

plants are based on chlorophyll fluorescence induction. The most commonly used, operational and sensitive method is the measurement of chlorophyll fluorescence intensity with registration of certain characteristics for chlorophyll fluorescence induction (CFI). An important role in the study of chlorophyll fluorescence and the development of a method for diagnosing plants condition was given in the research carried out by Michurinsky scientists. The method developed by them is also successfully used in research conducted on the basis of FRC SSC of RAS. The method is characterized by high informativeness and versatility, it is marked by high speed of analysis in the absence of time-consuming operations. And above all, the method is distinguished by the non-destructive nature of measurements. Due to this, it can be used to assess the productivity and plants' needs in micro- and macronutrient nutrition, the effects of soil drought and salinity, low and high temperatures, as well as in order to optimize growing conditions for plants and planting material, identify varieties resistant to diseases and study the reaction of photosynthetic apparatus in plants to abiotic stress, etc.

Key words: chlorophyll fluorescence, leaf, photosynthetic apparatus, stress, functional state, diagnostics.

УДК 633.72 : 581.19

doi: 10.31360/2225-3068-2022-83-167-180

ФЕНОЛОМ ЧАЯ СОРТА 'КОЛХИДА', ПРИ ЕГО ФЕРМЕНТАЦИИ В БЕСКИСЛОРОДНОЙ СРЕДЕ

Платонова Н.Б., Белоус О.Г.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru*

В статье приводится анализ фенольного комплекса (фенолома) готового чая, произведённого из растений сорта 'Колхида'. Исследование по изучению влияния различных способов переработки чайного сырья в готовый напиток проведено на базе лаборатории физиологии и биохимии растений Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук». Установлено, что озонирование сырья усиливает ферментацию компонентов танино-катехинового комплекса с образованием флавоноидов, что способствует усилению синтеза ароматических компонентов, обеспечивая появление отличительных признаков чёрного чая (аромат напитка, цвет и яркость настоя, его крепость и насыщенность). При различных условиях производства чая по технологии Габа, количество теафлавинов и теарубигинов в Габа тёмной в связи с наличием процесса ферментации в 2,3 раза больше, чем в Габа светлой. При удлинении времени ферментации в кислородной камере с 7 до 24 часов содержание флавоноидов увеличивается (TFs – 0,032–0,048 мг/г и TRs – 0,132–0,528 мг/г, соответственно). Выдерживание сырья в камере, заполненной CO₂, ускоряет процесс окисления теафлавинов в теарубигины ещё до

этапа кислородной ферментации, при этом количество образующихся в процессе ферментации теарубигинов увеличивается до 0,377 мг/г (при 0,132 мг/г в чае, производимом без выдерживания сырья в камере с разреженной атмосферой). Отмечены существенные отличия ($НСР_{05} = 2,15$) в содержании полифенолов в чае Габа тёмная и Габа светлая (9,65–16,47 мг/г, соответственно), что объясняется наличием этапа ферментации при производстве Габа тёмная. Озонирование, выдерживание чая в разреженной (CO_2) и кислородной атмосфере запускает процессы окисления полифенолов в 1,4–2,1 раза, что приводит к снижению их содержания в готовом напитке. Полученные данные будут использованы для корректировки производства, мониторинге качества и пищевой значимости чая, выращиваемого и производимого на территории Краснодарского края.

Ключевые слова: чай, ферментация, кислородная среда, озонирование, флавоноиды, полифенолы, качество, пищевая значимость.

Введение. На базе ФИЦ СЦ РАН на протяжении многих лет проводится контроль качественных показателей чая и изучается влияние комплекса экологических факторов на биохимические компоненты [21, 26]. Рассматривалось действие на качество чая удобрений (микро-, мезо- и макроэлементов) [3, 4, 10, 17, 25]. Поднимались вопросы изменения биохимических характеристик при разных способах сбора листа и сроках проведения омолаживающей подрезки чая [18]. Однако полного изучения биохимического состава готового чая и влияния на его качественные показатели и пищевую значимость условий переработки не проводилось.

В связи с тем, что в Краснодарском крае идёт активный процесс восстановления чайных плантаций и, в связи с вопросами импортозамещения, интерес к готовому местному продукту растёт, производители расширяют линейку готового продукта и на рынке появляются нетрадиционные (но популярные у покупателя) марки готового чая – улун, Габа, белый чай и т. д. По данным, представленным в [22], экспорт российского чая увеличился до 105,4 млн долл., что позволило стране войти в Топ-11 мировых экспортёров чая. И несмотря на то, что наибольшую долю традиционно занимает чёрный чай (45,3 % в структуре мирового рынка), на зелёный чай приходится 36,8 %, а улуну составляют всего 4,6 % [6, 7], на Черноморском побережье России, ассортимент торговых марок чая расширяется за счёт возросшего спроса на нетрадиционные ранее в стране виды продукции: белый чай, пуэр и т. д.

В этом ряду свое место занимает чай Габа, в связи с интересом потребителя к здоровому образу жизни, повышенному содержанию биологически активных веществ и др. Габа – это чай, прошедший ферментацию в анаэробных условиях (т. е. без доступа кислорода), вследствие чего в нём образовалось повышенное содержание гамма-аминомасляной кислоты

(gamma aminobutyric acid, GABA). Технология изготовления такого чая была разработана в Японии, именно там в 1984 г. в Национальном научно-исследовательском институте чая (в настоящее время Национальный институт овощей, фруктов и чая) начали проводить эксперименты, направленные на разработку чаев с повышенным содержанием ГАМК (гамма-аминомасляной кислоты) [37]. Авторами было установлено, что большое количество ГАМК накапливается в зелёном чае через 6–10 часов после его ферментации в атмосфере, в которой кислород замещён на азот. В дальнейшем были проведены исследования, которые показали, что при бескислородной (азотной, углекислотной) ферментации ГАМК образуется в разных видах чая (чёрный, улун). При этом, не происходит изменений в танино-катехиновом комплексе [35]. В дальнейшем вкусовые и ароматические характеристики Габа чая были усовершенствованы и с 2000 г. производство этого напитка началось в других странах (Китай, Вьетнам и др.) [31]. В России подобная технология была применена при производстве напитков из кипрея [14]. На сегодняшний момент чай Габа производится из растений чая, выращиваемых на территории Краснодарского края.

Целью исследования, лежащего в основе данной статьи, была оценка различных условий производства готового чая для выяснения изменений в его качественных показателях и пищевой значимости напитка.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлся готовый чай, производимый из флешей растений сорта 'Колхида', произрастающих на коллекционном участке Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН), расположенном в п. Уч-Дере (Лазаревский район г. Сочи). Сорт считается эталоном, т. к. по качественным характеристикам не уступает лучшим мировым стандартам, обладает неповторимым вкусом и розанистым ароматом. В 1995 г. сорт внесён в Госреестр по использованию во влажных субтропиках России. Растения на опытном участке высажены в 1981 г. в трёхкратной полевой повторности рендомизированным методом. Участок расположен на высоте 105 м над уровнем моря, склон слабопокатый, юго-западной экспозиции. Почвы опытного участка – бурые лесные кислые малогумусные.

Переработка сырья (почка, т. н. типс чая) в готовый чай проводилась на базе ИП А. Бехтер. К исследованию привлечены чай чёрный неозонированный (классический), чёрный озонированный, Габа тёмная, Габа светлая, анти-Габа и Габа-антиГаба. Чай Габа – это чай с повышенным содержанием гамма-аминомасляной кислоты (gamma aminobutyric acid, GABA), которая образуется непосредственно в чайном листе благодаря

определённой обработке в анаэробном пространстве. Производство Габа чая включает процессы завяливания до потери 30 % влаги, скручивания 30 мин в роллере. Затем сырьё помещалось в камеру с разреженной средой (камера заполнялась CO_2), выдерживалось в течение 6 часов и проходило сушку в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С. Габа тёмная после обработки в анаэробном пространстве подвергалась классической ферментации в течение 6 часов и сушке в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С. Габа светлая после обработки в анаэробном пространстве фиксируется в обжарочном барабане и сушка в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С.

При производстве чая анти-Габа сырьё подвергалось процессу завяливания до потери 30 % влаги, затем скручивание 30 мин в роллере, ферментация в кислородной камере (заполняется O_2) 7 часов/24 часа, фиксация в обжарочном барабане и сушка в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С.

Производство чая Габа-антиГаба включало завяливание до потери 30 % влаги, скручивание 30 мин в роллере, ферментация сначала в вакуумной камере (заполнена CO_2) в течение 6 часов, далее в кислородную камеру (заполнена O_2) на 7 часов, фиксация в обжарочном барабане, сушка в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С.

При производстве чёрного чая (озонированного и неозонированного), переработка сырья осуществлялась классическим методом: сырьё завяливали до потери 30 % влаги, скручивали 30 мин в роллере. Далее сырьё проходило этап ферментации (окисление при контролируемой температуре и влажности) и сушки в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С. При производстве чёрного неозонированного чая использовали описанную классическую методику, а для получения чёрного озонированного – процесс ферментации проводили в камере, заполненной озоном.

Лабораторные анализы готового продукта выполнялись на базе лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНИЦ РАН с использованием общепринятых биохимических методов: общее содержание фенольных веществ в пересчёте на галловую кислоту (ГК) определяли спектрофотометрически при 725 нм с использованием реактива Фолина-Чокальтеу (смесь фосфорно-вольфрамовой и фосфорно-молибденовой кислот) [20]; содержание флавоноидов (теафлавинов и теарубигинов) в соответствии с [33] методом УФ-ВИС спектрофотометрии (ПЭ-5400ВИ, Россия) при длине волны 665 нм для теафлавинов и 825,5 нм для теарубигинов. Повторность лабораторных анализов трёхкратная.

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. Так как для производства ряда готовых чаев (чёрный, красный, жёлтый, пуэр и Габа) обязательным является этап ферментации, для повышения качественных характеристик напитка разрабатываются варианты технологического процесса, ускоряющие процесс ферментации, что, несомненно, оказывает влияние и на количественные показатели биохимических компонентов, и в целом, на пищевую значимость чая [5, 9].

Необходимое условие ферментации – наличие кислорода в среде, однако, как показывают исследования учёных, прямое добавление молекулярного кислорода к ферментируемому листу не ускоряет ферментации [11, 27].

Озон, будучи аллотропной формой кислорода, является в несколько раз более активным окислителем [19, 24].

В свою очередь, нас интересовал вопрос о возможности использования озона при ферментации чёрного чая, тем более что подобные исследования показали перспективность этого приёма [1]. В отличие от азербайджанских коллег, мы выясняли влияние озонирования на фенольный комплекс чая с позиции пищевой значимости напитка.

Наши исследования показали, что количество флавоноидов в озонированном чае в 1,25–1,38 раза выше, чем в неозонированном (рис. 1). Следовательно, процесс озонирования усиливает ферментацию компонентов танино-катехинового комплекса с образованием теафлавинов и теарубигинов. В итоге, это не только способствует усилению синтеза ароматических компонентов, но и обеспечивает появление отличительных признаков чёрного чая (аромат напитка, цвет и яркость настоя, его крепость и насыщенность). Учитывая, что флавоноиды являются биологически активными веществами, антиоксидантами, оказывающими разнообразные фармакотерапевтические действия на организм человека, повышенное их количество в озонированном чае положительный факт. Соотношение теафлавинов и теарубигинов в озонированном чае составляет 1 : 12 (рис. 1), что по международным правилам характеризует напиток, как чай высокого качества. Согласно международным правилам, любой чай должен иметь соотношение теафлавинов и теарубигинов не ниже, чем 1 : 16, а в чае высшего качества 1 : 10.

В последнее время, всё большую популярность начинает получать готовый чай с повышенным содержанием гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК). Для удовлетворения спроса производители чая, произрастающего

на территории Краснодарского края, выпускают линейку разнообразных по технологии производства Габа-чаёв. В исследовании мы анализировали как традиционно производимый Габа чай (Габа тёмная), так и другие виды напитка (Габа светлая, анти-Габа и Габа-антиГаба).

Как видно из данных рисунка 2, количественные показатели флавоноидов в чае Габа тёмная выше, чем в Габа светлой. Это закономерный процесс, т. к. флавоноиды образуются в процессе ферментации. Теафлавины являются продуктами окислительной димеризации эпигаллокатехинов, эпикатехинов и их галлатов. Этот флавоноид является более активным (легко окисляется) и свободно трансформируется в теарубигин, который представляет собой олигомеры катехинов. Как показал анализ, количество теафлавинов и теарубигинов в Габа тёмной в связи с наличием процесса ферментации в 2,3 раза больше, чем в Габа светлой. При этом теафлавинов в обоих чаях в 11,8–12,2 раза меньше, чем теарубигинов, что характеризует эти чаи как высококачественные напитки (рис. 2).

На рисунке 3 приставлены различия по содержанию флавоноидных пигментов в различных по технологии переработки сырья готовых чаях, производимых по методике Габа чая. Как показали исследования, содержание флавоноидов увеличивается при удлинении времени ферментации в кислородной камере с 7 до 24 часов (TFs – 0,032–0,048 мг/г и TRs – 0,132–0,528 мг/г, соответственно). Причём, наиболее значимые изменения произошли в количестве теарубигинов, при удлинении кислородной ферментации до 24 часов их содержание увеличивается в 4 раза (рис. 3). В данном случае процесс удлинения кислородной ферментации при технологии производства Габа оказывает действие, аналогично озонированию сырья. Однако результат при озонировании более значителен (TFs – 0,098 мг/г; TRs – 1,301 мг/г при озонировании и TFs – 0,048 мг/г; TRs – 0,528 мг/г при 24 ч кислородной ферментации), чем просто при добавлении в камеру молекулярного кислорода (рис. 1, 3).

Соотношение теафлавинов и теарубигинов в чае анти-Габа (24 ч) составляет 1 : 11, что характеризует данный напиток, как чай высокого качества.

При сравнении содержания флавоноидов в чае анти-Габа (7 ч) и Габа-антиГаба (7 ч), было показано, что значимо изменяется не только количество обеих групп пигментов, но и их соотношение (рис. 3). Так, если количество теафлавинов практически не изменилось (0,032–0,03 мг/г, соответственно в анти-Габа и Габа-антиГаба), то количество образующихся в процессе ферментации теарубигинов различно (0,132 мг/г и 0,377 мг/г, соответственно). Выдерживание сырья в камере, заполненной CO_2 , ускоряет процесс окисления теафлавинов и трансформации их в теарубигины еще до этапа кислородной ферментации. Это повышает и качество напитка, так как соотношение TFs: TRs в анти-Габа составляет 1 : 4, а в Габа-антиГаба – 1 : 11 (рис. 3).

