

Научная статья

УДК 634.11: 631.541.11: 547.973

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-92-98

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ АНТОЦИАНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПОБЕГАХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ

Тарова Зинаида Николаевна¹, Дубровский Максим Леонидович²,
Соловьев Александр Валерьевич³, Пальчиков Евгений Владимирович⁴✉

^{1,2,4}Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская область, Мичуринск,
Россия

³РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹tarovaz@mail.ru

²element68@yandex.ru

³vladsoloviev@yandex.ru

⁴evgeniy.palchikov.79@yandex.ru✉

Аннотация: Многие клоновые подвои яблони, полученные в результате многолетней селекционной работы в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, обладают генетически обусловленной способностью к биосинтезу антоцианов. Пигменты данной группы широко распространены и синтезируются большим количеством растений, особенно в стрессовых ситуациях. По большей части пигменты накапливаются в зрелых плодах. Многие клоновые подвои яблони, полученные в Мичуринском ГАУ (Парадизка Будаговского, 54-118, 62-396, 70-20-20, 98-7-77 и другие) синтезируют пигменты во всех вегетативных и генеративных частях – «краснолистные». При производстве посадочного материала образуется большое количество отходов в виде однолетних побегов клоновых подвоев яблони, которые рассматриваются в качестве сырья для производства пищевых красителей антоцианов. В лабораторных условиях ФГБОУ ВО «ТГТУ» был проведен качественный анализ антоцианов клоновых подвоев яблони селекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, и установлено, что он соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод, и основными пигментами клоновых подвоев яблони являются цианидин и дельфинидин.

Ключевые слова: пищевые красители, антоцианы, яблоня, подвои, сырье.

Для цитирования: Качественный состав антоцианов, содержащихся в побегах клоновых подвоев яблони» / З.Н. Тарова, М.Л. Дубровский, А.В. Соловьев, Е.В. Пальчиков // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 92–98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>.

Original article

THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ANTHOCYANINS CONTAINED IN SHOOTS OF CLONAL ROOTSTOCKS OF APPLE TREES

Zinaida N. Tarova¹, Maksim L. Dubrovsky², Alexander V. Soloviev³, Evgeniy V. Palchikov⁴✉

^{1,2,4}Michurinsk State Agrarian University, Tambov Region, Michurinsk, Russia

³RGU-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

¹tarovaz@mail.ru

²element68@yandex.ru

³vladsoloviev@yandex.ru

⁴evgeniy.palchikov.79@yandex.ru✉

Abstract: Many clone rootstocks of apple trees obtained as a result of long-term breeding work in the Michurinsky State Agrarian University have a genetically determined ability to biosynthesis of anthocyanins. Pigments of this group are widely distributed and synthesized by a large number of plants, especially in stressful situations. For the most part, pigments accumulate in mature fruits. Many clonal rootstocks of ap-

ple trees obtained in Michurinsky GAU (Paradizka Budagovsky, 54-118, 62-396, 70-20-20, 98-7-77 and others) synthesize pigments in all vegetative and generative parts – «red-leaved». During the production of planting material, a large amount of waste is generated in the form of annual shoots of clonal apple rootstocks, which are considered as raw materials for the production of anthocyanin food dyes. A qualitative analysis of anthocyanins of clone rootstocks of apple trees selected by the Michurinsky State Agrarian University was carried out in the laboratory conditions of the TSTU, and it was found that it corresponds to the composition of anthocyanin dyes produced in the country from fruits and berries, and the main pigments of clone rootstocks of apple trees are cyanidin and delphinidin.

Keywords: food dyes, anthocyanins, apple tree, rootstock, raw materials.

For citation: Qualitative composition of anthocyanins contained in the shoots of clonal rootstocks of apple trees". Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, A.V. Solovyov, E.V. Palchikov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 92-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>.

Введение

Мы, как потребители, привыкли к тому, что каждый продукт окрашен в специфический цвет, с которым связаны наши восприятия пригодности, качеств, свойств, полезности или, напротив, степени вредности и опасности. Палитра окрашенных продуктов стремительно расширяется. Никого уже не удивляют окрашенные в голубой, синий и фиолетовые цвета мороженое и напитки.

Чаще всего цвет продукта обеспечивается введением в состав красителей, которые по составу могут быть природными или искусственными. Европейским советом разработана система цифровой кодификации, включенная в кодекс ВОЗ-ФАО для пищевых добавок, в том числе и пищевых красителей. Каждой пищевой добавке присвоен номер из 3-4 цифр, которые используются с названием функциональных классов. Для пищевых красителей предусмотрены трехзначные индексы, начинающиеся с цифры 1 [3].

Индексом E 163 обозначены антоцианы – пищевые красители натурального происхождения, окрашенные в красно-фиолетовый цвет. И хотя среди технологов бытует мнение, что качественных, стойких натуральных красителей в настоящее время не найдено, в последнее время возрос интерес к натуральному питанию и, в том числе, к натуральным красителям, к которым относятся антоцианы. Научный и практический интерес к этим веществам особенно велик в связи с использованием их в качестве безопасных пищевых красителей, обладающих антиоксидантной активностью. Этот факт способствует постоянному расширению знаний об источниках получения пигмента, биохимическом составе, его регуляции, а также областях применения пигментов в пищевой, фармацевтической промышленности и медицине [6].

Имеется большое количество работ, посвященных исследованиям содержания и свойств антоциановых пигментов смородины черной, малины, бузины черной, винограда и других ягодных культур. Причем, предлагается их использование в виде порошков, концентратов без непосредственного выделения пигментов, либо в виде сырья с последующей экстракцией и очисткой конечного продукта – красителя антоциана [3, 6-8, 10, 12].

Все перечисленные продукты, кроме того, что могут быть использованы в качестве сырья для получения красящих веществ, являются ценными пищевыми продуктами, нехватка которых в питании населения нашей страны отмечается многими исследователями [4].

Еще один важный вопрос – российский рынок пищевых красителей импортозависим. Большинство добавок не производятся в РФ и закупаются из-за рубежа.

В контексте изложенного, необходим поиск сырья, богатого биологически активными веществами, но в то же время не являющегося непосредственно пищевыми продуктами. Изучение растений с высоким эндогенным уровнем пигментов, поиск новых источников физиологически активных соединений является актуальным для пищевой и фармакологической промышленности в связи с перспективой практического использования растительных объектов для выделения метаболитов и получения на их основе биологически активных растительных продуктов, обладающих высоким фармакологическим и медицинским эффектом.

В этом плане для исследования особый интерес могут представлять клоновые подвои

яблони, полученные в Мичуринском государственном аграрном университете в процессе многолетней селекции, начатой еще И.В. Мичуриным.

Морфобиологические особенности клоновых подвоев селекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ связаны с уникальностью их происхождения. В процессе селекции ученые использовали в качестве родительских форм различные виды и сорта яблони. Некоторые из них, в частности яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck., или *M. pumila* var. *niedzwetzkyana* Hemsl.), обладают интенсивной антоциановой окраской всех тканей растения. Этот признак был унаследован многими гибридными формами, районированными и перспективными подвоями (Парадизка Будаговского, 62-396, 54-118 и др.). [5, 9].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что целью наших исследований являлся анализ качественного состава антоцианов в однолетних побегах клоновых подвоев яблони в связи с их возможным применением в качестве сырья для получения пищевых красителей.

Материалы и методы исследований

Выращивание клоновых подвоев и полевые наблюдения проводились в 2020-2022 годах в маточнике клоновых подвоев яблони НОЦ им. В.И. Будаговского ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, расположенного вблизи г. Мичуринска Тамбовской области.

Биологическими объектами исследований служили клоновые подвои яблони, полученные в результате многолетней селекционной работы в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (рис. 1, 2; номера подвойных форм приведены в табл. 1, 2).

Подвои высажены по схеме 150x30 см (22 тыс. растений на 1 га) в маточнике конкурсного изучения, расположенного на территории структурного подразделения Мичуринского ГАУ – Научно-образовательного центра (НОЦ) имени В.И. Будаговского. Лабораторные исследования проводились в лабораториях ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.



Рисунок 1. Краснолиственный клоновый подвой яблони 98-7-77



Рисунок 2. Краснолиственный клоновый подвой яблони 2-12-10

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ качественного состава антоцианов в основных органах однолетних побегов маточных кустов, листьях и стебле в 2020 году показал, что антоцианы изучаемых подвоев были представлены тремя группами: цианидины, мальвидины, пеонидины (таблица 1).

Как уже указывалось выше, при анализе литературных источников, при том, что антоциановых соединений около 600, источником для их синтеза являются шесть основных антоцианидинов: пеларгонидин, цианидин, пеонидин, дельфинидин, петунидин и мальвидин [2, 10].

При анализе антоцианов, синтезирующихся в тканях клоновых подвоев яблони, было установлено присутствие трех из шести основных групп – цианидины, мальвидины и пеонидины (таблица 1). Цианидин и мальвидин имеют пурпурную окраску, пеонидин – пурпурно-синюю.

Таблица 1. Качественный состав антоцианов в побегах клоновых подвоев яблони (октябрь, 2020 г.)

№	Подвой, часть побега		Качественный состав антоцианов		
			Цианидин-3,5-диглюкозид	Мальвидин-3,5-диглюкозид	Пеонидин-3,5-диглюкозид
1	62-396	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
2	54-118	лист	+	+	+
		стебель		+	+
3	98-7-77	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
4	МБ	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
5	2-12-10	лист	+	+	+
		стебель		+	+

Исследованиями ученых установлено, что в процессе метаболизма цианидин является предшественником пеонидина, а на основе дельфинидина синтезируются петунидин и мальвидин [10]. Учитывая этот факт, стоит предположить, что основными пигментами клоновых подвоев яблони являются цианидин и дельфинидин.

И если в 2020 году дельфинидин не обнаруживался в изучаемой группе подвоев, и мы видели только его производную – мальвидин (таблица 1), то в 2021 году в некоторых подвойных формах, включенных дополнительно в опыт, при анализе был обнаружен и дельфинидин (таблица 2). Стабильным в оба года наблюдений остается присутствие цианидина.

Качественный состав антоцианов изучаемых клоновых подвоев соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод. Так, в состав антоцианов черной смородины, ягоды которой наиболее часто используются для получения красителей, входят 3-глюкозиды и 3-рутинозиды дельфинидина и цианидина [11].

Антоцианы наиболее богатой этим пигментом культуры – аронии черноплодной представлены цианидин-3-гликозидами, цианидин-3-арабинозидами, цианидин 3-галактозидами и цианидин-3-ксилозидами [12].

Таблица 2. Качественный состав антоцианов в однолетних побегах клоновых подвоев яблони (октябрь 2021 г.)

Подвой, стебель	Содержание антоцианов, мг/100 г	Качественный состав антоцианов
54-118	170,83	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
62-396	68,55	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
МБ	66,64	Цианидин-3,5-диглюкозид

		Пеонидин-3,5-диглюкозид
98-7-77	153,88	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
2-9-56	305,87	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид
2-12-10	106,73	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
2-12-36	134,62	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
9-1-2	196,32	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
9-1-3	196,20	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид
9-1-9	130,95	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид

Выводы

При скрещивании в процессе выведения клоновых подвоев были использованы виды яблонь, обладающих генетической особенностью синтеза антоцианов во всех частях растения: яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck., или *M. pumila* var. *niedzwetzkyana* Hemsl.), яблоня пурпурная (*Malus purpurea* Rehd.), яблоня кроваво-красная (*Malus atrosanguinea* Spaeth.). Гены, отвечающие за синтез антоциановых пигментов, были унаследованы большинством гибридных форм, которые имеют фенотипическое проявление признака синтеза антоцианов (краснолистные).

Качественный состав антоцианов изучаемых клоновых подвоев соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод. Количественный и качественный состав антоцианов даже у растений с высоким генетически обусловленным синтезом пигментов может изменяться в широких пределах в зависимости от времени и внешних воздействий.

Список источников

1. Антоцианы плодов растений: опыт экстракции и сушки / В.И. Дейнека [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. №4. С. 28-31.
2. Арония черноплодная: биологическая активность и перспективы использования в медицине / И.В. Сафронова [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. 2014. №3. С. 32-43.
3. Болотов В.М., Нечаева, Л.А., Сафронова А.П. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение. Санкт-Петербург.: ГИОРД, 2008. 240 с.
4. Гудковский, В.А. Каширская Н.Я., Цуканова Е.М. Стресс плодовых растений. Воронеж: Кварта, 2005. 128 с.
5. Клоновые подвои яблони селекции Мичуринского государственного аграрного университета как источник получения антоциановых красителей / З.Н. Тарова, М.Л. Дубровский, Л.В. Бобрович [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 30-35.
6. Кононова Е.Т., Гусева Т.А, Белоусова Н.В. Цвет – раньше, чем вкус. О пищевых красителях и не только. Санкт-Петербург: Страта, 2019. 204 с.
7. Коренская И.М. Ивановская И.П., Колосова О.А. Биологически активные вещества, входящие в состав лекарственного растительного сырья. Воронеж: Издательство Воронежского ГУ. 2016. 66 с.

8. Костенко М.О. Дейнека Л.А. Дейнека Л.А. Инкапсулирование антоцианов плодов бузины черной методом распылительной сушки // Тонкие химические технологии. 2016. №3. С. 58-63.

9. Новые перспективные подвойные формы яблони селекции Мичуринского ГАУ / Н.Л. Чурикова, Р.В. Папихин, А.В. Кружков [и др.] // Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова, Мичуринск, 25–27 октября 2016 года. Мичуринск: Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. С. 221-225.

10. Черемуха виргинская как источник биологически активных веществ / И.В. Михайлова [и др.] // Оренбургский медицинский вестник. 2020. № 3. С. 40-45.

11. Шоева О.Ю. Антоцианы-секреты цвета [Электронный ресурс] / Химия и жизнь. 2013. №1. Режим доступа: <https://elementy.ru>.

12. The analysis of the suitability of using waste from the production of planting material for apple trees to obtain natural anthocyanin dyes / Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, N.L. Churikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. Michurinsk, 2021. Pp. 012143.

References

1. Anthocyanins of plant fruits: experience of extraction and drying. V.I. Deineka [et al.]. Storage and processing of agricultural raw materials, 2006, no. 4, pp. 28-31.

2. Aronia chernoplodnaya: biological activity and prospects of use in medicine. I.V. Safronova [et al.]. Innovations and food security, 2014, no. 3, pp. 32-43.

3. Bolotov V.M., Nechaeva, L.A., Safronova A.P. Food dyes: classification, properties, analysis, application. St. Petersburg: GIOR, 2008. 240 p.

4. Gudkovsky, V.A. Kashirskaya N.Ya., Tsukanova E.M. Stress of fruit plants. Voronezh: Kvant, 2005. 128 p.

5. Clone rootstocks of apple trees of selection of Michurinsky State Agrarian University as a source of anthocyanin dyes. Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, L.V. Bobrovich [et al.]. Bulletin of Michurinsky State Agrarian University, 2020, no. 4(63), pp. 30-35.

6. Kononova E.T., Guseva T.A., Belousova N.V. Color is earlier than taste. About food dyes and not only. St. Petersburg: Strata, 2019. 204 p.

7. Korenskaya I.M. Ivanovskaya I.P., Kolosova O.A. Biologically active substances that are part of medicinal plant raw materials. Voronezh: Publishing House of Voronezh GU. 2016. 66 p.

8. Kostenko M.O. Deineka L.A. Deineka L.A. Encapsulation of anthocyanins of black elderberry fruits by spray drying. Fine chemical technologies, 2016, no. 3, pp. 58-63.

9. New promising rootstock forms of the Michurinsky GAU apple tree. N.L. Churikova, R.V. Papikhin, A.V. Kruzikov [et al.]. Agrotechnological processes in the framework of import substitution: Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of the Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Yu.G. Skripnikova, Michurinsk, October 25–27, 2016. Michurinsk: BIS Limited Liability Company, 2016, pp. 221-225.

10. Virgin cherry as a source of biologically active substances. I.V. Mikhailova [et al.]. Orenburg Medical Bulletin, 2020, no. 3, pp. 40-45.

11. Shoeva O.Y. Anthocyanins-secrets of color [Electronic resource]. Chemistry and life, 2013, no. 1, access mode: <https://elementy.ru>.

12. The analysis of the suitability of using waste from the production of planting material for apple trees to acquire natural anthocyanin dyes. Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, N.L. Churikova [et al.]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. Michurinsk, 2021, pp. 012143.

Информация об авторах

З.Н. Тарова – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

М.Л. Дубровский – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур;

А.В. Соловьев – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия;

Е.В. Пальчиков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Information about the authors

Z.N. Tarova – Candidate of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology;

M.L. Dubrovsky – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture, Biotechnology and Crop Breeding;

A.V. Solovyov – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking;

E.V. Palchikov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology.