Исследования и практика в медицине. 2025. Т. 12, № 3. С. 31-41
https://doi.org/10.17709/2410-1893-2025-12-3-3
https://elibrary.ru/FAMFXA
3.3.6. Фармакология, клиническая фармакология
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

BY 4.0

Идентификация, скрининг и экспериментальная апробация биологической активности экстракта плодов *Vaccinium praestans* Lamb.

А. А. Саликова[1]✉, Н. В. Плаксен[1], Л. В. Устинова[1], А. Ю. Маняхин[2,3,4], О. М. Степачева[1], Е. А. Васильева[5]

[1] Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Российская Федерация
[2] Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток, Российская Федерация
[3] Владивостокский государственный университет, г. Владивосток, Российская Федерация
[4] Ningbo Excare Pharm Inc., г. Нинбо, Китай
[5] Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток, Российская Федерация
✉ a.salikova1992@bk.ru

Аннотация

Раннюю манифестацию возраст-ассоциированных заболеваний связывают с патологическим образованием свободных радикалов и развитием хронического окислительного стресса. *Vaccinium praestans* Lamb (красника, клоповка) представляет практический интерес в отношении профилактики данных заболеваний как потенциальный источник природных антиоксидантов.

Цель исследования. Идентификация фенольных соединений плодов *V. praestans*, скрининг их потенциальной биологической активности, экспериментальное определение антиоксидантной активности *in vitro* и *in vivo* жидкого экстракта плодов *V. praestans*.

Материалы и методы. Определение состава фенольных соединений жидкого экстракта плодов *V. praestans* проводили методом высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ВЭЖХ–МС/МС), общее содержание фенольных соединений – методом Фолина – Чокальтеу. Предварительный скрининг биологической активности идентифицированных фенольных соединений осуществлялся с помощью программы компьютерного прогнозирования PASS online. Оценка антиоксидантной активности исследуемого экстракта проводилась методами ABTS и FRAP. Влияние экстракта на состояние антиоксидантной защиты организма крыс было оценено путем моделирования окислительного стресса на фоне введения четыреххлористого углерода.

Результаты. В жидком экстракте плодов *V. praestans* было идентифицировано 10 фенольных соединений, такие как гликозиды кверцетина, катехин, гликозиды цианидина, оксикоричные кислоты и их производные. Общее содержание фенольных соединений в жидком экстракте плодов *V. praestans* – 9,1 ± 0,12 мг-экв галловой кислоты/мл. По данным предварительного скрининга биологической активности, идентифицированные фенольные соединения жидкого экстракта плодов *V. praestans* могут проявлять антиоксидантную, антиканцерогенную, антигипоксическую, цитопротективную активность. Методом ABTS и FRAP была доказана антирадикальная активность жидкого экстракта *V. praestans* При моделировании окислительного стресса у крыс, применение жидкого экстракта *V. praestans* приводило к снижению уровня малонового диальдегида (МДА) на 20,57 % и повышению уровня общей антиоксидантной активности (АРА) в 1,72 раза по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Заключение. Проведенное исследование расширяет данные о химическом составе и спектре фармакологической активности плодов *V. praestans*.

Ключевые слова:
Vaccinium praestans, красника, фенольные соединения, PASS online, антирадикальная активность, антиоксидантный эффект

Для цитирования: Саликова А. А., Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Маняхин А. Ю., Степачева О. М., Васильева Е. А. Идентификация, скрининг и экспериментальная апробация биологической активности экстракта плодов *Vaccinium praestans* Lamb. Research and Practical Medicine Journal (Исследования и практика в медицине). 2025; 12(3): 31-41. https://doi.org/10.17709/2410-1893-2025-12-3-3 EDN: FAMFXA

Для корреспонденции: Саликова Анастасия Александровна – старший преподаватель кафедры фармации ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет», г. Владивосток, Российская Федерация
Адрес: 690002, Российская Федерация, г. Владивосток, пр-т Острякова, д. 2
E-mail: a.salikova1992@bk.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7732-4853, eLibrary SPIN: 5742-6939, AuthorID: 1065306

Соблюдение этических стандартов: при выполнении данного исследования все манипуляции с лабораторными животными проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных». Исследование одобрено Междисциплинарным комитетом по этике ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России (протокол № 3 от 25.11.2024).

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200183-8).

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Статья поступила в редакцию 14.05.2025; одобрена после рецензирования 18.08.2025; принята к публикации 27.08.2025.

© Саликова А. А., Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Маняхин А. Ю., Степачева О. М., Васильева Е. А., 2025

Research'n Practical Medicine Journal. 2025. Vol. 12, No. 3. P. 31-41
https://doi.org/10.17709/2410-1893-2025-12-3-3
https://elibrary.ru/FAMFXA
Pharmacology, clinical pharmacology
ORIGINAL ARTICLE

Identification, screening and experimental approbation of the biological activity of *Vaccinium praestans* Lamb. fruit extract

A. A. Salikova[1]✉, N. V. Plaksen[1], L. V. Ustinova[1], A. Yu. Manyakhin[2,3,4], O. M. Stepacheva[1], E. A. Vasileva[5]

[1] Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
[2] Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
[3] Vladivostok State University, Vladivostok, Russian Federation
[4] Ningbo Excare Pharm Inc., Ningbo, China
[5] G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Vladivostok, Russian Federation
✉ a.salikova1992@bk.ru

Abstract

Early manifestation of age-associated diseases is linked to pathological free radical formation and the development of chronic oxidative stress. *Vaccinium praestans* Lamb (redberry, klopovka) is of practical interest for the prevention of such diseases as a potential source of natural antioxidants.

Purpose of the study. To identify phenolic compounds in *V. praestans* fruits, screen their potential biological activity, and experimentally determine the antioxidant activity of *V. praestans* fruit liquid extract *in vitro* and *in vivo*.

Materials and methods. The composition of phenolic compounds in the liquid extract of *V. praestans* fruits was analyzed using high-performance liquid chromato-mass-spectrometry (HPLC–MS/MS). Total soluble phenolic compounds were quantified using the Folin–Ciocalteu method. Preliminary screening of biological activity of the identified phenolic compounds was performed using the PASS online computational prediction tool. Antioxidant activity of the extract was evaluated using the ABTS and FRAP assays. The effect of the extract on the antioxidant defense system of rats was assessed by modeling oxidative stress induced by carbon tetrachloride administration.

Results. Ten phenolic compounds were identified in the liquid extract of *V. praestans* fruits, including quercetin glycosides, catechin, cyanidin glycosides, hydroxycinnamic acids, and their derivatives. The total phenolic content in the liquid extract of *V. praestans* fruits was 9.1 ± 0.12 mg-GAE/mL. Preliminary biological activity screening indicated that the identified phenolic compounds may exhibit antioxidant, anticancer, antihypoxic, and cytoprotective activities. Antiradical activity of the liquid extract was confirmed using ABTS and FRAP assays. In the rat oxidative stress model, administration of the *V. praestans* liquid extract reduced malondialdehyde (MDA) levels by 20.57 % and increased total antiradical activity (TAA) 1.72-fold compared with the control group ($p < 0.05$).

Conclusion. The study expands current knowledge on the chemical composition and pharmacological activity spectrum of *V. praestans* fruits.

Keywords:
Vaccinium praestans, redberry, phenolic compounds, PASS online, total antiradical activity, antioxidant effect

For citation: Salikova A. A., Plaksen N. V., Ustinova L. V., Manyakhin A. Yu., Stepacheva O. M., Vasileva E. A. Identification, screening and experimental approbation of the biological activity of *Vaccinium praestans* Lamb. fruit extract. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2025; 12(3): 31-41. (In Russ.). https://doi.org/10.17709/2410-1893-2025-12-3-3 EDN: FAMFXA

For correspondence: Anastasiya A. Salikova – Senior Lecturer, Department of Pharmacy, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
Address: 2 Ostryakova Ave., Vladivostok, 690002, Russian Federation
E-mail: a.salikova1992@bk.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7732-4853, eLibrary SPIN: 5742-6939, AuthorID: 1065306

Compliance with ethical standards: all procedures involving laboratory animals in this study were carried out in accordance with the Guidelines for the Care and Use of Laboratory Animals. The study was approved by the Interdisciplinary Ethics Committee of the Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation (Protocol No. 3, dated 25 November 2024).

Funding: this research received no external funding. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. 124012200183-8).

Conflict of interest: the authors declare that there are no obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

The article was submitted 14.05.2025; approved after reviewing 18.08.2025; accepted for publication 27.08.2025.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Ранняя манифестация возраст-ассоциированных заболеваний (заболевания сердечно-сосудистой системы, онкология, инсулиннезависимый сахарный диабет и др.) и общемировая тенденция к глобальному старению населения направляет вектор научных интересов не только в сторону поисков предикторов данных заболеваний, но и в сторону безопасных методов превентивной медицины [1].

Одним из главных этиологических факторов ускоренного старения считают патологическое образование свободных радикалов [2], приводящее к нарушению окислительно-восстановительных процессов в организме, истощению антиоксидантной защиты и, как следствие, развитию окислительного стресса и хронизации процесса [3].

В работах ряда отечественных и зарубежных авторов отмечается высокая фармакологическая активность фенольных соединений растений рода *Vaccinium L.*, экспериментально подтверждено наличие антиоксидантной, противовоспалительной, антиканцерогенной, противодиабетической, гепатопротекторной активности [4–6].

Дикорастущие растения данного рода также представляют практический интерес с точки зрения поиска перспективных источников фармакологической активности в отношении профилактики возраст-ассоциированных заболеваний [7]. *Vaccinium praestans* Lamb. (красника, клоповка) – представитель дальневосточной флоры рода *Vaccinium*, эндемик, стелющийся кустарничек, который знаменит характерным вкусом и ароматом красных плодов [8]. Плоды *V. praestans* содержат органические кислоты (лимонную, яблочную, винную и др.), аминокислоты (лейцин, лизин, валин, аргинин и др.), флавоноиды, антоцианы, макро- и микроэлементы [9], широко применяются в пищу и в народной медицине жителями Дальневосточного региона в качестве тонизирующего, противопростудного и гипотензивного средства [10]. В ранних исследованиях было доказано гепатопротекторное действие сиропа [11], стресспротективная [12] и антигипоксическая активность сока [13], антимикробная активность сока и жидкого экстракта плодов красники [8].

Цель исследования – идентификация фенольных соединений плодов *V. praestans*, скрининг их потенциальной биологической активности, экспериментальное определение антиоксидантной активности *in vitro* и *in vivo* жидкого экстракта плодов *V. praestans*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Плоды *V. praestans* были собраны в период их созревания на территории Елизовского района Камчатского края в 2024 г. Материал использовался в виде объединенной пробы. Высушенные плоды измельчали до размера частиц 1 мм и получали жидкий экстракт методом перколяции в соотношении 1 : 1 на 95 %-м этиловом спирте [8].

Идентификация и анализ общего содержания фенольных соединений

Идентификация целевых метаболитов жидкого экстракта плодов *V. praestans* были проведена в центре коллективного пользования «Биотехнология и генетическая инженерия» Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Идентификацию всех компонентов проводили с использованием аналитической ВЭЖХ системы Infinity 1260 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), оснащенной фотодиодным матричным детектором G1315D, насосом G1311C, термостатом колонки G1316A и автосамплером G1329B. Хроматографическая система была сопряжена с масс-спектрометром с ионной ловушкой (Bruker HCT ultra PTM Discovery System, Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany), оснащенным электроспрей ионизирующим источником (ESI). МС-анализы проводились в режиме регистрации отрицательных ионов. Использовались следующие параметры прибора: диапазон детектирования m/z составлял 120–1200, расход осушающего газа (N_2) 8,0 л/мин, давление распыляемого газа (N_2) 172 кПа, потенциал источника ионов составлял 4,0 кВ, температура осушающего газа 365 °С. Тандемные масс-спектры были получены в режиме Auto-MS2 (интеллектуальная фрагментация) с использованием увеличения энергии столкновения. Амплитуда фрагментации была установлена равной 1 В. Данные собирались с помощью программного обеспечения Bruker Daltonics Compass 1.3 esqure control (версия 6.2.581.3) и обрабатывались с помощью программного обеспечения для анализа данных Bruker Daltonics Compass1.3 (версия 4.0.234.0).

Для разделения использовали аналитическую колонку (Zorbax C18, 150 mm, i.d 2.1 mm, 3.5 µm part size, Agilent Technologies, USA). Разделение проводили при следующих условиях: температура колонки составляла 40 °С, подвижная фаза состояла из 0,1 %-го водного раствора муравьиной кислоты (А) и ацетонитрила (В). Использовали градиент элюиро-

вания со скоростью потока 0,2 мл/мин: 0 мин – 0 % В; 35 мин – 40 % В; 40 мин – 50 % В; 50 мин – 100 % В; далее элюент В 100 % до 60 мин. Все растворители относились к категории для ВЭЖХ.

Определение общего содержания фенольных соединений в жидком экстракте плодов *V. praestans* осуществляли по общепризнанной методике с использованием реактива Фолина – Чокальтеу [14]. Определение проводилось в трехкратной повторности для трех различных партий сырья, результаты определений выражали в мг-экв галловой кислоты на 1 мл жидкого экстракта (мг-экв галловой кислоты/мл).

Предварительный скрининг биологической активности *in silico*

Идентифицированные фенольные соединения жидкого экстракта плодов *V. praestans* подвергались предварительному скринингу биологической активности с помощью программы компьютерного прогнозирования Prediction of Activity Spectra for Substances (PASS) в online режиме [15]. Результаты анализа данных представляли в виде разности между вероятностью наличия и отсутствия активности ($P_a – P_i$).

Антиоксидантная активность экстракта *in vitro*

Антирадикальная активность жидкого экстракта плодов *V. praestans* оценивалась спектрофотометрически по способности подавлять образование 2,2'-азинобис (3-этилбензотиазолин 6-сульфонат) ABTS'-радикала и восстанавливать Fe^{3+} в комплексе 2,4,6-трипиридил-5-триазина ($Fe(TPTZ)^{3+}$) до Fe^{2+} в комплексе ($Fe(TPTZ)^{2+}$) [16]. В качестве раствора сравнения был использован лекарственный препарат – экстракт расторопши пятнистой (МАДАУС ГмбХ, Германия).

Антиоксидантный эффект экстракта *in vivo*

Определение наличия антиоксидантного эффекта жидкого экстракта плодов *V. praestans in vivo* проводили на 20 крысах-самцах линии Wistar массой 170–210 г путем введения в желудок 50 %-го раствора четыреххлористого углерода на оливковом масле (ЧХУ) в дозе 4 мл/кг. Для использования в эксперименте *in vivo* жидкий экстракт плодов *V. praestans* деалкоголизировали на роторном испарителе UL-2000E (Россия) до полного удаления растворителя с последующим разведением до необходимой концентрации водой очищенной.

В исследовании было использовано 4 группы животных: 1-я – интактный контроль (интактная) группа (*n* = 5), получала воду очищенную и однократно оливковое масло в дозе 4 мл/кг; 2-я – контрольная группа (*n* = 5), получала воду очищенную, 50 %-й раствор ЧХУ на оливковом масле в дозе 4 мл/кг однократно; 3-я –

Таблица 1. Идентифицированные фенольные соединения жидкого экстракта плодов *V. praestans L.*
Table 1. Identified phenolic compounds in the liquid extract of *V. praestans L.* fruits

Фенольные соединения / Phenolic compounds	ВУ, мин/ RT, min	$[M-H]^-$ *(m/z)*	MS/MS *(m/z)*	Ссылки / References
Кофеилхинная кислота / Caffeoylquinic acid	23,1	353	191, 179, 135	[19]
Цианидин-3- галактозид / Cyanidin-3-galactoside	25,8	447	327, 299, 285, 241	[21]
Цианидин-3- арабинозид / Cyanidin-3-arabinoside	26,9	417	327, 297, 285, 284, 241	[21]
Процианидин B1/B2 / Procyanidin B1/B2	27,2	577	425, 407, 289	[18]
Гексозид феруловой кислоты / Ferulic acid hexoside	27,4	355	217, 193, 175, 134	[20]
Катехин / Catechin	27,9	289	245, 203, 179, 165, 139, 137, 125	[19]
Проантоцианидин тример A/B2 / Proanthocyanidin trimer A/B2	28,9	863	711, 693, 573, 451, 411, 289	[19]
Кверцетин – гликозид / Quercetin glycoside	32	463	301 271 179	[18]
Кверцетин-3-O-R-гликозид / Quercetin-3-O-R-glycoside	33,1/33,7	433	301 279 179	[18–20]

Примечание: ВУ – время удержания; [M-H]- –депротониированный молекулярный ион, MS/MS – фрагментация ионов, полученная методом тандемной масс-спектрометрии.
Note: RT – retention time; $[M–H]^-$ – deprotonated molecular ion; MS/MS – Fragmentation of ions, obtained by tandem mass spectrometry.

опытная группа 1 (n = 5), получала деалкализованный жидкий экстракт плодов *V. praestans* в дозе 100 мг/кг и внутрижелудочно 50 %-й раствор ЧХУ на оливковом масле в дозе 4 мл/кг однократно; 4-я – опытная группа 2 (n = 5) – получала экстракт расторопши пятнистой (100 мг/кг) и внутрижелудочно 50 %-й раствор ЧХУ на оливковом масле в дозе 4 мл/кг однократно.

Состояние антиоксидантной системы оценивали спектрофотометрически по содержанию малонового диальдегида (МДА) и общей антиоксидантной активности (АРА) [17].

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.0 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). Сравнения между группами проводили при помощи непараметрического критерия Крускала – Уоллиса с последующим U-критерием Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Качественный анализ фенольных соединений из плодов *V. praestans* был проведен методом ВЭЖХ–МС/МС. Фенольные соединения, присутствующие в экстракте, были предварительно идентифицированы по их отношению массы к заряду (значения m/z)

Таблица 2. Результаты скрининга биологической активности фенольных соединений жидкого экстракта плодов *V. praestans* по программе PASS online [15]
Table 2. Results of biological activity screening of phenolic compounds in the liquid extract of *V. praestans* fruits using the PASS Online program [15]

Идентифицированные фенольные соединения / Identified phenolic compounds	Вероятность биологической активности (P_a-P_i) / Predicted biological activity probability (P_a–P_i)
Кверцетин – гликозид / Quercetin glycoside	Поглотитель свободных радикалов / Free radical scavenger – 0,98 Агонист целостности мембраны / Membrane integrity agonist – 0,98 Ингибитор перекисного окисления липидов / Lipid peroxidation inhibitor – 0,97 Антиканцерогенная / Anticancer – 0,97 Гепатопротектор / Hepatoprotective – 0,96 Антиоксидантная / Antioxidant – 0,88 Вазопротектор / Vasoprotective – 0,82
Кверцетин-3-O-R-гликозид / Quercetin-3-O-R-glycoside	Агонист целостности мембраны / Membrane integrity agonist – 0,98 Поглотитель свободных радикалов / Free radical scavenger – 0,97 Ингибитор перекисного окисления липидов / Lipid peroxidation inhibitor – 0,97 Антиканцерогенная / Anticancer – 0,95 Гепатопротектор / Hepatoprotective – 0,95 Антиоксидантная / Antioxidant – 0,90 Вазопротектор / Vasoprotective – 0,94
Катехин / Catechin	Агонист целостности мембраны / Membrane integrity agonist – 0,98 Слизисто-мембранный протектор / Mucosal protector – 0,96 Ингибитор перекисного окисления липидов / Lipid peroxidation inhibitor – 0,89 Поглотитель свободных радикалов / Free radical scavenger – 0,84 Антиоксидантная / Antioxidant – 0,81 Антиканцерогенная / Anticancer – 0,79 Восстановитель / Restorative agent – 0,79
Кофеилхинная кислота / Caffeoylquinic acid	Агонист целостности мембраны / Membrane integrity agonist – 0,94 Поглотитель свободных радикалов / Free radical scavenger – 0,85 Ингибитор перекисного окисления липидов / Lipid peroxidation inhibitor – 0,85 Антиканцерогенная / Anticancer – 0,84 Антиоксидантная / Antioxidant – 0,78 Слизисто-мембранный протектор / Mucosal protector – 0,72
Гексозид феруловой кислоты / Ferulic acid hexoside	Агонист целостности мембраны / Membrane integrity agonist – 0,94 Слизисто-мембранный протектор / Mucosal protector – 0,90 Поглотитель свободных радикалов / Free radical scavenger – 0,73 Антисептическая / Antiseptic – 0,77 Вазопротектор / Vasoprotective – 0,75 Восстановитель / Restorative agent – 0,71 Цитопротектор / Cytoprotective agent – 0,71

и MS-спектрам в режиме отрицательной ионизации с использованием общедоступных баз данных и литературы. В этом исследовании ВЭЖХ–МС/МС анализ позволил провести первичную идентификацию 10 фенольных соединений, включая оксикоричные кислоты и их производные, флавоноиды, проантоцианидины (табл. 1).

Содержание фенольных соединений в жидком экстракте плодов *V. praestans* составило 9,1 ± 0,12 мг-экв галловой кислоты/мл.

Идентифицированные фенольные соединения, такие как гликозиды кверцетина, катехин, кофеилхинная кислота с вероятностью более 0,7 (P_a–P_i > 0,7) могут оказывать антиоксидантное и антиканцерогенное действие, которое на основании проведенного скрининга может быть обусловлено за счет поглощения свободных радикалов (P_a–P_i > 0,8), ингибирования перекисного окисления липидов (P_a–P_i > 0,8), стабилизации целостности мембран клеток (P_a–P_i > 0,8) (табл. 2). Гексозид феруловой кислоты, согласно проведенному прогнозированию (табл. 2), может проявлять антисептическую (P_a–P_i > 0,77), антигипоксическую (P_a–P_i > 0,728), цитопротективную активность (P_a–P_i > 0,71), что также может быть связано с регуляцией процессов стабилизации мембран клеток (P_a–P_i > 0,9).

Жидкий экстракт плодов *V. praestans* проявляет антирадикальную активность в отношении катион-радикала (ABTS') (94,33 ± 2,78 мкг/мл) и железовосстанавливающую активность в отношении Fe^{3+} в комплексе 2,4,6-трипиридил-5-триазина (0,15 ± 0,01 моль Fe^{2+}/мкг в-ва), сопоставимую с экстрактом расторопши пятнистой (69,35 ± 1,29 мкг/мл; 0,16 ± 0,03 моль Fe^{2+}/мкг в-ва).

Введение ЧХУ приводило к развитию свободнорадикального поражения печени, о чем свидетельствует увеличение МДА на 59,32 % в контрольной группе животных (p < 0,05). В опытной группе 1, принимавшей жидкий экстракт *V. praestans* наблюдалось снижение данного показателя на 20,57 % по сравнению с показателями контрольной группы животных (p < 0,05) (рис. 1). Также, на фоне свободнорадикальной атаки ЧХУ происходило двукратное снижение антирадикальной активности печени крыс контрольной группы животных (p < 0,05). Применение жидкого экстракта *V. praestans* позволило повысить уровень АРА в 1,72 раза по сравнению с контрольной группой (p < 0,05). Результаты определения антиоксидантного эффекта жидкого экстракта *V. praestans* были сопоставимы с данными референтного препарата (рис. 1, 2).

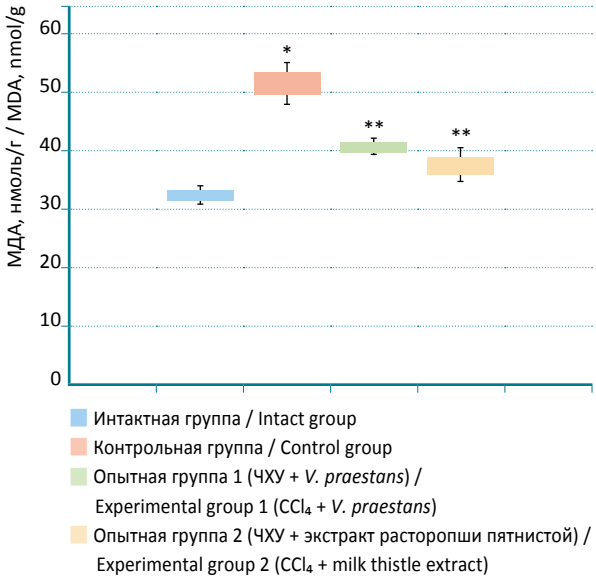

Рис. 1. Влияние жидкого экстракта плодов *V. praestans* на содержание МДА в гомогенате печени крыс линии Wistar
Примечание: * – различия значимы по сравнению с данными интактной группой животных при p < 0,05; ** – различия значимы по сравнению с данными контрольной группой животных при p < 0,05.

Fig. 1. Effect of the liquid extract of *V. praestans* fruits on MDA levels in the liver homogenate of Wistar rats
Note: * – differences are significant compared with the intact animal group at p < 0.05; ** – differences are significant compared with the control animal group at p < 0.05.

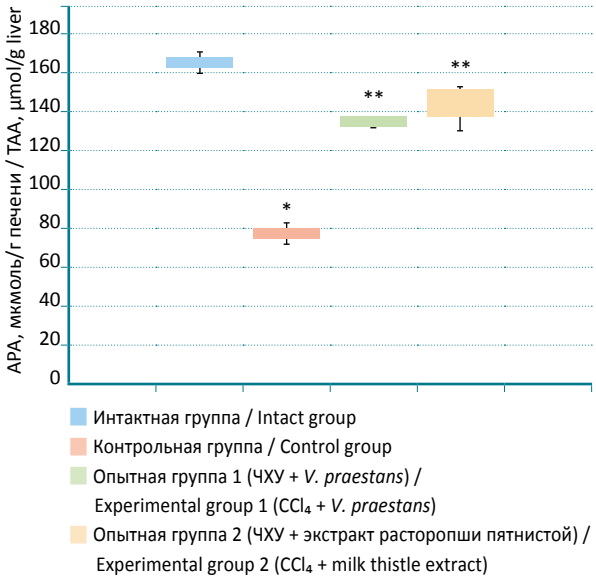

Рис. 2. Влияние жидкого экстракта плодов *V. praestans* на уровень АРА в гомогенате печени крыс линии Wistar
Примечание: * – различия значимы по сравнению с данными интактной группой животных при p <0,05; ** – различия значимы по сравнению с данными контрольной группой животных при p < 0,05.

Fig. 2. Effect of the liquid extract of *V. praestans* fruits on TAA levels in the liver homogenate of Wistar rats
Note: * – differences are significant compared with the intact animal group at p < 0.05; ** – differences are significant compared with the control animal group at p < 0.05.

ОБСУЖДЕНИЕ

Плоды растений рода *Vaccinium L.* являются концентраторами фенольных соединений, среди которых превалируют флавоноид кверцетин, фенолокислоты (галловая, кофейная, феруловая кислоты и их производные), гликозиды цианидина и дельфинидина [5, 22], которые также были идентифицированы в плодах *V. praestans* в ходе нашего и предыдущих исследований [23].

Именно наличие данных соединений в плодах рода *Vaccinium* связывают с реализацией фармакологической активности этих растений. Так, например, G. A. Martau и соавт. в своей работе раскрывает механизм антиоксидантного эффекта фенольных соединений рода *Vaccinium L.* за счет поглощения свободных радикалов, восстанавливающей активности ионов металлов переменной валентности (Fe^{3+} и др.), участвующих в образовании активных форм кислорода, а также за счет сдерживания ферментов окислительного стресса [22]. При этом зарубежные и отечественные авторы указывают, что антиоксидантная активность данных растений коррелируется с концентрацией полифенолов [22, 24].

Проведенный скрининг потенциальной биологической активности фенольных соединений исследуемых плодов показал, что с вероятностью более 70 % отдельные фенольные соединения плодов *V. praestans* могут обладать антиоксидантной, антиканцерогенной, антигипоксической активностью, что, предположительно, связано с ингибированием активности свободных радикалов и мембранопротекцией.

На сегодняшний день общепринятыми методами оценки антиоксидантной активности растительных объектов *in vitro* являются методы, моделирующие схожую генерацию свободных радикалов, происходящую на клеточном уровне, такие как ABTS, FRAP и т. д. [24]. В работе Е. А. Беловой и соавт. была изучена антирадикальная активность *in vitro* жидких экстрактов плодов *V. myrtillus* (черники обыкновенной), *V. oxycoccos* (клюквы обыкновенной), *V. vitis-idaea* (брусники обыкновенной) в отношении ABTS-радикала, которая подтверждает выраженную антирадикальную активность плодов данного рода растений и корреляцию активности от концентрации полифенолов [25].

Одним из методов моделирования окислительного стресса *in vivo* является интоксикация ЧХУ, данный метод используется для оценки антиоксидантного эффекта у потенциальных средств [26]. Цепной процесс перекисного окисления липидов возникает за счет образования свободных радикалов из ЧХУ (CCl_3 (трихлорметильный) и высокореактивный CCl_3OO^* (трихлорметилпероксильный) радикал), в результате действия которых развивается тканевая гипоксия, происходит образование вторичных метаболитов (МДА и др.), некроз гепатоцитов, синдром эндогенной интоксикации, общее истощение антиоксидантной защиты печени [26].

В настоящем исследовании была произведена оценка антирадикальной активности и антиоксидантного эффекта жидкого экстракта плодов *V. praestans in vitro* и *in vivo*, результаты которой были сопоставимы с результатами референтного препарата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, методом ВЭЖХ–МС/МС были идентифицированы фенольные соединения жидкого экстракта плодов *V. praestans*, произведено компьютерное прогнозирование потенциальной биологической активности данных соединений с помощью PASS online, а также экспериментально установлены антиоксидантная активность *in vitro* и наличие антиоксидантного эффекта *in vivo* исследуемого экстракта. Проведенное исследование расширяет данные о химическом составе и спектре фармакологической активности плодов красники.

Список источников

1. Сагинбаев У. Р., Люцко В. В., Ахмедов Т. А., Рукавишникова С. А. Анализ эпидемиологических особенностей возраст-ассоциированных заболеваний (на примере болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, и сахарного диабета 2 типа) в 2011–2021 гг.: федеральный, окружной и региональный уровень. Сибирский научный медицинский журнал. 2024;44(3):199–205. https://doi.org/10.18699/ssmj20240322
2. Усольцева О. Н. Профилактика ускоренного старения и «болезней цивилизации» с помощью природных геропротекторов Биочага и БиоДигидрокверцетин. Медицинская сестра. 2022;3:35–40. https://doi.org/10.29296/25879979-2022-03-07
3. Фоменко С. Е., Кушнерова Н. Ф., Спрыгин В. Г., Другова Е. С., Мерзляков В. Ю., Лесникова Л. Н. Исследование содержания полифенолов и антиоксидантной активности экстракта морской зеленой водоросли Ulva lactuca L. Химия растительного сырья. 2023;1:385–393. https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742
4. Kostka T, Ostberg-Potthoff JJ, Stärke J, Guigas C, Matsugo S, Mirceski V, et al. Bioactive phenolic compounds from Lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.): extraction, chemical characterization, fractionation and cellular antioxidant activity. Antioxidants. 2022;11(3):467–482. https://doi.org/10.3390/antiox11030467

5. Tundis R, Tenuta MC, Loizzo MR, Bonesi M, Finetti F, Trabalzini L, et al. Vaccinium species (Ericaceae): From chemical composition to bio-functional activities. Applied Sciences 2021;11(12):5655–5674. https://doi.org/10.3390/app11125655
6. Белова Е. А., Тритэк В. С., Шульгау З. Т., Гуляев А. Е., Кривых Е. А., Коваленко Л. В., и др. Изучение фенольных соединений ягод трех видов растений рода Vaccinium, произрастающих в Ханты-Мансийском автономном округе. Химия растительного сырья. 2020;1:107–116. https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014534
7. Norouzkhani N, Afshari S, Sadatmadani SF, Mollaqasem MM, Mosadeghi S, Ghadri H, et al. Therapeutic potential of berries in age-related neurological disorders. Front Pharmacol. 2024 May 9;15:1348127. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1348127
8. Саликова А. А. Плаксен Н. В., Зайцева Е. А., Устинова Л. В., Степанов С. В. Экспериментальное исследование влияния плодов Vaccinium praestans L. на микроорганизмы. Дальневосточный медицинский журнал. 2024;3:48–52. https://doi.org/10.35177/1994-5191-2024-3-8
9. Макаров С. С., Родин С. А., Чудецкий А. И., Черятова Ю. С. Биохимический состав плодов Vaccinium praestans Lamb. в зависимости от продолжительности хранения при заморозке. Лесохозяйственная информация. 2025;1:49–61. https://doi.org/10.24419/lhi.2304-3083.2025.1.05
10. Макаров С. С., Чудецкий А. И., Черятова Ю. С., Кузнецова И. Б. Красника (Vaccinium praestans Lamb.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Вестник КрасГАУ. 2024;5:42–51. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-5-42-51
11. Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Степанов С. В., Трофимова А. А., Горовая Н. Я. Гепатопротекторный эффект композиции энтеросорбента и природного антиоксиданта. Тихоокеанский медицинский журнал. 2015;2(60):73–75.
12. Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Степанов С. В., Саликова А. А., Панкратов И. В. Антистрессорная активность плодов Vaccinium praestans. Коллективная монография. Владивосток: Медицина ДВ; 2020, с. 120–125.
13. Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Степанов С. В., Глушак А. Я., Строева О. А., Вершкова Т. Н., Ленда Е. Г. Антигипоксическая активность сока из дикоросов Камчатки. Материалы XV Тихоокеанского медицинского конгресса с международным участием. Владивосток: Медицина ДВ; 2018, с. 108–109.
14. Ainsworth EA, Gillespie KM. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. Nat Protoc. 2007;2(4):875–877. https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102
15. Даиров А. К. Романова М. А., Сейдахметова Р. Б., Альмагамбетов А. М., Шорин С. С., Адекенов С. М., Войтех С. Биологический скрининг природных соединений и их производных с применением PASS-прогнозирования. Вестник Карагандинского университета. 2015;80(4):10–16. https://doi.org/10.31489/2015bmg4/10-16
16. Федореев С. А., Мищенко Н. П., Тарбеева Д. В., Васильева Е. А., Лукьянова А. И., Похило Н.Д., Емельянов А. Н. Поиск антиоксидантов полифенольной природы из дальневосточных растений для разработки новых биологически активных кормовых добавок в сельском хозяйстве. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Трансграничные рынки товаров и услуг: проблемы исследования». Владивосток, 2023, с. 307–309.
17. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 1978;52:302–310. https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6
18. Grace MH, Esposito D, Dunlap KL, Lila MA. Comparative analysis of phenolic content and profile, antioxidant capacity, and anti-inflammatory bioactivity in wild Alaskan and commercial Vaccinium berries. J Agric Food Chem. 2014 May 7;62(18):4007–4017. https://doi.org/10.1021/jf403810y
19. Hokkanen J, Mattila S, Jaakola L, Pirttilä AM, Tolonen A. Identification of phenolic compounds from lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.), bilberry (Vaccinium myrtillus L.) and hybrid bilberry (Vaccinium x intermedium Ruthe L.) leaves. J Agric Food Chem. 2009 Oct 28;57(20):9437–9447. https://doi.org/10.1021/jf9022542
20. Ek S, Kartimo H, Mattila S, Tolonen A. Characterization of phenolic compounds from lingonberry (Vaccinium vitis-idaea). J Agric Food Chem. 2006 Dec 27;54(26):9834–9842. https://doi.org/10.1021/jf0623687
21. Wu X, Prior RL. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries. J Agric Food Chem. 2005 Apr 6;53(7):2589–2599. https://doi.org/10.1021/jf048068b
22. Martău GA, Bernadette-Emőke T, Odocheanu R, Soporan DA, Bochiș M, Simon E, Vodnar DC. Vaccinium Species (Ericaceae): Phytochemistry and Biological Properties of Medicinal Plants. Molecules. 2023 Feb 5;28(4):1533. https://doi.org/10.3390/molecules28041533
23. Саликова А. А., Пономарчук С. Г., Плаксен Н. В. Изучение химического состава плодов дальневосточных видов растений семейства вересковых (Ericaceae). Тихоокеанский медицинский журнал. 2021;3(85):40–44.
24. Тринеева О. В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор). Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017;4(21):180–197.
25. Белова Е. А., Кавушевская Н. С., Кривых Е. А., Коваленко Л. В. Антирадикальная активность полифенольных экстрактов плодов рода Vaccinium и влияние их на оксидативный статус. ВестникНовГУ. Сер.: Медицинские науки. 2022;1(126):47–51. https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.1(126).47-51

26. Симонова Н. В., Доровских В. А., Бондаренко Д. А., Носаль Л. А., Штарберг М. А. Сравнительная эффективность ремаксола и реамберина при поражении печени четыреххлористым углеродом в эксперименте. Экспериментальная и клиническая фармакология. 2018;81(7):29–33. https://doi.org/10.30906/0869-2092-2018-81-7-29-33

References

1. Saginbaev UR, Lyutsko VV, Akhmedov TA, Rukavishnikova SA. Analysis of epidemiological characteristics of age-associated diseases (hypertensive diseases and type 2 diabetes) in 2011–2021: federal, district and regional level. The Siberian Scientific Medical Journal. 2024;44(3):199–205. (In Russ.). https://doi.org/10.18699/ssmj20240322
2. Usolceva ON. Prevention of accelerated aging and «diseases of civilization» with the help of natural geroprotectors BioChaga and BioDihydroquercetin. Meditsinskaya sestra. 2022;3:35–40. (In Russ.). https://doi.org/10.29296/25879979-2022-03-07
3. Fomenko SE, Kushnerova NF, Sprygin VG, Drugova ES, Merzlyakov VYu, Lesnikova LN. Study of the content of polyphenols and antioxidant activity of the extract of green marine algae Ulva lactuca L. Chemistry of plant raw material. 2023;1:385–393. (In Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742
4. Kostka T, Ostberg-Potthoff JJ, Stärke J, Guigas C, Matsugo S, Mirceski V, et al. Bioactive phenolic compounds from Lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.): extraction, chemical characterization, fractionation and cellular antioxidant activity. Antioxidants. 2022;11(3):467–482. https://doi.org/10.3390/antiox11030467
5. Tundis R, Tenuta MC, Loizzo MR, Bonesi M, Finetti F, Trabalzini L, et al. Vaccinium species (Ericaceae): From chemical composition to bio-functional activities. Applied Sciences 2021;11(12):5655–5674. https://doi.org/10.3390/app11125655
6. Belova EA, Tritek VS, Shulgau ZT, Gulyaev AE, Krivykh EA, Kovalenko LV, et al. The study of phenolic compounds of the berries of three species of plants of the genus Vaccinium, growing in the Khanty-Mansi autonomous area. Chemistry of plant raw material. 2020;1:107–116. (In Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014534
7. Norouzkhani N, Afshari S, Sadatmadani SF, Mollaqasem MM, Mosadeghi S, Ghadri H, et al. Therapeutic potential of berries in age-related neurological disorders. Front Pharmacol. 2024 May 9;15:1348127. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1348127
8. Salikova AA, Plaksen NV, Zaitseva EA, Ustinova LV, Stepanov SV. Experimental study of the effect of Vaccinium praestans L. fruit on microorganisms. Far East Medical Journal. 2024;3:48–52. (In Russ.). https://doi.org/10.35177/1994-5191-2024-3-8
9. Makarov SS, Rodin SA, Chudetsky AI, Cheryatova YuS. Biochemical composition of the fruits of Vaccinium praestans Lamb. depending on the duration of storage during freezing. Forestry information. 2025;1:49–61. (In Russ.). https://doi.org/10.24419/lhi.2304-3083.2025.1.05
10. Makarov SS, Chudetskii AI, Cheryatova YuS, Kuznetsova IB. Kamchatka bilberry (Vaccinium praestans Lamb.): testing methodology development for distinctiveness, homogeneity and stability. Bulletin of KSAU. 2024;5:42–51. (In Russ.). https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-5-42-51
11. Plaksen NV, Ustinova LV, Stepanov SV, Trofimova AA, Gorovaya NY. Hepatoprotective effect of the composition of natural antioxidant and enterosorbent. Pacific Medical Journal. 2015;2(60):73–75. (In Russ.).
12. Plaksen NV, Ustinova LV, Stepanov SV, Salikova AA, Pankratov IV. Antistress activity of fruits Vaccinium praestans. Vladivostok, 2020, pp. 120–125. (In Russ.).
13. Plaksen NV, Ustinova LV, Stepanov SV, Glushak AYa, Stroeva OA, Vershkova TN, Lenda EG. Antihypoxic activity of juice from wildplants of Kamchatka. Proceedings of the XV Pacific Medical Congress with international participation. Vladivostok, 2018, pp. 108–109. (In Russ.).
14. Ainsworth EA, Gillespie KM. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. Nat Protoc. 2007;2(4):875–877. https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102
15. Dairov AK, Romanova MA, Seydahmetova RB, Almagambetov AM, Shorin SS, Adekenov SM, Vojtech S. Biological screening of natural compounds and their derivatives by using PASS-prediction. Bulletin of the Karaganda University. 2015;80(4):10–16. (In Russ.). https://doi.org/10.31489/2015bmg4/10-16
16. Fedoreev SA, Mishchenko NP, Tarbeeva DV, Vasileva EA, Lukyanova AI, Pokhilo ND, Emelyanov AN. The polyphenolic antioxidants from Far Eastern plants searching for the development of new biologically active feed additives in agriculture. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference "Cross-border markets of goods and services: research problems". Vladivostok, 2023, pp. 307–309. (In Russ.).
17. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 1978;52:302–310. https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6
18. Grace MH, Esposito D, Dunlap KL, Lila MA. Comparative analysis of phenolic content and profile, antioxidant capacity, and anti-inflammatory bioactivity in wild Alaskan and commercial Vaccinium berries. J Agric Food Chem. 2014 May 7;62(18):4007–4017. https://doi.org/10.1021/jf403810y

19. Hokkanen J, Mattila S, Jaakola L, Pirttilä AM, Tolonen A. Identification of phenolic compounds from lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.), bilberry (Vaccinium myrtillus L.) and hybrid bilberry (Vaccinium x intermedium Ruthe L.) leaves. J Agric Food Chem. 2009 Oct 28;57(20):9437–9447. https://doi.org/10.1021/jf9022542
20. Ek S, Kartimo H, Mattila S, Tolonen A. Characterization of phenolic compounds from lingonberry (Vaccinium vitis-idaea). J Agric Food Chem. 2006 Dec 27;54(26):9834–9842. https://doi.org/10.1021/jf0623687
21. Wu X, Prior RL. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries. J Agric Food Chem. 2005 Apr 6;53(7):2589–2599. https://doi.org/10.1021/jf048068b
22. Martău GA, Bernadette-Emőke T, Odocheanu R, Soporan DA, Bochiș M, Simon E, Vodnar DC. Vaccinium Species (Ericaceae): Phytochemistry and Biological Properties of Medicinal Plants. Molecules. 2023 Feb 5;28(4):1533. https://doi.org/10.3390/molecules28041533
23. Salikova AA, Ponomarchuk SG, Plaksen NV. Study of the chemical composition of fruits of Far Eastern plant species of the heather family (Ericaceae). Pacific Medical Journal. 2021;3(85):40–44. (In Russ.).
24. Trineeva OV. Methods of determination of antioxidant activity of plant and synthetic origins in pharmacy. Drug development & registration. 2017;4(21):180–197. (In Russ.).
25. Belova EA, Kavushevskaya NS, Krivykh EA, Kovalenko LV. Anti-radical activity of northern berries polyphenol extracts and their influence on blood oxidation status. Vestnik NovSU. Issue: Medical Sciences. 2022;1(126):47–51. (In Russ.). https://doi.org/10.34680/2076-8052.2022.1(126).47-51
26. Simonova NV, Dorovskikh VA, Bondarenko DA, Nosal LA, Shtarberg MA. Comparative effectiveness of remaxol and reamberin for carbon tetrachloride-induced hepatic injury treatment in experiment. Russian Journal of Experimental and Clinical Pharmacology. 2018;81(7):29–33. (In Russ.). https://doi.org/10.30906/0869-2092-2018-81-7-29-33

Информация об авторах:

Саликова Анастасия Александровна ✉ – старший преподаватель кафедры фармации ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет», г. Владивосток, Российская Федерация
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7732-4853, eLibrary SPIN: 5742-6939, AuthorID: 1065306

Плаксен Наталья Васильевна – к.м.н., доцент кафедры фармации ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет», г. Владивосток, Российская Федерация
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6885-004X, eLibrary SPIN: 5735-0618, AuthorID: 797637, Scopus Author ID: 12647658500

Устинова Любовь Викторовна – д.фарм.наук, доцент кафедры фармации ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет», г. Владивосток, Российская Федерация
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0977-7353, eLibrary SPIN: 2086-1049, AuthorID: 458525

Маняхин Артем Юрьевич – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории лекарственных растений ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН, г. Владивосток, Российская Федерация; старший научный сотрудник Межведомственного научно-образовательного цента «Растительные ресурсы» ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», г. Владивосток, Российская Федерация; технический директор компании Ningbo Excare Pharm Inc., г. Нинбо, Китай
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0682-2801, eLibrary SPIN: 7315-3865, AuthorID: 609274, Scopus Author ID: 36192233600, WoS ResearcherID: F-7439-2017

Степачева Ольга Михайловна – старший преподаватель кафедры фармации ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет», г. Владивосток, Российская Федерация
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2965-2163

Васильева Елена Андреевна – к.х.н., научный сотрудник лаборатории химии природных хиноидных соединений ФГБУН «Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова» ДВО РАН, г. Владивосток, Российская Федерация
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7526-026X, eLibrary SPIN: 9207-2694, AuthorID: 876300, Scopus Author ID: 56375223800, WoS ResearcherID: B-9129-2014

Information about authors:

Anastasiya A. Salikova ✉ – Senior Lecturer, Department of Pharmacy, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7732-4853, eLibrary SPIN: 5742-6939, AuthorID: 1065306

Natalya V. Plaksen – Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Department of Pharmacy, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6885-004X, eLibrary SPIN: 5735-0618, AuthorID: 797637, Scopus Author ID: 12647658500

Lubov V. Ustinova – Dr. Sci. (Pharmaceutical Sciences), Associate Professor, Department of Pharmacy, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0977-7353, eLibrary SPIN: 2086-1049, AuthorID: 458525

Artem Yu. Manyakhin – Ph.D. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Medicinal Plants, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation; Senior Researcher, Interdepartmental Scientific and Educational Center "Plant Resources" Vladivostok State University, Vladivostok, Russian Federation; Technical Director, Ningbo Excare Pharm Inc., Ningbo, China
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0682-2801, eLibrary SPIN: 7315-3865, AuthorID: 609274, Scopus Author ID: 36192233600, WoS ResearcherID: F-7439-2017

Olga M. Stepacheva – Senior Lecturer, Department of Pharmacy, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2965-2163

Elena A. Vasileva – Cand. Sci. (Chemistry), Researcher, Laboratory of Natural Quinonoid Compounds Chemistry, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Vladivostok, Russian Federation
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7526-026X, eLibrary SPIN: 9207-2694, AuthorID: 876300, Scopus Author ID: 56375223800, WoS ResearcherID: B-9129-2014

Участие авторов:

Саликова А. А.– участие в разработке концепции статьи, анализ литературы, проведение экспериментов *in vitro* и *in vivo*, статистическая обработка, написание и редактирование статьи;
Плаксен Н. В.– участие в разработке концепции статьи, проведение экспериментов *in vitro* и *in vivo*, критическая оценка с внесением ценного интеллектуального содержания, участие в окончательном утверждении версии статьи;
Устинова Л. В.– участие в разработке концепции статьи, критическая оценка с внесением ценного интеллектуального содержания, участие в окончательном утверждении версии статьи;
Маняхин А. Ю.– участие в разработке концепции статьи, анализ содержания фенольных соединений, редактирование текста статьи;
Степачева О. М.– участие в разработке концепции статьи, редактирование текста статьи;
Васильева Е. А.– участие в разработке концепции статьи, анализ содержания фенольных соединений, редактирование текста статьи.
Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи и утвердили окончательный вариант, одобренный к публикации.

Contribution of the authors:

Salikova A. A.– participation in developing the article's concept, literature analysis, conducting *in vitro* and i*n vivo* experiments, statistical processing, writing, and editing the article;
Plaksen N. V.– participation in developing the article's concept, conducting *in vitro* and *in vivo* experiments, critical evaluation with the inclusion of valuable intellectual content, and participation in the final approval of the article's version;
Ustinova L. V.– participation in developing the article's concept, critical evaluation with the inclusion of valuable intellectual content, and participation in the final approval of the article's version;
Manyakhin A. Yu.– participation in developing the article's concept, analysis of phenolic compounds content, and editing of the article's text;
Stepacheva O. M.– participation in developing the article's concept and editing of the article's text;
Vasileva E. A.– participation in developing the article's concept, analysis of phenolic compounds content, and editing of the article's text.
All authors made equivalent contributions to the preparation of the article and approved the final version for publication.