

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 634.725:631.526.32-048.24:581.19

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-126-134>

Поступила в редакцию 28.02.2023

Received 28.02.2023

М. Ю. Акимов, Е. В. Жбанова, А. М. Миронов, Н. В. Хромов*Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина, Мичуринск, Российская Федерация***НУТРИЕНТНЫЙ СОСТАВ ЯГОД СОРТОВ И ЭЛИТНЫХ ФОРМ КРЫЖОВНИКА СЕЛЕКЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ИМЕНИ И. В. МИЧУРИНА**

Аннотация. Популяризация здорового образа жизни и возросший интерес к продуктам здорового питания во многом способствуют росту потребления ягод. Актуальным представляется расширение базы данных химического состава плодовых и ягодных культур для расчета рациональных норм потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Представлены данные по нутриентному составу и антиоксидантной ценности ягод перспективных сортов и элитных сеянцев крыжовника в условиях Центрально-Черноземного региона (Мичуринск). Исследования проведены в 2017–2022 гг. на базе лаборатории биохимии и пищевых технологий и отдела ягодных культур Федерального научного центра им. И. В. Мичурина. В качестве объектов исследования использованы ягоды сортов Аристократ, Галатея, Казачок, Констанция, Орфей, Серенада, Сфинкс, Черномор и элитных сеянцев крыжовника 03-6-137, 14-2-40 селекции научного центра, перспективные для промышленного производства. Выделены лучшие генотипы: по содержанию сахаров (выше 11,0 %) – Казачок, Черномор; витамина С (выше 40,0 мг/100 г) – Казачок, Черномор; антоцианов (выше 100,0 мг/100 г) – Черномор. Высокой суммарной антиоксидантной активностью характеризовались сорта Аристократ (69,6 мг/100 г галловой кислоты), Черномор (51,6 мг/100 г галловой кислоты), элитный сеянец 03-6-137 (54,6 мг/100 г галловой кислоты). По комплексу биохимических признаков выделены сорта Казачок и Черномор. Использование ягод высоковитаминных сортов рекомендовано в диетическом питании, а также для разработки продуктов питания функциональной направленности.

Ключевые слова: крыжовник, генетическая коллекция, вкус, химический состав, сахара, органические кислоты, витамин С, антоцианы, антиоксидантная активность

Для цитирования: Нутриентный состав ягод сортов и элитных форм крыжовника селекции Федерального научного центра имени И. В. Мичурина / М. Ю. Акимов [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2024. – Т. 62, № 2. – С. 126–134. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-126-134>

Mikhail Yu. Akimov, Yekaterina V. Zhbanova, Alexey M. Mironov, Nikolay V. Khromov*I. V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russian Federation***NUTRIENT COMPOSITION OF BERRIES OF VARIETIES AND ELITE FORMS OF GOOSEBERRY OF I. V. MICHURIN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER SELECTION**

Abstract. The current global trend of popularizing a healthy lifestyle and increased interest in healthy foods largely determines increased consumption of berries. Expansion of the chemical composition database of large and small fruit crops is considered highly important for calculation of rational norms of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition. The paper presents data on nutrient composition and antioxidant value of berries among promising varieties and elite gooseberry seedlings in the conditions of the Central Black Earth Region (Michurinsk). The studies were carried out in 2017–2022 in the laboratory of biochemistry and food technology department of berry crops of “I. V. Michurin FSC”. Berries of the following varieties were the objects for the research: Aristocrat, Galatea, Kazachok, Konstansia, Orfey, Serenada, Sfynks, Chernomor; as well as elite gooseberry seedlings 03-6-137, 14-2-40, being promising for industrial horticulture. The best genotypes were determined: for sugar content (above 11.0 %) – Kazachok, Chernomor; for vitamin C content (over 40.0 mg/100 g) – Kazachok, Chernomor; for anthocyanins content (above 100.0 mg/100 g) – Chernomor. High total antioxidant activity was observed in Aristocrat (69.6 mg/100 g of gallic acid), Chernomor (51.6 mg/100 g of gallic acid), elite seedling 03-6-137 (54.6 mg/100 g of gallic acid). Kazachok and Chernomor varieties were identified on the basis of a complex of biochemical traits. Berries of high-vitamin varieties are recommended for dietary nutrition and for development of new functional products.

Keywords: gooseberry, genetic collection, flavor, chemical composition, sugars, organic acids, vitamin C, anthocyanins, antioxidant activity

For citation: Akimov M. Yu., Zhbanova Y. V., Mironov A. M., Khromov N. V. Nutrient composition of berries of varieties and elite forms of gooseberry of I. V. Michurin Federal Scientific Center selection. *Vesti Natsyonal'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2024, vol. 62, no. 2, pp. 126–134 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-126-134>

Введение. Крыжовник (*Grossularia* Mill.) относится к семейству Крыжовниковые (*Grossulariaceae* DC.). Наряду с земляникой, смородиной черной и малиной он входит в число наиболее распространенных ягодных культур в Российской Федерации. В настоящее время крыжовник

в основном является культурой фермерских, приусадебных и коллективных садоводческих хозяйств [1]. Мировой сортимент крыжовника насчитывает более 4000 сортов. В Государственный реестр селекционных достижений (2021 г.)¹ включено 53 сорта крыжовника, рекомендуемых для промышленного возделывания на территории Российской Федерации.

Внедрение принципов здорового питания среди населения страны, продвижение таких понятий, как качество и безопасность продукции, во многом способствуют росту потребления ягод. Согласно рекомендациям Министерства здравоохранения РФ² на каждого жителя страны должно приходиться 100 кг фруктов в год, в том числе 7 кг ягод. В Европе самыми крупными производителями ягод крыжовника являются Германия (ежегодный сбор – 80 тыс. т). Второе место по производству ягод этой культуры занимает Польша (25 тыс. т в год), третье – Великобритания (около 10 тыс. т в год) [1]. Актуальным представляется расширение базы данных химического состава плодовых и ягодных культур для адекватных расчетов фактического питания населения Российской Федерации [2].

Ягоды крыжовника употребляют в свежем виде, а также для изготовления варенья, джемов, маринадов, соусов, сока с мякотью и другой продукции [3]. В диетическом и лечебном питании ягоды крыжовника используют при гипертонической болезни, атеросклерозе, анемии. В связи с невысокой энергетической ценностью (45 ккал/100 г) их особенно рекомендуют при нарушении обмена веществ и ожирении. Массовая доля воды в съедобной части продукта составляет 84,7 %, белка – 0,7 %, жира – 0,2 %, массовая доля суммы усвояемых углеводов, включая моносахариды, дисахариды и крахмал – 9,1 %, массовая доля пищевых волокон – 3,4 %, органических кислот – 1,3 %, золы – 0,6 %. Минеральный состав плодов представлен такими макро- и микроэлементами, как Na – 23 мг/100 г, K – 260 мг/100 г, Ca – 22 мг/100 г, Mg – 9 мг/100 г, Fe – 0,8 мг/100 г [4]. Повышенное содержание в плодах пектиновых веществ способствует связыванию и выведению из организма человека тяжелых металлов. В ягодах крыжовника преобладают редуцирующие сахара: глюкоза – (3,80 ± 0,32) %; фруктоза – (1,15 ± 0,15) %. Сахарозы содержится мало – (0,21 ± 0,10) %. Органические кислоты в основном представлены лимонной (1171,6 мг/100 г) и яблочной (1176,5 мг/100 г) [2].

Основные биологически активные вещества ягод крыжовника – аскорбиновая кислота (30 мг/100 г) и фенольные (Р-активные) соединения. Они являются сильнейшими антиоксидантами. Крыжовник характеризуется широким спектром окраски ягод: от янтарно-желтой, зеленой и розовой до почти черной. Превалирующими антоцианами в ягодах крыжовника являются цианидин 3-О-глюкозид и цианидин 3-О-рутинозид³ [5].

Проведенные на базе Федерального исследовательского центра питания и биотехнологии (г. Москва) исследования флавонолов у различных плодовых и ягодных культур показали, что их содержание в ягодах крыжовника на уровне (10,2 ± 1,2) мг/100 г [6]. Кроме того, крыжовник является источником ряда незаменимых витаминов. Он содержит тиамин (В₁) – 0,01 мг/100 г, рибофлавин (В₂) – 0,02 мг/100 г, токоферол эквивалент (ТЭ)⁴ – 0,5 мг/100 г, ниациновый эквивалент (НЭ)⁵ – 0,4 мг/100 г, ретиноловый эквивалент (РЭ)⁶ – 33 мг/100 г [4].

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: (офиц. изд.): [в 2 т.] / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений, Гос. комис. Рос. Федерации по испытанию и охране селекц. достижений. М.: Росинформагротех, 2021. Т. 1: Сорта растений. 719 с.

² Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Минздрава РФ от 19 авг. 2016 г., № 614; в ред. приказов Минздрава РФ от 25.10.2019 № 887, от 01.12.2020 № 1276, от 30.12.2022 № 821 // КонтурНорматив. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=451458> (дата обращения: 22.03.2022).

³ Phenol-Explorer: Database on Polyphenol Content in Food. URL: <http://www.phenol-explorer.eu> (date of access: 31.04.2022).

⁴ Учитывает всю группу токофероловых соединений (4 токоферола и 4 токотриенола), объединенных общим названием «витамин Е». Для получения этого показателя используются следующие коэффициенты пересчета: (α-токоферол – 1,0; β-токоферол – 0,4; γ-токоферол – 0,1; δ-токоферол – 0,01; α-токотриенол – 0,3; β-токотриенол – 0,05; γ- и δ-токотриенолы – 0,01).

⁵ Показывает содержание ниацина (витамина РР) в продукте и ниацина, образующегося в организме из триптофана (60 мг триптофана в рационе эквивалентны 1 мг ниацина).

⁶ Учитывает сумму ретинола в продукте и ретинола, образующегося в организме из β-каротина (1 мкг ретинола эквивалентен 6 мкг β-каротина и 12 мкг других каротиноидов). Для пересчета РЭ на международные единицы (IU) принимают, что 1 мкг ретинола эквивалентен 3,33 IU.

В ряде российских и зарубежных публикаций приводятся данные по суммарной антиоксидантной активности крыжовника, полученные разными методами. Антиоксидантная активность, измеренная методом DPPH, основанным на взаимодействии антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом, составила для светлоокрашенных сортов 2,96–6,17 г Тролокс.кг⁻¹, для красноплодных сортов – 9,94–13,04 г Тролокс.кг⁻¹. Это несколько ниже, чем для ягод смородины черной (15,53–18,20 г Тролокс.кг⁻¹) [7]. Значение ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), измеренное у ягод крыжовника, составило 3277 мкмоль ТЕ/100 г; для сравнения: смородина черная – 7960, малина – 4882, смородина красная – 3387 мкмоль ТЕ/100 г [8]. По суммарному содержанию антиоксидантов (0,35 мг/г) крыжовник уступает смородине черной (7,65 мг/г), превосходит смородину белую (0,21 мг/г) и сливу (0,18 мг/г) [9]. Следует отметить, что крыжовник входит в список 100 продуктов с максимальным значением ORAC [10].

Предлагаемые параметры модели идеального сорта крыжовника, помимо хозяйственно ценных качеств, включают показатели химического состава: содержание сахаров – выше 10 %, витамина С – 50 мг/100 г, пектиновых веществ – более 1 % [11].

Исследования генетических коллекций крыжовника по химическому составу плодов проводятся в различных регионах Российской Федерации. Для условий юга России (Краснодарский край) выделены источники высокого содержания в плодах витамина С – Черный лекарь (27,8 мг/100 г), Юбилейный (27,2 мг/100 г), Кубанец (26,8 мг/100 г); антоцианов – Черный лекарь (306,4 мг/100 г), Северный капитан (237,4 мг/100 г) [12]. Среди сортов крыжовника селекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (г. Орел) лучшими по содержанию аскорбиновой кислоты являются сорта Земляничный (38,5 мг/100 г), Некрасовский (39,4 мг/100 г); антоцианов – сорт Некрасовский (110,0 мг/100 г) [13]. В условиях Ленинградской области наибольшее количество аскорбиновой кислоты (>30 мг/100 г) выявлено в ягодах сортов Темно-зеленый Мельникова, Командор, Черносливовый [14]. На Урале очень высокий уровень накопления антоцианов отмечен у сортов Северянин (537,2 мг/100 г), Лунная ночь (692,9 мг/100 г), Уральский виноград (411,6 мг/100 г) [15].

В Федеральном научном центре им. И. В. Мичурина (ФНЦ им. И. В. Мичурина) благодаря целенаправленной селекционной работе с культурой крыжовника получено 27 сортов. В Государственный реестр селекционных достижений включено 8 сортов – Русский, Русский желтый, Малахит, Юбилейный, Сливовый, Черномор, Черносливовый, Сириус, – хорошо зарекомендовавших себя в различных регионах страны.

Почвенно-климатические условия Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) благоприятны для развития промышленного производства данной культуры. Для промышленных насаждений крыжовника в средней полосе России рекомендуются сорта, обеспечивающие урожайность не ниже 10 т/га, устойчивые к неблагоприятным внешним воздействиям, с высокими товарными качествами ягод: Краснославянский, Русский, Сливовый, Черносливовый, Малахит, Kuršu dzintars, Русский желтый.

В этой связи исследования были направлены на оценку перспективных сортов крыжовника в условиях ЦЧР по нутриентному составу плодов, определение варибельности и максимального уровня накопления важнейших химических компонентов, выделение ценных высоковитаминных форм для потребления в свежем виде и создания специализированных диетических и лечебно-профилактических пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования использованы ягоды сортов и элитных сеянцев крыжовника селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина, выращенные на экспериментальных площадках отдела ягодных культур, урожаев 2017–2022 гг. (табл. 1).

Изучение химического состава ягод проводилось на приборно-аналитической базе лаборатории биохимии и пищевых технологий в соответствии со стандартными методиками: содержание растворимых сухих веществ оценивали рефрактометрическим методом¹ (рефрактометр RX-5000i, ATAGO, Япония); массовую долю сахаров, титруемую кислотность, содержание

¹ Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ ISO 2173-2013. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.

Таблица 1. Исследованные сорта и элитные сеянцы крыжовника

Table 1. Studied varieties and elite seedling of gooseberry

Сорт	Происхождение
Аристократ	Сириус × Черносливовый
Галатея	Черносливовый × Юбиляр
Казачок	Бесшипный-3 (свободное опыление)
Констанция	Kuršu dzintars × Слабошиповатый 3
Орфей	Черносливовый (самоопыление)
Серенада	Каптиватор × Бесшипный-3
Сфинкс	Черносливовый (свободное опыление)
Черномор	Сеянец 21-52 × смесь пыльцы сортов Финик, Зеленый бутылочный, Бразильский, сеянец Маурера
Элитный сеянец 03-6-137	Leraan Red (свободное опыление)
Элитный сеянец 14-2-40	Казачок (свободное опыление)

аскорбиновой кислоты – методом потенциометрического титрования¹⁻³ (автоматический титратор G20S серии Titration Compact, Mettler Toledo, Швейцария); pH сока плодов – методом pH-метрии (pH-метр F20-Standard, Mettler Toledo, Швейцария);³ антоцианов – методом pH-дифференциальной спектрофотометрии⁴ (спектрофотометр Genesys 10UV, Thermo, США); суммарное содержание антиоксидантов (ССА) – амперометрическим методом⁵ (анализатор амперометрический проточный «Цвет Яуза-01-АА», «Химавтоматика», РФ) с пересчетом по галловой кислоте.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета компьютерных программ Excel MS Office.

Результаты и их обсуждение. Для производства варенья, джемов, маринадов, компотов предпочтительнее ягоды зеленой окраски, для соков с мякотью – красной или темно-красной⁶. Для потребления в свежем виде желательны сорта с десертным вкусом. Наилучшими вкусовыми качествами ягод характеризовался сорт Сфинкс, получивший дегустационную оценку 5,0 балла (табл. 2). Более крупные ягоды отмечены у сорта Орфей – до 7,1 г.

Диапазон изменчивости содержания в ягодах крыжовника химических соединений в зависимости от генотипа и погодных условий периода вегетации составил: растворимые сухие вещества – 12,1–18,3 % Brix, массовая доля сахаров – 7,6–12,7 %, титруемая кислотность – 1,30–1,95 %, аскорбиновая кислота – 27,2–45,1 мг/100 г, антоцианы – 22,1–100,2 мг/100 г (табл. 3).

Важным показателем, косвенно характеризующим сахаристость плодов, служит содержание растворимых сухих веществ. Вариабельность по уровню этих соединений в ягодах исследованных сортов крыжовника находилась в пределах от 10,1 % Brix (Орфей) до 19,8 % Brix (Казачок) при среднем уровне (15,8 ± 0,6) % Brix. Варьирование содержания сахаров составляло от 6,6 % (Орфей) до 14,1 % (Казачок), среднее – (10,1 ± 0,4) %. Наиболее высокие числовые значения растворимых сухих веществ и сахаров выявлены у сортов Казачок, Черномор (табл. 3, 4).

¹ Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров: ГОСТ 8756.13-87. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.

² Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности: ГОСТ ISO 750-2013. М.: Стандартинформ, 2018. 5 с.

³ Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С: ГОСТ 24556-89. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2012. 11 с.

⁴ Продукция соковая. Методы определения антоцианинов: ГОСТ 32709-2014. М.: Стандартинформ, 2014. 17 с.

⁵ Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках: ГОСТ Р 54037-2010. М.: Стандартинформ, 2011. 8 с.

⁶ Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т консерв. и овощесушил. пром-сти; [сост. Е. Я. Мегердичев]. М.: [б. и.], 2003. 94 с.

Таблица 2. Показатели качества ягод крыжовника селекции ФНЦ им. И.В. Мичурина

Table 2. Quality indicators of gooseberry fruits of I. V. Michurin FSC's selection

Сорт	Масса ягоды, г	Дегустационная оценка, балл	Окраска ягод	Назначение
Аристократ	3,8–5,9	4,4	Темно-красная, при полном созревании почти черная	Универсальное
Галатейя	4,9–6,0	4,8	Темно-красная	Универсальное
Казачок	3,0–4,0	4,8	Темно-фиолетовая, при полном созревании почти черная	Универсальное
Констанция	3,5–4,1	4,8	Темно-красная	Универсальное
Орфей	4,8–7,1	4,8	Желто-зеленая	Универсальное
Серенада	4,0–6,1	4,0	Темно-красная	Универсальное
Сфинкс	3,7–4,5	5,0	Темно-красная	Универсальное
Черномор	3,0	4,3	Темно-красная, при полном созревании черная	Универсальное
Элитный сеянец 03-6-137	3,5–4,1	4,8	Темно-красная	Универсальное
Элитный сеянец 14-2-40	4,9–6,0	4,8	Темно-красная	Универсальное

Таблица 3. Вариабельность показателей химического состава ягод крыжовника 2017–2022 гг. (Центрально-Черноземный регион, Мичуринск)

Table 3. Variability of chemical composition indicators in gooseberry fruits 2017–2022 (Central Black Earth Region, Michurinsk)

Показатель, единица измерения	$M \pm m^* / \text{min-max}^{**}$	Изменчивость признака за период исследования	Сорта с наилучшими показателями
Растворимые сухие вещества, % Вrix	$15,8 \pm 0,6 / 12,1-18,3$	10,1–19,8	Казачок, Черномор
Массовая доля сахаров, %	$10,1 \pm 0,5 / 7,6-12,7$	6,6–14,1	Казачок, Черномор
Титруемая кислотность, %	$1,54 \pm 0,06 / 1,30-1,95$	1,13–2,22	Галатейя, Орфей
Сахар/кислота	$6,83 \pm 0,4 / 4,5-9,3$	3,8–10,9	Казачок
pH сока плодов	$2,97 \pm 0,04 / 2,76-3,24$	2,69–3,46	Казачок, Орфей, Сфинкс
Витамин С, мг/100 г	$34,9 \pm 1,8 / 27,2-45,1$	16,5–49,7	Аристократ, Казачок, Черномор, элитный сеянец 14-2-40
Антоцианы, мг/100 г	$63,7 \pm 8,3 / 22,1-100,2$	13,7–134,3	Аристократ, Казачок, Черномор

* Средняя арифметическая величина (M) и стандартная ошибка (m).

** Пределы варьирования (min–max).

* Arithmetic mean (M) and standard error (m).

** Limits of variation (min–max).

Изменчивость содержания органических кислот в течение периода исследований по сортам составила от 1,13 % (Орфей) до 2,22 % (Серенада); среднее содержание – $(1,54 \pm 0,06)$ %.

Относительно низким содержанием органических кислот (1,38 %) и, соответственно, высоким сахарокислотным индексом (9,3) выделялся сорт Казачок. Низкая кислотность характерна также для сорта Галатейя (1,37 %). Большинство исследованных сортов соответствуют предъявляемым технологическим требованиям к сортам крыжовника¹ по содержанию растворимых сухих веществ и сахаров в плодах (табл. 5) и накапливают их свыше 13,0 % Вrix и 8,5 % соответственно. По уровню накопления органических кислот также большинство (8 из 10) исследованных сортов имеют кислотность не выше 1,7 % и соответствуют технологическим требованиям.

Показатель pH сока плодов важен не только для общей нутриентной характеристики плодов, но и для контроля за происходящими изменениями в сырьевых материалах в процессе их переработки. При среднем значении $(2,97 \pm 0,04)$ pH сока из пульпы ягод крыжовника варьировал

¹ Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т консерв. и овощесушил. пром-сти; [сост. Е. Я. Мегердичев]. М.: [б. и.], 2003. 94 с.

Таблица 4. Химический состав ягод сортов и элитных сеянцев крыжовника селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина, 2017–2022 г.

Table 4. Chemical composition of berries of varieties and elite seedling of gooseberry of I. V. Michurin FSC's selection, 2017–2022

Сорт	Растворимые сухие вещества, % Brix* / min–max**	Массовая доля сахаров, %* / min–max**	Титруемая кислотность, %* / min–max**	Сахар/кислота* / min–max**	pH сока плодов* / min–max**	Витамин С, мг/100 г* / min–max**	Антоцианы, мг/100 г* / min–max**
Аристократ	16,3 / 15,3–17,3	10,9 / 9,6–12,3	1,52 / 1,47–1,58	7,2 / 6,1–8,4	2,93 / 2,91–2,96	39,4 / 35,2–43,6	95,8 / 57,4–134,3
Галатея	12,7 / 10,8–14,3	9,0 / 7,8–10,0	1,39 / 1,15–1,69	6,5 / 5,9–7,2	2,90 / 2,74–3,13	33,0 / 16,5–48,4	69,5 / 44,4–82,6
Казачок	18,3 / 16,8–19,8	12,7 / 11,4–14,1	1,38 / 1,29–1,47	9,3 / 7,8–10,9	2,98 / 2,90–3,06	45,1 / 44,0–46,2	91,6 / 81,4–101,9
Констанция	13,5 / 12,9–14,0	9,9 / 9,8–10,1	1,54 / 1,40–1,68	6,5 / 5,8–7,2	3,05 / 2,97–3,13	23,6 / 19,2–28,0	35,3 / 18,9–51,6
Орфей	15,4 / 10,1–18,8	9,6 / 6,6–13,4	1,37 / 1,13–1,67	7,3 / 4,0–10,2	3,24 / 2,90–3,46	27,2 / 16,5–43,6	–
Серенада	14,0 / 13,8–14,3	8,6 / 8,4–8,9	1,95 / 1,69–2,22	4,5 / 3,8–5,3	2,87 / 2,78–2,96	29,7 / 27,7–31,7	43,9 / 24,7–63,2
Сфинкс	15,8 / 13,2–17,3	11,5 / 8,9–13,4	1,50 / 1,37–1,72	7,7 / 6,1–9,2	2,97 / 2,86–3,06	38,2 / 22,1–49,7	42,8 / 13,7–56,4
Черномор	17,1 / 15,8–18,3	11,2 / 8,8–13,7	1,89 / 1,72–2,06	6,1 / 4,3–8,0	2,96 / 2,91–3,0	40,0 / 35,6–44,4	100,2 / 85,9–114,5
Элитный сеянец 03-6-137	16,2 / 15,8–16,6	9,9 / 8,8–11,0	1,57 / 1,56–1,58	6,3 / 5,6–7,1	3,01 / 2,94–3,08	28,8 / 28,2–29,5	43,7 / 32,8–54,6
Элитный сеянец 14-2-40	12,1 / 11,8–12,3	7,6 / 7,1–8,1	1,50 / 1,39–1,61	5,1 / 5,0–5,1	2,76 / 2,69–2,83	39,6 / 33,4–45,8	57,7 / 40,1–75,3

* Средняя арифметическая величина (M).

** Пределы варьирования (min–max).

* Arithmetic mean (M).

** Limits of variation (min–max).

Таблица 5. Технологические требования к сортам крыжовника, предназначенным для переработки и замораживания (по Е. Я. Мегердичеву¹)Table 5. Technological requirements for gooseberry varieties used for processing and freezing (according to the method of E. Y. Megerdichev¹)

Содержание химических веществ	Технологические требования	Сорта, отвечающие данным требованиям
Растворимые сухие вещества, % Brix	Не менее 13,0	Аристократ, Казачок, Констанция, Орфей, Серенада, Сфинкс, Черномор, элитный сеянец 03-6-137
Сахара (сумма), %	Не менее 8,5	Аристократ, Галатея, Казачок, Констанция, Орфей, Серенада, Сфинкс, Черномор, элитный сеянец 03-6-137
Органические кислоты, %	Не более 1,7	Аристократ, Галатея, Казачок, Констанция, Орфей, Сфинкс, эл. с. 03-6-137, элитный сеянец 14-2-40
Витамин С, мг/100 г	Не менее 40,0	Черномор, Казачок

в небольших пределах: наиболее высокое значение отмечено у сорта Орфей (3,46), наиболее низкое – у элитного сеянца 14-2-40 (2,69).

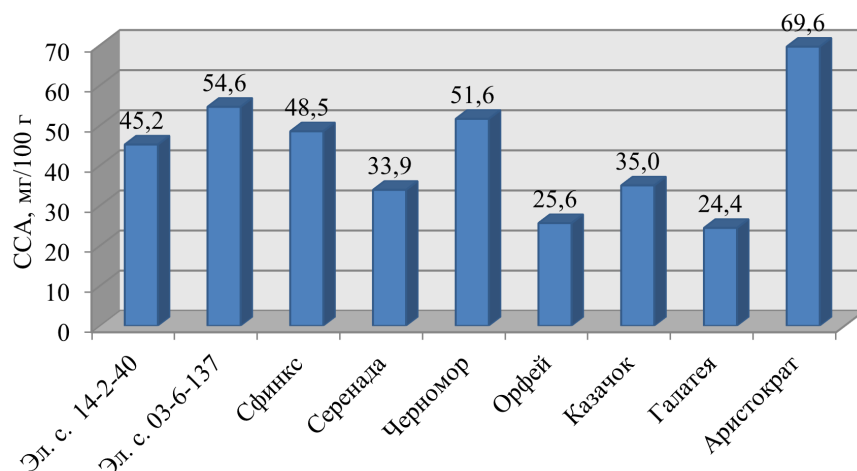
Максимальное за период исследования содержание аскорбиновой кислоты в ягодах достигало у сорта Сфинкс (49,7 мг/100 г); минимальное значение (16,5 мг/100 г) отмечено у сортов Орфей и Галатея, что показывает трехкратные различия по данному показателю. Сорта Черномор и Казачок содержали более 40,0 мг/100 г витамина С и соответствовали технологическим параметрам (см. табл. 4).

¹ Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования.

В соответствии с утвержденными в Российской Федерации «Методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253-21»¹, суточная норма потребления витамина С для взрослого населения составляет 100 мг [16]. Исходя из расчетного среднего значения содержания витамина С (34,9 мг/100 г), потребление порции ягод крыжовника (100 г) покрывает суточную потребность в данном биологически активном соединении на 34,9 %.

Темноокрашенные ягоды крыжовника представляют ценность по содержанию антоцианов, уровень которых по исследуемым сортам варьирует от 13,7 мг/100 г (Сфинкс) до 134,3 мг/100 г (Аристократ). Исходя из средних расчетных показателей, ягоды крыжовника накапливают $(63,7 \pm 8,3)$ мг/100 г антоцианов. Наибольшим накоплением данных веществ отличается сорт Черномор (среднемноголетнее содержание 100,2 мг/100 г). Выше 100,0 мг/100 г антоцианов в отдельные годы изучения выявлено также в ягодах сортов Аристократ и Казачок. Исходя из адекватного уровня потребления антоцианов (50 мг/сут)² и рассчитанных средних значений их содержания в плодах (63,7 мг/100 г), порция (100 г ягод) крыжовника покрывает суточную потребность в данных соединениях на 127,4 %. Употребление 100 г ягод темноокрашенных, богатых антоцианами сортов – Аристократ (95,8 мг/100 г), Казачок (91,6 мг/100 г), Черномор (100,2 мг/100 г) – покрывает суточную потребность в данных биоактивных соединениях на 183,2–200,4 %.

Суммарное содержание антиоксидантов в ягодах исследованных сортов крыжовника составило в среднем $(45,2 \pm 5,14)$ мг/100 г галловой кислоты и варьировало от 24,4 (Галатея) до 69,6 (Аристократ) мг/100 г (рисунок). Для сравнения: в проведенных нами исследованиях ССА в ягодах смородины черной было выше $(67,9 \pm 6,43)$ мг/100 г галловой кислоты (варьирование в пределах 32,8–92,4 мг/100 г галловой кислоты). В качестве лучших по суммарной антиоксидантной активности выделены сорта Аристократ, Черномор, элитный сеянец 03-6-137.



Суммарное содержание антиоксидантов в ягодах крыжовника
Total antioxidant content in gooseberry fruits

Заключение. Ягоды крыжовника характеризуются низким уровнем энергетической ценности, пониженным содержанием сахарозы и высокой пищевой плотностью по уровню содержания незаменимых нутриентов (витамин С, антоцианы, органические кислоты, пищевые волокна, в частности пектиновые вещества). В результате комплексной оценки сортов крыжовника по уровню содержания важнейших нутриентов в плодах выделены генотипы: по содержанию сахаров (выше 11,0 %) Казачок, Черномор; витамина С (выше 40,0 мг/100 г) – Казачок, Черномор; антоцианов (выше 100,0 мг/100 г) – Черномор.

¹ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рекомендации: МР 2.3.1.0253-21: взамен МР 2.3.1.2432-08: введ. 22.07.2021. М.: Роспотребнадзор, 2021. 72 с.

² Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования.

Высокой суммарной антиоксидантной активностью характеризовались сорта Аристократ, Черномор, элитный сеянец 03-6-137. Исходя из полученных данных, по комплексу биохимических признаков выделены сорта Казачок и Черномор.

Приведенные данные по витаминам С, Р (антоцианы), суммарной антиоксидантной активности свидетельствуют о перспективности использования крыжовника высоковитаминных сортов в диетическом питании, а также для разработки продуктов функциональной направленности.

Список использованных источников

1. Ягодные культуры / В. В. Даньков [и др.]. – СПб. [и др.]: Лань, 2015. – 187 с.
2. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов [и др.] // *Вопр. питания*. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
3. Голуб, О. В. Товароведная характеристика ягод крыжовника / О. В. Голуб, И. Н. Ковалевская, Т. С. Габерман // *Техника и технология пищевых пр-в*. – 2010. – № 2 (17). – С. 73–77.
4. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: [справочник] / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 275 с.
5. Определение антоцианов плодов некоторых растений рода *Ribes* методами обращенно-фазовой ВЭЖХ и гидрофильной хроматографии / В. И. Дейнека [и др.] // *Химия раст. сырья*. – 2020. – № 1. – С. 81–88. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020016331>
6. Кошелева, О. В. Содержание флавонолов в плодово-ягодных культурах российской селекции / О. В. Кошелева, Т. В. Жидехина, Д. В. Акишин // *Вопр. питания*. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 185.
7. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits / J. Orsavová [et al.] // *Food Chem.* – 2019. – Vol. 284. – P. 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.072>
8. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека / А. Я. Яшин [и др.] // *Аналитика*. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 222–230. <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.230>
9. Яшин, А. Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках / А. Я. Яшин // *Рос. хим. журн.* – 2008. – Т. 52, № 2. – С. 130–135.
10. ORAC value list – Top 100 highest antioxidant spices, herbs, products [Electronic resource] // *Modern Survival Blog*. – Mode of access: <https://modernsurvivalblog.com/health/high-orac-value-antioxidant-foods-top-100/>. – Date of access: 31.04.2022.
11. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. НИИ селекции плодовых культур; под общ. ред. Е. Н. Седова. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1995. – 503 с.
12. Причко, Т. Г. Ягоды крыжовника – источник биологически активных веществ / Т. Г. Причко, В. В. Яковенко, М. Г. Германова // *Вестн. рос. с.-х. науки*. – 2015. – № 4. – С. 26–28.
13. Биохимическая оценка новых сортов крыжовника селекции ВНИИСПК / М. А. Макаркина [и др.] // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2019. – Т. 59. – С. 86–91. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-86-91>
14. Атрощенко, Г. П. Оценка сортов крыжовника по качеству ягод в условиях Ленинградской области / Г. П. Атрощенко, Н. А. Пупкова, К. А. Волкова // *Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та*. – 2018. – № 50. – С. 23–28.
15. Исследование антиоксидантного комплекса перспективных и районированных в Свердловской области сортов крыжовника / О. В. Чугунова [и др.] // *Ползун. вестн.* – 2022. – № 3. – С. 108–116. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.015>
16. Попова, А. Ю. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации / А. Ю. Попова, В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // *Вопр. питания*. – 2021. – Т. 90, № 4. – С. 6–19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>

References

1. Dan'kov V. V., Skripnichenko M. M., Loginova S. F., Gorbacheva N. N., Shcherbakova G. V., Dolzhenok T. V. *Berry crops*. St. Petersburg etc., Lan' Publ., 2015. 187 p. (in Russian).
2. Akimov M. Yu., Bessonov V. V., Kodentsova V. M., Eller K. I., Vrzhesinskaya O. A., Beketova N. A. [et al.]. Biological value of fruits and berries of Russian production. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 220–232 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
3. Golub O. V., Kovalevskaya I. N., Gaberman T. S. The commodity characteristic of gooseberries. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2010, no. 2 (17), pp. 73–77 (in Russian).
4. Skurikhin I. M., Tutel'yan V. A. *Tables of chemical composition and calorie content of Russian food products*. Moscow, DeLi print Publ., 2007. 275 p. (in Russian).
5. Deineka V. I., Oleinits E. Yu., Pavlov A. A., Mikheev A. Yu., Shelepova O. V., Volkova O. D., Khlebnikova E. I. Determination of anthocyanins of fruits of some plants of the genus *Ribes* by reversed-phase HPLC and hydrophilic interaction chromatography (HILIC). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Material*, 2020, no. 1, pp. 81–88 (in Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020016331>
6. Kosheleva O. V., Zhidekhina T. V., Akishin D. V. The content of flavonols in fruit and berry crops of Russian selection. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2014, vol. 83, no. S3, p. 185 (in Russian).

7. Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L., Mišurcová L. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits. *Food Chemistry*, 2019, vol. 284, pp. 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.072>

8. 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. *Analitika = Analytics*, 2019, vol. 9, no. 3, pp. 222–230 (in Russian). <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.230>

9. Yashin A. Ya. A flow-injection system with amperometric detection for selective determination of antioxidants in food-stuffs and drinks. *Russian Journal of General Chemistry*, 2008, vol. 78, no. 12, pp. 2566–2571. <https://doi.org/10.1134/s1070363208120360>

10. ORAC value list – Top 100 highest antioxidant spices, herbs, products. *Modern Survival Blog*. Available at: <https://modernsurvivalblog.com/health/high-orac-value-antioxidant-foods-top-100/> (accessed 31.04.2022).

11. Sedov E. N. (ed.). *Program and methodology for breeding fruit, berry and nut crops*. Orel, Publishing house of the All-Russian Research Institute for Breeding Fruit Crops, 1995. 503 p. (in Russian).

12. Prichko T. G., Yakovenko V. V., Germanova M. G. Berries of gooseberry – as a source of biologically active substances. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2015, no. 4, pp. 26–28 (in Russian).

13. Makarkina M. A., Knyazev S. D., Kurashev O. V., Pavel A. R. Biochemical evaluation of new gooseberry varieties breeding of Russian research institute of fruit crop breeding. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 2019, vol. 59, pp. 86–91 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-86-91>

14. Atroshchenko G. P., Pupkova N. A., Volkova K. A. Evaluation of gooseberry varieties by berry quality in the conditions of the Leningrad region. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 50, pp. 23–28 (in Russian).

15. Chugunova O. V., Vyatkin A. V., Arisov A. V., Chebotok E. M. Research of the antioxidant complex of promising and regional varieties of gooseberry in the Sverdlovsk region. *Polzunovskiy vestnik*, 2022, no. 3, pp. 108–116 (in Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.015>

16. 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. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2021, vol. 90, no. 4, pp. 6–19 (in Russian). <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>

Информация об авторах

Акимов Михаил Юрьевич – доктор сельскохозяйственных наук, директор Федерального научного центра им. И. В. Мичурина (ул. Мичурина, 30, 393774, Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация). ORCID ID: 0000-0002-1990-4902. E-mail: info@fnc-mich.ru

Жбанова Екатерина Викторовна – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (ул. Мичурина, 30, 393774, Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация). ORCID ID: 0000-0001-5045-384X. E-mail: shbanovak@yandex.ru

Миронов Алексей Михайлович – младший научный сотрудник, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (ул. Мичурина, 30, 393774, Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация). E-mail: sigurd32@gmail.com

Хромов Николай Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (ул. Мичурина, 30, 393774, Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация). ORCID ID: 0000-0001-5603-6174. E-mail: nik-2@mail.ru

Information about the authors

Mikhail Yu. Akimov – Dr. Sc. (Agriculture), Director of I. V. Michurin Federal Scientific Center (30, Michurin Str., 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation). ORCID ID: 0000-0002-1990-4902. E-mail: info@fnc-mich.ru

Yekaterina V. Zhanova – Dr. Sc. (Agriculture), Leading Research, I. V. Michurin Federal Scientific Center (30, Michurin Str., 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation). ORCID ID: 0000-0001-5045-384X. E-mail: shbanovak@yandex.ru

Aleksey M. Mironov – Junior Research, I. V. Michurin Federal Scientific Center (30, Michurin Str., 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation). ORCID ID: 0000-0001-8530-7535. E-mail: sigurd32@gmail.com

Nikolay V. Khromov – Ph. D. (Agriculture), Senior Research, I. V. Michurin Federal Scientific Center (30, Michurin Str., 393774, Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation). ORCID ID: 0000-0001-5603-6174. E-mail: nik-2@mail.ru