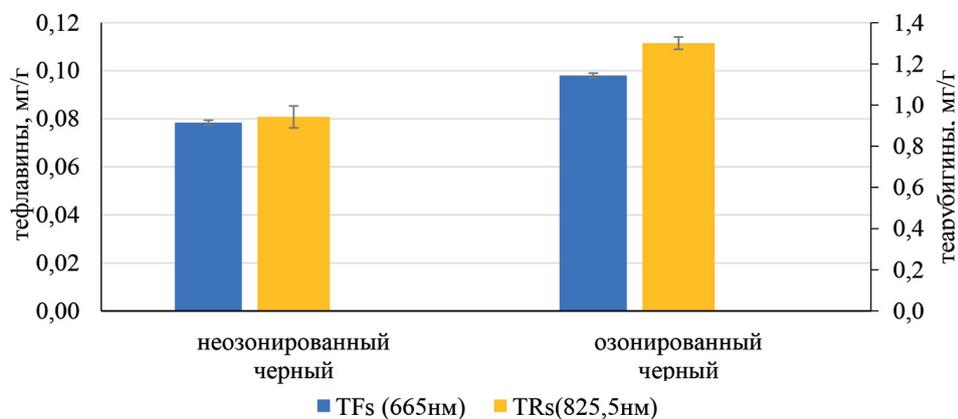


Рис. 1. Содержание флавоноидов в чёрном чае при разных условиях ферментации сырья

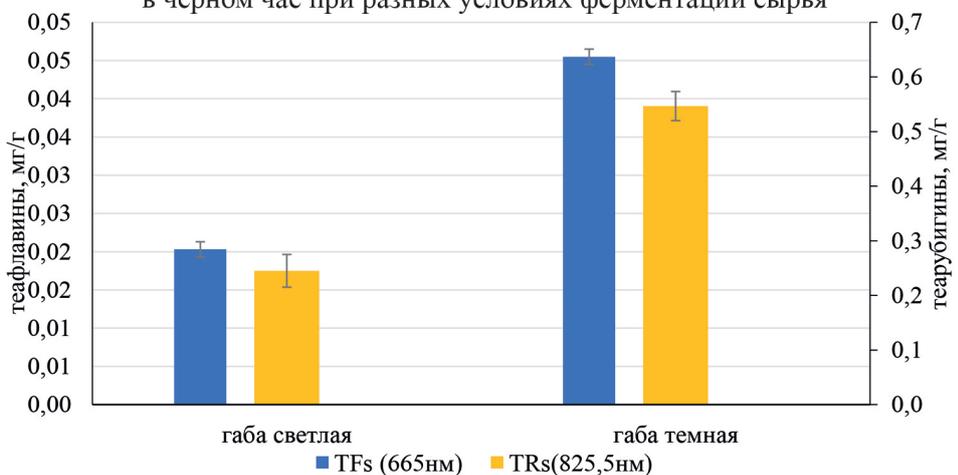


Рис. 2. Содержание флавоноидов в Габа чае при разных способах переработки сырья

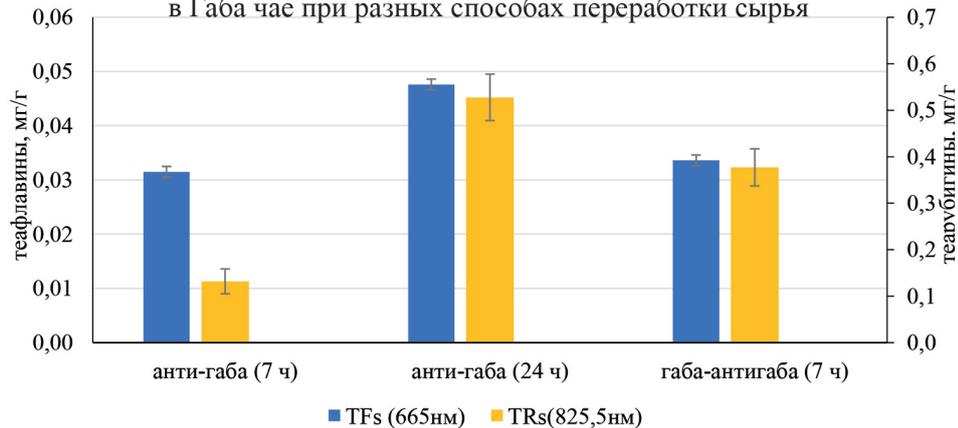


Рис. 3. Содержание флавоноидов в готовом чае при разных способах и длительности переработки сырья

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 [2, 13, 15, 20, 23]. Поэтому, помимо флавоноидов, нас интересовал вопрос содержания в готовом чае общих полифенолов, которые обеспечивают наиболее полезные свойства чая [16, 28, 29]. Они снижают хрупкость и проницаемость капилляров, нормализуют тканевое дыхание, предотвращают развитие атеросклероза [12, 36, 39], являются мощными антиоксидантами [30, 32, 34], оказывают вяжущее и бактериостатическое действие [8, 38].

Как видно из рисунка 4, существенные отличия ($НСР_{05} = 2,15$) в содержании полифенолов отмечены только в чае Габа тёмная и Габа светлая (9,65–16,47 мг/г, соответственно), что вполне ожидаемо, так как технология производства Габа тёмная предполагает наличие классического этапа ферментации в процессе которого идёт разрушение полифенолов с образованием флавоноидных пигментов. При этом озонирование, выдерживание чая в разреженной (CO_2) и кислородной атмосфере запускает процессы окисления полифенолов в 1,4–2,1 раза (рис. 4). Наиболее активно идёт их распад при производстве чая анти-Габа в условиях кислородной ферментации в течение 24 часов (7,70 мг/г при 16,47 мг/г в чае Габа светлая). Близки по количеству полифенолов Габа тёмная (9,65 мг/г) и чай Габа-антиГаба (8,93 мг/г) с наличием этапа выдерживания сырья в камере с разреженной средой (CO_2) и дальнейшей ферментацией в кислородной камере. В итоге, можно заключить, что по содержанию полифенолов наиболее значим в пищевом плане чай Габа светлая, следом идёт, несмотря на наличие ферментации, классический чёрный чай (неозонированный), в то время как остальные приёмы производства чая приводят к разрушению полифенолов. Однако учитывая, что в этих видах чая высокое содержание флавоноидов, их пищевое значение не менее важно.

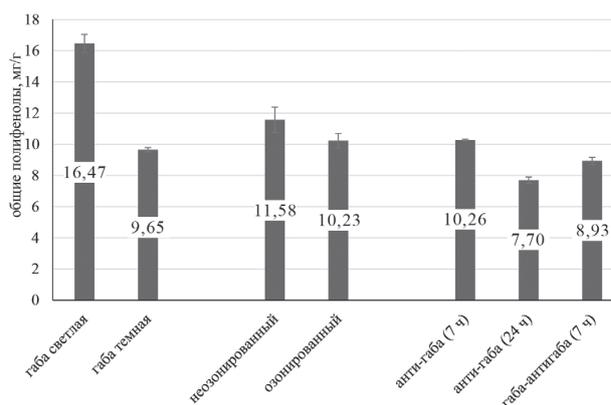


Рис. 4. Количество полифенолов в готовом чае при разных способах переработки сырья

Выводы. Таким образом, нами изучено влияние различных способов переработки чайного сырья в готовый напиток. Установлено, что озонирование сырья усиливает ферментацию компонентов танино-катехинового комплекса с образованием флавоноидов, что способствует усилению синтеза ароматических компонентов, обеспечивая появление отличительных признаков чёрного чая (аромат напитка, цвет и яркость настоя, его крепость и насыщенность). При различных условиях производства чая по технологии Габа, количество теафлавинов и теарубигинов в Габа тёмной в связи с наличием процесса ферментации в 2,3 раза больше, чем в Габа светлой. При удлинении времени ферментации в кислородной камере с 7 до 24 часов содержание флавоноидов увеличивается (TFs – 0,032–0,048 мг/г и TRs – 0,132–0,528 мг/г, соответственно). Выдерживание сырья в камере, заполненной CO₂, ускоряет процесс окисления теафлавинов в теарубигины еще до этапа кислородной ферментации, при этом количество образующихся в процессе ферментации теарубигинов увеличивается до 0,377 мг/г (при 0,132 мг/г в чае, производимом без выдерживания сырья в камере с разреженной атмосферой). Отмечены существенные отличия ($HCP_{05} = 2,15$) в содержании полифенолов в чае Габа тёмная и Габа светлая (9,65–16,47 мг/г, соответственно), что объясняется наличием этапа ферментации при производстве Габа тёмная. Озонирование, выдерживание чая в разреженной (CO₂) и кислородной атмосфере запускает процессы окисления полифенолов в 1,4–2,1 раза, что приводит к снижению их содержания в готовом напитке.

*Публикация подготовлена в рамках реализации
ГЗ ФИЦ ШЦ РАН № FGRW-2022-0012 и FGRW-2022-0014*

Список литературы

1. Алиев А.А., Аскеров А.А., Исаев Э.И., Низамов А.Т., Низамов Т.И. Использование озонирования в чайном производстве, Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2014; 4(55) : 90-100.
2. Афонина С.Н., Лебедева Е.Н., Сетко Н.П. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор), Оренбургский медицинский вестник, 2017; 4(20) : 17-33.
3. Белоус О.Г. Влияние микроэлементов на повышение качества чая, Садоводство и виноградарство. 2006; 6 : 18-20.
4. 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; 1146 : 68-69.
5. Джемухадзе К.М., Хочолава Р.И. Результаты производственного испытания способа производства чая путём быстрого и глубокого замораживания, Субтропические культуры. 1978; 2 : 27-31.
6. Исанбулатова Е.С. Анализ чайного рынка в России, Маркетинг и логистика. 2021; 6(38) : 33-39.
7. Исанбулатова Е.С. Экспортный потенциал России на мировом рынке чая, Стратегии бизнеса. 2022; 10(3) : 57-59. DOI: 10.17747/2311-7184-2022-3-57-59.

8. Кравченко Л.В. Влияние экстракта зелёного чая и его компонентов на антиоксидантный статус и активность ферментов метаболизма ксенобиотиков у крыс, Вопросы питания. 2011; 2 : 9-15.
9. Майсурадзе З.А. Основы технологии чёрного гранулированного чая. Озургети, 2010; 5-9.
10. Малюкова Л.С. Козлова Н.В., Великий А.В. Влияние мезо- и микроудобрений на урожай чайного листа и плодородие бурых лесных кислых почв чайных плантаций Черноморского побережья России, Проблемы агрохимии и экологии. 2012; 1 : 18-21.
11. Манн Г. Ферментация чая, Русские субтропики. 1914; 1-2 : 50.
12. Маслов Л.Н. О перспективах применения флавоноидов для профилактики атеросклероза и атеротромбоза, Клиническая фармакология и терапия. 2007; 16(3) : 60-67.
13. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение, Химия растительного сырья. 2021; 2 : 291-299. DOI: 10.14258/jcprgm.2021028250.
14. Патент на изобретение RU 2706553. Бюл. № 32. Лисиненко И.В., Лисиненко И.Н. Способ производства напитка из кипрея с высоким содержанием гамма-аминомасляной кислоты. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2706553C1_20191119.pdf. Ссылка активна на 15.07.2022.
15. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Биохимический состав чая и его изменения под влиянием ряда факторов, Техника и технология пищевых производств. 2020; 50(3) : 404-414. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-3-404-414.
16. Племенков В.В. Химия изопреноидов: учеб. пособие. Барнаул: Изд-во ун-та, 2007, 322 с.
17. 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; 42(2) : 86-103.
18. Прокопенко И.А., Притула З.В. Оценка сроков проведения полутяжёлой омолаживающей подрезки чайных плантаций, Субтропическое и декоративное садоводство. 1989; 36 : 37-45.
19. Разумовский С.Д., Заиков Г.Е. Озон и его реакции с органическими окислителями. М.: Наука, 1974, 322 с.
20. Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции. СПб: ГИОРД, 2016, 480 с.
21. Рындин А.В., Белоус О.Г. Физиологические особенности растений чая в различных почвенно-климатических условиях, Вестник РАСХН. 2008; 3 : 49-51.
22. Чантурия Р. Обзор-ВЭД_чай_3-08-2021, 2021, URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2021/08/Обзор-ВЭД_чай_3-08-2021.pdf. Ссылка активна на 12.07.2022.
23. Aitbayev T.E., Mamyrbekov Z.Z., Aitbayeva A.T., Turegeldiyev B.A. & Rakhymzhanov B. S. (2018). The Influence of Biorganic Fertilizers on Productivity and Quality of Vegetables in the System of "Green" Vegetable Farming in the Conditions of the South-East of Kazakhstan. OnLine Journal of Biological Sciences, 18(3), 277-284. DOI: 10.3844/ojbsci.2018.277.284.
24. Baba S., Satoh S., Yamabe C. Development of measurement equipment of half-life of ozone, Vacuum. 2002; 65(3-4) : 489-495. DOI: 10.1016/S0042-207X(01)00461-4.
25. Belous O.G. Influence of microelements on biochemical parameters of tea, Potravnarstvo© Slovak Journal of Food Sciences. 2013; 7 : 149-152.
26. Belous O., Platonova N. Influence of altitude tea plantations above sea level on the chemical composition of tea, Sciences of Europe. 2017; 1(22) : 3-6.
27. Bhattacharyya N. et al. Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose, Sensors and Actuators B. 2007; 122(2) : 627-634.
28. Ferreira V., da Silva T., Couto S., Srur A. (2015) Total phenolic compounds and antioxidant activity of organic vegetables consumed in Brazil, Food and Nutrition Sciences. 2015; 6 : 798-804. DOI: 10.4236/fns.2015.69083.

29. Fuentes J., Montoya P., Vio F., Speisky H. Total phenolics and antioxidant capacity of vegetables grown in the Southwestern Andes Region of South America, *J. Food Nutr. Res.* 2016; 4(12) : 760-772. DOI: 10.12691/jfnr-4-12-1.
30. Hashimoto F.N., Nishioka G.I. Tannins and related compounds Lxix. Isolation and structure elucidation of b,b-linked bisflavanoids, theasinensins d-g and oolongtheanin from oolong tea, *Chem Pharm Bull.* 1988; 36 : 1676-1684.
31. Hsueh Fang Wang, Yung Sheng Tsai, Mu Lien Lin, Andi Shau-mei Ou. Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan, *Food Chemistry.* 2006; 96(4) : 648-653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.046.
32. Naikoo M.I., Dar M.I., Raghieb F., Jaleel H., Ahmad B., Raina A., Naushin F. Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: an overview: In book: *Plant Signaling Molecules.* Woodhead Publ.: Springer Netherlands, 2013 : 15-30. DOI: 10.1016/B978-0-12-816451-8.00009-5.
33. OAC International: Quality assurance check list for small laboratories. 2009; 16(11) : 13.
34. Sang S. et al. The chemistry and biotransformation of tea constituents, *Pharmacological Research.* 2011; 64 : 87-99.
35. Sheng-Dun Lin, Jeng-Leun Mau, Ching-An Hsu. Bioactive components and antioxidant properties of g-aminobutyric acid (GABA) tea leaves, *Food Science and Technology.* 2012; 46(1) : 64-70. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.10.025.
36. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Meth. Enzymol.* 1999; 299 : 152-178.
37. Tsushida T., Murai T., Omori M., Okamoto J. Production of a new type tea containing a high level of GAMMA-aminobutyric acid, *Journal of the agricultural chemical society of Japan.* 1987; 61(7) : 817-822. DOI: 10.1271/nogeikagaku1924.61.817.
38. Tungmunthum D., Thongboonyou A., Pholboon A., Yangsabai A. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants pharmaceutical and medical aspects: An overview, *Medicines.* 2018; 5 : 93. DOI: 10.3390/medicines5030093.
39. Wabaidur S.M., Obbed M.S., Alothman Z.A., et al. Total phenolic acids and flavonoid contents determination in Yemeni honey of various floral sources: Folin-Ciocalteu and spectrophotometric approach, *Food Science and Technology.* 2020; 40 : 647-652. DOI: 10.1590/fst.33119.

