

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр
Российской академии наук», Отдел биотехнологии,
г. Сочи, Россия, e-mail: q1111w2006@ya.ru

Производство чая крайне важно для фермеров Черноморского региона, поскольку данная культура является доминирующим сельскохозяйственным продуктом. Основная часть чайных садов региона была размножена фермерами, использующими семенной метод на протяжении последних 50 лет, что привело к большим вариациям большинства характеристик растений. В настоящем исследовании описано влияние различных периодов побегообразования на содержание биологически активных веществ чайного растения, размноженного семенами. Результаты показали значительные различия между большинством искомых параметров по периодам побегообразования. Общее содержание фенолов было самым высоким в первый период побегообразования (6,45–7,03 г эквивалента галловой кислоты/100 г) по сухой массе. Среди катехинов в образцах чёрного чая доминировал эпигаллокатехин галлат (EGCG) (0,756–0,941 г/100 г сырой массы), за которым следовали эпигаллокатехин (0,590–0,752 г/100 г сырой массы) и эпикатехин галлат (0,510–0,654 г/100 г сырой массы), соответственно. В целом в первый период побегообразования (май) содержание катехинов было наибольшим, что улучшило качество чая, а с последующими периодами побегообразования содержание катехинов неуклонно снижалось. Общее содержание фенола было в пределах 6,45–7,03 г ГК/100 г ДВ в разные периоды побегообразования. Результаты показали, что в первый период побегообразования образцы чёрного чая имели более высокое содержание биологически активных веществ.

Ключевые слова: чай, разнообразие, фитохимические вещества, семенное размножение.

УДК 633.72:581.19

doi: 10.31360/2225-3068-2020-75-74-81

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ В 3-ЛИСТНЫХ ФЛЕШАХ И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ КОЛИЧЕСТВА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ

Платонова Н. Б., Белоус О. Г.

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

Проведены исследования по определению антоцианов в 3-листной флешке, зелёном и чёрном чае. Определены основные закономерности в их накоплении по месяцам. Наибольшее количество антоцианов накапливается в июле (308,5 г/100 г), наименьшее – в мае (150,2 г/100 г), что связано с длительным засушливым периодом, сопровождаемым высокими температурами воздуха.

Показано, что содержание в 3-листных флешах чая антоцианов во многом зависит от генотипа форм. Наибольшим их количеством отличаются формы 855 (268,7 г/100 г) и 2264 (265,2 г/100 г). При переработке сырья (3-листной флешки) в готовый продукт происходит изменение в содержании антоцианов. При этом, в зелёном чае их содержится почти столько же, как и в сырье. В процессе ферментации чая происходит активный синтез антоцианов, в связи с чем их количество значительно выше, чем в сырье и зелёном чае.

Ключевые слова: растения чая, сорта и формы, готовый чай, антоцианы, динамика.

Антоцианы – класс агликонов антоцианидинов – замещённые 2-фенилхромены, относящиеся к водорастворимым флавоноидам. Являясь непластидными пигментами, окрашивают плоды, листья, лепестки цветков в разнообразные оттенки красного, синего и фиолетового цветов, от розового до чёрно-фиолетового [1, 2, 19, 21]. В тканях растений локализованы преимущественно в вакуолях клеток, как правило, в виде гликозидов. В последние годы особое внимание уделяется исследованиям антиокислительной активности антоцианов растительного сырья, а также, их участие в антиоксидантной системе самого растения [17, 18, 20]. Известно, что синтез антоцианов усиливается при воздействии таких стрессовых факторов как высокая положительная температура, засуха и в особенности – интенсивная инсоляция. Антоцианы, наряду с каротиноидами способны защищать нежные ткани растения от избытка ультрафиолетового излучения и участвуют в стабилизации работы фотосинтетической системы [4, 9, 24]. Так, показано, что антоцианы во многих видах растений снижают частоту фотоингибирования, что ускоряет восстановление фотосинтетического аппарата [5, 10, 14]. Не случайно, антоцианы причисляют к нефотохимическим защитным механизмам, наряду с пигментами ксантофилового цикла. Ряд исследователей считают, что в условиях водного стресса антоцианы выполняют роль осморегуляторов клетки растения. Кроме того, имеются данные о фотопротекторных или антиокислительных свойствах антоцианов, как главных механизмов в ответе растения на стресс.

Количественный состав антоцианов зависит от множества факторов. Например, у ряда плодов в зависимости от зрелости количество антоцианов различно [10, 13]. У листьев концентрация антоцианов может отличаться от периода их сбора. На накопление антоцианов значительно влияют почвенно-климатические условия произрастания.

Чай, или камелия китайская (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), влаголюбивое растение тропических и субтропических горных лесов Юго-Восточной Азии (Индокитай). В настоящее время чай выращивают в субтропической зоне Черноморского побережья России. Сбор чайного

листа, в период активной вегетации, проводится в весенне-летний период, и именно в это время (июль, август) отмечаются длительные засухи. Как следствие молодые побеги (флеши) чайного растения испытывают стресс. В качестве защитной реакции на стрессовые воздействия, как правило, происходит активация неспецифической устойчивости, компонентами которой является целый комплекс биохимических соединений (аскорбиновая кислота, пролин, каротиноиды, танины и др.). Многие флеши и молодые листья чая имеют антоциановую окраску, что также может быть рассмотрено, как проявление защитной реакции на абиотический стресс.

Кроме того, антоцианы, входящие в состав растений, в частности, чая, являются биологически активными веществами значимыми и для здоровья человека, так как способны гасить воспалительные процессы, защищают клетки от окислительного стресса, проявляют антимикробную активность и т. д. [8, 26, 27, 28]. Ценность антоцианов связана также с открытием их выраженной антиоксидантной способности [4, 7]. Это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е [6, 23, 29].

В этой связи, актуальным является изучение механизма накопления антоцианов в растениях чая и влияния на этот процесс гидротермических условий, сортовых характеристик и технологических особенностей переработки сырья в готовый чай.

Объекты и методы. Объектами исследования служили: 3-листные флеши, образцы зелёного и чёрного чая следующих перспективных сортов и форм: 'Сочи', 3823, 582, 855 и 2264, выращиваемых на опытном коллекционно-маточном участке, заложенном в 1984 – 1985 гг. в пос. Уч-Дере (Сочи, Лазаревский р-н). Контроль – сорт 'Колхида'.

Отбор образцов на анализы проводили в вегетационный период в течение 2017–2019 гг. Фиксацию флешей, а также изготовление чёрного и зелёного чая осуществляли в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН.

В настоящее время наиболее подходящими методами определения содержания антоцианов являются спектрофотометрия, которая позволяет определить их количественное содержание. Оптическую плотность экстракта антоцианов в 1%-ном растворе соляной кислоты измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ в диапазоне длин волн 510–657 нм. Содержание антоцианов рассчитывали, исходя из закона Бугера-Ламберта-Бера [15].

На рисунках представлены средние арифметические значения измеряемых величин и их среднеквадратичные отклонения. Для оценки статистических величин проведён анализ с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies)

и MS Excel 2007. Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Изучая содержание антоцианов в 3-листной флешах (фиксированном чайном сырье) в динамике, мы определили основные закономерности в их накоплении по месяцам (рис. 1). Так, исследования показали, что наибольшее количество антоцианов накапливается в июле (308,5 г/100 г), наименьшее – в мае (150,2 г/100 г). Это не случайно, так как в этот период наблюдается длительный засушливый период, сопровождаемый высокими температурами воздуха. Так как антоцианы выполняют защитную функцию в растениях, повышение их количества в 3-листных молодых флешах чая – закономерный процесс.

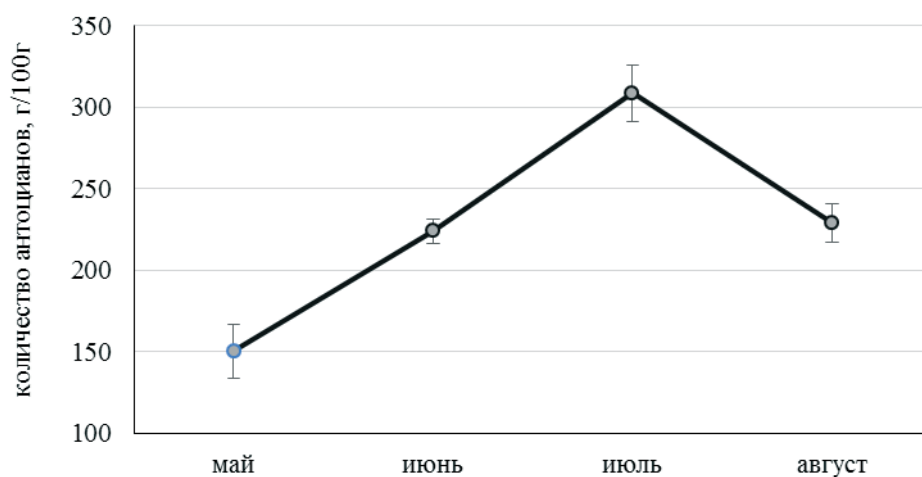


Рис. 1. Динамика содержания антоцианов в 3-листной флешах чая (на примере сорта 'Колхида'), среднее за 2017–2019 гг.

Содержание в 3-листных флешах чая антоцианов во многом зависит от генотипа форм. Анализ данных по сортовым особенностям в накоплении антоцианов показал (рис. 2), что наибольшим их количеством отличаются формы 855 (268,7 г/100 г) и 2264 (265,2 г/100 г), что существенно выше, чем у контрольного сорта 'Колхида' (211,6 г/100 г). Это не случайно, например, листья и флеша чая формы 855 имеют интенсивную антоциановую окраску. К тому же, ряд авторов отмечает, что больше антоцианов накапливается у сортов с низкой активностью каталазы [10, 16]. В нашем случае, данные формы не отличаются высокой ферментативной активностью.

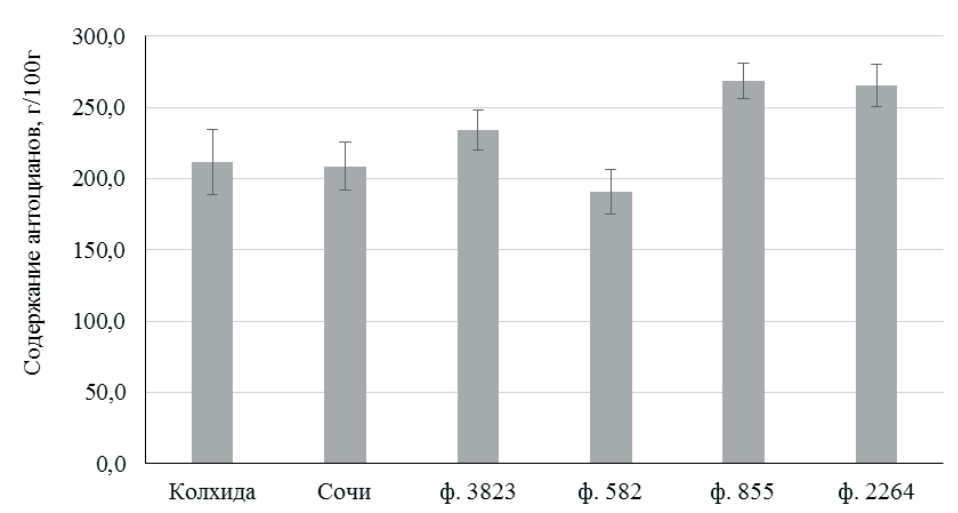


Рис. 2. Содержания антоцианов в фиксированном сырье перспективных сортов и форм чая, среднее за 2017–2019 гг.

Антоцианы являются веществами, положительно влияющими на пищевую значимость чая [12, 25], в связи с чем нами определено их содержание в готовом (зелёном и чёрном) чае. Показано, что при переработке сырья (3-листной флеш) в готовый продукт происходит изменение в содержании антоцианов (рис. 3).

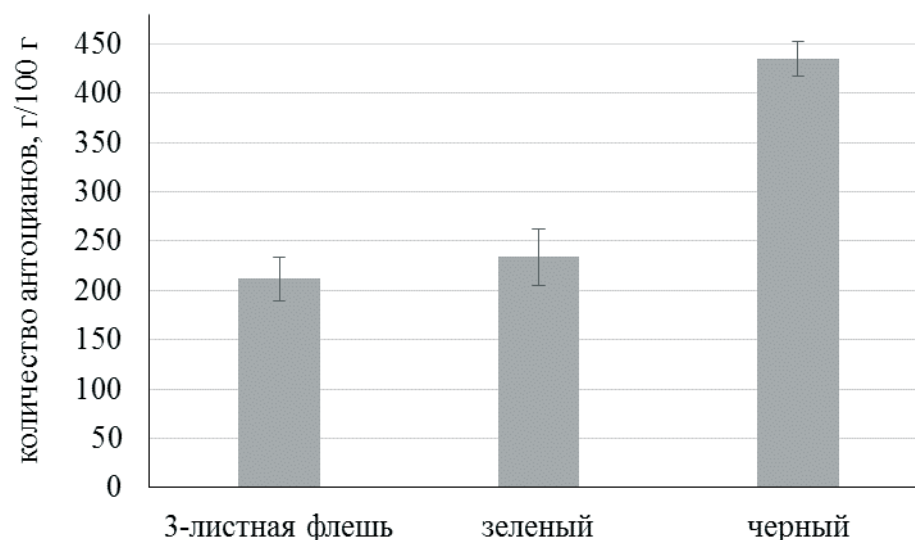


Рис. 3. Изменение антоцианов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере сорта 'Колхида'), среднее за 2017–2019 гг.

Так, в зелёном чае их содержится почти столько же, как и в сырье. При приготовлении зелёного чая сырье фиксируется паром (в условиях лаборатории – на аппарате Коха) и в нём 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. Это приводит к тому, что многие соединения разрушаются, идут процессы взаимопревращения, и из них производятся другие. Например, в процессе ферментации из галлатов образуются теафлавины и теарубигины, хиноны преобразуются в теин (кофеин чая) [12]. Не исключение антоцианы, которые представляют собой настоящие обратимые окислительно-восстановительные системы [11, 21]. В клетках антоцианы представляют собой агликоны антоцианидинов, известны факторы, влияющие на их стабильность: химическая структура, рН среды, температура, свет, присутствие кислорода, ферментов, ионов металлов, аскорбиновой кислоты, флавоноидов, сахаров. Особенно негативное воздействие на стабильность антоцианов оказывает аскорбиновая кислота, идут процессы взаимной деградации аскорбиновой кислоты и антоцианов [3, 13]. А как известно, при ферментации аскорбиновая кислота подвергается некоторому разрушению, что приводит к изменению и в количестве антоцианов. Поэтому в чёрном чае антоцианов больше, чем в зелёном и сырье.

Таким образом, установлено, что динамика антоцианов в листьях чая связана с защитой растений от засухи и высокой температуры воздуха, поэтому в июле антоцианов в 3-листной флешки синтезируется больше.

В процессе ферментации чая происходит активный синтез антоцианов, в связи с чем их количество значительно выше, чем в сырье и зелёном чае. Так как антоцианы выполняют роль антиоксидантов, высокое их содержание в чёрном чае делает его не менее полезным для профилактики многих воспалительных процессов, чем зелёный.

Библиографический список

1. Аверьянова Е.В., Школьников М.Н., Егорова Е.Ю. Физиологически активные вещества растительного сырья. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 105 с.
2. Биохимия природных пигментов / перевод с англ. В. Д. Цыдендамбаева; под ред. М.Н. Запрометова. – М.: Мир, 1986. – 422 с.
3. Дейнека В.И., Григорьев А.М., Дейнека Л.А., Шапошник Е.И., Староверов В.М. Исследование антоцианов черники в плодах и препаратах на её основе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2006. – Т. 72. – № 3. – С. 16-20.
4. Дейнека В.И., Лабунская Н.А., Сорокопудова О.А. Каротиноиды и антоцианы листочков околоцветников некоторых видов и сортов лилий (*Lilium L.*) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2008. – № 2. – С. 20-25. – ISSN 1609-0675.

5. Дейнека Л.А., Литвин Ю.Ю., Дейнека В.И. Критерии для классификации винограда по антоциановому комплексу плодов // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2008. – № 7(47). – С.71-78. – ISSN 2075-4671.
6. Дейнека Л.А., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Шевченко С.М. Антоцианы плодов вишни и родственных растений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки. – 2011. – № 15-1(104). – С. 367-373. – ISSN 2075-4671.
7. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Пак Н.А. Антоцианы ягод земляники (обзор) // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/03/64910> (дата обращения: 14.09.2020).
8. Киселёва Т.Н. Роль антоцианозидов в коррекции нарушений микроциркуляции и гемодинамики глаза при офтальмопатологии // Российский офтальмологический журнал. – 2013. – Т. 6. – № 1. – С. 108-112 – ISSN 2072-0076.
9. Куркин В.А., Рязанова Т.К. Новые подходы в области стандартизации сырья и препаратов черники обыкновенной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 1-8. – С. 2010-2014. – ISSN 1990-5378.
10. Логвинова Е.Е. Исследование групп биологически активных веществ плодов рябины черноплодной различных сортов: автореферат дис. ... канд. фармацевт. наук. – Москва, 2017. – 22 с.
11. Макаревич А.М., Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Решетников В.Н., 2010. Функции и свойства антоцианов растительного сырья // Тр. БГУ. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 1-11.
12. Мгалоблишвили Е.К., Цуцунава А.Я. Чай и медицина. – Батуми: Сабчота Аджара, 1975. – 87 с.
13. Меладзе М. Влияние внешних факторов на химический состав селекционных сортов чая // Аграрная наука. – 2004. – С. 19-20. – ISSN 0869-8155.
14. Писарев Д.И., Новиков О.О., Селютин О.А., Писарева Н.А. Биологическая активность полифенолов растительного происхождения. Перспектива использования антоцианов в медицинской практике // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2012. – № 10-2 (129). – С. 17-24.
15. ГОСТ Р 53773-2010 Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 14 с.
16. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 231 с.
17. Сорокопудов В.Н., Хлебников В.А., Дейнека В.И. Антоцианы некоторых растений семейства *Berberidaceae* // Химия растительного сырья. – 2005. – № 4. – С. 57-60. – ISSN 1029-5151.
18. Третьяков М.Ю., Хорошилов С.А., Сидоров А.Н., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Кукуруза как источник антоцианов // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 30-32. – ISSN 0235-2451.
19. Харламова О.А., Кафка Б.В. Натуральные пищевые красители. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 191 с.
20. Чулков А.Н., Дейнека В.И., Навальнева И.А., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н. Антоцианы лепестков цветков *Chamomiles Japonica* и *C. Maulei* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки. – 2011. – № 15-1(104). – С. 382-388. – ISSN 2075-4671.
21. Чулков А.Н., Дейнека В.И., Третьяков М.Ю., Дейнека Л.А., Нецветаева О.В. Исследование антоциановых комплексов лепестков цветков пионов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки. – 2011. – № 21(116). – С. 85-90. – ISSN 2075-4671.
22. Gould K., Davies K.M., Winefield Ch. Anthocyanins. Biosynthesis, functions, and applications. – New York: Springer-Verlag, 2009. – 336 p. – ISBN 978-0-387-77335-3.

23. Ilan A., Dougall D. The effect of growth retardants on anthocyanin production in carrot cell suspension cultures // *Plant Cell Rep.* – 1992. – Vol. 11(5-6). – P. 304-309. – doi: 10.1007/BF00235087.
24. Khan N.Q., Lees D.M., Douthwaite J.A., Carrier M.J., Corder R. Comparison of red wine extract and polyphenol constituents on endothelin-1 synthesis by cultured endothelial cell // *Clinical Sci.* – 2002. – V. 103(48). – P. 72-75. – doi: 10.1042/CS103S072S.
25. Mancini E, Beglinger C, Drewe J, Zanchi D, Lang UE, Borgwardt S. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review // *Phytomedicine.* – 2017. – Vol. 34. – P. 26-37. – doi: 10.1016/j.phymed.2017.07.008
26. Mary Ann Lila. Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach // *Journal of Biomedicine and Biotechnology.* – 2004. – Vol. 5 – P. 306–313. – doi: 10.1155/S111072430440401X.
27. Nakaishi H., Matsumoto H., Tominaga S., Hirayama M. Effect of black currant anthocyanoside intake on dark adaptation and VDT work-induced transient refractive alteration in healthy humans // *Altern. Med. Rev.* – 2000. – Vol. 5. – P. 553-562.
28. Satue-Gracia Mt.S., Heinonen M., Frankel E. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* – 1997. – Vol. 45. – P. 3362-3367. – doi: 10.1021/JF970234A.
29. Shivraj Hariram Nile, Doo Hwan Kim, Young-Soo Keum. Determination of anthocyanin content and antioxidant capacity of different grape varieties // *Ciencia Tec. Vitiv.* – 2015. – Vol. 30(2). – P. 60-68. – doi: 10.1051/ctv/20153002060.

TOTAL ANTHOCYANIN CONTENT IN 3-LEAF FLUSHES AND CHANGES IN THEIR AMOUNT DURING PROCESSING

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 studies were conducted in order to determine anthocyanins in 3-leaf flush, green and black tea. The main regularities in their accumulation by months were determined. The highest amount of anthocyanins accumulates in July (308.5 g/100 g), the lowest – in May (150.2 g/100 g), which is associated with a long dry period accompanied by high air temperatures. It is shown that the content of anthocyanins in 3-leaf tea flushes largely depends on the genotype of the forms. The largest number of them was recorded in the forms 855 (268.7 g/100 g) and 2264 (265.2 g/100 g). When processing raw materials (3-leaf flushes) into the finished product, there is a change in the content of anthocyanins. At the same time, green tea contains almost as many of them as raw materials. During the fermentation of tea, an active synthesis of anthocyanins occurs, and therefore their amount is much higher than in raw materials and green tea.

Key words: tea plants, cultivars and forms, ready-made tea, anthocyanins, dynamics.