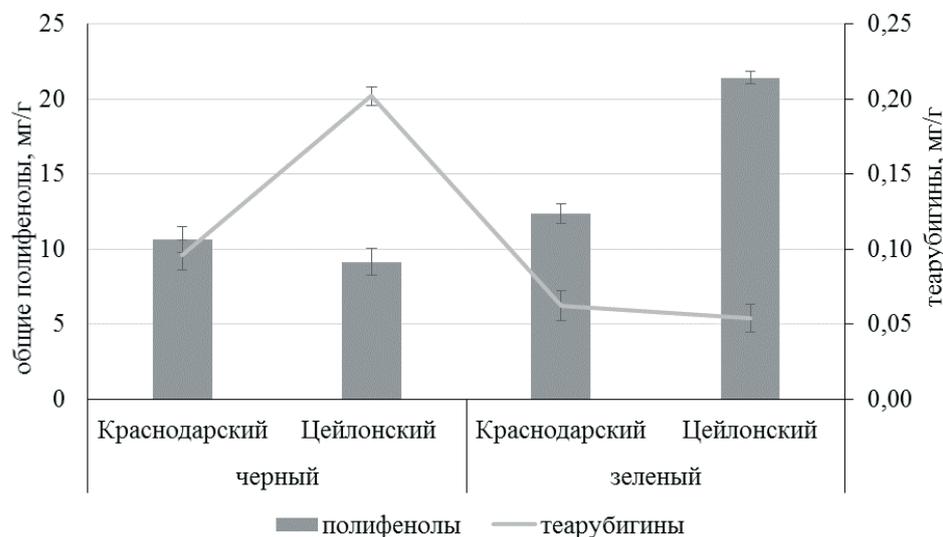
В связи с тем, что площади с оптимальными почвенными и микроклиматическими условиями в стране весьма ограничены, отечественные производители чайной продукции не могут удовлетворить повышенный спрос потребителей. Это создает предпосылки для многочисленных способов его фальсификации [4]. В 2017 г. принят закон «О развитии чаеводства в Краснодарском крае», который предусматривает увеличение субсидий чаеводам и защищает местный чай от подделок. В настоящий момент называть «Краснодарским» можно только тот чай, в составе которого в большем (не менее 60 %) присутствует лист с местных плантаций, обладающий специфическим для данного региона биохимическим составом.

С момента принятия закона ФИЦ СНЦ РАН был уполномочен проводить экспертизы на подлинность чайной продукции с целью её идентификации путём определения биохимических показателей, позволяющих оценить качество продукта, а также соблюдение технологий производства и правильность маркировки готовой продукции. В рамках проводимых экспертиз, нами собран обширный многолетний (2017–2019 и 2021 гг.) материал, позволивший сделать вывод о несомненном влиянии места размещения плантаций на качественные характеристики готовой продукции.

Как видно из данных, представленных на рисунке 4, наибольшее количество полифенолов (21,41 мг/г) содержится в зелёном чае, выращиваемом на плантациях Шри-Ланка (цейлонский чай), теарубигинов (0,202 мг/г) – в цейлонском чёрном.

Это не случайно, так как почвенно-климатические условия данных регионов, как и разновидность самого растения отличаются. В условиях Краснодарского края на плантациях выращивается, т. н.

местная популяция чайного растения, которая относится к крупно-листовой китайской разновидности, в то время как в Шри-Ланка (Цейлон) – ассамская разновидность.



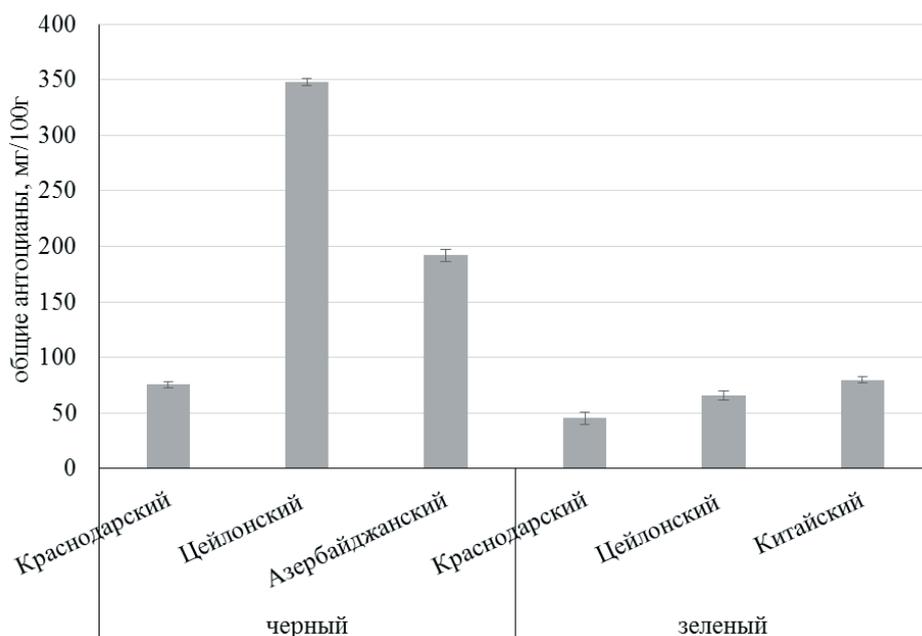
**Рис. 4.** Содержание фенолов в промышленных образцах готового чёрного чая

При проведении анализа экстракта, обращено внимание на тот факт, что у Краснодарского чёрного чая настой менее насыщенный, чем в остальных образцах, поэтому время экстракции нам пришлось несколько увеличивать для достижения оптимальной чувствительности при просмотре на спектрофотометре. Однако экстракт краснодарского чая характеризовался более ярким ароматом и более мягким вкусом. Титестерский анализ краснодарского чая показал, что в отличие от мировых аналогов, чай обладает приятным послевкусием, которое может длиться в течение 10–15 минут, в то время как остальные чаи быстро теряют это свойство [16].

Таким образом, нами показано, что чайные растения, выращенные за пределами Российской Федерации на плантациях, расположенных на высотах выше 1 200 м над уровнем моря (цейлонский чай), обладают отличительными органолептическими характеристиками, характеризуются высоким содержанием соединений фенольной группы, что выделяет их в отдельный вид готового продукта – высокогорный чай.

Чайные растения, выращенные на плантациях Краснодарского края, произрастают на высотах до 600 м над уровнем моря, содержание фенолов в зелёных чаях ниже, что сказывается на вкусовых (но не ароматических) характеристиках.

Показано, что содержание антоцианов в промышленных марках чая варьирует в широких пределах (рис. 5). Причём, в чёрном чае антоцианов больше, чем в зелёном и белом. Это связано как с видовыми особенностями растений и почвенно-климатическими условиями региона выращивания, так и с технологическими особенностями производства чая.



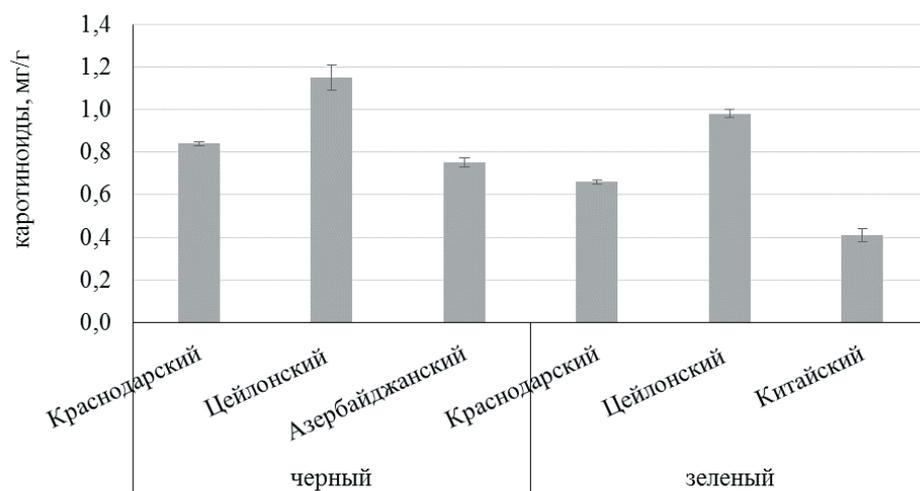
**Рис. 5.** Содержание антоцианов в промышленных образцах готового чёрного чая

В то же время, в чае, выращиваемых в районах с повышенной солнечной инсоляцией (плантации расположены на высоте от 1 тыс. до 2,5 тыс. над у. м.) стрессовые условия включают механизм неспецифической защиты, что приводит к активизации соединений антиоксидантной группы – антоцианы, каротиноиды и т. д.

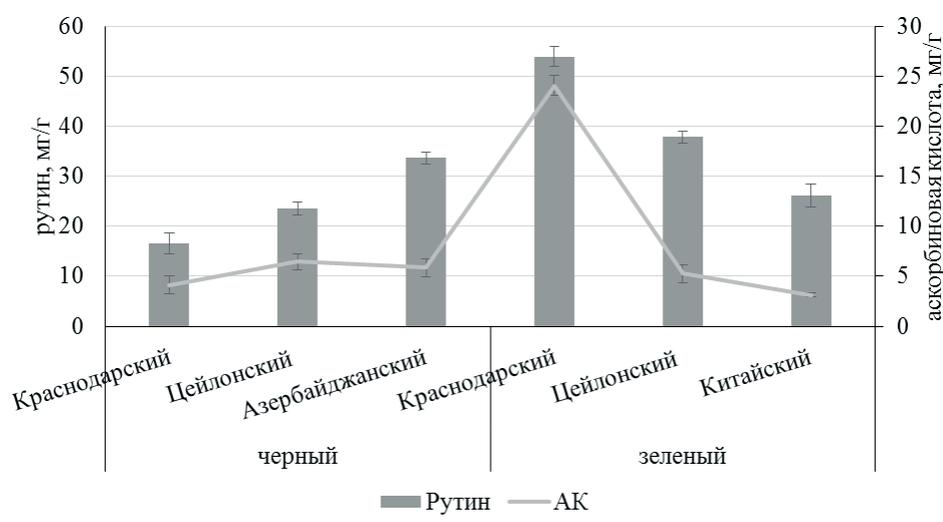
Содержание каротиноидов полностью укладывается в схему участия данных соединений в неспецифической защите растений от стресса (рис. 6). При повышении яркости и увеличении уровня инсоляции их количество растёт в сырье для защиты основного фотосинтезирующего пигмента и, соответственно, выше в готовом чае.

По содержанию рутина Краснодарский чай отличается от промышленных марок других чаепроизводящих стран, что также связано с климатическими особенностями региона выращивания и видовыми характеристиками растений (рис. 7); в то время, как по содержанию АК

превосходит остальные чаи. Как правило, содержание АК в растениях увеличивается к северу, что объясняет повышенное содержание витамина С в растениях самых северных плантаций Краснодарского края.



**Рис. 6.** Содержание каротиноидов в промышленных образцах готового чая, *мг/г сухой массы*



**Рис. 7.** Содержание витаминов в промышленных образцах готового чая, *мг/г сухой массы*

**Заключение.** Содержание основных биологически активных веществ в Краснодарском чае изменяется в зависимости от технологии переработки сырья: в чёрном чае их наибольшее количество, в белом –

наименьшее. Готовый зелёный чай сорта 'Колхида' богат витаминами Р и С, что связано с природными условиями произрастания растений. С точки зрения обще-полифенольной активности зелёный и белый чаи отличаются большей пищевой привлекательностью, так как эти марки чая содержат более высокое количество антиоксидантов.

Чай, произведенный из сырья, выращенного в условиях Краснодарского края, соответствует установленным стандартам, по содержанию теафлавинов и теарубигинов не уступает мировым брендам и стандарту ISO. Обладает неповторимым, специфичным вкусом и ароматом, относится к чаям высшего качества, что обусловлено его биохимическим составом благодаря возделыванию культуры в более жёстких условиях северных плантаций.

Результаты могут быть использованы в селекционной работе для получения чаев с высоким содержанием БАВ. Знание биохимического состава Краснодарского чая может быть использовано для контроля качества чая и выявления его фальсификата.

#### **Благодарности:**

*Авторы статьи выражают благодарность коллективу молодых исследователей, принявших участие в получении результатов данной работы: Богатыревой Марии Сергеевне, ученице 10 класса (г. Москва); Маркову Василию Игоревичу, ученику 8 класса (г. Самара); Романову Льву Андреевичу, ученику 9 класса (г. Ульяновск); Ефремовой Марине Ивановне, учащейся 10 класса (Ставропольский край) и Китюк Наталии Владимировне, учащейся 9 класса (г. Саки, Республика Крым).*

*Исследование проведено в рамках ГЗ ФИЦ СНЦ РАН № 0492-2021-0007 и учебно-проектной смены «Большие вызовы» ОЦ «Сириус».*

#### **Библиографический список**

1. Анисимович И.П., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Параметры антиоксидантной активности соединений: относительная антиоксидантная активность чая // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – № 9(80). – Т. 11. – С. 104-110. – ISSN 2075-4671.
2. Афолина С.Н., Лебедева Е.Н., Сетко Н.П. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор) // Оренбургский медицинский вестник. – 2017. – Т. V. – № 4(20). – С. 17-33. – ISSN 2309-0782.
3. Белоус О., Платонова Н. Накопление и трансформация экстрактивных веществ в Краснодарском чае // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 224. – P. 11. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022404026>.
4. Белоус О.Г. Биологические особенности культуры чая в условиях влажных субтропиков России: автореф. дис. ...д.б.н. – Краснодар, 2009. – 52 с.

5. Белоус О.Г. Влияние микроэлементов на повышение качества чая // Садоводство и виноградарство. – 2006. – № 6. – С. 18-20. – ISSN 0235-2591.
6. Белоус О.Г., Платонова Н.Б. Механизмы устойчивости растений чая к стрессорам зимнего периода // Естественные и технические науки. – 2019. – № 10. – С. 41-44. – ISSN 1684-2626.
7. Бокучава М.А. Биохимия чая и чайного производства. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1958. – 587 с.
8. Бушин П.М., Притула З.В., Малюкова Л.С. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество чая сорта 'Колхида' в условиях субтропиков России // Бюллетень ВИУА. – 2001. – № 114. – С. 68-69.
9. Воронцов В.Е. Биохимия чая. – М.: Пищепромиздат, 1946. – 279 с.
10. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2006. – 107 с. – ISBN 5-94808-239-3.
11. Запрометов М.Н. Биохимия катехинов. – М.: Наука. – 1964. – 254 с.
12. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. – М.: Наука, 1993. – 119 с.
13. Маслов Л.Н. О перспективах применения флавоноидов для профилактики атеросклероза и атеротромбоза // Клиническая фармакология и терапия. – 2007. – Т. 16. – № 3. – С. 60-67. – ISSN 0869-5490.
14. Платонова Н.Б. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в свежих листьях чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) произрастающего во влажных субтропиках России // Физиология растений – основа создания растений будущего: тезисы докладов IX съезда ОФР России, Казань, 19–21 сентября 2019 г. – Казань: Издательство Казанского университета, 2019. – С. 352. – <https://doi.org/10.26907/978-5-00130-204-9-2019-352>.
15. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Биохимический состав чая и его изменения под влиянием ряда факторов // Food Processing: Techniques and Technology. – 2020. – Т. 50. – № 3. – С. 404-414. – <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-404-414>.
16. Платонова Н.Б., Белоус О.Г., Остадалова М. Сравнительный анализ биохимических компонентов чая // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 180-189. – ISSN 2225-3068.
17. Платонова Н.Б., Клемешова К.В., Платонов А.А., Белоус О.Г. Закономерности варьирования некоторых антиоксидантов в чае, произрастающем во влажных субтропиках России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – № 63. – С. 103-109. – <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-63-103-109>.
18. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: КДУ, 2007. – 137 с. – ISBN 978-5-98227-252-2.
19. Починок Х.М. Методы биохимического анализа растений. – Киев: Наукова думка, 1976. – 334 с.
20. Притула З.В., Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Особенности влияния комплекса экологических факторов на биохимические показатели качества чая сорта 'Колхида' в условиях субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2009. – Вып. 42(2). – С. 86-103. – ISSN 2225-3068.
21. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев. В кн.: Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука; 1971. – С. 154-170.
22. Ahmad R.S. Preventive role of green tea catechins from obesity and related disorders especially hypercholesterolemia and hyperglycemia // Journal of Translational Medicine. – 2015. – № 3. – P. 79. – <https://doi.org/10.1186/s12967-015-0436-x>.

23. AOAC International. Quality assurance check list for small laboratories. – 2009. – 13 p.
24. Belous O.G. Biochemical parameters of tea in the subtropics of Russia // *Sbornic prednasek a posteru: conference «Food Hygiene and Technology»*. – University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno, 2012. – P. 57-61.
25. Christiane J.D., Edward R.F. A review of latest research findings on the health promotion properties of tea // *Journal of Nutritional Biochemistry*. – 2001. – Vol. 12. – P. 404-421. – [https://doi.org/10.1016/s0955-2863\(01\)00155-3](https://doi.org/10.1016/s0955-2863(01)00155-3).
26. Gramza A., Pawlak-Lemanska K., Korczak J., Wasowicz E., Rudzinska M. Tea extracts as free radical scavengers // *Polish J. Environ. Studies*. – 2005. – Vol. 14. – P. 861-867.
27. Jain A., Manghani C., Kohli S., Nigam D., Rani V. Tea and human health: The dark shadows // *Toxicology Letters*. – 2013. – Vol. 220(1). – P. 82-87. – <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.04.010U>.
28. Leong L.K., 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 Nutrition*. – 2001. – Vol. 131. – P. 2248-2251.
29. Mamedov M., Pyshnaya O., Dzhos Y., Baikov A., Matyukina A. Polyphenols, ascorbic acid and carotenoids contents and antioxidant properties in fruits of capsicum *Chinense jacq* // *Vegetable crops of Russia*. – 2016. – C. 84-89. – <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-84-89>.
30. Mancini E. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review // *Phytomedicine*. – 2017. – Vol. 34. – P. 26-37. – <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.07.008>.
31. van Acker S.A., De Groot M.J., van den Berg D.J. A quantum chemical explanation of the antioxidant activity of flavonoids // *Chemistry Resource Toxicology*. – 1996. – Vol. 9. – P. 1305-1312. – <https://doi.org/10.1021/TX9600964>.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF INDUSTRIAL TEA BRANDS

Smirnov A.E., Belous O.G., Platonova N.B.

*Federal Research Centre  
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Sochi, Russia, e-mail: natali1875@bk.ru*

The paper presents data on the content of the main biochemical components of the antioxidant group in various industrial tea brands. Differences in the processing of raw materials when producing black, green and white tea directly affect the content of polyphenols, vitamins and flavonoids in them. Green and white teas are rich in total polyphenols (on average 12.3 mg/g of dry weight), black tea has the highest amount of flavonoids, in particular thearubigins (0.096 mg/g at 0.018 mg/g in white tea) and anthocyanins (75.42 mg/100 g at 16.96 mg/100 g in white tea). It is shown that tea produced from raw materials of the 'Colkhida' cultivar is characterized by a high content of ascorbic acid in green tea (24.05 mg/g at 3.12–5.28 mg/g in Ceylon and Chinese teas) and rutin (53.9 mg/g at 26.1–37.9 mg/g in foreign industrial brands). All the studied teas comply with the requirements of GOST and ISO.

**Key words:** tea, flavonoids, total polyphenols, anthocyanins, phenolic compounds, carotenoids.