References

1. Aliev A.A., Askerov A.A., Isaev E.I., Nizamov A.T., Nizamov T.I. The use of ozonation in tea production, *Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. The series Natural Sciences.* 2014; 4(55) : 90-100.
2. Afonina S.N., Lebedeva E.N., Setko N.P. Biochemistry of tea components and features of its biological effect on the body (review), *Orenburg Medical Bulletin,* 2017; 4(20) : 17-33.
3. Belous O.G. The effect of trace elements on improving the quality of tea, *Gardening and viticulture.* 2006; 6 : 18-20.
4. Bushin P.M., Pritula Z.V., Malyukova L.S. The effect of mineral fertilizers on the yield and quality of Colchida tea in the subtropical conditions of Russia, *Bulletin of VIUA.* 2001; 1146 : 68-69.
5. Dzhemukhadze K.M., Khocholava R.I. Results of production testing of the method of tea production by fast and deep freezing, *Subtropical cultures.* 1978; 2 : 27-31.
6. Isanbulatova E.S. Analysis of the tea market in Russia, *Marketing and logistics.* 2021; 6(38) : 33-39.
7. Isanbulatova E.S. Export potential of Russia in the world tea market, *Business strategies.* 2022; 10(3) : 57-59. DOI: 10.17747/2311-7184-2022-3-57-59.
8. Kravchenko L.V. Influence of green tea extract and its components on antioxidant status and activity of xenobiotic metabolism enzymes in rats, *Nutrition issues.* 2011; 2 : 9-15.

9. Maisuradze Z.A. Fundamentals of the technology of black granulated tea. *Ozurgeti*, 2010 : 5-9.
10. Malyukova L.S., Kozlova N.V., Velikiy A.V. The influence of meso- and micro-fertilizers on the yield of tea leaves and the fertility of brown forest acidic soils of tea plantations of the Black Sea coast of Russia, *Problems of agrochemistry and ecology*. 2012; 1 : 18-21.
11. Mann G. Tea fermentation, *Russian subtropics*. 1914; 1-2 : 50.
12. Maslov L.N. On the prospects of using flavonoids for the prevention of atherosclerosis and atherothrombosis, *Clinical pharmacology and therapy*. 2007; 16(3) : 60-67.
13. Nikolaeva T.N., Lapshin P.V., Zagoskina N.V. Method for determining the total content of phenolic compounds in plant extracts with Folin-Denis reagent and Folin-Chokalteu reagent: modification and comparison, *Chemistry of plant raw materials*. 2021; 2 : 291-299. DOI: 10.14258/jcprm.2021028250.
14. Patent for invention RU 2706553. Byul. No. 32. Lisinenko I.V., Lisinenko I.N. A method of producing a drink from boiling water with a high content of gamma-aminobutyric acid. Available by: URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2706553C1_20191119.pdf. The link is active on 15.07.2022.
15. Platonova N.B., Belous O.G. Biochemical composition of tea and its changes under the influence of a number of factors, *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020; 50(3) : 404-414. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-3-404-414.
16. Plemenkov V.V. *Chemistry of isoprenoids: textbook*. stipend. Barnaul: Publishing House of the University, 2007, 322 p.
17. Pritula Z.V., Malyukova L.S., Kozlova N.V. Peculiarities of the influence of a complex of environmental factors on the biochemical quality indicators of Kolchida tea in the subtropical conditions of Russia, *Subtropical and ornamental gardening*. 2009; 42(2) : 86-103.
18. Prokopenko I.A., Pritula Z.V. Evaluation of the timing of semi-heavy rejuvenating pruning of tea plantations, *Subtropical and ornamental horticulture*. 1989; 36 : 37-45.
19. Razumovsky S.D., Zaikov G.E. Ozone and its reactions with organic oxidants. Moscow: Nauka, 1974, 322 p.
20. Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Workshop on biochemistry of agricultural products. St. Petersburg: GIORД, 2016, 480 p.
21. Ryndin A.V., Belous O.G. Physiological features of tea plants in various soil and climatic conditions, *Bulletin of RAS*. 2008; 3 : 49-51.
22. Chanturia R. *Obzor-FEA_CHAY_3-08-2021*, 2021, URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2021/08/Обзор-ВЭД_чай_3-08-2021.pdf (The link is active on 12.07.2022).
23. Aitbayev T.E., Mamyrbekov Z.Z., Aitbayeva A.T., Turegeldiyev B.A. & Rakhymzhanov B. S. (2018). The Influence of Biorganic Fertilizers on Productivity and Quality of Vegetables in the System of "Green" Vegetable Farming in the Conditions of the South-East of Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 18(3) : 277-284. DOI: 10.3844/ojbsci.2018.277.284.
24. Baba S., Satoh S., Yamabe C. Development of measurement equipment of half-life of ozone, *Vacuum*. 2002; 65(3-4) : 489-495. DOI: 10.1016/S0042-207X(01)00461-4.
25. Belous O.G. Influence of microelements on biochemical parameters of tea, *Potravnarstvo*© *Slovak Journal of Food Sciences*. 2013; 7 : 149-152.
26. Belous O., Platonova N. Influence of altitude tea plantations above sea level on the chemical composition of tea, *Sciences of Europe*. 2017; 1(22) : 3-6.
27. Bhattacharyya N. et al. Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose, *Sensors and Actuators B*. 2007; 122(2) : 627-634.
28. Ferreira V., da Silva T., Couto S., Srur A. (2015) Total phenolic compounds and antioxidant activity of organic vegetables consumed in Brazil, *Food and Nutrition Sciences*. 2015; 6 : 798-804. DOI: 10.4236/fns.2015.69083.
29. Fuentes J., Montoya P., Vio F., Speisky H. Total phenolics and antioxidant capacity of vegetables grown in the Southwestern Andes Region of South America, *J. Food Nutr. Res*. 2016; 4(12) : 760-772. DOI: 10.12691/jfnr-4-12-1.

30. Hashimoto F.N., Nishioka G.I. Tannins and related compounds Lxix. Isolation and structure elucidation of b,b-linked bisflavanoids, theasinensins d-g and oolongtheanin from oolong tea, *Chem Pharm Bull.* 1988; 36 : 1676-1684.
31. Hsueh Fang Wang, Yung Sheng Tsai, Mu Lien Lin, Andi Shau-mei Ou. Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan, *Food Chemistry.* 2006; 96(4) : 648-653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.046.
32. Naikoo M.I., Dar M.I., Raghieb F., Jaleel H., Ahmad B., Raina A., Naushin F. Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: an overview: In book: *Plant Signaling Molecules.* Woodhead Publ.: Springer Netherlands, 2013; 15-30. DOI: 10.1016/B978-0-12-816451-8.00009-5.
33. OAC International: Quality assurance check list for small laboratories. 2009; 16(11) : 13.
34. Sang S. et al. The chemistry and biotransformation of tea constituents, *Pharmacological Research.* 2011; 64 : 87- 99.
35. Sheng-Dun Lin, Jeng-Leun Mau, Ching-An Hsu. Bioactive components and antioxidant properties of g-aminobutyric acid (GABA) tea leaves, *Food Science and Technology.* 2012; 46(1) : 64-70. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.10.025.
36. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Meth. Enzymol.* 1999; 299 : 152-178.
37. Tsushida T., Murai T., Omori M., Okamoto J. Production of a new type tea containing a high level of GAMMA-aminobutyric acid, *Journal of the agricultural chemical society of Japan.* 1987; 61(7) : 817-822. DOI: 10.1271/nogeikagaku1924.61.817.
38. Tungmunnithum D., Thongboonyou A., Pholboon A., Yangsabai A. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants pharmaceutical and medical aspects: An overview, *Medicines.* 2018; 5 : 93. DOI: 10.3390/medicines5030093.
39. Wabaidur S.M., Obbed M.S., Alothman Z.A. et al. Total phenolic acids and flavonoid contents determination in Yemeni honey of various floral sources: Folin-Ciocalteu and spectrophotometric approach, *Food Science and Technology.* 2020; 40 : 647-652. DOI: 10.1590/fst.33119.

**PHENOLOME OF 'COLKHIDA'
TEA CULTIVAR DURING ITS FERMENTATION
IN OXYGEN-FREE ENVIRONMENT**

Platonova N.B., Belous O.G.

*Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

The paper analyses the phenolic complex (phenolome) of ready-made tea produced from 'Colkhida' cultivar plants. A study on the influence of various methods for processing raw tea materials into a finished drink was conducted on the basis of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry (Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences). It has been established that ozonation of raw materials enhances the fermentation of tannin-catechin complex components with the flavonoids formation, which enhances the synthesis of aromatic components, providing the distinctive features in black tea (the aroma of the drink, the color and brightness of the infusion, its strength and saturation). Under different conditions of tea production using Gaba technology,

the amount of theaflavins and thearubigins in dark Gaba due to the fermentation process is 2.3 times greater than in light Gaba. When the fermentation time in the oxygen chamber is prolonged from 7 to 27 hours, the flavonoids content increases (TFs – 0.032–0.048 mg/g and TRs – 0.132–0.528 mg/g, respectively). Keeping the raw materials in a CO₂-filled chamber accelerates the oxidation of theaflavins into thearubigins even before the oxygen fermentation stage, while the amount of thearubigins formed during fermentation increases to 0.377 mg/g (at 0.132 mg/g in tea produced without keeping raw materials in a chamber with a rarefied atmosphere). There were significant differences (least significant difference LSD₀₅ = 2.15) in the content of polyphenols in dark Gaba and light Gaba tea (9.65–16.47 mg/g, respectively), which is explained by the presence of a fermentation stage during dark Gaba production. Tea ozonation and aging in a rarefied (CO₂) and oxygen atmosphere triggers the oxidation of polyphenols by 1.4–2.1 times, which decreases their content in the finished drink. The data obtained will be used to adjust production and monitor the quality and nutritional significance of tea grown and produced in the Krasnodar Territory.

Key words: tea, fermentation, oxygen environment, ozonation, flavonoids, polyphenols, quality, nutritional significance.