

УДК 541.14:547.551.2: 58.084.2: 634.723.1

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2025.1.8

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ПОЧЕК СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.) СОРТОВ БАШКИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

© Г. Г. Гарифуллина^{1*}, Р. Н. Насретдинова¹, М. М. Ишмуратова¹,
Л. А. Головина²

¹Уфимский университет науки и технологий
Россия, Республика Башкортостан, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Уфимский федеральный исследовательский центр РАН
Россия, Республика Башкортостан, 450059 г. Уфа, ул. Зорге, 19.

*Email: garifa@inbox.ru

*Исследовано влияние спиртовых экстрактов из почек смородины черной (*Ribes nigrum* L.) сортов башкирской селекции на процесс радикально-цепного окисления этанола. Антиокислительная активность спиртовых экстрактов почек смородины охарактеризована величиной относительного снижения скорости окисления модельного субстрата. Установлена зависимость антиокислительной активности экстрактов из почек как от сорта смородины, так и от времени сбора почек.*

Ключевые слова: антиокислительная активность, экстракты почек *R. nigrum*, скорость поглощения кислорода, ингибиторы окисления.

Введение

В условиях постоянного стресса, ухудшения экологической обстановки и потребления некачественной пищи в организме человека накапливаются свободные радикалы, ведущие к окислительному стрессу. Это состояние способствует развитию серьезных заболеваний, таких как атеросклероз, онкологические заболевания, диабет и преждевременное старение. Для нейтрализации вредного воздействия свободных радикалов рекомендуется антиоксидантная терапия, включающая потребление природных антиоксидантов [1]. Антиоксидантная терапия при COVID-19 может уменьшить воспалительные реакции, предотвратить повреждение органов и тканей, а также снизить вирусную нагрузку [2]. Исследования показывают, что смородина черная *Ribes nigrum* L. обладает одной из самых высоких антиоксидантных активностей среди ягодных культур благодаря высокому содержанию антоцианов и флавоноидов, что делает ее перспективным объектом для изучения в области медицины и пищевой промышленности [3].

Листья, почки и плоды смородины черной содержат полифенольные соединения в высоких концентрациях, особенно антоцианы и флавонолы, которые пользуются все большим спросом из-за их антиоксидантной активности. Природные антиоксиданты обладают такими свойствами, как защита организма от инфекций, предотвращение анемии, предотвращение риска онкологических заболеваний, разжижение крови за счет увеличения синтеза простагландинов (антитромботический эффект), предотвращение атеросклероза [4–5]. Ранее исследованием антиоксидантной активности (АОА) почек *R. nigrum* было показано, что у сортов европейской селекции она зависит от времени сбора сырья [6].

Отмечено, что антиоксидантная активность у *R. nigrum* зависит от генотипа и от условий окружающей среды [7]. Сорта *R. nigrum* башкирской селекции обладают большим ресурсным потенциалом. В растениях отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты [8], которое в комплексе с другими биологически активными веществами обеспечивает антиоксидантную активность. Исследование антиоксидантной активности почек *R. nigrum* сортов башкирской селекции в условиях Башкирского Предуралья является актуальным направлением. Время сбора сырья может существенно влиять на содержание биологически активных веществ в растениях, что, в свою очередь, отражается на их антиоксидантной активности. Изучение этого влияния представляет значительный научный интерес и может способствовать разработке эффективных стратегий использования растительных ресурсов смородины черной.

Цели исследования: определение антиоксидантной активности спиртовых экстрактов почек *R. nigrum*, собранных в условиях Башкирского Предуралья в осенний и весенний периоды; установление зависимости антиокислительной активности от сорта смородины и времени сбора почек.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись почки *R. nigrum* сортов селекции Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН: Бельская, Бобровая, Валовая, Караидель, Эстафета, Чишма. Для сравнения использовали почки сорта Сеянец Голубки (НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко), т.к. данный сорт обладает высоким содержанием аскорбино-

вой кислоты и рекомендован для выращивания практически во всех регионах РФ [9]. Сбор материала проводили в «Кушнаренковском селекционном центре по плодово-ягодным культурам и винограду» в октябре 2023 г. – осенний сбор и в марте 2024 г. – весенний сбор. Для каждого сорта *R. nigrum* готовили навески почек массой 5 г, которые помещали в емкость из темного стекла. Затем в емкость к почкам добавляли фармацевтический антисептический раствор (95% этиловый спирт) – 25 мл и плотно закрывали крышкой. Полученное сырье настаивали в темном помещении при температуре 18 °С.

Антиокислительные свойства спиртовых экстрактов почек смородины изучали на примере модельной реакции инициированного радикально-цепного окисления этанола. Для этанола в литературе известны значения элементарных констант скоростей реакций продолжения и обрыва, по этой причине он является хорошим модельным субстратом [10]. Процесс окисления протекает в кинетическом режиме, цепи окисления ведут гидропероксильные, оксипероксильные радикалы. Опыты проводили при постоянной температуре 348 К. В качестве инициатора окислительного процесса использовали классический инициатор – азодиизобутиронитрил (АИБН). Количество поглощенного кислорода измеряли с помощью высокочувствительной универсальной дифференциальной установки на базе кафедры физической химии и химической экологии Института химии и защиты в чрезвычайных ситуациях. Установка позволяет измерять скорости поглощения кислорода в пределах 10^{-6} – 10^{-7} моль/л*сек [11]. В реактор установки к окисляемому субстрату добавляли одинаковые объемы этанольного экстракта смородины черной.

Инициированное окисление этанола в стандартных условиях эксперимента протекает в кинетическом режиме по радикально-цепному механизму с квадратичным обрывом цепи по реакции (VI) и включает общий для большинства органических соединений ряд элементарных стадий:



В присутствии ингибирующих компонентов, содержащихся в экстракте смородины, обрыв цепи на радикалах RO_2^{\bullet} протекает по реакциям:



где I – инициатор, RH – субстрат окисления, InH – ингибитор, Pr – молекулярный продукт, R^{\bullet} и RO_2^{\bullet} – оксильные и оксипероксильные радикалы этанола соответственно.

Результаты эксперимента и обсуждение

Стандартным опытом является реакция окисления этанола в присутствии инициатора окисления. В дальнейшем в систему добавляли одинаковые объемные доли спиртового экстракта почек смородины черной. С добавкой экстракта почек снижается скорость поглощения кислорода, что однозначно доказывает антиокислительные свойства экстрактов почек смородины черной: чем больше эффект снижения скорости реакции, тем большей антиокислительной активностью обладает добавленная проба.

Таким образом, спиртовые экстракты на основе почек *R. nigrum* различных сортов оказывают ингибирующее действие на скорость окисления этанола, причем эффективность этого воздействия зависит от сорта и времени сбора сырья, количественные результаты представлены в табл.

Выявлены сорта *R. nigrum*, почки которых обладают самой высокой антиоксидантной активностью. Спиртовые экстракты почек сорта Бобровая, собранные в марте, снижают скорость окисления этанола до 1.37×10^{-6} моль/л*с, что соответствует снижению скорости окисления этанола на 52.9% по сравнению с контрольным значением 2.91×10^{-6} моль/л*с; для сбора почек в октябре снижение скорости окисления составляет 29.2%. Для сорта Чишма наблюдается значительное снижение скорости окисления этанола при сборе почек в марте, оно составляет 51.5%, для сбора в октябре – значительно ниже и равно 27.7%. В то же время экстракты сортов Валовая (март – 20.0%, октябрь – 13.1%) и Эстафета (март – 23.0%, октябрь – 18.2%) показали менее выраженное ингибирующее действие. В сравнении с сортом Сеянец Голубки, сорта Бобровая (сбор – октябрь), Бельская, Чишма (сбор – март) обладают более высокой антиоксидантной активностью.

Таблица

Зависимость скорости окисления этанола в присутствии добавок спиртовых экстрактов разных сортов смородины черной *R. nigrum* осеннего и весеннего сбора, % снижения скорости окисления этанола

Сорт смородины	Время сбора			
	Осенний сбор (октябрь)		Весенний сбор (март)	
	V·10 ⁶ моль/л·с	% снижение скорости окисления	V·10 ⁶ моль/л·с	% снижение скорости окисления
Этанол+АИБН	2.91		2.91	
Бельская	2.30	21.0	1.70	41.6
Бобровая	2.06	29.2	1.37	52.9
Валовая	2.53	13.1	2.32	20.0
Караидель	2.33	20.0	2.05	29.6
Сеянец Голубки	2.11	27.5	1.83	37.0
Чишма	2.25	22.7	1.41	51.5
Эстафета	2.38	18.2	2.24	23.0

Экстракты, полученные из почек весеннего сбора, показали более значительное снижение скорости окисления этанола по сравнению с осенними сборами. Накопление ингибирующих компонентов в почках исследованных сортов смородины черной весной происходит в 1.3–2.3 раза больше, чем осенью. Данный эффект, по видимому, связан с сезонными изменениями в накоплении биологически активных веществ, ответственных за антиоксидантную активность. Данные нашего эксперимента согласуются с литературными данными для сортов европейской селекции: антиокислительная активность зависит от времени сбора сырья [6].

Согласно литературным данным, антиоксидантное действие смородины черной обусловлено высоким содержанием биологически активных веществ. По данным Т. С. Поповой, почки *R. nigrum* в своем составе содержат комплекс полезных веществ, среди которых: четыре флавоноида – два производных кверцетина (кверцетин-3-О-[6-О-малонил-β-D-глюкопиранозид] и кверцетин-3-О-D-галактопиранозид (гиперозид)) и два производных мирицетина (мирицетин-3-О-[6-О-малонил-β-D-глюкопиранозид] и мирицетин-3-О-β-D-глюкуроид); катехины – галловая кислота, эпигаллокатехин, катехин, эпикатехин, эпигаллокатехин галлат, эпикатехин галлат и галлокатехин, с общим содержанием 0.234%; содержание эфирного масла составляет 2.74%, идентифицировано 59 компонентов, среди которых основные: сабинен, α-пинен, β-пинен, борнил-ацетат, лимонен, фелландрен, терпинолен, β-мерцен, оцимен, β-цитронеллол и τ-элемен; содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) варьируется от 22.5 до 71.2 мг% [12].

Заключение

На примере модельной реакции инициированного окисления этанола изучена антиокислительная активность спиртовых экстрактов почек сортов *R. nigrum* башкирской селекции и сорта Сеянец Голубки, выращенных в условиях Башкирского Предуралья. Антиокислительную активность исследованных спиртовых экстрактов почек смородины изучали классическим методом: по поглощению кислорода в кинетическом режиме инициированного окисления модельного субстрата этанола на высокочувствительной дифференциальной манометрической установке.

Установлено, что все исследованные спиртовые экстракты почек смородины черной проявляют ингибирующее действие в реакции окисления модельного субстрата этанола. Антиокислительная активность исследованных экстрактов почек смородины черной количественно охарактеризована относительным снижением скорости окисления этанола в их присутствии. Выявлены сорта *R. nigrum*, спиртовые экстракты которых снижают скорость процесса окисления этанола на 51.5% (Чишма) и на 52.9% (Бобровая).

Для исследованных спиртовых экстрактов почек смородины черной установлена связь их антиокислительной активности в зависимости от времени сбора почек. Установлено, что спиртовые экстракты почек, собранные весной, накапливают в своем составе ингибирующие компоненты в 1.3- 2.3 раза больше, чем почки осеннего сбора.

Согласно литературным данным, обсуждается влияние отдельных компонентов, содержащихся в почках смородины черной, на их способность к снижению скорости окисления модельного субстрата. Следует отметить вероятный механизм синергического эффекта отдельных компонентов, содержащихся в спиртовом экстракте почек смородины черной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федина П. А., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 91–97.
2. Черняк Б. В., Попова Е. Н., Приходько А. С. и др. COVID-19 и окислительный стресс // Биохимия. 2020. Т. 85. №12. С. 1816–1828. DOI 10.31857/S0320972520120064.
3. Paunović S. M., Mašković P., Tomić J. *et al.* Variation in Phytochemical Composition of Black Currant Berries in Response to Climatic Factors // Erwerbs-Obstbau. 2023. No. 65. P. 321–329. URL: <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00808-1>
4. Vagiri M. R. Black currant (*Ribes nigrum* L.) – an insight into the crop. 2012.

5. Bilici M. The Effect of Currant (*Ribes*) on Human Health and Determination Certain Antioxidant Activities // Eastern Journal of Medicine. 2021. No. 26. Iss. 3. P. 470–474.
6. Orbán Cs., Kis. E., Albert Cs., Molnos E. Antioxidant capacity of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves and buds // Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria. 2021. Vol. 14. No. 1. P. 117–129. URL: <https://doi.org/10.2478/ausal-2021-0007>
7. Moyer R. A., Hummer K. E., Finn C. E. et al. Anthocyanins, Phenolics and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: Vaccinium, *Rubus* and *Ribes* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. No. 50(3). P. 519–525.
8. Головина Л. А., Ишмуратова М. М. Генетические ресурсы *Ribes nigrum* L. *in situ* и *ex situ* в Республике Башкортостан // Известия Уфимского научного центра РАН. 2024. №4. С. 78–83. DOI: 10.31040/2222–8349-2024-0-4-78-83.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех, 2023. 631 с.
10. Гарифуллина Г. Г., Насретдинова Р. Н., Гатиятуллина А. И. и др. Влияние заместителей на антиокислительную активность терпеноидов в модельной реакции окисления этилбензола // Вестник Башкирского университета. 2022. Т. 37. №4. С. 1007–1015.
11. Гарифуллина Г. Г., Сахаутдинов Г. Ф., Маликова Р. Н. и др. Антиокислительная активность некоторых терпеноидов в модельной реакции окисления этилбензола // Вестник Башкирского университета. 2019. Т. 24. №4. С. 835–841.
12. Попова Т. С. Фармакогностическое изучение и стандартизация почек и листьев смородины черной (*Ribes nigrum* L.): автореф. дисс. ... канд. фарм. наук: специальность 14.04.02 Фармацевтическая химия, фармакогнозия. М., 2017. 24 с.

Поступила в редакцию 10.01.2025 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2025.1.8

**ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ALCOHOLIC EXTRACTS
OF BLACK CURRANT BUDS (*RIBES NIGRUM* L.)
OF BASHKIR VARIETIES**

© **G. G. Garifullina^{1*}, R. N. Nasretdinova¹, M. M. Ismuratova¹,
L. A. Golovina¹**

¹*Ufa University of Science and Technology
32 Zaki Validi st., 450076 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

*Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Center of RAS
19 Zorge st., 450059 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

*Email: garifa@inbox.ru

The effect of alcohol extracts from the buds of black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties of Bashkir varieties on the process of radical chain oxidation of ethanol was studied. The antioxidant activity of alcoholic extracts of currant buds is characterized by the relative decrease in the oxidation rate of the model substrate. The dependence of the antioxidant activity of extracts from the buds on both the currant variety and the time of bud harvesting was established.

Keywords: antioxidant activity, *R. nigrum* buds extracts, oxygen uptake rate, oxidation inhibitors.

Received 10.01.2025.

Об авторах/About the authors

ГАРИФУЛЛИНА Гарифа Губайдулловна

Институт химии и защиты в чрезвычайных ситуациях,
Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент кафедры физической химии и химической экологии,
канд. хим. наук.
Email: Garifa@inbox.ru

НАСРЕТДИНОВА Римма Наилевна

Институт химии и защиты в чрезвычайных ситуациях,
Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент кафедры физической химии и химической экологии,
канд. хим. наук.
Email: nasretdinovarn@mail.ru

ИШМУРАТОВА Майя Мунировна

Институт природы и человека, Уфимский университет
науки и технологий, Россия.
Профессор кафедры биологии и экологии,
доктор биол. наук.
Email: ishmuratova@mail.ru

ГОЛОВИНА Людмила Андреевна

Башкирский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства,
Уфимский федеральный исследовательский центр РАН,
Россия.
Научный сотрудник Кушнаренковского селекционного
центра по плодово-ягодным культурам и винограду.
Email: ludmilab_2010@mail.ru

GARIFULLINA Garifa Gubaidullova

Institute of Chemistry and Protection in Emergency Situations,
Ufa University of Science and Technology, Russia.
Associate Professor of the Department of Physical Chemistry
and Chemical Ecology, PhD in Chemistry.
Garifa@inbox.ru

NASRETDINOVA Rimma Nailevna

Institute of Chemistry and Protection in Emergency Situations,
Ufa University of Science and Technology, Russia.
Associate Professor of the Department of Physical Chemistry
and Chemical Ecology, PhD in Chemistry.
Email: nasretdinovarn@mail.ru

ISMURATOVA Maiya Munirovna

Institute of Nature and Human, Ufa University of Science
and Technology, Russia.
Professor of the Department of Biology and Ecology,
Dr. of Biological Sciences.
Email: ishmuratova@mail.ru

GOLOVINA Lyudmila Andreevna

Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research
Center of RAS.
Researcher of Kushnarenkovo Breeding Center for Fruits,
Berries and Grapes.
Email: ludmilab_2010@mail.ru