

УДК 581.19 + 634.7

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ РЯДА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЛОДАХ КИВИ

© Л.Я. Айба¹, Н.Б. Платонова², О.Г. Белоус^{2*}

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии, ул. Гулия, 22, Сухум, 384900, Республика Абхазия

² ФИЦ Субтропический научный центр РАН, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, 354002, Сочи, Россия, oksana191962@mail.ru

Рассмотрено содержание биологически активных веществ в новых перспективных сортах киви селекции Научно-исследовательского института сельского хозяйства Академии наук Абхазии. Использован спектрофотометрический метод определения биологически активных веществ (антоцианов, фотосинтетических пигментов, полифенолов), который основан на определении оптической плотности раствора анализируемых веществ при определенных длинах волн. Целью является анализ сортовой спецификации плодов киви по накоплению в них таких биологически активных веществ, как пигменты (антоцианы, хлорофилл и каротиноиды) и полифенолы. Количественно определено в плодах пять основных групп антоцианов, причем существенное превышение количества этого класса пигментов отмечено у сорта Победитель (сумма антоцианов – 375.46 мг/100 г при 122.85–170.01 мг/100 г у остальных сортов; HSP05 = 9.34). Преобладающей группой антоциановых пигментов в плодах киви является пеларгонидин-3-глюкозид, содержание которого у сортов находится в пределах 26.43 мг/100 г (сорт Слава) – 79.00 мг/100 г (сорт Победитель). Определено содержание хлорофиллов и каротиноидов, большее количество которых накапливается в плодах сортов Отхара (1.58 мг/100 г хлорофилла и 0.37 мг/100 г каротиноидов) и Гулрипшский (1.58 и 0.23 мг/100 г соответственно). Установлено количество синтезируемых в плодах полифенолов. Сорта Победитель и Гулрипшский наиболее богаты фенольными компонентами (1576.5–1582.6 мг/100 г). Данные биохимических анализов показали перспективность трех новых голоплодных золотистых сортов: Победитель, Гулрипшский и Отхара. Полученные результаты будут использованы в дальнейшей селекционной работе по получению сортов, наиболее богатых биологически активными веществами антиоксидантного характера и представляющих несомненный интерес для потребителя.

Ключевые слова: киви, сорта, сумма полифенолов, антоцианы, хлорофилл, каротиноиды, антиоксиданты.

Для цитирования: Айба Л.Я., Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Сравнительная характеристика содержания ряда биологически активных веществ в плодах киви // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 156–161. DOI: 10.14258/jcprm.20240112514.

Введение

Субтропические плодовые культуры являются ценным поставщиком большого спектра биологически активных веществ (углеводов, витаминов, аминокислот, полифенолов и т.д.), характеризующихся антиоксидантной активностью [1–4]. В связи с этим потребление свежих плодов субтропических культур должно быть равномерным в течение года. И это возможно, учитывая субтропические районы черноморского побережья России и Республики Абхазия, на территории которых сконцентрировано выращивание таких субтропических культур, как цитрусовые, хурма, фейхоа, киви и др. Плоды *Actinidia deliciosa* A. Chev. (актинидия деликатесная, киви) являются настоящими кладовыми антиоксидантов. К тому же они имеют преимущества перед плодами других субтропических культур, так как позволяют проводить их сбор поздней осенью (ноябрь) и потребление плодов киви растягивается вплоть до весны [4, 5]. Несмотря на большую популярность плодов киви у потребителя, наличие опушенности часто воспринимается негативно. В Республике Абхазия культура киви появилась в 1990 г., именно тогда Л.Я. Айба интродуцировал из генофонда Крымской опытной станции (Краснодарский край, Россия) в республику мужские (Матуга, Тамури, Клон Альфа) и женские (Хэйворд, Аббот, Монти, Бруно и Аллисон) сорта [6, 7]. Начиная с 2003 г. в НИИСХ проводятся исследования по получению сортов актинидии сладкой, отличающихся меньшей опушенностью

* Автор, с которым следует вести переписку.

плодов или полным ее отсутствием [3], что позволило уже к 2016 г. отобрать несколько голоплодных сортов (Апсны, Победитель, Гулрипшский, Отхара, Слава). Сейчас на базе НИИСХ АНА (Сухум, Республика Абхазия) имеется коллекция не только интродуцированных, но и селекционных сортов *Actinidia deliciosa*, изучаются формы шпалер, схемы посадки, формирование кроны, оптимальные сроки уборки урожая и т.д. [8].

В данном аспекте изучение биохимического состава плодов имеет несомненное значение, так как позволяет не только проводить направленную селекцию, но и определять условия выращивания, при которых накопление биологически активных веществ в плодах киви будет максимальным. В этой связи целью исследований, изложенных в данной статье, является анализ сортовой спецификации плодов киви по накоплению в них таких биологически активных веществ, как пигменты (антоцианы, хлорофилл и каротиноиды) и полифенолы.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Объектами исследований являются плоды перспективных голоплодных сортов киви, выращиваемые на коллекционной плантации НИИСХ АНА в Гулрипшском районе Республики Абхазия: Победитель, Отхара, Апсны, Гулрипшский и Слава. Все сорта являются результатом селекционной работы НИИСХ АНА (Айба Л.Я.), отбор шел на голоплодность и желтую окраску мякоти. По свидетельству ряда ученых, плоды золотистых сортов (мякоть имеет желтую окраску) обладают более сладким, так называемым тропическим вкусом [9–15].

Лабораторные анализы плодов выполнены на базе отдела физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН. Повторность лабораторных и биологических анализов трехкратная.

Суммарное содержание полифенолов определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу в качестве группового реагента [16]. Метод основан на образовании вольфрамовой сини, которая имеет полосу поглощения с максимумом 765 нм.

Содержание хлорофилла и каротиноидов определяли методом Шлыка [17] по спектрам поглощения (длины волн для хлорофилла а – 662 нм, хлорофилла b – 644 нм, суммы каротиноидов – 440.5 нм), снятым на спектрофотометре ПЭ-5400ви (Россия) с использованием расчетных формул Смита и Бенитеза (при экстрагировании 96%-м этанолом).

Количество и состав антоцианов – спектрофотометрически, в 1%-ном солянокислом водном экстракте, для внесения поправок на содержание зеленых пигментов определяли оптическую плотность полученных экстрактов при длине волны 657 нм. Содержание антоцианов рассчитывали по цианидин-3,5-дигликозиду [18].

Статистический анализ результатов исследований проведен с применением пакета статистических программ STATGRAPHICS Centurion XV и математического пакета программ MS Excel с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Отличия при $p < 0.05$ считались статистически значимыми.

Обсуждение результатов

Как известно, важным показателем пищевой и биологической ценности плодов является содержание в них таких биологически активных веществ, как антоцианы, каротиноиды, полифенолы. Данные соединения представляют интерес с позиции их антиоксидантной активности, участия во многих метаболических процессах, в том числе в регуляции ферментных систем организма [19–22].

Одним из ценных соединений являются флавоноидные пигменты, а именно антоцианы, представляющие собой растительные гликозиды, выполняющие защитные функции в растении и при этом обладающие высокой антиоксидантной активностью в организме человека [23–26].

Нами в плодах киви определено пять антоцианов: пеларгонидин (Pg), пеонидин (Pn), цианидин (Cy), мальвидин (Mv) и дельфинидин (Dp). Содержание этих групп равно в плодах и составляет от 19 до 22% от суммарного количества всех антоцианов (рис. 1), но несколько преобладает пеларгонидин. Больше всего антоцианов синтезируется в плодах сорта Победитель (от 72.7 мг/100 г до 79.0 мг/100 г), количество этих пигментов в сорте в 2–3 раза выше, чем в плодах остальных сортов ($НСР_{05} = 9.34$).

Помимо антоцианов антиоксидантной активностью обладают каротиноиды, что и обуславливает их значимость в плодах [25–27]. В голоплодных сортах киви количество каротиноидов варьирует от 0.191 мг/100 г плодов до 0.416 мг/100 г (рис. 2). Больше всего каротиноидных пигментов накапливается в плодах сортов Гулрипшский и Отхара, причем отличия в содержании каротиноидов от других сортов существенно ($НСР_{05} = 0.11$).

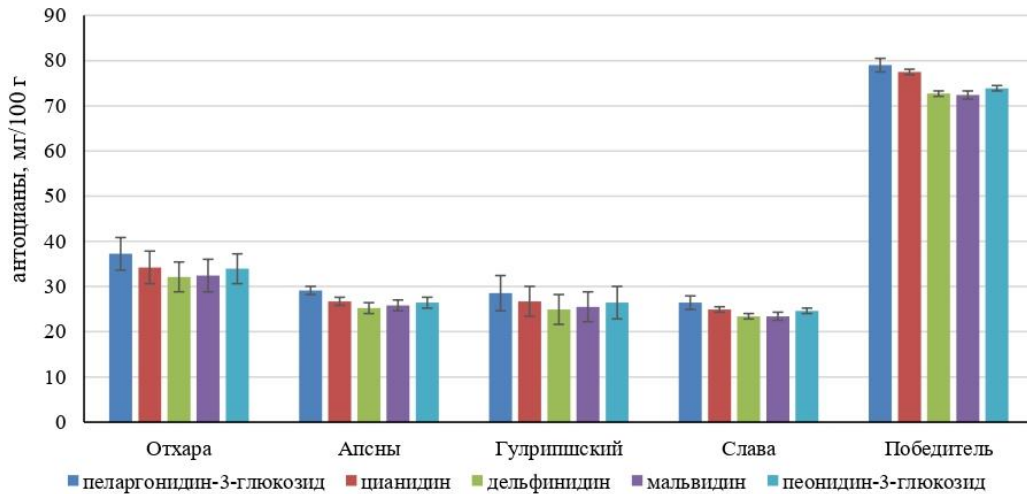


Рис. 1. Содержание антоцианов в плодах киви, НСР05 = 9.34

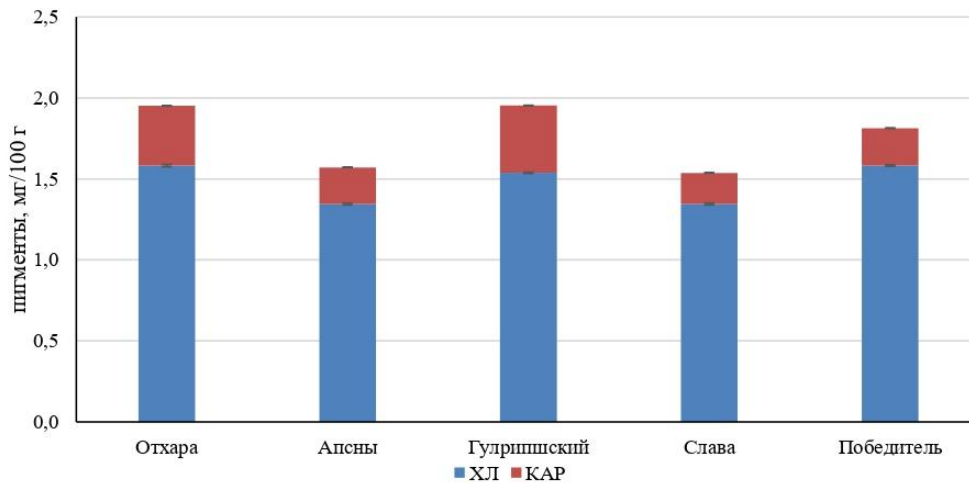


Рис. 2. Содержание пигментов в плодах киви, НСР05 = 0.03 (ХЛ) и 0.11 (КАР)

Содержание хлорофилла в плодах киви голоплодных золотистых сортов невысоко по сравнению с зеленоплодными сортами (28.80 мг/100 г в плодах сорта Хейворд [1, 3] и практически одинаково (78–87% от суммы всех фотосинтетических пигментов), однако несколько большее их количество приходится на плоды сортов Отхара (1.582 мг/100 г), Гулрипшский (1.538 мг/100 г) и Победитель (1.582 мг/100 г).

Еще одна важная группа веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, это полифенолы [22, 28]. В исследованных нами плодах содержится достаточно высокое количество полифенолов – от 951.9 до 1576.5 мг/100 г плодов (рис. 3). При этом существенно выше накопление полифенолов в плодах сортов Гулрипшский и Победитель (НСР05 = 241.6), количество фенолов в них в 1.1–1.6 раза выше, чем в остальных сортах.

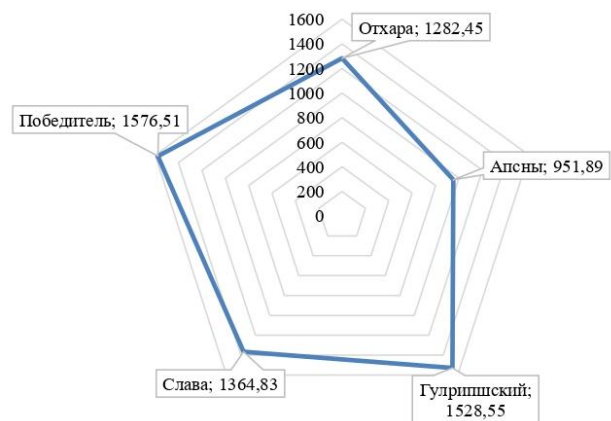


Рис. 3. Содержание общих полифенолов в плодах киви, НСР05 = 241.6

Выводы

1. В голоплодных золотистых сортах киви определены следующие антоцианы: пеларгонидин (Pg), пеонидин (Pn), цианидин (Cy), мальвидин (Mv) и дельфинидин (Dp). Преобладающим антоцианом является пеларгонидин. Больше всего антоцианов синтезируется в плодах сорта Победитель (от 72.7 мг/100 г до 79.0 мг/100 г).

2. Количество каротиноидов в плодах киви варьирует от 0.191 мг/100 г до 0.416 мг/100 г. Больше всего каротиноидных пигментов накапливается в плодах сортов Гулрипшский (0.416 мг/100 г) и Отхара (0.369 мг/100 г).

3. Наиболее богаты полифенолами плоды таких сортов, как Гулрипшский (1528.6 мг/100 г) и Победитель (1576.5 мг/100 г).

4. Таким образом, можно отметить три наиболее значимых в пищевом плане сорта голоплодных золотистых киви – Победитель, Гулрипшский и Отхара, которые отличаются большим количеством разных групп антиоксидантов. Данные сорта можно использовать в дальнейшей селекции на качество плодов, отличающихся высокой пищевой значимостью.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Научно-исследовательского института сельского хозяйства Академии наук Абхазии и государственного задания Федерального исследовательского центра Субтропического научного центра Российской академии наук № FGRW-2022-0012.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Prata G., Souza K., Lopes M., Aragão F., Oliveira L., Alves R., Silva S. Nutritional Characterization, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Brazilian Roses (*Rosa* spp) // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017. Vol. 19. Pp. 929–941.
2. Lopes M.M.A., Miranda M.R.A., Moura C.F.H., Enéas-Filho J. Bioactive Compounds and Total Antioxidant Capacity of Cashew Apples (*Anacardium occidentale* L.) during the Ripening of Early Dwarf Cashew Clones // *Ciênc. Agrotec.* 2012. Vol. 36. Pp. 325–332.
3. Matsumoto H., Nakamura Y., Hirayama M., Yoshiki Y., Okubo K. Antioxidant activity of black currant anthocyanin aglycons and their glycosides measured by chemiluminescence in a neutral pH region and in human plasma // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002. Vol. 50, no. 18. Pp. 5034–5037. DOI: 10.1021/jf020292i.
4. Айба Л.Я., Абиляфазова Ю.С., Белоус О.Г. Изменение биохимических компонентов в плодах киви в связи с периодом их сбора // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2021. Т. 7 (73), №1. С. 3–13.
5. Клемешова К.В. Биохимическая оценка плодов киви // *Субтропическое и южное садоводство России*. 2009. С. 374–377.
6. Айба Л.Я. Культура киви в Абхазии. Сухум, 2001. 74 с.
7. Айба Л.Я., Причко Т.Г., Вайнштейн Л.А. Киви – ценная субтропическая культура // *Современные аспекты теории и практики хранения и переработки плодово-ягодной продукции: сб. науч. тр. Краснодар, 2005. С. 109–113.*
8. Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В. Проблемные аспекты в технологии возделывания актинидии сладкой (киви) в субтропиках России // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2011. №44. С. 143–147.
9. Nishiyama I.I. Fruits of the actinidia genus // *Adv. Food Nutr. Res.* 2007. Vol. 52. Pp. 293–324.
10. Абиляфазова Ю.С., Айба Л.Я. Биохимический состав новых голоплодных сортов актинидии сладкой (киви) селекции Института сельского хозяйства АН Абхазии // *Вестник АН Абхазии «Естественные науки»*. 2018. №8. С. 107–112.
11. Hunter D.C., Skinner M.A., Wolber F.M., Booth C.L., Loh J.M.S., Wohlers M., Stevenson L.M., Kruger M.C. Consumption of gold kiwifruit reduces severity and duration of selected upper respiratory tract infection symptoms and increases plasma vitamin C concentration in healthy older adults // *Br. J. Nutr.* 2011. Vol. 108, no. 7. Pp. 1235–1245. DOI: 10.1017/S0007114511006659.
12. Beck K., Conlon C.A., Kruger R., Coad J., Stonehouse W. Gold kiwifruit consumed with an iron-fortified breakfast cereal meal improves iron status in women with low iron stores: a 16-week randomized controlled trial // *Br. J. Nutr.* 2010. Vol. 105, no. 1. Pp. 101–109. DOI: 10.1017/S0007114510003144.
13. Santoni F., Barboni T., Paolini Ju., Costa J. Influence of Cultivation Parameters on the Mineral Composition of Kiwi Fruit from Corsica // *Chemistry & Biodiversity*. 2016. Vol. 13, no. 6. Pp. 748–754. DOI: 10.1002/cbdv.201500236.
14. Clinch P.G. Kiwi-fruit (*Actinidia chinensis* cultivar Hayward) pollination by honey bees (*Apis mellifera*): 1. Tauranga observations, 1978–1981 // *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 1984. Vol. 12, no. 1. Pp. 29–38.
15. Pokhrel S., Raut N., Bhattarai D. Biochemical Analysis of Kiwifruit Grown in Nepal // *International Journal of Horticulture*. 2019. Vol. 9, no. 4. Pp. 23–30. DOI: 10.5376/ijh.2019.09.0004.

16. 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. С. 291–299. DOI: 10.14258/jcprtm.2021028250.
17. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. М., 1971. С. 154–170.
18. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Фролов Е.М. Оценка антиоксидантного статуса растений различных экологических групп Куршской косы // *Вестник Российского государственного университета им. И. Канта*. Сер. Естественные науки. 2010. №7. С. 77–83.
19. Fan-Chiang H.-J., Wrolstad R.E. Anthocyanin pigment composition of blackberries // *J. Food Sci.* 2005. Vol. 70. Pp. C198–C202. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07125.x.
20. Mazza G., Miniati E. *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*. Boca Raton, 1993. 362 p.
21. Meiers S., Kemeny M., Weyand U., Gastpar R., Angerer E., Marko D. The an-thiocyanides: cyanidin and delphinidin are potent inhibitors of the epidermal growth-factor receptor // *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49. Pp. 958–962. DOI: 10.1021/jf0009100.
22. Garzon G.A., Riedi K.M., Schwartz S.J. Determination of Anthocyanins, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity in Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth) // *J. Food Sci.* 2009. Vol. 74. Pp. 227–232.
23. Giusti M.M., Wrolstad R.E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy // *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001. Pp. F1.2.1–F1.2.13.
24. Clifford M.N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden // *J. Sci. Food Agric.* 2000. Vol. 80. Pp. 1063–1072. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q.
25. Delgado-Vargas F., Jiménez A.R., Paredes-López O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing and stability // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2000. Vol. 40. Pp. 173–289. DOI: 10.1080/10408690091189257.
26. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Федурев П.В., Полтавская Р.Л. Содержание антоциановых и каротиноидных пигментов в лекарственных растениях // *Вестник МГОУ*. 2013. №1. С. 1–14.
27. Delia B.R.-A. *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*. 1999. 64 p.
28. Song L., Wang X., Zheng X., Huang D. Polyphenolic Antioxidant Profiles of Yellow Camellia // *Food Chem.* 2011. Vol. 129. Pp. 351–357.

Поступила в редакцию 26 января 2023 г.

Принята к публикации 6 сентября 2023 г.

Ayba L.Ya.¹, Platonova N.B.², Belous O.G.^{2} COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE CONTENT OF A NUMBER OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN KIWI FRUITS*

¹ *Institute of agriculture of Academy of sciences of Abkhazia, Gulia st., 22, Sukhum, 384900, Republic of Abkhazia*

² *Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Yana Fabriciusa st., 2/28, Sochi, 354002, Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

The content of biologically active substances in new promising varieties of kiwi breeding of the Research Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of Abkhazia is considered. A spectrophotometric method for determining biologically active substances (anthocyanins, photosynthetic pigments, polyphenols) was used, which is based on determining the optical density of the solution of the analyzed substances at certain wavelengths. The aim is to analyze the varietal specification of kiwi fruits for the accumulation of biologically active substances such as pigments (anthocyanins, chlorophyll and carotenoids) and polyphenols in them. Five main groups of anthocyanins were quantified in fruits, and a significant excess of the amounts of this class of pigments was noted in the cv. Pobeditel (the amount of anthocyanins was 375.46 mg/100 g at 122.85–170.01 mg/100 g in the remaining varieties; LSD₀₅ = 9.34). The predominant group of anthocyanin pigments in kiwi fruits is pelargonidin-3-glucoside, the content of which in varieties is in the range of 26.43 mg/100 g (cv. Slava) – 79.00 mg/100 g (cv. Pobeditel). The content of chlorophylls and carotenoids was determined, the greater amount of which accumulates in the fruits of the cv. Otkhara (1.58 mg/100 g of chlorophyll and 0.37 mg/100 g of carotenoids) and cv. Gulripshsky (1.58 and 0.23 mg/100 g, respectively). The amount of polyphenols synthesized in fruits has been established. The cv. Pobeditel and cv. Gulripshsky are the most rich in phenolic components (1576.5–1582.6 mg/100 g). The data of biochemical analyses showed the prospects of three new golden varieties without pubescence: Pobeditel, Gulripshsky and Otkhara. The results obtained will be used in further breeding work to obtain varieties that are the richest in biologically active substances of an antioxidant nature, and are of undoubted interest to the consumer.

Keywords: kiwi, varieties, the sum of polyphenols, anthocyanins, chlorophyll, carotenoids, antioxidants.

For citing: Ayba L.Ya., Platonova N.B., Belous O.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 156–161. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprtm.20240112514.

* Corresponding author.

References

1. Prata G., Souza K., Lopes M., Aragão F., Oliveira L., Alves R., Silva S. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2017, vol. 19, pp. 929–941.
2. Lopes M.M.A., Miranda M.R.A., Moura C.F.H., Enéas-Filho J. *Ciênc. Agrotec.*, 2012, vol. 36, pp. 325–332.
3. Matsumoto H., Nakamura Y., Hirayama M., Yoshiki Y., Okubo K. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002, vol. 50, no. 18, pp. 5034–5037. DOI: 10.1021/jf020292i.
4. Ayba L.Ya., Abil'fazova Yu.S., Belous O.G. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernad'skogo. Biologiya. Khimiya*, 2021, vol. 7 (73), no. 1, pp. 3–13. (in Russ.).
5. Klemeshova K.V. *Subtropicheskoye i yuzhnoye sadovodstvo Rossii*, 2009, pp. 374–377. (in Russ.).
6. Ayba L.Ya. *Kul'tura kivi v Abkhazii*. [Kiwi culture in Abkhazia]. Sukhum, 2001, 74 p. (in Russ.).
7. Ayba L.Ya., Prichko T.G., Vaynshteyn L.A. *Sovremennyye aspekty teorii i praktiki khraneniya i pererabotki plodovoyagodnoy produktsii: sb. nauch. tr.* [Modern aspects of the theory and practice of storage and processing of fruit and berry products: a collection of scientific papers]. Krasnodar, 2005, pp. 109–113. (in Russ.).
8. Besedina T.D., Tutberidze Ts.V. *Subtropicheskoye i dekorativnoye sadovodstvo*, 2011, no. 44, pp. 143–147. (in Russ.).
9. Nishiyama I.I. *Adv. Food Nutr. Res.*, 2007, vol. 52, pp. 293–324.
10. Abil'fazova Yu.S., Ayba L.Ya. *Vestnik AN Abkhazii «Yestestvennyye nauki»*, 2018, no. 8, pp. 107–112. (in Russ.).
11. Hunter D.C., Skinner M.A., Wolber F.M., Booth C.L., Loh J.M.S., Wohlers M., Stevenson L.M., Kruger M.C. *Br. J. Nutr.*, 2011, vol. 108, no. 7, pp. 1235–1245. DOI: 10.1017/S0007114511006659.
12. Beck K., Conlon C.A., Kruger R., Coad J., Stonehouse W. *Br. J. Nutr.*, 2010, vol. 105, no. 1, pp. 101–109. DOI: 10.1017/S0007114510003144.
13. Santoni F., Barboni T., Paolini Ju., Costa J. *Chemistry & Biodiversity*, 2016, vol. 13, no. 6, pp. 748–754. DOI: 10.1002/cbdv.201500236.
14. Clinch P.G. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 1984, vol. 12, no. 1, pp. 29–38.
15. Pokhrel S., Raut N., Bhattarai D. *International Journal of Horticulture*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 23–30. DOI: 10.5376/ijh.2019.09.0004.
16. Nikolayeva T.N., Lapshin P.V., Zagorskina N.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 291–299. DOI: 10.14258/jcprm.2021028250. (in Russ.).
17. Shlyk A.A. *Biokhimicheskiye metody v fiziologii rasteniy*. [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow, 1971, pp. 154–170. (in Russ.).
18. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Frolov Ye.M. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta. Ser. Yestestvennyye nauki*, 2010, no. 7, pp. 77–83. (in Russ.).
19. Fan-Chiang H-J., Wrolstad R.E. *J. Food Sci.*, 2005, vol. 70, pp. C198–C202. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07125.x.
20. Mazza G., Miniati E. *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*. Boca Raton: CRC Press Inc., 1993, 362 p.
21. Meiers S., Kemeny M., Weyand U., Gastpar R., Angerer E., Marko D. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, vol. 49, pp. 958–962. DOI: 10.1021/jf0009100.
22. Garzon G.A., Riedi K.M., Schwartz S.J. *J. Food Sci.*, 2009, vol. 74, pp. 227–232.
23. Giusti M.M., Wrolstad R.E. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001, pp. F1.2.1–F1.2.13.
24. Clifford M.N. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, vol. 80, pp. 1063–1072. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q.
25. Delgado-Vargas F., Jiménez A.R., Paredes-López O. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2000, vol. 40, pp. 173–289. DOI: 10.1080/10408690091189257.
26. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Fedurayev P.V., Poltavskaya R.L. *Vestnik MGOU*, 2013, no. 1, pp. 1–14. (in Russ.).
27. Delia B.R.-A. *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*, 1999. 64 p.
28. Song L., Wang X., Zheng X., Huang D. *Food Chem.*, 2011, vol. 129, pp. 351–357.

Received January 26, 2023

Accepted September 6, 2023

Сведения об авторах

Айба Лесик Янкович – доктор сельскохозяйственных наук, академик, директор, kivi_50@mail.ru

Платонова Наталья Борисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биосинтетических процессов преобразования растительного сырья, natali1875@bk.ru

Белус Оксана Геннадьевна – доктор биологических наук, доцент, заведующая отделом физиологии и биохимии растений, oksana191962@mail.ru

Information about authors

Aiba Lesik Yankovic – Doctor of Agricultural Sciences, Academician, Director, kivi_50@mail.ru

Platonova Natalia Borisovna – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory of Biosynthetic Processes for Converting Plant Raw Materials, natali1875@bk.ru

Belous Oksana Gennadievna – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Plants, oksana191962@mail.ru