

УДК 543.54:547.973

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103

А. Гузеева¹
И.А. Капитова¹
К.В. Павлов¹
Ф.Ф. Сазонов¹
В.В. Захарычев² ✉

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Москва, Россия

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

✉ kiastandard@mail.ru

Поступила в редакцию: 02.08.2024
Одобрена после рецензирования: 02.10.2024
Принята к публикации: 17.10.2024

© Гузеева А., Капитова И.А., Павлов К.В., Сазонов Ф.Ф., Захарычев В.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103

Alla Guzeeva¹
Irina A. Kapitova¹
Konstantin V. Pavlov¹
Fedor F. Sazonov¹
Vladimir V. Zakharychev² ✉

¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

²Dmitry Mendeleev University, Moscow, Russia

✉ kiastandard@mail.ru

Received by the editorial office: 02.08.2024
Accepted in revised: 02.10.2024
Accepted for publication: 17.10.2024

©Guzeeva A., Kapitova I.A., Pavlov K.V., Zakharychev V.V., Sazonov F.F.

Содержание антоцианов в свежих и длительно замороженных плодах смородины черной (*Ribes nigrum* L.) сортов селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства

РЕЗЮМЕ

В статье представлена информация о видах, составе и свойствах антоцианов, их функциях в растительном и животном мире, проанализированы направления и механизм полезного воздействия антоцианов на растения и организм человека. Дано понятие о природе химических процессов, происходящих с участием антоцианов. Определено суммарное содержание антоцианов в ягоде сырье различных видов хранения, полученном из ягод 12 сортов смородины черной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Выделены сорта с высоким и устойчивым содержанием антоцианов для дальнейшего их использования в селекции. Оценено влияние длительной заморозки на содержание антоцианов. Среднее содержание антоцианов в свежих плодах по результатам двухлетних испытаний составило $1234,1 \pm 86$ млн⁻¹, в хранившихся при 75 °С в течение 7 мес. — 1069 ± 74 млн⁻¹. Наибольшая концентрация антоцианов — 1860 ± 130 млн⁻¹ обнаружена в свежих плодах сорта Дебрянск, наименьшая — 950 ± 95 млн⁻¹ у сорта Стрелец. Сорта Дебрянск, Фаворит, Бармалей, Миф были выделены как наиболее ценные для использования в качестве функциональной добавки к продуктам питания и для дальнейшего использования как источников антиоксидантов. Влияние длительной заморозки ягод смородины черной позволило оценить количественные изменения в содержании антоцианов, выделить сорта с более стабильным содержанием антоцианов продукции и сделать выводы об условиях хранения ягод смородины черной для более эффективного дальнейшего использования в качестве антиокислительных компонентов.

Ключевые слова: антоцианы, окислительный стресс, смородина черная, антиоксиданты, спектрофотометрия

Для цитирования: Гузеева А., Капитова И.А., Павлов К.В., Сазонов Ф.Ф., Захарычев В.В. Содержание антоцианов в свежих и длительно замороженных плодах смородины черной (*Ribes nigrum* L.) сортов селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 99–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103>

Anthocyanin content in fresh and long-term frozen black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred by the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery

ABSTRACT

The article provides information on the species, composition and properties of anthocyanins, their functions in the plant and animal world, analyzed the directions and mechanism of the beneficial effect of anthocyanins on plants and the human body. The concept of the nature of chemical processes occurring with the participation of anthocyanins. The total content of anthocyanins in berry raw materials of various types of storage obtained from berries of 12 varieties of black currant of the Federal State Budgetary Scientific and Scientific Center of Horticulture was determined by pH differential spectrophotometry. Varieties with high and stable anthocyanin content have been identified for their further use in breeding. The effect of long-term freezing on the anthocyanin content was estimated. According to the results of two-year tests, the average anthocyanin content in fresh fruit was 1234.1 ± 86 ppm, in fruit stored at -75 °C for 7 months was 1069 ± 74 ppm. The highest concentration of anthocyanins 1860 ± 130 ppm was found in fresh fruit of the Debryansk variety, the lowest 950 ± 95 ppm was in the Strelets variety. The varieties Debryansk, Favorite, Barmaley, and Myth were identified as the most valuable for use as a functional additive to food and for further use as sources of antioxidants. The effect of prolonged freezing of black currant berries made it possible to assess quantitative changes in the content of anthocyanins, as well as to identify varieties with a more stable content of product anthocyanins and draw conclusions about the storage conditions of black currant berries for more effective further use as antioxidant components.

Key words: anthocyanins, oxidative stress, black currant, antioxidants, spectrophotometry

For citation: Guzeeva A., Kapitova I.A., Pavlov K.V., Zakharychev V.V., Sazonov F.F. Anthocyanin content in fresh and long-term frozen black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred by the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 99–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103>

Введение/Introduction

Высокие нагрузки способствуют ускорению окислительных процессов в организме человека, образованию свободных радикалов, что негативно сказывается на здоровье и продолжительности жизни, приводит к преждевременному старению организма [1–5]. Замедлению окислительных процессов в организме человека способствуют вещества антиоксидантной природы, которые могут быть перехватчиками этих свободных радикалов, в том числе антоцианы.

Антоцианы — это окрашенные гликозиды гидроксипроизводных 2-фенилхромена, относящиеся к флавоноидам, широко распространенные у растений. Их регулярное употребление в пищу приносит пользу для здоровья человека, главным образом благодаря их способности нейтрализовать свободные радикалы, которые способствуют окислительным процессам в организме [6–8].

Регулярное употребление продуктов, богатых антоцианами, приносит ряд преимуществ для здоровья человека. Эти способности могут противодействовать уровням окислительного стресса, предотвращать развитие воспалительных процессов, защищать органы человека и клеточные компоненты от повреждений и, таким образом, обеспечивать защиту на различных уровнях. Антоцианы являются природными соединениями, обладающими разнообразными фармакологическими эффектами [9–13].

Положительное влияние антоцианов на организм человека способствовало разработке различных биологически активных добавок на их основе [9, 10]. Выявлены группы антоцианов и антоцианидинов (дельфинидин и его антоциан дельфинидин-3-О-рутинозид, дельфинидин-3-О-глюкозид, цианидин-3-О-глюкозид), обладающих наибольшей антиоксидантной активностью [16].

Использование антоцианов как важных компонентов пищевых, косметических и фармацевтических продуктов ограничивается их чистотой и сохранением биологической активности в процессе производства и хранения. Поэтому в настоящее время является актуальным поиск сырья, в том числе ягодного, с высоким содержанием антоцианов и способностью сохранять антиокислительные свойства при переработке и длительном хранении. Важным параметром является экономическая эффективность производства различных добавок из растительного сырья на основе ягод.

Результаты многочисленных исследований показали, что ягоды смородины черной (*Ribes nigrum* L.) содержат в биохимическом составе целый комплекс витаминов, что позволяет использовать их как лечебно-профилактический продукт питания. Наличие флавоноидов в ягодах смородины черной обеспечивает им высокие антиоксидантные свойства, а их употребление защищает от вредного воздействия окружающей среды и оказывает в целом положительное воздействие на организм [17–19]. Причем по содержанию антоцианов плоды черной смородины являются одним из лидеров среди плодово-ягодных культур (до 180 мг / 100 г съедобной части), что позволяет использовать ягодное сырье для производства фармацевтических препаратов [20]. Включение в рацион питания ягод смородины черной способствует регенеративным процессам в организме, укреплению иммунитета [21, 22].

В настоящее время актуальны исследования по отбору наиболее перспективных сортов смородины черной с высоким содержанием антоциановых пигментов для возделывания в промышленных масштабах и разработка технологических решений по их максимальному сохранению при переработке ягодного сырья. Температура является критическим параметром промышленной обработки пищевых продуктов, который влияет на пищевую ценность, особенно воздействуя на термочувствительные соединения, в том числе антоцианы.

Необходимы дальнейшие исследования термостабильности антоцианов, определения их устойчивости при заморозке (нагревании) как в экстрактах, так и в реальных пищевых матрицах.

Цели исследования — определение суммарного содержания антоцианов в ягодах смородины черной различных сортов в сыром виде и после их длительного хранения в замороженном виде, выделение сортов с высоким содержанием антоцианов, оценка их стабильности в течение двух сезонов, рекомендация сортов для использования в качестве источников антиоксидантов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Выбранные сорта обладают ценными хозяйственными признаками в 2021 и 2022 гг. Они отличаются зимостойкостью, устойчивы к болезням и вредителям и внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных для производственного использования в Российской Федерации. Исключение составляет новый крупноплодный сорт Фаворит (патент № 13486¹), который проходит государственные испытания в системе ГСИ.

Исследования суммарного содержания антоцианов проведены в лаборатории репродуктивной биотехнологии ФГБНУ ФНЦ Садоводства в соответствии с ГОСТ 32709-2014² методом pH-дифференциальной спектрофотометрии [23].

В работе использовались стандартные методы для отбора проб по ГОСТ 26313-2014³ и пробоподготовки по ГОСТ 26671-2014⁴.

Отобранные ягоды смородины черной были поделены на две пробы от каждого сорта: первая проба была сразу исследована на антоцианы, а вторая — помещена на длительное хранение в кельвинатор U535 Innova (Eppendorf, Германия) с температурой ниже -70 °С для дальнейшего эксперимента по определению антоцианов.

Для реализации метода предварительно были приготовлены два буферных раствора: pH 1,0 (25 см³ 1,5%-ного раствора хлорида калия смешивали с 67 см³ 0,2 М раствора соляной кислоты) и pH 4,5 (1,64 г уксуснокислого натрия 3-водного в 100 см³ воды), значение pH доводили до номинального добавлением концентрированной соляной кислоты.

Отбирали пробы ягод массой 1,0 г (погрешность 0,1 г), затем гомогенизировали, центрифугировали с ускорением не менее 900 g в течение 20 мин. при 4 °С. Надосадочную жидкость переносили в мерные колбы вместимостью 50 см³ каждая и доводили до метки буферными растворами с pH 1,0 и 4,5 (рис. 1). При высокой концентрации антоцианов пробу дополнительно

¹ Патент на селекционное достижение № 13486. Смородина черная *Ribes nigrum* L. Фаворит. По заявке № 77686 с датой приоритета 14.12.2018 / Ф.Ф. Сазонов, заявитель ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Зарегистрировано 17.04.2024. 1 с.

² ГОСТ 32709-2014 Межгосударственный стандарт продукция соковая. Методы определения антоцианов.

³ ГОСТ 26671-2014 Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторных анализов.

⁴ ГОСТ 26313-2014 Продукты переработки фруктов и овощей. Правила приемки и методы отбора проб.

разбавляли. Коэффициент разбавления учитывали при расчете конечной концентрации антоцианов.

Раствор выдерживали в течение 15 мин. и проводили измерение оптической плотности подготовленных проб на спектрофотометре ПЭ-5400УФ («Экрос Хим», Россия) при длинах волн 510 и 700 нм (рис. 2).

Измерения оптической плотности проб проводили в двух повторностях, разность оптической плотности ΔA вычисляли как разность оптических плотностей растворов при разных длинах волн и разных значениях pH по ГОСТ 32709-2014.

Окончательные результаты оформляли согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025⁵ с указанием погрешности метода:

$C_{cp} \pm 0,01 \times \delta \times C_{cp}$, в условиях погрешности, млн⁻¹,

где: C_{cp} — среднее значение концентрации антоцианов, млн⁻¹; δ — границы относительной погрешности измерений, %, согласно ГОСТ 32709-2014².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основными факторами, влияющими на извлечение антоцианов из ягод и фруктовых остатков, являются характеристики образца (такие, как активность воды в образце, жесткость клеточной стенки растения). В литературе описаны различные методы выделения антоцианов из растительного сырья и оценки их содержания, предлагаются новые и совершенствуются известные методы спектрометрии [23, 24].

Для исследования были отобраны сорта смородины черной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства, отличающиеся высокой урожайностью, стойкостью к стрессовым факторам и болезням и активно возделываемые в Центральной полосе Российской Федерации. Представляло интерес оценить эти сорта как перспективные источники функциональных добавок к продуктам питания, определить влияние условий хранения на сохранение антиоксидантной активности ягодного сырья.

По результатам оценки содержания антоцианов в ягодах смородины черной за 2021 г. были выделены сорта, имеющие высокий уровень содержания антоцианов (более 1400 млн⁻¹). Такими сортами оказались Бармалей, Дебрянск, Миф, Фаворит.

Самый высокий показатель суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид в 2021 г. отмечен в плодах крупноплодного сорта Дебрянск (1860 ± 130 млн⁻¹), а самый низкий — у десертного сорта Брянский агат (1010 ± 70 млн⁻¹).

Оценка содержания антоцианов за 2022 г. показала, что сорта Дебрянск и Миф были лидерами по накоплению антоцианов. Самый высокий показатель суммы антоцианов в 2022 г. отмечен у сорта Дебрянск (1730 ± 121 млн⁻¹), а самый низкий — у сорта Стрелец (950 ± 95 млн⁻¹). По результатам оценки среднего показателя содержания антоцианов в ягодах смородины черной за 2021–2022 гг. были выделены сорта с высоким уровнем их содержания (Бармалей, Дебрянск, Миф, Фаворит).

Рис. 1. Осветленная проба в двух пробирках с буферным раствором pH 1,0 и 4,5. Фото автора

Fig. 1. The clarified sample in two tubes with buffer solution pH 1.0 and 4.5. Author's photo



Рис. 2. Измерение оптической плотности подготовленных проб на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Фото автора

Fig. 2. Measurement of absorbance of the prepared samples using a PE-5400UF spectrophotometer. Author's photo



Самый высокий средний показатель суммы антоцианов в ягодах отмечен у сорта Дебрянск (1795 ± 125 млн⁻¹), а самый низкий — у сорта Брянский агат (985 ± 98 млн⁻¹) (табл. 1).

Для оценки возможности использования ягод смородины черной после длительного хранения в замороженном виде в качестве источника антиоксидантов проведены исследования содержания суммы антоцианов в ягодах, хранящихся в замороженном виде при -75 °C в течение 7 мес.

По результатам оценки суммы антоцианов установлено, что в плодах сортов Бармалей, Брянский агат, Дебрянск, Миф, Чародей, Гамаюн, Вера, Фаворит, Каскад и Подарок ветеранам количество антоцианов снизилось (от 5,4 до 52,1%), а в ягодах сортов Стрелец и Кудесник — увеличилось (0,4–5,7%) (рис. 3).

Таблица 1. Содержание антоцианов в ягодах смородины черной

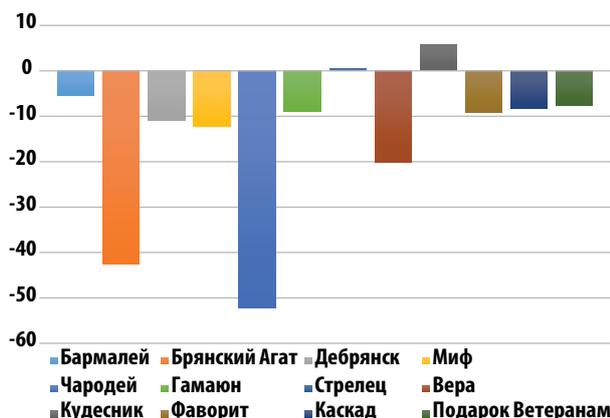
Table 1. Anthocyanin content in blackcurrant berries

Сорт	Сумма антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, млн ⁻¹			
	2021 г.	2022 г.	Средний показатель содержания антоцианов	Пробы, хранившиеся 7 мес. при -75 °C
Бармалей	1400 ± 98	1350 ± 94	1375 ± 96	1302 ± 91
Брянский агат	1010 ± 70	960 ± 88	985 ± 98	566 ± 56
Дебрянск	1860 ± 130	1730 ± 121	1795 ± 125	1597 ± 111
Миф	1480 ± 103	1390 ± 97	1435 ± 100	1260 ± 88
Чародей	1050 ± 73	1010 ± 70	1030 ± 72	493 ± 49
Гамаюн	1190 ± 83	1300 ± 91	1245 ± 87	1133 ± 79
Стрелец	1060 ± 74	950 ± 95	1005 ± 70	1010 ± 70
Вера	1160 ± 81	1220 ± 85	1190 ± 83	950 ± 95
Кудесник	1290 ± 73	1120 ± 78	1205 ± 84	1279 ± 89
Фаворит	1450 ± 101	1300 ± 91	1375 ± 96	1250 ± 87
Каскад	1020 ± 71	1140 ± 79	1080 ± 75	990 ± 90
Подарок ветеранам	1060 ± 76	1120 ± 78	1090 ± 76	1005 ± 70
Средний показатель содержания антоцианов	1252,5 ± 87	1215,8 ± 85	1234,1 ± 86	1069 ± 74

⁵ ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

Рис. 3. Оценка изменения содержания суммы антоцианов (%) в замороженных ягодах смородины при длительном хранении и низких температурах

Fig. 3. Evaluation of changes in the content of anthocyanins (%) in frozen currant berries during long-term storage and low temperatures



Подобное отклонение (до 7%) как в сторону увеличения, так и уменьшения укладывается в погрешность метода, однако резкое снижение количества антоцианов (сорт Брянский агат, Чародей) может быть связано с разрушением оболочек клеток, из-за чего произошло взаимодействие антоцианов с внешней средой, низким содержанием аскорбиновой кислоты или других антиоксидантов, пониженной общей кислотностью.

На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности использования ягодного сырья

смородины черной в качестве перспективного источника антоцианов, обладающих выраженной антиоксидантной активностью.

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования позволили установить возможность использования ягод смородины черной в качестве источника антоцианов, определили возможные технологические условия сохранения антиоксидантных свойств ягодного сырья при переработке и длительном хранении.

Оценка суммарного содержания антоцианов в ягодах смородины черной в течение двух лет, количества антоцианов в плодах после их длительного хранения в замороженном виде позволила выделить сорта Дебрянск, Фаворит, Бармалей, Миф как наиболее ценные для использования в качестве функциональной добавки к продуктам питания и для дальнейшего использования как продуктов — источников антиоксидантов.

Оценка влияния длительной заморозки ягод смородины черной позволила выявить снижение количества антоцианов в плодах, что необходимо учитывать при хранении данной продукции и изготовлении на их основе биологически активных добавок.

Обеспечение надлежащих термических условий для обработки продуктов, богатых антоцианами, позволит разработать рациональный дизайн для будущего производства стабильных функциональных продуктов, в значительной степени сохраняющих биологическую активность и их функциональные возможности.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием по теме ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2022-0001 «Воспроизводство и сохранение ценных генотипов плодовых и ягодных культур методами новых биотехнологий».

FUNDING

The research was carried out in part to carry out the work provided for by the state assignment on the topic Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery FGUW-2022-0001 "Reproduction and preservation of valuable genotypes of fruit and berry crops using new biotechnology methods."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Imran M. *et al.* Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 1–27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
- Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
- Thiruvengadam M. *et al.* Bioactive Compounds in Oxidative Stress-Mediated Diseases: Targeting the NRF2/ARE Signaling Pathway and Epigenetic Regulation. *Antioxidants*. 2021; 10(12): 1859. <https://doi.org/10.3390/antiox10121859>
- Mitra S. *et al.* Potential health benefits of carotenoid lutein: an updated review. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 154: 112328. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112328>
- Bouyahya A. *et al.* Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 118: 519–538. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.017>
- Колдаев В.М., Кропотов А.В. Антоцианы в практической медицине. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2021; (3): 24–28. <https://elibrary.ru/tidsba>
- Thorntwaite J.T., Thibado S.P., Thorntwaite K.A. Bilberry anthocyanins as agents to address oxidative stress. Preedy V.R. (ed.). *Pathology. Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. Academic Press. 2020; 179–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815972-9.00017-2>
- Aly A.A., Ali H.G.M., Eliwa N.E.R. Phytochemical screening, anthocyanins and antimicrobial activities in some berries fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019; 13(2): 911–920. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0005-0>
- Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(2): 56–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>
- Акимов М.Ю. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства. *Вопросы питания*. 2020; 89(4): 220–232. <https://elibrary.ru/uoaqim>

REFERENCES

- Imran M. *et al.* Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 1–27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
- Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
- Thiruvengadam M. *et al.* Bioactive Compounds in Oxidative Stress-Mediated Diseases: Targeting the NRF2/ARE Signaling Pathway and Epigenetic Regulation. *Antioxidants*. 2021; 10(12): 1859. <https://doi.org/10.3390/antiox10121859>
- Mitra S. *et al.* Potential health benefits of carotenoid lutein: an updated review. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 154: 112328. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112328>
- Bouyahya A. *et al.* Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 118: 519–538. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.017>
- Koldaev V.M., Kropotov A.V. Anthocyanins in practical medicine. *Pacific Medical Journal*. 2021; (3): 24–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/tidsba>
- Thorntwaite J.T., Thibado S.P., Thorntwaite K.A. Bilberry anthocyanins as agents to address oxidative stress. Preedy V.R. (ed.). *Pathology. Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. Academic Press. 2020; 179–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815972-9.00017-2>
- Aly A.A., Ali H.G.M., Eliwa N.E.R. Phytochemical screening, anthocyanins and antimicrobial activities in some berries fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019; 13(2): 911–920. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0005-0>
- Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhanova E.V. Role of Fruits and Berries in Providing Human with Vital Biologically Active Substances. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(2): 56–60 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>
- Akimov M.Yu. *et al.* Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*. 2020; 89(4): 220–232 (in Russian). <https://elibrary.ru/uoaqim>

11. Ma Y., Ding S., Fei Y., Liu G., Jang H., Fang J. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*. 2019; 106: 106712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106712>
12. Юдина Р.С., Гордеева Е.И., Шоева О.Ю., Тихонова М.А., Хлесткина Е.К. Антоцианы как компоненты функционального питания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021; 25(2): 178–189. <https://doi.org/10.18699/VJ21.022>
13. Tena N., Martín J., Asuero A.G. State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*. 2020; 9(5): 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
14. Krga I., Milenkovic D. Anthocyanins: From Sources and Bioavailability to Cardiovascular-Health Benefits and Molecular Mechanisms of Action. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019; 67(7): 1771–1783. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06737>
15. Zhang L., Wu G., Wang W., Yue J., Yue P., Gao X. Anthocyanin profile, color and antioxidant activity of blueberry (*Vaccinium ashei*) juice as affected by thermal pretreatment. *International Journal of Food Properties*. 2019; 22(1): 1035–1046. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1625366>
16. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2020; 25(17): 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
17. Сазонов Ф.Ф. Роль генотипа и погодных условий в формировании хозяйственно ценных признаков интродуцированных сортов черной смородины. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (11): 61–70. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-61-70>
18. Jayarathne S., Stull A.J., Park O.-H., Kim J.H., Thompson L., Moustaid-Moussa N. Protective Effects of Anthocyanins in Obesity-Associated Inflammation and Changes in Gut Microbiome. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2019; 63(20): 1900149. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900149>
19. 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): 222–231. <https://elibrary.ru/pmakyj>
20. Сазонов Ф.Ф. Оценка интродуцированных сортов смородины черной для использования в производстве и селекции. *Садоводство и виноградарство*. 2022; (4): 16–26. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-16-26>
21. Михайлова И.В., Филиппова Ю.В., Кузьмичева Н.А., Винокурова Н.В., Иванова Е.В., Воронкова И.П. Смородина черная как перспективный источник полифенольных антиоксидантов. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021; (7–2): 28–32. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.109.7.038>
22. Šimerdová B., Bobříková M., Lhotská I., Kaplan J., Křenová A., Šatínský D. Evaluation of Anthocyanin Profiles in Various Blackcurrant Cultivars over a Three-Year Period Using a Fast HPLC-DAD Method. *Foods*. 2021; 10(8): 1745. <https://doi.org/10.3390/foods10081745>
23. Zhang J., Singh R., Quek S.Yu. Extraction of Anthocyanins from Natural Sources — Methods and Commercial Considerations. Brooks M.S.-L., Celli G.B. (eds.). *Anthocyanins from Natural Sources: Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. *Royal Society of Chemistry*. 2019; 77–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.103>
24. Cvjetko Bubalo M., Vidović S., Radojčić Redovniković I., Jokić S. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*. 2018; 109: 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>
11. Ma Y., Ding S., Fei Y., Liu G., Jang H., Fang J. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*. 2019; 106: 106712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106712>
12. Yudina R.S., Gordeeva E.I., Shoeva O.Yu., Tikhonova M.A., Khlestkina E.K. Anthocyanins as functional food components. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25(2): 178–189 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ21.022>
13. Tena N., Martín J., Asuero A.G. State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*. 2020; 9(5): 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
14. Krga I., Milenkovic D. Anthocyanins: From Sources and Bioavailability to Cardiovascular-Health Benefits and Molecular Mechanisms of Action. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019; 67(7): 1771–1783. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06737>
15. Zhang L., Wu G., Wang W., Yue J., Yue P., Gao X. Anthocyanin profile, color and antioxidant activity of blueberry (*Vaccinium ashei*) juice as affected by thermal pretreatment. *International Journal of Food Properties*. 2019; 22(1): 1035–1046. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1625366>
16. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2020; 25(17): 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
17. Sazonov F.F. The genotype and weather conditions role in shaping economically valuable features of introduced black currant varieties. *Bulletin of KrasGAU*. 2021; (11): 61–70 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-61-70>
18. Jayarathne S., Stull A.J., Park O.-H., Kim J.H., Thompson L., Moustaid-Moussa N. Protective Effects of Anthocyanins in Obesity-Associated Inflammation and Changes in Gut Microbiome. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2019; 63(20): 1900149. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900149>
19. 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): 222–231 (in Russian). <https://elibrary.ru/pmakyj>
20. Sazonov F.F. Evaluation of introduced blackcurrant varieties for production and breeding. *Horticulture and viticulture*. 2022; (4): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-16-26>
21. Mikhailova I.V., Filipova Yu.V., Kuzmicheva N.A., Vinokurova N.V., Ivanova E.V., Voronkova I.P. Black currant as a prospective source of polyphenol antioxidants. *International Research Journal*. 2021; (7–2): 28–32 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.109.7.038>
22. Šimerdová B., Bobříková M., Lhotská I., Kaplan J., Křenová A., Šatínský D. Evaluation of Anthocyanin Profiles in Various Blackcurrant Cultivars over a Three-Year Period Using a Fast HPLC-DAD Method. *Foods*. 2021; 10(8): 1745. <https://doi.org/10.3390/foods10081745>
23. Zhang J., Singh R., Quek S.Yu. Extraction of Anthocyanins from Natural Sources — Methods and Commercial Considerations. Brooks M.S.-L., Celli G.B. (eds.). *Anthocyanins from Natural Sources: Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. *Royal Society of Chemistry*. 2019; 77–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.103>
24. Cvjetko Bubalo M., Vidović S., Radojčić Redovniković I., Jokić S. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*. 2018; 109: 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>

ОБ АВТОРАХ

Алла Гузеева¹

аспирант
alla1988.88@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4654-8413>

Ирина Александровна Капитова¹

кандидат химических наук, старший научный сотрудник
kiastandart@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3629-4461>

Фёдор Фёдорович Сазонов¹

доктор сельскохозяйственных наук,
доцент, ведущий научный сотрудник
sazon-f@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1760-5992>

Константин Витальевич Павлов¹

кандидат химических наук, старший научный сотрудник
pavlovkonsta@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-4445-6314>

Владимир Владимирович Захарычев²

кандидат химических наук, доцент кафедры
zakharichev.v.v@muctr.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2142-4822>

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства) Загорьевская ул., 4, Москва, 115598, Россия

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Миусская пл., 9, Москва, 125047, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alla Guzeeva¹

Graduate Student
alla1988.88@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4654-8413>

Irina Aleksandrovna Kapitova¹

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher
kiastandart@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3629-4461>

Fyodor Fedorovich Sazonov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
sazon-f@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1760-5992>

Konstantin Vitalievich Pavlov¹

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher
pavlovkonsta@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-4445-6314>

Vladimir Vladimirovich Zakharichev²

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department
zakharichev.v.v@muctr.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2142-4822>

¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorievskaya Str., Moscow, 115598, Russia

²Dmitry Mendeleev University, 9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia