

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья
УДК 634.72:631.526:581.192
DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-25-37



Нутриентный состав ягод перспективных сортов и элитных сеянцев представителей рода *Ribes* L.

М. Ю. Акимов, Е. В. Жбанова, Т. В. Жидехина, А. М. Миронов, О. С. Родюкова

Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Екатерина Викторовна Жбанова, shbanovak@yandex.ru

Актуальность. Ягоды смородины черной и красной – высоковитаминный диетический продукт, а также ценное сырье для производства продуктов здорового питания.

Материалы и методы. Исследовали ягоды перспективных сортов, элитных сеянцев (эл. с.) смородины черной и красной генетической коллекции Федерального научного центра имени И.В. Мичурина. Изучение химического состава и суммарного содержания антиоксидантов проводилось в период 2017–2022 гг. на приборно-аналитической базе лаборатории биохимии и пищевых технологий согласно стандартным методам.

Результаты и выводы. Ягоды изученных генотипов смородины черной накапливали 16,3% Brix растворимых сухих веществ, 10,0% сахаров, 2,47% органических кислот, 117,3 мг/100 г витамина С, 201,4 мг/100 г антоцианов. Сорт черной смородины 'Аксинья' отличался наилучшими показателями химического состава (среднее многолетнее содержание сахаров – 13,3%, органических кислот – 1,97%, витамина С – 156,7 мг/100 г, антоцианов – 257,4 мг/100 г) и высокой антиоксидантной ценностью ягод (92,4 мг/100 г галловой кислоты). Ягоды смородины красной содержали 12,0% Brix растворимых сухих веществ, 7,7% сахаров, 1,69% органических кислот, 34,0 мг/100 г витамина С, 57,3 мг/100 г антоцианов. Среди изученных генотипов красной смородины представляют интерес сорт 'Газель' и эл. с. 30-7-58, содержащие в ягодах более 40 мг/100 г витамина С, а также эл. с. 27-13-42, содержащий более 100 мг/100 г антоцианов и отличающийся высокой антиоксидантной активностью (45,7 мг/100 г галловой кислоты). Выделенные источники рекомендуются для свежего потребления, производства продуктов функционального назначения и дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: смородина черная, смородина красная, генетическая коллекция, химический состав, биологически активные вещества, аскорбиновая кислота, антоцианы, антиоксидантная активность

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке проекта Министерства науки и образования России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Акимов М.Ю., Жбанова Е.В., Жидехина Т.В., Миронов А.М., Родюкова О.С. Нутриентный состав ягод перспективных сортов и элитных сеянцев представителей рода *Ribes* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(2):25-37. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-25-37

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-25-37

Nutrient composition in berries of promising cultivars and elite seedlings of *Ribes* L.

Mikhail Yu. Akimov, Ekaterina V. Zhbanova, Tatiana V. Zhidekhina, Aleksey M. Mironov, Olga S. Rodyukova

I.V. Michurin Federal Science Center, Michurinsk, Russia

Corresponding author: Ekaterina V. Zhbanova, shbanovak@yandex.ru

Background. Black and red currant berries are high-vitamin dietary products and important raw materials for healthy food production.

Materials and methods. Berries collected from promising cultivars and elite seedlings of black and red currant from the genetic collection of the I.V. Michurin Federal Science Center were analyzed. Chemical composition and total antioxidants were assessed in 2017–2022 with analytical instruments at the Biochemistry and Food Technology Laboratory according to standard techniques.

Results and discussion. Berries of the studied black currant genotypes accumulated 16.3% Brix of soluble solids, 10.0% of sugars, 2.47% of organic acids, 117.3 mg/100 g of vitamin C, and 201.4 mg/100 g of anthocyanins. Black currant cv. 'Aksinya' was the best in chemical composition (the long-term average sugar content was 13.3%, organic acids amounted to 1.97%, vitamin C to 156.7 mg/100 g, and anthocyanins to 257.4 mg/100 g) and manifested high antioxidant properties (92.4 mg/100 g of gallic acid). Red currant berries contained 12.0% Brix of soluble solids, 7.7% of sugars, 1.69% of organic acids, 34.0 mg/100 g of vitamin C, and 57.3 mg/100 g of anthocyanins. Red currant cv. 'Gazel' and elite seedling 30-7-58 were identified for more than 40 mg/100 g of vitamin C in their berries, while elite seedling 27-13-42 had the highest amount of anthocyanins (above 100 mg/100 g) and high antioxidant properties (45.7 mg/100 g of gallic acid). The identified sources are recommended for fresh consumption, functional food production, and further breeding efforts.

Keywords: black currant, red currant, genetic collection, chemical composition, bioactive compounds, ascorbic acid; anthocyanins, antioxidant activity

Acknowledgements: this work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in the framework of the project entitled "National network collection of plant genetic resources for effective scientific and technological development of the Russian Federation in the sphere of genetic technologies", Agreement No. 075-15-2021-1050 dated Sept. 28, 2021.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Akimov M.Yu., Zhbanova E.V., Zhidekhina T.V., Mironov A.M., Rodyukova O.S. Nutrient composition in berries of promising cultivars and elite seedlings of *Ribes* L. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(2):25-37. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-25-37

Введение

В настоящее время у населения РФ наблюдается повышенный интерес к плодовым и ягодным культурам, богатым биологически активными соединениями (Zhbanova et al., 2021; Akimov et al., 2022). Среди ягодных культур представители рода *Ribes* L. (смородина черная и смородина красная) занимают второе место в предпочтениях потребителей после садовой земляники (Djordjević et al., 2014). Мировой сортимент смородины черной насчитывает около 1200 сортов, смородины красной – более 200 сортов (Sedov, 2009). В 2022 г. в России в Госреестр селекционных достижений включены и допущены к возделыванию 218 сортов смородины черной и 42 сорта смородины красной (State Register..., 2022).

В модели современного сорта смородины черной учтены требования по химическому составу: содержание растворимых сухих веществ – более 20%, сахаров – более 10%, органических кислот – менее 3%, аскорбиновой кислоты – (в зависимости от массы ягоды) от 150 (2,0 г) до 200 мг/100 г (1,5 г) и выше, Р-активных веществ – более 700 мг/100 г. По смородине красной поставлена задача выведения сортов с плодами, содержащими растворимых сухих веществ более 12%, органических кислот – в пределах 2,5%, Р-активных веществ – более 500 мг/100 г, аскорбиновой кислоты – более 60 мг/100 г (Makarkina, Yanchuk, 2014).

Исследования химического состава ягод смородины черной и красной проводятся в различных регионах РФ. На юге России (Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар) выделены ценные источники высокого содержания: витамина С – сорта 'Муравушка', 'Нара' (смородина черная), 'Вика', 'Дар Орла' (смородина красная); антоцианов – 'Муравушка', 'Перун' (смородина черная), 'Ася', 'Вика' (смородина красная) (Prichko et al., 2017). Проведенные в Белгородской области (Shaposhnik et al., 2011) исследования антоцианового комплекса смородины черной показали, что для российских сортов средний уровень их содержания в плодах составляет 182 мг/100 г при довольно большом разбросе по сортам. Изучение биофлавоноидного состава плодов смородины черной в условиях Северо-Запада России (Tikhonova, Shelenga, 2019) также выявило у всех исследованных сортов высокое содержание антоцианов (выше 200 мг/100 г). Во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур (г. Орел) выделены генотипы смородины красной с высоким содержанием витамина С (более 60 мг/100 г) – 'Мармеладница', 'Нива', 'Подарок Победителям', 'Селяночка', 'Устина' (Makarkina, Golyaeva, 2020). В условиях Приобья (Sorokopudov et al., 2021) в качестве генетических доноров и источников для дальнейшей селекционной работы выделены сорта смородины красной по следующим показателям: высокое содержание сахаров – 'Гранатовый браслет', 'Снежная Королева', 'Стройная Краса', 'Услада', витамина С – 'Ведерная'. В условиях лесостепной зоны Алтайского края (г. Барнаул) выделены сорта смородины черной – источники высокого содержания витамина С: 'Садко', 'Лентяй', 'Дачница', 'Любимица Бакчара', 'Черный Аист'; биофлавоноидов – 'Забава', 'Агата', 'Лама', 'Сокровище', 'Гармония'; комплекса биологически активных соединений – 'Лама', 'Любимица Бакчара', 'Агата', 'Гармония', 'Софья' (Ershova, 2019). Высокой С-витаминностью плодов (выше 200 мг/100 г) характеризуются сорта смородины черной селекции Якутского НИИСХ: 'Якутская', 'Эркээни', 'Хара Кыталык', 'Марючаана'

(Sorokopudov et al., 2018). Проведенные в ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» (г. Самара) исследования позволили выделить лучшие по химическому составу генотипы смородины черной: 'Брянский Агат', 'Лентяй'. Лучший результат по антиоксидантной активности, измеренной методом DPPH¹, показал сорт 'Черная Вуаль' (9,5 Ес50, мг/мл); по методу FRAP² – 'Мрия' (19,44 ммоль Fe²⁺/кг) (Makarova et al., 2015b). В ягодах смородины красной сорта 'Газель' накапливалось антоцианов 32,4 мг Cyd-3-glu на 100 г. Антиоксидантная активность, измеренная методом DPPH, составила 41,0 Ес50, мг/мл; методом FRAP – 13,68 ммоль Fe²⁺/кг (Makarova et al., 2015a). В ходе изучения метаболомного профиля смородины черной в условиях Северо-Запада РФ (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР») выделены ценные по нутриентному составу сорта: 'Маленький Принц', 'Добрый Джинн', 'Tisel', 'Орловский Вальс', 'Алеандр' (Shelenga et al., 2022).

По сообщению зарубежных исследователей (Borges et al., 2010), основные фенольные соединения, обнаруженные у *Ribes* spp., включают антоцианы, флавонолы, гликозиды флавонолов и фенольные кислоты. В работе Y. Tian с соавторами (Tian et al., 2019) наиболее высокие значения аскорбиновой кислоты (выше 200 мг/100 г) отмечены у сортов 'Tisel', 'Joniniai', 'Ben Tirran'. Финскими исследователями (Mattila et al., 2016) высокое содержание антоцианов обнаружено у сортов смородины черной 'Stella 2', 'Hietala', 'Osmo lan Musta'; смородины красной – 'Ri 241', 'Rubina'. По данным венгерских исследователей (Lugasi et al., 2011), содержание антоцианов в ягодах смородины черной у различных сортов изменялось в пределах 154–581 мг/100 г и составляло от 39 до 99% от общего количества полифенолов (в большинстве случаев – выше 60%). Ягоды смородины красной содержали от 31,4 до 51,5 мг/100 г антоцианов, что составляло от 17 до 44% от общего количества полифенолов.

По сравнению с другими ягодными культурами, смородина черная занимает лидирующие позиции по антиоксидантной активности, несколько уступая аронии, превосходя клюкву, чернику, калину, бруснику, малину, крыжовник, землянику, облепиху. Смородина черная и красная входят в список 100 продуктов с наибольшей антиоксидантной активностью (Yashin et al., 2019; Kowalski, Gonzalez de Mejia, 2021). Значения антиоксидантной активности их ягод, измеренные методом ORAC³, составили 7960 мкмоль ТЕ/100 г и 3387 мкмоль ТЕ/100 г соответственно. Как отмечают английские исследователи (Borges et al., 2010), вклад витамина С, антоцианов и других фенольных соединений в общую антиоксидантную способность смородины черной и красной заметно различается (табл. 1).

Одним из важнейших направлений селекции смородины в Федеральном научном центре (ФНЦ) имени И.В. Мичурина является выведение сортов с высоким качеством плодов, богатых биологически активными соединениями, пригодных для создания продукции функциональной направленности.

¹ DPPH – метод оценки антиоксидантной активности образцов по их способности восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил.

² FRAP (ferric reducing antioxidant power) – фотометрический метод определения антиоксидантов, основанный на восстановлении трипиридилтриазинового комплекса Fe (III) в Fe (II) комплекс.

³ ORAC – oxygen radical absorbance capacity (способность поглощения радикалов кислорода). Метод основан на измерении интенсивности флуоресценции определенного соединения и ее изменении от времени протекания реакции.

Таблица 1. Вклад (%) в антиоксидантную активность витамина С и различных групп фенолов, обнаруженных в плодах смородины черной и красной (по: Borges et al., 2010)**Table 1.** Contribution (%) of vitamin C and various phenolic groups found in black and red currant berries to their antioxidant activity (from Borges et al., 2010)

Культура / Сорт	Компонент, вклад (%) в антиоксидантную активность / Component, contribution (%) to the antioxidant activity				
	витамин С / vitamin C	антоцианы / anthocyanins	хлорогеновая кислота / chlorogenic acid	флавонолы / flavonols	неидентифи- цированные компоненты / unidentified components
Смородина черная	18	73	1	5	3
Смородина красная	47	21	5	4	23

Цель исследования состояла в комплексной оценке перспективных сортов и элитных сеянцев смородины черной и красной селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина по нутриентному составу и антиоксидантной ценности плодов для выявления лучших высоковитаминных форм.

Материалы и методы

Объектами исследования служили ягоды сортов и элитных сеянцев смородины черной и красной генетической коллекции ягодных культур ФНЦ имени И.В. Ми-

чурина (табл. 2). Для исследования были взяты новые сорта и элитные сеянцы (эл. с.) смородины черной ('Аксинья', 'Амирани', 'Деметра', эл. с. 19-2-16, эл. с. 23-2-42) и красной (эл. с. 27-13-42, эл. с. 34-4-30, эл. с. 30-7-58) селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина в сравнении с ранее выведенными сортами, получившими широкое распространение: 'Зеленая Дымка', 'Тамерлан', 'Шалунья' (смородина черная), 'Баяна', 'Газель' (смородина красная).

Изучение химического состава проводили в период 2017–2022 гг. на приборно-аналитической базе лаборатории биохимии и пищевых технологий центра. Сoder-

Таблица 2. Анализируемые сорта и элитные сеянцы (эл. с.) смородины черной и красной генетической коллекции ФНЦ имени И.В. Мичурина**Table 2.** The analyzed black and red currant cultivars and elite seedlings from the genetic collection of the I.V. Michurin Federal Science Center

Сорт, элитный сеянец / Cultivar, elite seedling	Генетическое происхождение / Genetic origin		Оригинатор / Originator
смородина черная			
‘Аксинья’	‘Фея Ночи’, св. оп.	ЕСД*	ФНЦ имени И.В. Мичурина
‘Амирани’	‘Titania’ × 974-35-4	ЕСЕ _{ск} У _с К _л	ФНЦ имени И.В. Мичурина
‘Деметра’	‘Любава’ × ‘Диковинка’	ЕСДЕ _{ск}	ФНЦ имени И.В. Мичурина
‘Зеленая Дымка’	‘Минай Шмырев’ × ‘Brødrtorp’	ЕСДЕ _{ск}	ФНЦ имени И.В. Мичурина
‘Тамерлан’	‘Öjebun’ × ‘Черный Жемчуг’	ЕСДЕ _{ск}	ФНЦ имени И.В. Мичурина
‘Шалунья’	‘Детскосельская’ × ‘Диковинка’	ЕСД	ФНЦ имени И.В. Мичурина
эл. с. 19-2-16	‘Titania’ × 22-43-75	ЕСДЕ _{ск} У _с	ФНЦ имени И.В. Мичурина
эл. с. 23-2-42	‘Маленький Принц’ × ‘Зе- леная Дымка’	ЕСДЕ _{ск}	ФНЦ имени И.В. Мичурина
смородина красная			
‘Баяна’	‘Rote Spatlese’ × ‘Red Lake’		ВНИИСПК
‘Газель’	‘Чулковская’ × ‘Maarses Prominent’		ВНИИСПК
эл. с. 27-13-42	‘Jonker van Tets’, св. оп.		ФНЦ имени И.В. Мичурина
эл. с. 34-4-30	‘Дарница’, св. оп.		ФНЦ имени И.В. Мичурина
эл. с. 30-7-58	‘Виксне’, св. оп.		ФНЦ имени И.В. Мичурина

Примечание / Note: *Е – *Ribes nigrum* subsp. *europaeum* Jancz.; С – *R. nigrum* subsp. *sibiricum* Wulf.; Д – *R. dikuscha* Fisch.; Е_{СК} – *R. nigrum* subsp. *scandinavicum* (nom. nud.); У_с – *R. ussuriensis* Jancz.; К_л – *R. glutinosum* Benth.

жание растворимых сухих веществ оценивали рефрактометрическим методом (рефрактометр RX-5000i, Atago, Япония) (GOST ISO 2173-2013..., 2013); сахаров – по методу Бертрана (GOST 8756.13-87..., 1987). Титруемую кислотность определяли титрованием 0,1N-раствором NaOH с пересчетом на яблочную кислоту (коэффициент пересчета – 0,0067 г/см³) (GOST ISO 750-2013..., 2013). Аскорбиновую кислоту (йодометрический метод) экстрагировали с использованием 1% щавелевой и 1% соляной кислот, далее проводили титрование йодатом калия (KJO₃) в кислой среде в присутствии йодида калия (KI) (Golubkina et al., 2020). Титрование образцов осуществлялось с применением автоматического титратора G20S серии Titration Compact (Mettler Toledo, Швейцария). Суммарное содержание антоцианов определяли методом pH-дифференциальной спектрофотометрии (СФ Genesys 10S Uv-Vis, США). В расчетах использовался молярный коэффициент экстинкции (ε) Суд-3-glu, равный 26900 дм³ моль⁻¹ см⁻¹, и его молекулярная масса – 449,2 г/моль (R 4.1.1672-03..., 2004). Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) определяли амперометриче-

ским методом (жидкостный хроматограф «Цвет-Яуза 01-АА», «Химавтоматика», РФ), пересчет по галловой кислоте (GOST R 54037-2010..., 2010). Образцы плодов отбирались в период массового созревания. Все данные приведены из расчета на сырой вес плодов. Полученные результаты обработаны статистическими методами с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Смородина черная

Значения описательного статистического анализа для каждого из биохимических признаков приведены в таблице 3. Плоды изученных генотипов смородины черной накапливали в среднем 16,3 ± 0,8% Brix растворимых сухих веществ, 10,0 ± 0,6% суммы сахаров, 2,47 ± 0,13% органических кислот, 117,3 ± 11,5 мг/100 г аскорбиновой кислоты, 201,4 ± 11,6 мг/100 г антоцианов. Средняя арифметическая величина (M) по содержанию сахаров совпадала с медианой (Md). По остальным биохи-

Таблица 3. Статистические параметры показателей химического состава плодов смородины черной и красной (2017–2022 гг., Мичуринск)

Table 3. Statistical parameters of the chemical composition indicators for black currant and red currant berries (2017–2022, Michurinsk)

Показатель / Indicator	Описательная статистика / Descriptive statistics						
	среднее, M / mean, M	стандартная ошибка, m / standard error, m	минимум / minimum	максимум / maximum	амплитуда, Am / amplitude, A	медиана, Md / median, Md	стандартное отклонение, Sd / standard deviation, Sd
смородина черная							
растворимые сухие вещества, % Brix	16,3	0,8	13,1	19,9	6,8	16,2	2,2
сумма сахаров, %	10,0	0,6	7,4	13,3	5,9	10,0	1,8
титруемая кислотность, %	2,47	0,13	1,97	3,22	1,25	2,45	0,37
сахар/кислота	4,3	0,5	2,7	7,1	4,4	4,1	1,9
pH	2,74	0,04	2,60	2,96	0,36	2,72	0,11
витамин С, мг/100 г	117,3	11,5	63,6	160,7	97,1	120,4	32,5
антоцианы, мг/100 г	201,4	11,6	149,2	257,4	108,2	198,3	32,9
смородина красная							
растворимые сухие вещества, % Brix	12,0	0,3	11,2	12,8	1,6	12,0	0,7
сумма сахаров, %	7,7	0,3	6,7	8,4	1,7	7,9	0,6
титруемая кислотность, %	1,69	0,19	1,15	2,19	1,04	1,73	0,42
сахар/кислота	4,9	0,8	3,3	7,4	4,1	4,4	1,7
pH	2,85	0,05	2,68	2,94	0,26	2,86	0,11
витамин С, мг/100 г	34,0	4,8	19,4	46,5	27,1	33,7	10,7
антоцианы, мг/100 г	57,3	26,6	22,4	109,6	87,2	40,0	46,1

мическим признакам медиана близка к средней арифметической величине, что указывает на нормальное распределение.

Содержание растворимых сухих веществ в ягодах смородины черной заметно изменялось в зависимости от сортообразца (табл. 4). Самый высокий уровень был определен у сорта 'Аксинья' (среднее многолетнее – 19,9% Brix), самый низкий – у эл. с. 23-2-42 (13,1% Brix). В 2022 г. у сорта 'Деметра' уровень содержания растворимых сухих веществ поднимался до 20,3% Brix; в 2021 г. у эл. с. 23-2-42 опускался до 11,0%. Наибольшим содержанием сахаров характеризовались сорта 'Аксинья' (среднее многолетнее – 13,3%), 'Зеленая Дымка' (11,1%), 'Деметра' (10,6%), 'Шалунья' (10,1%). Эти сорта соответствовали модельным параметрам (> 10%) по данному признаку.

Максимальное за годы исследования количество сахаров отмечено у сорта 'Аксинья' в 2022 г. (15,8%), минимальное – у эл. с. 23-2-42 в 2021 г. (6,2%).

Показатель pH важен при общей биохимической характеристике плодов исследуемых генотипов, а также для контроля над происходящими изменениями в сырье в процессе переработки. Показатель pH сока из пульпы плодов смородины черной варьировал в небольших пределах: наиболее высокое значение отмечено у сорта 'Аксинья' (2,96), низкое – у эл. с. 19-2-16 (2,60).

Черная смородина – культура, характеризующаяся, как правило, высоким содержанием органических кислот. Заданным параметрам модели по кислотности плодов (< 3%) соответствовали семь из восьми исследованных образцов. Довольно высоким (выше 3,0% по средним многолетним данным) содержанием кислот отличался сорт 'Амирани'. Сорта 'Аксинья', 'Зеленая Дымка' и 'Шалунья' выделялись наименьшей кислотностью плодов (1,97%; 2,22%; 2,24% соответственно). У этих сортов отмечался и наибольший сахарокислотный индекс.

Ягоды смородины черной могут вносить существенный вклад в обеспечение организма человека витаминами С и Р (биофлавоноидами). С-витаминность плодов у исследованных образцов варьировала по средним многолетним данным в пределах 63,6–160,7 мг/100 г, амплитуда – 97,1 мг/100 г. Минимальное содержание витамина С отмечено в 2020 г. у эл. с. 19-2-16 (56,3 мг/100 г), максимальное – в 2021 г. у сорта 'Зеленая Дымка' (216,0 мг/100 г). В качестве лучшего по содержанию аскорбиновой кислоты выделен сорт 'Зеленая Дымка'. Сорта 'Аксинья' и 'Зеленая Дымка' соответствовали параметрам модели по содержанию витамина С (> 150 мг/100 г).

Вегетационный период (апрель – июль) 2022 г. характеризовался большим количеством осадков (Σ осадков – 233,5 мм), высокой температурой воздуха ($\Sigma t \geq 10^\circ\text{C}$ – 1834,6 $^\circ\text{C}$) и довольно высоким ГТК (1,3) (рис. 1, 2). Обращает внимание, что погодноклиматические условия 2022 г. способствовали более позднему созреванию ягод на 10–14 дней. В 2020 г. суммарное количество выпавших осадков за вегетационный период (апрель – июль) было ниже и составило 159,6 мм, сумма активных температур (+10 $^\circ\text{C}$ и выше) – 1467,12 $^\circ\text{C}$, ГТК – 1,0.

На рисунке 3 показана изменчивость содержания витамина С в плодах смородины черной и красной в течение шести лет исследования. Отмечено более низкое накопление витамина С в 2019 и 2020 г., высокое – в 2022 г.

Исходя из рекомендуемой в Российской Федерации суточной нормы потребления витамина С, равной 100 мг

(Porova et al., 2021), и расчетного среднего значения содержания витамина в исследуемых образцах, составившего 117,3 мг/100 г, употребление 100 г плодов смородины черной способно обеспечить организм человека в данном биоактивном соединении на 117,3%.

В группе исследованных образцов наблюдалось значительное разнообразие по содержанию антоцианов: от 149,2 мг/100 г ('Шалунья') до 257,4 мг/100 г ('Аксинья'), амплитуда – 108,2 мг/100 г. Анализ полученных данных по годам исследования выявил варьирование содержания антоцианов от 129,1 мг/100 г (эл. с. 19-2-16) до 325,3 мг/100 г ('Тамерлан'). Выше 200 мг/100 г антоцианов по средним многолетним данным накапливали плоды сортов 'Аксинья', 'Амирани', 'Тамерлан', 'Зеленая Дымка'.

Исходя из адекватного уровня потребления антоцианов – 50 мг/сут. (Porova et al., 2021) и расчетных средних значений их накопления (201,4 мг/100 г), всего 25 г плодов смородины черной позволяют обеспечить суточную потребность в данных соединениях. Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в плодах исследованных сортов смородины черной варьировало от 58,3 до 97,2 мг/100 г галловой кислоты (рис. 4). В качестве лучших по суммарной антиоксидантной активности выделены сорта 'Аксинья', 'Маленький Принц'.

Смородина красная

Ягоды смородины красной в среднем содержат 12,0 $\pm$ 0,3% Brix растворимых сухих веществ, 7,7 $\pm$ 0,3% суммы сахаров, 1,69 $\pm$ 0,19% титруемых кислот, 34,0 $\pm$ 4,8 мг/100 г аскорбиновой кислоты, 57,3 $\pm$ 26,6 мг/100 г антоцианов (табл. 4). Средняя арифметическая величина (М) содержания растворимых сухих веществ совпадает с медианой (Md). Остальные показатели химического состава также отражают нормальное распределение и имеют сходную тенденцию с результатами описательной статистики по смородине черной.

Оптимальным уровнем содержания растворимых сухих веществ (> 12% Brix) характеризовался сорт 'Баяна' и элитные сеянцы 27-13-42 и 34-4-30 (табл. 5). Наибольшее накопление в плодах растворимых сухих веществ и сахаров выявлено у сорта 'Баяна' (среднее многолетнее – 12,7% Brix и 8,4% соответственно). Данный сорт также выделялся заметно низкой для культуры смородины красной кислотностью плодов (1,15% по средним многолетним данным) и, соответственно, наибольшим сахарокислотным индексом (7,4). Элитный сеянец 27-13-42 также отличался повышенным содержанием растворимых сухих веществ и суммы сахаров, однако и более высокой кислотностью плодов. Наименьшее за годы исследований содержание растворимых сухих веществ отмечено у эл. с. 30-7-58 (10,5% Brix), наибольшее – у сорта 'Баяна' (14,0% Brix) и эл. с. 27-13-42 (14,0% Brix). Все исследованные генотипы соответствовали оптимальным параметрам кислотности плодов (менее 2,5%). Кислотность ягод у смородины красной ниже (1,15–2,19%), чем у смородины черной (1,97–3,22%). Исследованные сорта не показали существенных различий в отношении pH сока, значения которого колебались от 2,68 (эл. с. 30-7-58) до 2,94 ('Баяна', эл. с. 27-13-42).

Смородина красная уступает по С-витаминности плодов смородине черной. Минимальный за годы исследования уровень содержания аскорбиновой кислоты отмечен в 2018 г. у сорта 'Баяна' (18,9 мг/100 г), максимальный – в 2017 г. у эл. с. 30-7-58 (53,2 мг/100 г). В 2017 г. период вегетации (апрель – июль) можно охарактери-

Таблица 4. Химический состав плодов перспективных сортов и элитных сеянцев смородины черной селекции ФНЦ имени И.В. Мичурина (2017–2022 гг., Мичуринск)

Table 4. Chemical composition in berries of promising cultivars and elite seedlings of black currant released by the I.V. Michurin Federal Science Center (2017–2022, Michurinsk)

Сорт, элитный сеянец / Cultivar, elite seedling	Растворимые сухие вещества, % Brix / Soluble solids, % Brix	Сахара, % / Sugars, %	Органические кислоты, % / Organic acids, %	Сахар/кислота / Sugar/acid	pH / pH	Витамин С, мг/100 г / Vitamin C, mg/100 g	Антицианы, мг/100 г / Anthocyanins, mg/100 g
‘Аксинья’	$\frac{19,9 \pm 1,0^*}{16,9-20,2}$	$\frac{13,3 \pm 1,5}{10,7-15,8}$	$\frac{1,97 \pm 0,28}{1,41-2,28}$	$\frac{7,1 \pm 1,4}{4,7-9,5}$	$\frac{2,96 \pm 0,08}{2,80-3,05}$	$\frac{156,7 \pm 9,7}{137,3-167,9}$	$\frac{257,4 \pm 24,0}{224,8-304,0}$
‘Амирани’	$\frac{16,0 \pm 0,5}{14,9-16,7}$	$\frac{9,4 \pm 1,0}{7,6-11,0}$	$\frac{3,22 \pm 0,37}{2,54-3,80}$	$\frac{3,0 \pm 0,5}{2,0-3,8}$	$\frac{2,63 \pm 0,04}{2,57-2,72}$	$\frac{124,8 \pm 1,5}{122,3-127,4}$	$\frac{207,8 \pm 10,6}{195,1-228,8}$
‘Деметра’	$\frac{18,3 \pm 1,5}{15,4-20,3}$	$\frac{10,6 \pm 1,5}{8,2-13,5}$	$\frac{2,56 \pm 0,11}{2,39-2,76}$	$\frac{4,2 \pm 0,7}{3,0-5,6}$	$\frac{2,83 \pm 0,03}{2,80-2,89}$	$\frac{121,1 \pm 13,9}{93,3-136,4}$	$\frac{188,1 \pm 27,3}{141,5-236,1}$
‘Зеленая Дымка’	$\frac{17,0 \pm 0,2}{16,3-17,8}$	$\frac{11,1 \pm 0,4}{9,9-12,1}$	$\frac{2,22 \pm 0,13}{1,90-2,81}$	$\frac{5,1 \pm 0,4}{3,5-6,4}$	$\frac{2,74 \pm 0,04}{2,60-2,83}$	$\frac{160,7 \pm 12,5}{132,0-216,0}$	$\frac{212,4 \pm 15,7}{170,3-258,0}$
‘Тамерлан’	$\frac{16,3 \pm 1,7}{13,4-20,3}$	$\frac{9,9 \pm 1,4}{7,2-13,2}$	$\frac{2,52 \pm 0,22}{1,98-2,97}$	$\frac{4,1 \pm 0,8}{2,4-5,6}$	$\frac{2,69 \pm 0,08}{2,49-2,89}$	$\frac{119,8 \pm 6,3}{106,0-133,6}$	$\frac{228,2 \pm 35,5}{162,1-325,3}$
‘Шалунья’	$\frac{16,0 \pm 0,7}{14,8-17,1}$	$\frac{10,1 \pm 0,5}{9,1-10,7}$	$\frac{2,24 \pm 0,10}{2,06-2,40}$	$\frac{4,6 \pm 0,4}{3,8-5,1}$	$\frac{2,74 \pm 0,04}{2,70-2,82}$	$\frac{100,7 \pm 14,2}{72,9-119,2}$	$\frac{149,2 \pm 12,5}{129,5-172,3}$
эл. с. 19-2-16	$\frac{14,0 \pm 0,4}{13,6-14,8}$	$\frac{8,3 \pm 0,5}{7,5-9,3}$	$\frac{2,39 \pm 0,04}{2,33-2,48}$	$\frac{3,5 \pm 0,3}{3,0-4,0}$	$\frac{2,71 \pm 0,04}{2,64-2,79}$	$\frac{63,6 \pm 3,8}{56,3-69,4}$	$\frac{178,9 \pm 28,0}{128,1-224,8}$
эл. с. 23-2-42	$\frac{13,1 \pm 1,3}{11,0-15,5}$	$\frac{7,4 \pm 1,0}{6,2-9,3}$	$\frac{2,68 \pm 0,11}{2,56-2,90}$	$\frac{2,7 \pm 0,2}{2,4-3,2}$	$\frac{2,60 \pm 0,003}{2,60-2,61}$	$\frac{90,7 \pm 6,7}{81,4-103,7}$	$\frac{188,9 \pm 37,8}{143,8-263,9}$

Примечание: * в числителе – средняя арифметическая величина (M) и стандартная ошибка (m); в знаменателе – пределы варьирования (min – max)
 Note: * the numerator contains the mean value by years (M) and standard error (m); the denominator presents the limits of variation (min – max)

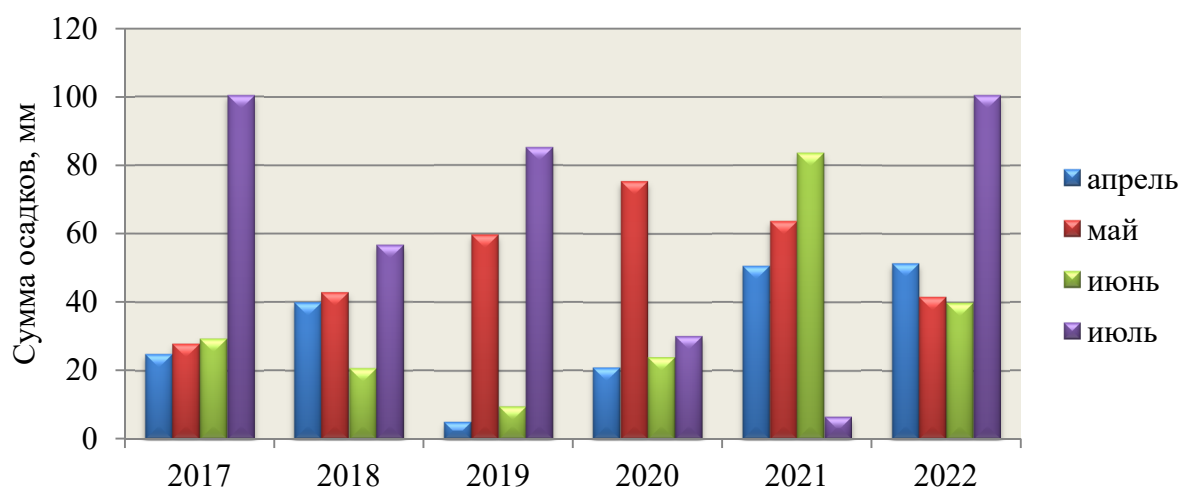


Рис. 1. Суммы осадков по месяцам за 2017–2022 гг., Мичуринск
(по данным Мичуринской агрометеостанции)

Fig. 1. Precipitation amounts by months for 2017–2022 in Michurinsk
(data of Michurinsk Agricultural Weather Station)

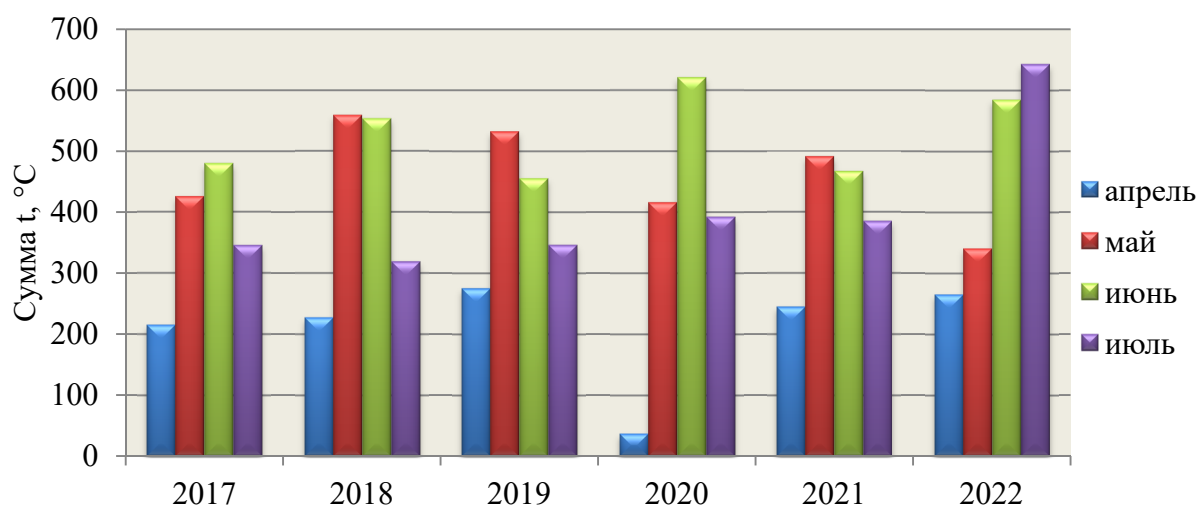


Рис. 2. Суммы температур по месяцам за 2017–2022 гг., Мичуринск
(по данным Мичуринской агрометеостанции)

Fig. 2. The sums of temperatures by months for 2017–2022 in Michurinsk
(data of Michurinsk Agricultural Weather Station)

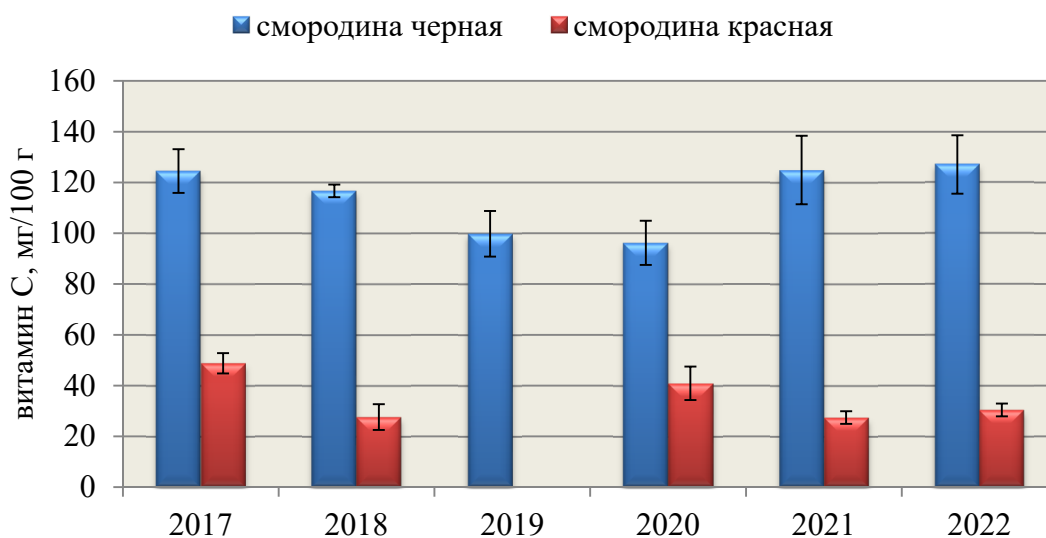


Рис. 3. Содержание витамина С в ягодах смородины черной и красной в различные годы исследования (Мичуринск)

Fig. 3. Vitamin C content in black and red currant berries in different years of the research (Michurinsk)

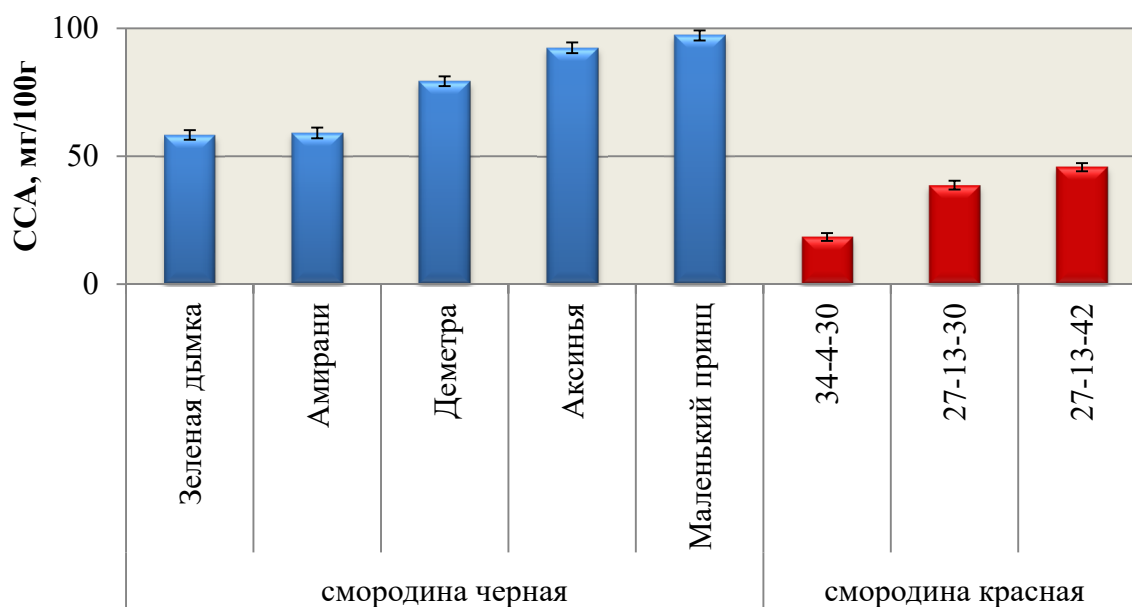


Рис. 4. Суммарное содержание антиоксидантов в ягодах смородины черной и красной (2017–2022, Мичуринск)

Fig. 4. Total antioxidant content in black and red currant berries (2017–2022, Michurinsk)

Таблица 5. Химический состав плодов перспективных сортов и элитных сеянцев смородины красной (2017–2022 гг., Мичуринск)**Table 5. Chemical composition in berries of promising cultivars and elite seedlings of red currant (2017–2022, Michurinsk)**

Сорт, элитный сеянец / Cultivar, elite seedling	Растворимые сухие вещества, % Brix / Soluble solids, % Brix	Сахара, % / Sugars, %	Органические кислоты, % / Organic acids, %	Сахар/кислота / Sugar/acid	pH / pH	Витамин С, мг/100 г / Vitamin C, mg/100 g	Антоцианы, мг/100 г / Anthocyanins, mg/100 g
‘Баяна’	$12,7 \pm 1,0^*$ 10,9–14,5	$8,4 \pm 1,1$ 6,1–9,7	$1,15 \pm 0,02$ 1,11–1,18	$7,4 \pm 1,1$ 5,2–8,5	$2,94 \pm 0,07$ 2,80–3,03	$19,4 \pm 0,3$ 18,9–19,8	–
‘Газель’	$11,5 \pm 0,1$ 11,3–11,7	$7,5 \pm 0,5$ 6,6–8,4	$1,73 \pm 0,06$ 1,62–1,80	$4,4 \pm 0,2$ 4,1–4,7	$2,82 \pm 0,01$ 2,79–2,85	$46,5 \pm 0,5$ 45,6–47,5	$22,4 \pm 3,2$ 16,8–27,9
эл. с. 27-13-42	$12,8 \pm 0,9$ 11,6–14,5	$8,0 \pm 1,3$ 6,1–10,4	$2,19 \pm 0,02$ 2,14–2,22	$3,3 \pm 0,7$ 2,4–4,7	$2,94 \pm 0,23$ 2,64–3,40	$33,7 \pm 8,1$ 23,3–49,3	$109,6 \pm 6,1$ 99,1–120,1
эл. с. 34-4-30	$12,0 \pm 0,3$ 11,3–12,4	$7,9 \pm 0,4$ 7,2–8,6	$1,41 \pm 0,17$ 1,07–1,63	$5,8 \pm 1,1$ 4,4–8,0	$2,86 \pm 0,03$ 2,80–2,90	$28,7 \pm 2,9$ 24,5–34,3	–
эл. с. 30-7-58	$11,2 \pm 0,4$ 10,5–11,8	$6,7 \pm 0,3$ 6,1–7,2	$1,98 \pm 0,11$ 1,78–2,17	$3,4 \pm 0,3$ 3,1–4,0	$2,68 \pm 0,05$ 2,60–2,76	$41,8 \pm 5,8$ 34,3–53,2	$40,0 \pm 12,7$ 24,0–65,1

Примечание: * в числителе – средняя арифметическая величина (М) и стандартная ошибка (m); в знаменателе – пределы варьирования (min – max)

Note: * the numerator contains the mean value by years (M) and standard error (m); the denominator presents the limits of variation (min – max)

зовать как довольно прохладный и влажный (Σ осадков – 182,6 мм; $\Sigma t \geq 10^\circ\text{C}$ – 1466 $^\circ\text{C}$; ГТК – 1,3). Наибольшим содержанием витамина С отличались сорт ‘Газель’ (среднее многолетнее – 46,5 мг/100 г) и эл. с. 30-7-58 (41,8 мг/100 г). Повышенное накопление витамина С в ягодах смородины красной отмечено в 2017 и 2020 г. (см. рис. 2).

Исходя из расчетного среднего содержания аскорбиновой кислоты в плодах смородины красной, равного 34,0 мг/100 г, и рекомендуемой потребности в данном витамине, составляющей 100 мг/сутки (Ророва et al., 2021), употребление порции плодов (100 г) покрывает суточную потребность в аскорбиновой кислоте на 34%. Темной окраской ягод и, соответственно, высоким содержанием антоцианов выделялся эл. с. 27-13-42 (среднее многолетнее – 109,6 мг/100 г, максимальное – 120,1 мг/100 г), что значительно выше, чем у сорта ‘Газель’ (среднее многолетнее – 22,4 мг/100 г, максимальное – 27,9 мг/100 г). Суммарная антиоксидантная активность ягод смородины красной заметно ниже, чем у смородины черной. Более высокая суммарная антиоксидантная активность выявлена у богатого антоцианами элитного сеянца 27-13-42 (45,7 мг/100 г галловой кислоты).

Заключение

В работе представлена подробная информация по ключевым показателям нутриентного профиля плодов новых перспективных сортов и элитных сеянцев смородины черной и красной относительно селекционных требований, а также современных норм потребления

биологически активных компонентов. При селекции подбираются сорта в первую очередь с позиций хозяйственно ценных признаков (продуктивность, устойчивость к болезням и вредителям и т. д.). В последующем оценивается качество и химический состав плодов и отдается приоритет лучшим генотипам. Сорт смородины черной ‘Аксинья’ отличался высокими показателями химического состава (среднее многолетнее содержание сахаров – 13,3%, органических кислот – 1,97%, витамина С – 156,7 мг/100 г, антоцианов – 257,4 мг/100 г) и высокой антиоксидантной активностью ягод (92,4 мг/100 г галловой кислоты). Среди изученных генотипов смородины красной представляют интерес сорт ‘Газель’ и эл. с. 30-7-58, содержащие в плодах более 40 мг/100 г витамина С, а также эл. с. 27-13-42, содержащий более 100 мг/100 г антоцианов и отличающийся высокой антиоксидантной активностью (45,7 мг/100 г галловой кислоты). Полученные данные необходимы при составлении рекомендаций для потребления высоковитаминной продукции в свежем виде, в пищевой промышленности при производстве продуктов здорового питания, а также в дальнейшей селекционной работе на улучшенный химический состав.

References / Литература

Akimov M.Yu., Zhbanova E.V., Zhidekhina T.V., Lukyanchuk I.V., Gur'eva I.V., Lyzhin A.S., Dubrovskaya O.Yu. Polymorphism of the genetic collection of berry crops of the Rosaceae family according to the nutrient composition of fruits. *Achievements of Science and Technology of AIC*.

- 2022;36(10):43-48. [in Russian] (Акимов М.Ю., Жбанова Е.В., Жидехина Т.В., Лукьянчук И.В., Гурьева И.В., Лыжин А.С., Дубровская О.Ю. Полиморфизм генетической коллекции ягодных культур семейства Rosaceae по нутриентному составу плодов. *Достижения науки и техники АПК*. 2022;36(10):43-48). DOI: 10.53859/02352451_2022_36_10_43
- Borges G., Degeneve A., Mullen W., Crozier A. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(7):3901-3909. DOI: 10.1021/jf902263n
- Djordjević B., Rakonjac V., Fotirić Akšić M., Šavikin K., Vulić T. Pomological and biochemical characterization of European currant berry (*Ribes* sp.) cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2014;165:156-162. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.11.014
- Ershova I.V. Varieties of blackcurrant as sources of a high content of biologically active compounds. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019;33(11):60-62. [in Russian] (Ершова И.В. Сорта смородины черной как источники высокого содержания биологически активных соединений. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(11):60-62). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-11113
- Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods of their definition: monograph. Moscow: INFRA-M; 2020. [in Russian] (Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения: монография. Москва: ИНФРА-М; 2020). DOI: 10.12737/1045420
- GOST 8756.13-87. Interstate standard. Fruit and vegetable products. Methods for determination of sugars. Official edition. Moscow: Standartinform; 2010. [in Russian] (ГОСТ 8756.13-87. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. Издание официальное. Москва: Стандартинформ; 2010). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294821/4294821427.pdf> [дата обращения: 15.11.2022].
- GOST ISO 2173-2013. Interstate standard. Fruit and vegetable products. Refractometric method for determination of soluble solids content. Official edition. Moscow: Standartinform; 2014. [in Russian] (ГОСТ ISO 2173-2013. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. Издание официальное. Москва: Стандартинформ; 2014). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293773/4293773726.pdf> [дата обращения: 15.11.2022].
- GOST ISO 750-2013. Interstate standard. Fruit and vegetable products. Determination of titratable acidity. Official edition. Moscow: Standartinform; 2018. [in Russian] (ГОСТ ISO 750-2013. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. Издание официальное. Москва: Стандартинформ; 2018). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293773/4293773999.pdf> [дата обращения: 15.11.2022].
- GOST R 54037-2010. National standard of the Russian Federation. Foodstuffs. Determination of the content of water-soluble antioxidants content by amperometric method in vegetables, fruits, products of their processing, alcoholic and soft drinks. Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] (ГОСТ Р 54037-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках. Москва: Стандартинформ; 2011). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084226> [дата обращения: 15.11.2022].
- Kowalski R., Gonzalez de Mejia E. Phenolic composition, antioxidant capacity and physical characterization of ten black currant (*Ribes nigrum*) cultivars, their juices, and the inhibition of type 2 diabetes and inflammation biochemical markers. *Food Chemistry*. 2021;359:129889. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129889
- Lugasi A., Hóvári J., Kádár G., Dénes F. Phenolics in raspberry, blackberry and currant cultivars grown in Hungary. *Acta Alimentaria*. 2011;40(1):52-64. DOI: 10.1556/aalim.40.2011.1.8
- Makarkina M.A., Golyaeva O.D. Biochemical evaluation of berries of new red currant varieties for their further use in breeding to improve chemical fruit composition. *Horticulture and Viticulture*. 2020;(2):28-33. [in Russian] (Макаркина М.А., Голяева О.А. Биохимическая оценка ягод новых сортов смородины красной для дальнейшего их использования в селекции на улучшенный химический состав плодов. *Садоводство и виноградарство*. 2020;(2):28-33). DOI: 10.31676/0235-2591-2020-2-28-33
- Makarkina M.A., Yanchuk T.V. Estimation of red currant and black currant initial material for breeding for berry biochemical composition improvement. *Fruit-Growing*. 2014;26(1):357-364. [in Russian] (Макаркина М.А., Янчук Т.В. Оценка исходного материала смородины красной и смородины черной для селекции на улучшение биохимического состава ягод. *Плодоводство*. 2014;26(1):357-364).
- Makarova N.V., Barkova O.R., Ereemeeva N.B., Demidova A.V., Azarov O.I., Demenina L.G. et al. Red currant berries and raspberries 2014 harvest by the collection SBE "Zhigulevsk Gardens" how effective antioxidant. *Food Industry*. 2015a;(3):27-30. [in Russian] (Макарова Н.В., Баркова О.Р., Еремеева Н.Б., Демидова А.В., Азаров О.И., Деменина Л.Г. и др. Ягоды красной смородины и малины урожая 2014 г. из коллекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» как эффективные антиоксиданты. *Пищевая промышленность*. 2015a;(3):27-30).
- Makarova N.V., Ereemeeva N.B., Barkova O.R., Demidova A.V., Azarov O.I., Demenina L.G. et al. The study of the chemical composition and antioxidant properties of black currant crop in 2014 from the collection of Scientific-Research Institute "Zhigulevskie Sady". *Food Industry*. 2015b;(4):35-37. [in Russian] (Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Баркова О.Р., Демидова А.В., Азаров О.И., Деменина Л.Г. и др. Изучение химического состава и антиоксидантных свойств черной смородины урожая 2014 г. из коллекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». *Пищевая промышленность*. 2015b;(4):35-37).
- Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.M., Veteläinen M. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes* spp.) varieties. *Food Chemistry*. 2016;204:14-20. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.02.056
- Popova A.Yu., Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. On the new (2021) Norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Problems of Nutrition*. 2021;90(4):6-19. [in Russian] (Попова А.Ю., Тутьельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп

- населения Российской Федерации. *Вопросы питания*. 2021;90(4):6-19. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
- Prichko T., Yakovenko V., Germanova M. Biochemical indicators of currant berries quality according to variety peculiarities. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2017;45(3):105-113. [in Russian] [Причко Т.Г., Яковенко В.В. Биохимические показатели качества ягод смородины с учетом сортовых особенностей. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2017;45(3):105-113].
- R 4.1.1672-03 Guide on methods of quality control and safety of biologically active additives in food (Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskikh aktivnykh dobavok k pishche). Moscow: Federal Center for State Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health; 2004). [in Russian] [Р 4.1.1672-03 Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Москва: Федеральный центр государственного надзора Минздрава России; 2004). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034795> [дата обращения: 16.11.2022].
- Sedov E.N. (ed.). Pomology: In 5 volumes. Vol. IV. Currants. Gooseberries (Pomologiya: v 5-tomakh. T. IV. Smorodina. Kryzhovnik). Orel: VNIISPK; 2009. [in Russian] [Помология: В 5-ти томах. Т. IV. Смородина. Крыжовник / под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК; 2009].
- Shaposhnik E.I., Deineka L.A., Sorokopudov V.N., Deineka V.I., Burmenko J.V., Kartushinskiy V.V. et al. Biologically active substances of *Ribes* L. fruits. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences*. 2011;15-2(104):239-249. [in Russian] [Шапошник Е.И., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н., Дейнека В.И., Бурменко Ю.В., Картушинский В.В. и др. Биологически активные вещества плодов *Ribes* L. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2011;15-2(104):239-249].
- Shelenga T.V., Popov V.S., Konarev A.V., Tikhonova N.G., Tikhonova O.A., Kerv Yu.A. et al. Metabolomic profiles of *Ribes nigrum* L. and *Lonicera caerulea* L. from the collection of the N.I. Vavilov Institute in the setting of Northwest Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(7):630-636. DOI: 10.18699/VJGB-22-77
- Sorokopudov V.N., Nazaryuk N.I., Gabysheva N.S. Improvement of the assortment of black currant in the Asian part of Russia. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018;(7):23-28. [in Russian] [Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Габышева Н.С. Совершенствование сортамента смородины черной в азиатской части России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;(7):23-28].
- Sorokopudov V.N., Nigmatzyanov R.A., Nazaryuk N.I., Sorokopudova O.A. The red currant breeding results in the Ob region forest-steppe. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021;(11):85-92. [in Russian] [Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Нigmatzyanov Р.А., Сорокопудова О.А. Итоги селекции смородины красной в лесостепи Приобья. *Вестник КрасГАУ*. 2021;(11):85-92]. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-85-92
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1 "Plant varieties" (official publication). Moscow; Rosinformagrotech; 2022. [in Russian] [Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех; 2022). URL: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf> [дата обращения: 17.03.2022].
- Tian Y., Laaksonen O., Haikonen H., Vanag A., Ejaz H., Linderborg K. et al. Compositional diversity among blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars originating from European countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019;67(19):5621-5633. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b00033
- Tikhonova O.A., Shelenga T.V. Bioactive substances of black currant berries in the conditions of Northwestern Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(3):50-58. [in Russian] [Тихонова О.А., Шеленга Т.В. Биологически активные вещества ягод черной смородины в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(3):50-58]. DOI:10.30901/2227-8834-2019-3-50-58
- Yashin A.Ya., Vedenin A.N., Yashin Ya.I., Nemzer B.V. Berries: chemical composition, antioxidant activity, impact of consumption of berries on health of the person. *Analytics*. 2019;9(3):222-230. [in Russian] [Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И., Немзер Б.В. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека. *Аналитика*. 2019;9(3):222-230]. DOI: 10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.230
- Zhbanova E.V., Zhidekhina T.V., Akimov M.Yu., Rodyukova O.S., Khromov N.V., Irina V.G. The fruits varieties of berry-like and nontraditional horticultural crops grown in Black Soil Zone are the valuable sources of indispensable micronutrients. *Food Industry*. 2021;(3):8-11. [in Russian] [Жбанова Е.В., Жидехина Т.В., Акимов М.Ю., Родюкова О.С., Хромов Н.В., Гурьева И.В. Плоды сортов ягодных и нетрадиционных садовых культур, выращенных в Черноземье, – ценные источники незаменимых микронутриентов. *Пищевая промышленность*. 2021;(3):8-11]. DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0020

Информация об авторах

Михаил Юрьевич Акимов, доктор сельскохозяйственных наук, директор, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, info@fnc-mich.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Екатерина Викторовна Жбанова, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, shbanovak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5045-384X>

Татьяна Владимировна Жидехина, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, berrys-m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9543-7069>

Алексей Михайлович Миронов, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, sigurd32@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8530-7535>

Ольга Сергеевна Родюкова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, rodyukova.o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5139-3225>

Information about the authors

Mikhail Yu. Akimov, Dr. Sci. (Agriculture), Director, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, info@fnc-mich.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Ekaterina V. Zhbanova, Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, shbanovak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5045-384X>

Tatiana V. Zhidekhina, Cand. Sci. (Agriculture), Deputy Director for Science, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, berrys-m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9543-7069>

Aleksey M. Mironov, Associate Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, sigurd32@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8530-7535>

Olga S. Rodyukova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, rodyukova.o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5139-3225>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.03.2023; одобрена после рецензирования 19.04.2024; принята к публикации 05.06.2024.

The article was submitted on 12.03.2023; approved after reviewing on 19.04.2024; accepted for publication on 05.06.2024.