

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4-1526>
УДК 615.322:547.5



Оригинальная статья / Research article

Изучение химического состава и биологического действия ароматных вод в сравнительном аспекте

Е. В. Бурцева¹✉, А. М. Кацев¹, Е. В. Кулдыркаева², И. С. Мехоношина¹,
Л. А. Тимашева³, О. А. Пехова³

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». 295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, просп. Академика Вернадского, д. 4

² Акционерное общество «Алуштинский эфиромасличный совхоз-завод», 298500, Россия, Республика Крым, г. Алушта, ул. 15-го апреля, д. 37

³ Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295034, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, д. 150

✉ Контактное лицо: Бурцева Елена Владимировна. E-mail: Burtsevaev2009@yandex.ru

ORCID: Е. В. Бурцева – <https://orcid.org/0000-0002-5418-7849>; А. М. Кацев – <https://orcid.org/0000-0002-7762-3818>; Е. В. Кулдыркаева – <https://orcid.org/0000-0003-0864-476X>;
И. С. Мехоношина – <https://orcid.org/0000-0002-5418-7849>; Л. А. Тимашева – <https://orcid.org/0000-0001-9230-7664>; О. А. Пехова – <https://orcid.org/0000-0003-1725-9046>.

Статья поступила: 31.07.2023

Статья принята в печать: 19.10.2023

Статья опубликована: 24.11.2023

Резюме

Введение. Все большую популярность приобретают продукты переработки растительного сырья. Особую ценность представляют продукты эфиромасличного производства – ароматные воды, или гидролаты. Гидролаты широко используются в качестве косметических средств, поскольку содержат ряд биологически активных водорастворимых компонентов эфирного масла, но в отличие от последнего имеют более мягкое воздействие на кожу, что позволяет использовать их в чистом виде.

Цель. Изучить химический состав, антибактериальную и антиоксидантную активность гидролатов.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовались гидролаты производства АО «АЭМСЗ», полученные из растений *Lavandula angustifolia*, *Hyssopus officinalis*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Rosa damascena* × *Rosa gallica*. Анализ состава проводили методами ГЖХ. Антибактериальные свойства гидролатов изучали на морских биолюминесцентных тест-бактериях *Allivibrio fischeri* F1 и рекомбинантных бактериях *Escherichia coli* (pXen7). Изучение антиоксидантного действия проводилось методом Fe³⁺-индуцированного перекисного окисления липидов суспензии яичных липопропротеидов *in vitro*.

Результаты и обсуждение. Было выявлено, что гидролат шалфея содержит α- и β-туйон, β-кариофиллен, α-терпинеол; гидролат лаванды – камфен, линалоол, линалилацетат, гераниол, геранилацетат; гидролат розмарина – камфен, 1,8-цинеол, β-пинен; гидролат розы – фенилэтанол, гераниол, цитронеллол, нерол; гидролат иссопа – пинокамфон, изопинокамфон, спатуленол, β-кариофиллен. Антибактериальные свойства исследуемых гидролатов проявлялись в ингибировании бактериальной люминесценции и роста тест-бактерий. Наибольшей активностью обладали гидролаты иссопа, лаванды и розмарина, меньшим эффектом – розы и шалфея. Показано бактерицидное действие гидролатов иссопа и лаванды. При изучении антиоксидантного действия наблюдалась динамика накопления продуктов свободнорадикального окисления липидов, которая в присутствии гидролатов иссопа и розмарина снизилась на 40 и 36 % соответственно в сравнении с контролем.

Заключение. В результате исследований установлено, что изучаемые гидролаты обладают выраженными антибактериальными свойствами. Также были выявлены антиоксидантные свойства гидролатов *Hyssopus officinalis* и *Rosmarinus officinalis*. Перспективой дальнейших исследований является разработка лекарственных и косметических средств на основе гидролатов вышеуказанных эфиромасличных культур.

Ключевые слова: ароматная вода, антибактериальная активность, антиоксидантная активность

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Е. В. Бурцева, Е. В. Кулдыркаева отвечали за дизайн эксперимента, обработку и интерпретацию полученных данных. Л. А. Тимашева, О. А. Пехова осуществили анализ компонентного состава ароматных вод хроматографическим методом. И. С. Мехоношина, Е. В. Бурцева провели испытания по антиоксидантной активности ароматных вод. А. М. Кацев осуществил анализ антибактериальной активности ароматных вод. Е. В. Бурцева, Е. В. Кулдыркаева и И. С. Мехоношина провели подготовку проекта рукописи, литературный поиск по научному направлению и редакторские правки. Е. В. Бурцевой, А. М. Кацеву принадлежит научная идея и окончательная корректура статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-25-20206, <https://rscf.ru/project/22-25-20206>.

Для цитирования: Бурцева Е. В., Кацев А. М., Кулдыркаева Е. В., Мехоношина И. С., Тимашева Л. А., Пехова О. А. Изучение химического состава и биологического действия ароматных вод в сравнительном аспекте. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(4):197–208. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4-1526>

Study of the Chemical Composition and Biological Effects of Aromatic Waters in a Comparative Aspect

Yelena V. Burtseva¹✉, Andrey M. Katsev¹, Ekaterina V. Kuldyrkaeva², Irina S. Mekhonoshina¹,
Lidiya A. Timasheva³, Olga A. Pekhova³

¹ V. I. Vernadsky Crimean Federal University. 4, Akademika Vernadskogo ave., Republic of Crimea, Simferopol, 295007, Russia

² JSC "Alushta essential-oils sovhoz-zavod". 37, April 15th str., Alushta, Republic of Crimea, 298500, Russia

³ Research Institute of Agriculture of Crimea. 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia

✉ Corresponding author: Yelena V. Burtseva. E-mail: Burtsevaev2009@yandex.ru

© Бурцева Е. В., Кацев А. М., Кулдыркаева Е. В., Мехоношина И. С., Тимашева Л. А., Пехова О. А., 2023

© Burtseva Ye. V., Katsev A. M., Kuldyrkaeva E. V., Mekhonoshina I. S., Timasheva L. A., Pekhova O. A., 2023

ORCID: Yelena V. Burtseva – <https://orcid.org/0000-0002-5418-7849>; Andrey M. Katsev – <https://orcid.org/0000-0002-7762-3818>;
Ekaterina V. Kuldyrkaeva – <https://orcid.org/0000-0003-0864-476X>; Irina S. Mekhonoshina – <https://orcid.org/0000-0002-5418-7849>;
Lidiya A. Timasheva – <https://orcid.org/0000-0001-9230-7664>; Olga A. Pekhova – <https://orcid.org/0000-0003-1725-9046>.

Received: 31.07.2023 Revised: 19.10.2023 Published: 24.11.2023

Abstract

Introduction. Vegetable raw materials processing products are becoming very popular. Of particular value are the products of essential oil production – aromatic waters or hydrolates. Hydrolates are widely used as cosmetics because they contain a number of biologically active water-soluble components of essential oil, but unlike the latter they have a softer effect on the skin, which allows them to be used in their pure form.

Aim. To study the chemical composition, antibacterial and antioxidant activity of hydrolates.

Materials and methods. Hydrolates were used as objects of research of production JSC "AEMSZ" derived from plants: *Lavandula angustifolia*, *Hyssopus officinalis*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Rosa damascena* × *Rosa gallica*. The composition was analyzed by gas-liquid chromatography. Antibacterial properties of hydrolates were studied with the use of bioluminescent marine bacteria *Aliivibrio fischeri* F1 and recombinant test-bacteria *Escherichia coli* MG1655 (pXen7). The study of the antioxidant effect was carried out by the method of Fe³⁺-induced lipid peroxidation of egg lipoprotein suspension *in vitro*.

Results and discussion. It was found that salvia hydrolate contains α- and β-thujone, β-caryophyllene, α-terpineol; lavender hydrolate – camphene, linalool, linalyl acetate, geraniol, geranyl acetate; rosemary hydrolate – camphene, 1,8-cineol, β-pinene; rose hydrolate – phenylethanol, geraniol, citronellol, nerol; hydrolate hyssop – pinocamphone, isopinocamphone, spatulenol, β-caryophyllene. The antibacterial properties of the studied hydrolates were manifested in the inhibition of test bacteria bioluminescence and growth. Hydrolates of hyssop, lavender and rosemary were characterized by the greatest activity, rose and salvia had a lesser effect. It was also shown that hyssop and lavender hydrolates exhibited the bactericidal properties. Through the studying the antioxidant effect, the dynamics of accumulation of products of free-radical oxidation of lipids was observed, which in the presence of hyssop and rosemary hydrolates decreased by 40 and 36 %, respectively, in comparison with the control.

Conclusion. As a result of the research, it was found that the studied hydrolates have pronounced antibacterial properties. Antioxidant properties of *Hyssopus officinalis* and *Rosmarinus officinalis* hydrolates were also revealed. Prospects for further research are the development of medicinal and cosmetic products based on the hydrolates of the above-stated essential oil cultures.

Keywords: aromatic water, antibacterial activity, antioxidant activity, *Lavandula angustifolia*, *Hyssopus officinalis*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Rosa damascena* × *Rosa gallica*

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Yelena V. Burtseva, Ekaterina V. Kuldyrkaeva were responsible for the design of the experiment, processing and interpretation of the data obtained. Lidiya A. Timasheva, Olga A. Pekhova analyzed the component composition of aromatic waters by chromatographic method. Irina S. Mekhonoshina, Yelena V. Burtseva conducted tests on the antioxidant activity of aromatic waters. Andrey M. Katsev analyzed the antibacterial activity of aromatic waters. Yelena V. Burtseva, Ekaterina V. Kuldyrkaeva and Irina S. Mekhonoshina conducted the preparation of the draft manuscript, search of scientific literature and editorial edits. Yelena V. Burtseva, Andrey M. Katsev owns the scientific idea and the final proofreading of the article.

Funding. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Fund № 22-25-20206, <https://rscf.ru/project/22-25-20206>.

For citation: Burtseva Ye. V., Katsev A. M., Kuldyrkaeva E. V., Mekhonoshina I. S., Timasheva L. A., Pekhova O. A. Study of the chemical composition and biological effects of aromatic waters in a comparative aspect. *Drug development & registration*. 2023;12(4):197–208. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4-1526>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день все большую популярность приобретают продукты эфиромасличного производства. В РФ, в частности в Крыму, культивация растений, таких как *Lavandula angustifolia*, *Hyssopus officinalis*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Rosa damascena* × *Rosa gallica*, возрождается и с каждым годом площади сельскохозяйственных угодий увеличиваются. Используют сырье этих растений для получения эфирных масел и ароматных вод.

Согласно Государственной фармакопее РФ XIV издания ароматные воды – это водные или водно-спиртовые растворы, насыщенные компонентами эфирных масел, получаемые несколькими способами: перегонкой эфирномасличного растительного сырья с водяным паром, растворением эфирного масла в воде или разведением концентратов. Полученные раз-

ными способами ароматные воды могут отличаться по составу. Международная организация European Committee for Standardization выделяет понятие «гидролат» (hydrolate) – водный дистиллят, образующийся после дистилляции эфиромасличного сырья и отделения эфирного масла.

По физико-химическим свойствам гидролаты представляют собой прозрачные или слабо опалесцирующие жидкости, содержащие небольшое количество водорастворимых компонентов эфирного масла и имеющие запах и вкус соответствующего эфирного масла. Изучение состава гидролатов позволит предположить, какое действие они оказывают на организм, что даст возможность обоснованно рекомендовать их для использования.

Из литературных данных известно, что эфирное масло лаванды влияет на эмоциональное состояние человека, а именно: улучшает качество сна, на-

строение [1], оказывает противомикробное [2, 3] и антиоксидантное действие [2, 4], проявляет противовоспалительную активность [5]. Было выявлено противомикробное [6, 7], антиоксидантное [8, 9], противовирусное действие [10] масла розы. Биологически активные вещества шалфея и розмарина также оказывают антимикробное, антиоксидантное и противовоспалительное действие [11–14]. Сырье иссопа лекарственного обладает противомикробной [15, 16], антиоксидантной активностью [17].

Известно, что гидролат лаванды обладает наименьшим поверхностным натяжением, что, вероятно, связано с наличием в составе поверхностно-активных веществ и дает возможность производства на его основе пеномоющих средств [18].

Согласно литературным данным, гидролат лаванды, произрастающей в Италии, Тоскана, включает только оксигенированные монотерпены, среди которых основным компонентом является линалоол (42,9 %) [19], в то время как эфирное масло лаванды состоит из монотерпеновых углеводородов и оксигенированных монотерпенов. Гидролаты лаванды, полученные гидродистилляцией и паровой дистилляцией соответственно, содержали наибольшую долю 1,8-цинеола (20,6 и 19,5 %), линалоола фураноксида или линалоола (11,9 и 23,2 %), α -терпинеола (10,4 и 13 %). В гидролате, полученном методом паровой дистилляции, было идентифицировано больше соединений, что связано с превращением путем окислительных реакций, полимеризации и гидролиза некоторых летучих соединений при контакте растительного сырья с кипящей водой на протяжении всей дистилляции при гидродистилляции. Гидролат лаванды выявил значительную противомикробную активность в отношении восьми штаммов аркобактерподобных бактерий и против *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* и дрожжей *Candida albicans*, в то время как разведенный гидролат выраженного противомикробного действия не оказывал. В присутствии гидролата также наблюдалось значительно сниженное образование биопленки [20]. Гидролат лаванды крымского происхождения в разведении 1:1 продемонстрировал слабое противогрибковое действие: ингибирование роста грибов рода *Candida* составляло 10–50 %. Разведение гидролата 1:8 не оказывало действия на рост грибов [21].

Известно, что гидролат розмарина обладает поглощением в УФ-области, т. е. оказывает фотопротекторное действие, следовательно, может применяться для производства солнцезащитных средств [18]. Согласно исследованиям [22], гидролат розмарина, произрастающего в Колумбии, не обладал ни потенциальным действием против *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. albicans* и *A. niger*, ни антиоксидантными свойствами, в отличие от эфирного масла розмарина. Однако, по данным литературы [19], гидролаты розмарина и шалфея, выращенных в Италии (Тоскана), проявили противогрибковое действие против штаммов дрожжевых грибов и дерматофитов: *Trichophyton*

mentagrophytes, *Trichophyton tonsurans*, *Trichophyton rubrum*, *Arthroderma crocatum*, *Arthroderma quadrifidum*, *Candida albicans*, *Candida tropicalis*. Данную активность авторы расценивают как слабую противогрибковую по сравнению с флуконазолом, гризеофульвином. *Trichophyton erinacei* и *Arthroderma gypseum* были устойчивы к анализируемым гидролатам, в то время как все другие штаммы ингибировались при концентрациях ниже 100 мкл/мл [19]. Гидролат шалфея мускатного, выращенного в Крыму, в разведении 1:1 подавлял рост дрожжеподобных грибов рода *Candida* на величину от 10 до 70 %. Разведение гидролата 1:8 не оказывало действия на рост грибов [21]. Эфирные масла гидролатов розмарина и шалфея содержали оксигенированные монотерпены; 1,8-цинеол (эвкалиптол) являлся наиболее распространенным компонентом и составлял 47,1 % [21] – 56,2 [19] и 42,9 % [21] соответственно, содержание α - и β -туиона в эфирном масле гидролата шалфея – 24,3 и 14,7 % соответственно. В тестах на аллелопатию и летальность ракообразных *Artemia salina* гидролат розмарина оказался более токсичным, чем гидролат шалфея, что, предположительно, связано с присутствием 1,8-цинеола и синергическим действием других компонентов гидролата розмарина [23]. Исследование состава гидролата шалфея лекарственного, собранного в Словацкой Республике, выявило содержание 1,8-цинеола в количестве 19,57 %, линалоола – 4,1 %, α - и β -туиона – 5,57 %, изопулегола – 57,11 %, борнеола – 5,41 %, карвоментенола – 1,12 %. Была выявлена антибактериальная активность гидролата *S. officinalis* в отношении *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter asburiae* и *Bacillus subtilis*. Антиоксидантная активность гидролата шалфея составила (23,25 \pm 0,26) % [24].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что исследования состава и биологической активности гидролатов проводятся учеными во всем мире и в последние годы приобретают все большую актуальность. Исследования гидролатов лаванды, розмарина, шалфея, иссопа и розы достаточно ограничены и разрозненны. Причиной этому может быть применение разных методов получения гидролатов, использование сырья, выращенного в разных климатогеографических зонах, отличие условий хранения сырья перед проведением испытаний и другие факторы.

Эфиромасличные культуры, а именно: лаванда узколистная, роза эфиромасличная, иссоп лекарственный, шалфей лекарственный, розмарин лекарственный – широко культивируются в Республике Крым, и изучение состава их гидролатов и биологической активности является актуальной задачей фармации.

Цель: изучить химический состав гидролатов *Lavandula angustifolia* Mill., *Hyssopus officinalis* L., *Salvia officinalis* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Rosa damascena* Mill. \times *Rosa gallica* L. \times *Rosa gallica* L. – *Rosa* spp. и их антибактериальную и антиоксидантную активность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были гидролаты лаванды, розмарина, шалфея, иссопа, полученные методом паровой дистилляции в аппарате контейнерного типа; гидролат розы, полученный гидродистилляцией в аппарате периодического действия производства АО «Алуштинский эфиромасличный совхоз-завод». Сырье, из которого получали гидролаты: свежесобранная надземная часть растений в фазу цветения лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill., сорт Рекорд), иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), розы эфиромасличной (сорт Радуга) – гибрида от скрещивания (*Rosa damascena* Mill. × *Rosa gallica* L.) × *Rosa gallica* L. – *Rosa* spp. Заготовка сырья проводилась на плантациях АО «Алуштинский эфиромасличный совхоз-завод» (Россия).

Изучение содержания эфирного масла в гидролатах и его химического состава проводили в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) в 2018–20 гг. [25]. ГЖХ-анализ образцов гидролатов был проведен на хроматографе «Кристалл 2000М» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) с пламенно-ионизационным детектором на кварцевой капиллярной колонке длиной 50 м и внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза – ПЭГ-20М (Carbowax 20M). Программирование температуры термостата – от 120 до 180 °С; температура испарителя – 240 °С, температура детектора – 260 °С. Программирование давления на входе в колонку – от 100 кПа до 132,4 кПа с делением потока 1/66, объем пробы – $2 \cdot 10^{-3}$ см³. Газ-носитель – азот. Идентификацию растворенных и частично растворенных компонентов в гидролатах проводили путем сравнения с компонентами соответствующих эфирных масел, определение соотношения компонентов в эфирном масле гидролатов проводили методом внутренней нормализации [25].

Исходя из того, что снижение механической прочности и проницаемости кожи провоцирует ряд метаболических сдвигов как в отдельных клетках, так и в тканях, одну из центральных ролей в генезе многих патологий играет нарушение прооксидантно-антиоксидантного равновесия с последующей активацией свободнорадикальных реакций. Последнее подчеркивает своевременность и актуальность поиска и разработки высокоэффективных средств, способных корректировать окислительно-восстановительный гомеостаз. Поэтому в дальнейшем была изучена антиоксидантная активность ароматных вод. Антиоксидантную активность (АОА) определяли методом неферментативного инициирования перекисного окисления липидов (ПОЛ) в модельной биологической системе желточных липопротеидов (ЖЛП) [26]. В качестве препарата сравнения использовали во-

дорастворимый антиоксидант – раствор кислоты аскорбиновой 50 мг/мл (АОА «Дальхимфарм», Россия).

Спектральные исследования проводили с использованием спектрофотометра СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы STATISTICA 6.1 (StatSoft Inc., США). Рассчитывали среднюю арифметическую (M) и ее среднюю ошибку (m), коэффициент вариации (C) и достоверность разницы (p) по критерию Стьюдента.

Антибактериальную активность гидролатов оценивали с использованием биолюминесцентных тест-бактерий. В работе использовали морские тест-бактерии *Aliivibrio fischeri* F1 из собственной коллекции морских светящихся микроорганизмов, а также рекомбинантные тест-бактерии *E. coli* MG1655 (pXen7) с конститутивным типом люминесценции (любезно предоставленные д.б.н. И.В. Мануховым, заведующим лабораторией молекулярной генетики Московского физико-технического института).

Острую антибактериальную активность гидролатов оценивали по ингибированию интенсивности биолюминесценции бактерий *A. fischeri* F1 и *E. coli* MG1655 (pXen7) в течение 15–60 мин [27, 28]. Измерения биолюминесценции проводили с помощью биолюминометра БЛМ 8801 (СКТБ «Наука», Россия).

Бактерицидное действие гидролатов оценивали визуально по выживаемости биолюминесцентных тест-бактерий [29]. Для этого готовили водные разведения гидролатов 1:10 (0,1), 1:5 (0,2) и 1:2 (0,5), в которые вносили тест-бактерии *A. fischeri* F1 до концентрации $5 \cdot 10^5$ кл/мл. Полученные образцы инкубировали в течение суток при комнатной температуре и затем наносили по 3 мкл на поверхность плотной питательной среды на чашках Петри. Рост и биолюминесценцию бактерий оценивали через 24 ч визуально и фотографически с использованием камеры мобильного телефона. Состав питательных сред и условия культивирования тест-штаммов были описаны ранее [27, 28].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за годы исследований содержание эфирного масла в гидролатах разных растений составило от 0,080 до 0,135 % (таблица 1). Массовая доля эфирного масла в гидролатах колебалась в зависимости от растения, фазы уборки сырья, погодных условий в период его заготовки и соблюдения параметров технологии извлечения эфирного масла по годам. Химический состав гидролатов определялся видом растений и представлен в таблице 1 и на рисунках 1–5. Например, в гидролатах иссопа были определены следующие компоненты: бициклические монотерпеновые кетоны изопинокамфон и пинокамфон; сесквитерпеновый углеводород β-кариофиллен; монотерпеновые углеводороды β-пинен, сабинен и оксид 1,8-цинеол. В разные годы содержание ком-

Таблица 1. Содержание эфирного масла в гидролатах и его компонентный состав

Table 1. The content of essential oils and component composition of hydrolates

Наименование гидролата Name of hydrolates	Содержание эфирного масла в гидролате, % ($M \pm m$) The content of essential oils in hydrolate, % ($M \pm m$)	Химический состав эфирного масла / маркер подлинности Chemical structure / authenticity marker
Гидролат розы эфиромасличной Rose hydrolate	0,100 ± 0,010	линалоол, цитронеллол, нерол, гераниол, β-фенилэтиловый спирт, стеароптены / β-фенилэтиловый спирт linalool, citronellol, nerol, geraniol, β-phenylethyl ethanol, stearoptenes / β-phenylethyl ethanol
Гидролат лаванды узколистной Lavender hydrolate	0,080 ± 0,004	линалоол, терпинен-4-ол, α-терпинеол, лавандуллол/линалоол linalool, lavandulol, terpinene-4-ol, α-terpineol/linalool
Гидролат шалфея лекарственного Salvia hydrolate	0,100 ± 0,010	α-туйон, β-туйон, камфора, лимонен, α-гумулен, β-кариофиллен / α-, β-туйон α-, β-thujone, camphor, limonene, α-humulene; β-caryophyllene / α-, β-thujone
Гидролат иссопа лекарственного Hyssop hydrolate	0,109 ± 0,010	β-пинен, сабинен, 1,8-цинеол, пинокамфон, изопинокамфон, β-кариофиллен/изопинокамфон α-pinene, sabinene, 1,8-cineol, pinocamphone, isopinocamphone, β-caryophyllene/isopinocamphone
Гидролат розмарина лекарственного Rosemary hydrolate	0,085 ± 0,006	β-пинен, лимонен, 1,8-цинеол, линалоол, α-терпинен/1,8-цинеол β-pinene, limonene, 1,8-cineol, linalool, α-terpinen/1,8-cineol

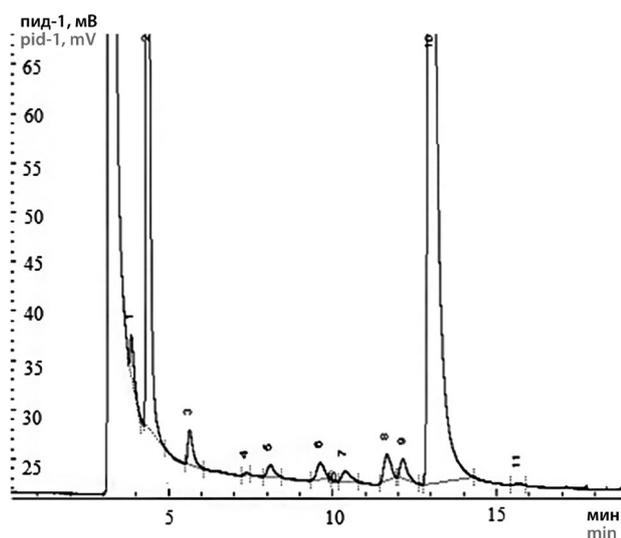


Рисунок 1. Хроматограмма гидролата *Rosa* spp.:

2 – внутренний стандарт; 3 – линалоол; 6 – цитронеллол; 7 – нерол; 8 – гераниол; 9, 11 – стеароптены; 10 – β-ФЭС

Figure 1. Chromatogram of *Rosa* spp. hydrolate:

2 – internal standard; 3 – linalool; 6 – citronellol; 7 – nerol; 8 – geraniol; 9, 11 – stearoptenes; 10 – β-phenylethyl ethanol

пунктов эфирного масла в гидролатах варьировало, но преобладающими были изопинокамфон и пинокамфон. Так, в гидролате, полученном в 2020 г., содержались следующие компоненты: изопинокамфон, пинокамфон; β-кариофиллен; β-пинен; сабинен и 1,8-цинеол (рисунок 4).

Было установлено, что гидролат шалфея лекарственного содержит кетоны: α-туйон и β-туйон, камфору; монотерпеновые углеводороды: лимонен; сескви-

терпеновые углеводороды: α-гумулен, β-кариофиллен; гидролат розы эфиромасличной содержит спирты, а именно: β-фенилэтиловый спирт, гераниол, цитронеллол, нерол, линалоол; в гидролате лаванды узколистной были обнаружены спирты: линалоол, α-терпинеол, терпинен-4-ол; в гидролате розмарина содержатся монотерпеновые углеводороды: β-пинен, лимонен, α-терпинен, оксид 1,8-цинеол – и спирт линалоол.

Сравнительный анализ показал, что гидролаты в основном содержат водорастворимые в разной степени компоненты эфирного масла.

Спектральные исследования образцов в области 200–700 нм выявили полное отсутствие поглощения в видимой области. В УФ-области исследуемые гидролаты обладали различными спектральными характеристиками (рисунок 6, А). Так, гидролаты розмарина и лаванды характеризовались высоким поглощением при 200–300 нм, поэтому для установления спектральных характеристик образцы разбавляли водой в соотношении 1:10. Полученные результаты позволили выявить пик поглощения при 262 нм, характерный только для гидролата розмарина (рисунок 6, Б).

Гидролаты розы, шалфея и иссопа характеризовались более низкой оптической плотностью в УФ-области, а также отсутствием пиков поглощения или наличием незначительных перегибов в спектрах при 260 нм.

При изучении антиоксидантной активности полученные в модельных опытах данные свидетельствуют о том, что уровень ТБК-реактантов в контроле составил 107 нмоль/л через 30 минут с момента внесения ионов Fe²⁺ (таблица 2).

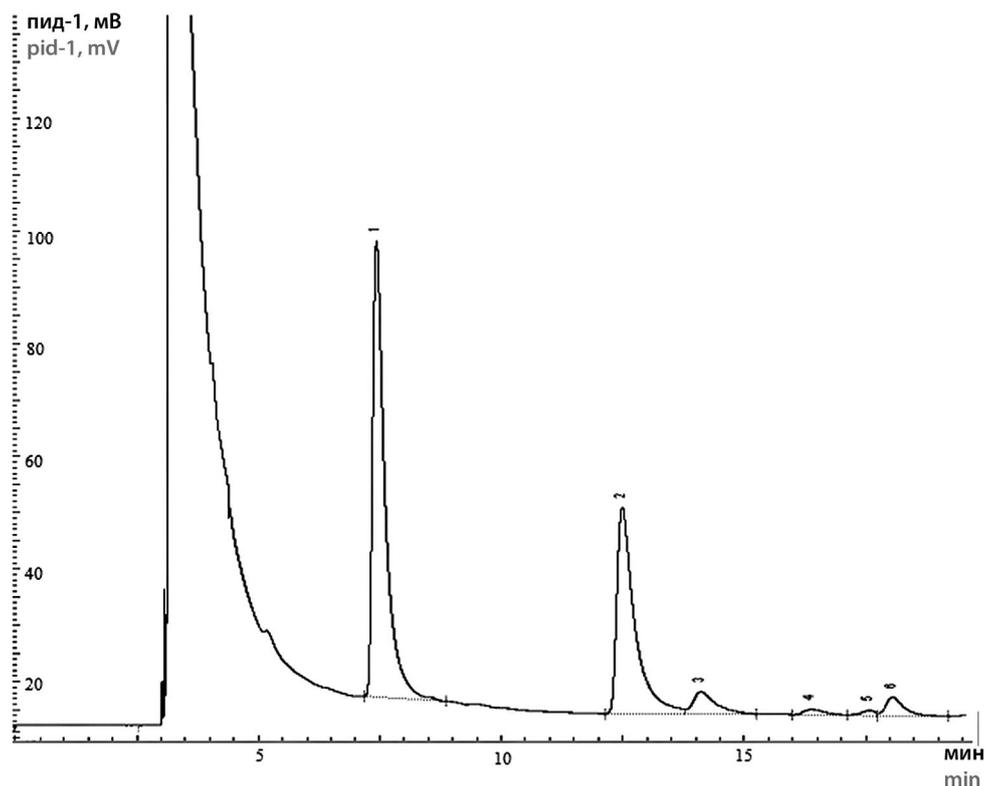


Рисунок 2. Хроматограмма гидролата *L. angustifolia*:

1 – внутренний стандарт; 2 – линалоол; 3 – терпинен-4-ол; 4 – α-терпинеол; 6 – лавандулол

Figure 2. Chromatogram of *L. angustifolia* hydrolate:

1 – internal standard; 2 – linalool; 3 – terpinene-4-ol; 4 – α-terpineol; 6 – lavandulol

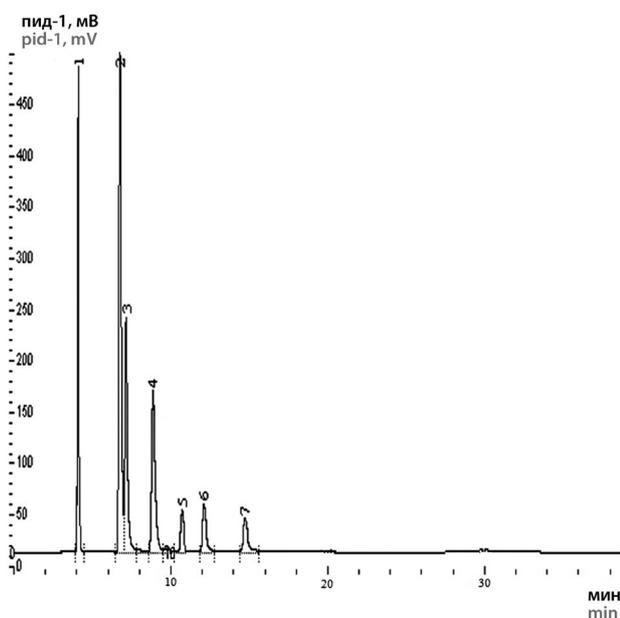


Рисунок 3. Хроматограмма гидролата *S. officinalis*:

1 – внутренний стандарт; 2 – α-туион; 3 – β-туион; 4 – камфора; 5 – лимонен; 6 – α-гумулен; 7 – β-кариофиллен

Figure 3. Chromatogram of *S. officinalis* hydrolate:

1 – internal standard; 2 – α-thujone; 3 – β-thujone; 4 – camphor; 5 – limonene; 6 – α-humulene; 7 – β-caryophyllene

Таблица 2. Антиоксидантная активность гидролата иссопа при Fe²⁺-инициированном перекисном окислении липидов

Table 2. Antioxidant activity of hyssop hydrolate in Fe²⁺-initiated lipid peroxidation

Исследуемый образец Test sample	Уровень ТБК*-реактантов, нмоль/л TBA*-reactant levels, nmol/l	АОА, % Antioxidant activity, %
Контроль Control	107,10 ± 1,40	–
Референтный препарат Reference drug	28,41 ± 3,55** (<i>p</i> < 0,001)	73,47
Гидролат розы Rose hydrolate	106,47 ± 1,68 (<i>p</i> > 0,05)	–
Гидролат лаванды Lavender hydrolate	111,02 ± 1,11 (<i>p</i> > 0,05)	–
Гидролат шалфея Salvia hydrolate	102,87 ± 2,03 (<i>p</i> > 0,05)	–
Гидролат иссопа Hyssop hydrolate	64,82 ± 3,65* (<i>p</i> < 0,01)	39,47
Гидролат розмарина Rosemary hydrolate	68,95 ± 3,93* (<i>p</i> < 0,01)	35,62

Примечание. *ТБК – тиобарбитуровая кислота. Различие с показателями контроля статистически достоверно: * *p* < 0,01; ** *p* < 0,001.

Note. *TBA – thiobarbituric acid. Difference with indicators control statistically significant: * *p* < 0.01; ** *p* < 0.001.

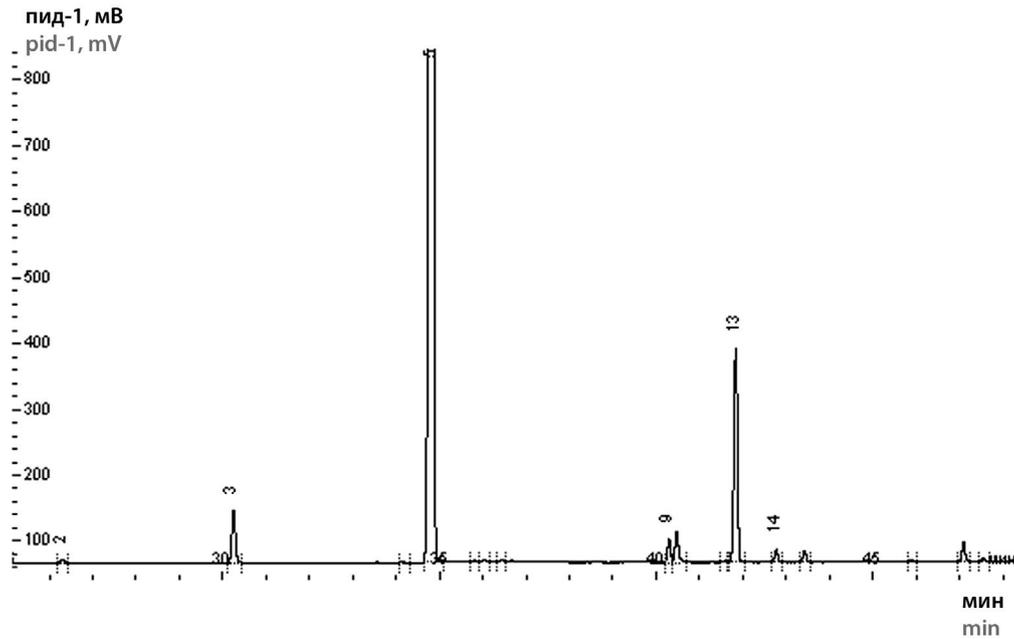


Рисунок 4. Хроматограмма гидролата *H. officinalis*:

2 – β -пинен; 3 – сабинен; 5 – внутренний стандарт; 9 – 1,8-цинеол; 10 – пинокамфон; 13 – изопинокамфон; 14 – β -кариофиллен

Figure 4. Chromatogram of *H. officinalis* hydrolate:

2 – β -pinene; 3 – sabinene; 5 – internal standard; 9 – 1,8-cineole; 10 – pinocamphone; 13 – isopinocampheol; 14 – β -caryophyllene

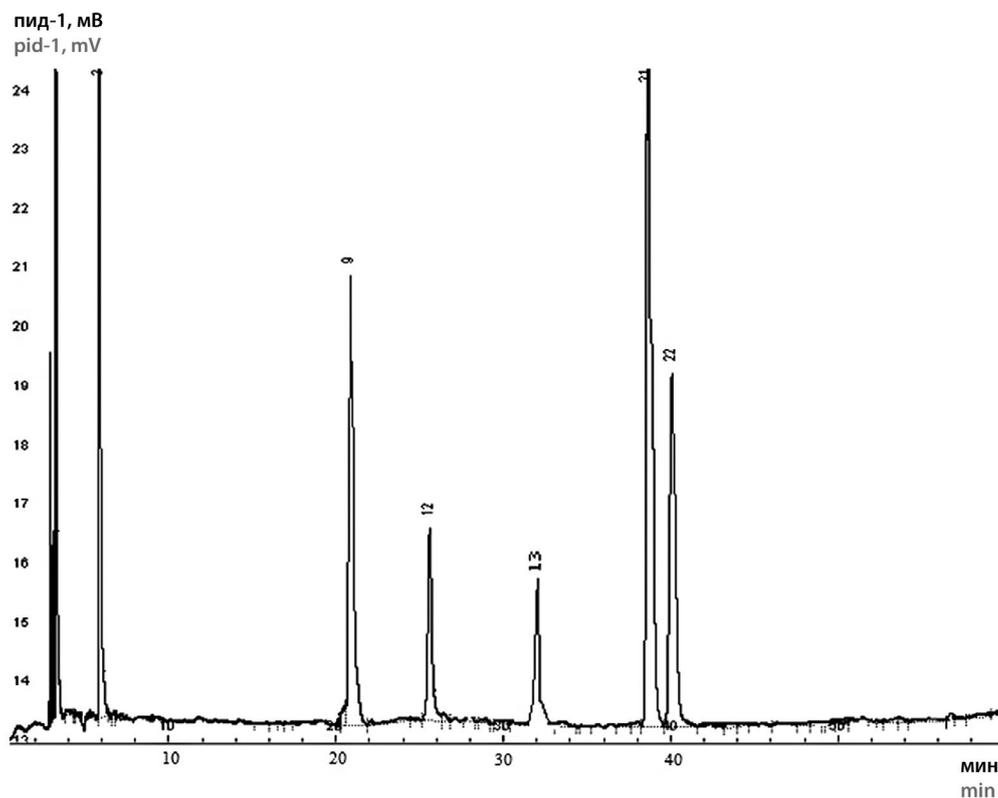


Рисунок 5. Хроматограмма гидролата *R. officinalis*:

3 – β -пинен; 9 – внутренний стандарт; 12 – α -терпинен; 13 – линалоол; 21 – 1,8-цинеол; 22 – лимонен

Figure 5. Chromatogram of *R. officinalis* hydrolate:

3 – β -pinene; 9 – internal standard; 12 – α -terpinene; 13 – linalool; 21 – 1,8-cineol; 22 – limonene

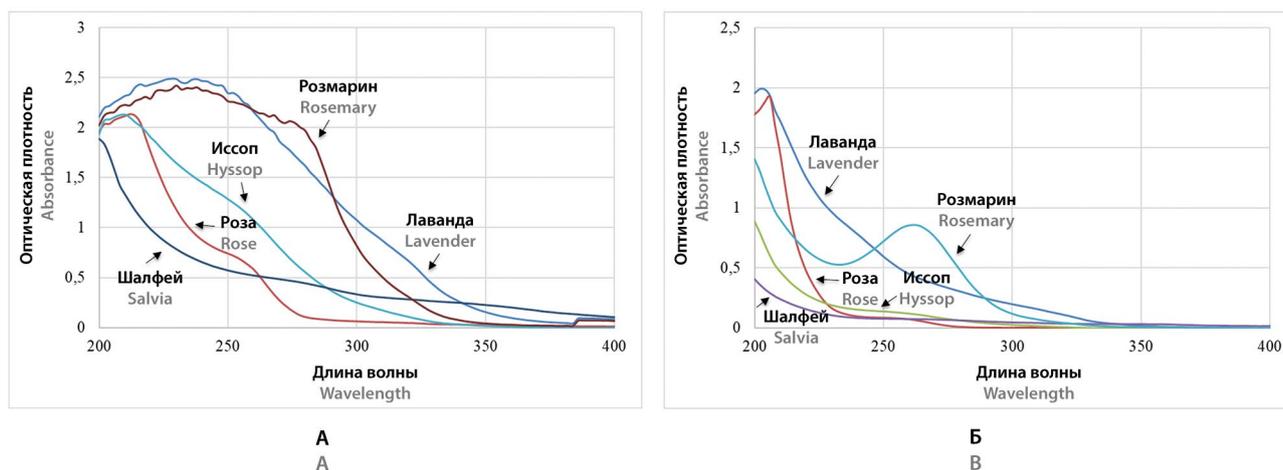


Рисунок 6. Спектры поглощения гидролатов в УФ-области:

А – без разведения; **Б** – при разведении 1 : 10

Figure 6. UV absorbance spectra of the hydrolates:

A – without dilution; **B** – 1 : 10 dilution

Динамика накопления продуктов перекисного окисления липидов в среде инкубации в присутствии аскорбиновой кислоты достоверно ниже контрольной группы (см. таблицу 2), что указывает на выраженную способность препарата подавлять процессы свободнорадикального окисления. Данные относительно влияния гидролатов иссопа и розмарина на интенсивность липопероксидации указывают, что максимальная эффективность проявляется на 30 минуте эксперимента (АОА равна 39, 47 и 35,62% соответственно). Количество ТБК-реактантов в опытных модельных системах составляет 64,82 и 68,95 нмоль/л и уровень статистической значимости различий от показателей в контроле достоверный ($p < 0,01$), что указывает на способность данных гидролатов реализовывать некоторую способность противостоять окислительному стрессу. Накопление продуктов перекисного окисления липидов в присутствии гидролатов шалфея, розы, лаванды не имело достоверных отличий в сравнении с контрольной группой. Следовательно, результаты данного фрагмента исследований позволяют сделать вывод о выраженной способности гидролатов иссопа и розмарина подавлять интенсивность накопления конечных продуктов перекисного окисления липидов в изучаемом биосубстрате при Fe^{2+} -инициации данного процесса, проявляя, таким образом, антиоксидантную активность.

Исследование антибактериальных свойств проводили с использованием морских светящихся тест-бактерий *A. fischeri* F1 и рекомбинантных *E. coli* (pXen7) в качестве тест-объектов. Многочисленные исследования показали, что интенсивность биолюминесценции служит интегральным показателем метаболизма бактериальной клетки и является удобным физико-химическим параметром, который по-

зволяет судить о биологических эффектах различной природы. Таким образом, биолюминесцентные бактерии являются чувствительными биотестами на некоторые виды биологической активности [30].

Изучение действия гидролатов на биолюминесценцию *A. fischeri* F1 показало, что уже через 30 минут все они снижают интенсивность бактериального свечения практически до 0 (острый эффект, рисунок 7). Полученные данные дают возможность предположить наличие антимикробной активности исследуемых гидролатов.

Для установления бактерицидных свойств исследуемых гидролатов их инкубировали с бактериями *A. fischeri* F1 в течение суток, после чего жизнеспособность тест-объектов проверялась высевом на плотную питательную среду [28]. Результаты показали, что все гидролаты, за исключением шалфея, полностью или частично ингибировали бактериальный рост и биолюминесценцию (рисунок 8). Полное подавление роста и свечения *A. fischeri* F1 наблюдалось при разведении гидролатов лаванды и иссопа 0,2 (1:5). Гидролаты розы и розмарина проявляли бактерицидный эффект при разведении 0,5.

Аналогичные эксперименты, проведенные на рекомбинантном тест-штамме *E. coli* (pXen7) с конститутивным типом биолюминесценции, показали сходные результаты. Увеличение концентрации гидролатов приводило к ингибированию свечения тест-бактерий. Наибольшей антибактериальной активностью характеризовались гидролаты иссопа и лаванды, которые полностью подавляли бактериальную люминесценцию. Меньшим действием обладали гидролаты розы, шалфея и розмарина (ингибирование биолюминесценции на 40–80 %, рисунок 9).

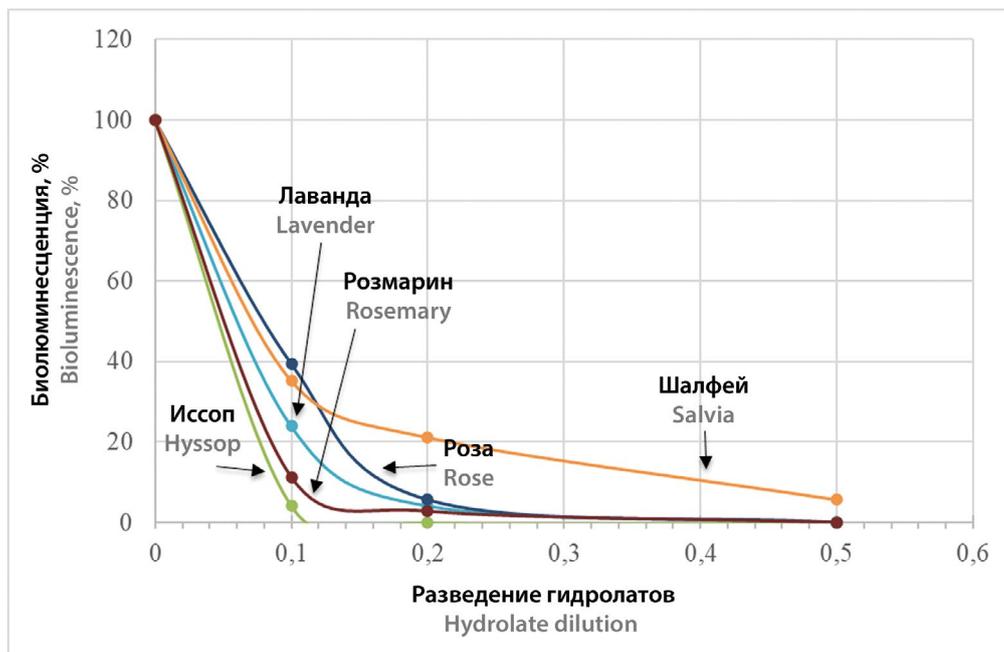


Рисунок 7. Действие гидролатов на биолюминесценцию *A. fischeri* F1

Figure 7. Effect of the hydrolates dilutions on *A. fischeri* F1 bioluminescence

Рост <i>A. fischeri</i> F1 <i>A. fischeri</i> F1 growth				Биолюминесценция <i>A. fischeri</i> F1 Bioluminescence of <i>A. fischeri</i> F1			
Разведения гидролатов Hydrolate dilution							
0	0,1	0,2	0,5	0	0,1	0,2	0,5
Лаванда Lavender							
Роза Rose							
Иссоп Hyssop							
Шалфей Salvia							
Розмарин Rosemary							

Рисунок 8. Действие гидролатов на биолюминесценцию и рост морских бактерий *A. fischeri* F1

Figure 8. Effect of the hydrolates dilutions on growth and bioluminescence of marine test-strain *A. fischeri* F1

Изучение бактерицидного действия гидролатов после суточной инкубации с тест-бактериями и высева на плотную питательную среду выявило только эффекты лаванды и иссопа, которые усиливались с уменьшением разведения (рисунок 10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучен химический состав гидролатов *Rosa* spp., *Lavandula angustifolia* Mill., *Salvia officinalis* L., *Hyssopus officinalis* L., *Rosmarinus officinalis* L., который характерен для конкретного вида растений. Сравнительный анализ химического состава гидролатов показал, что они в основном содержат водорастворимые в разной степени компоненты эфирного масла.
2. Результаты исследований в условиях *in vitro* при Fe^{2+} -инициированном перекисном окислении липидов свидетельствуют о выраженной антиоксидантной активности гидролатов *Hyssopus officinalis* и *Rosmarinus officinalis*. При этом гидролаты *Lavandula angustifolia*, *Salvia officinalis* L., *Rosa damascena* Mill. × *Rosa gallica* L. × *Rosa gallica* L. – *Rosa* spp. не обладали как антиоксидантной, так и прооксидантной активностями.
3. Гидролаты исследуемых эфиромасличных растений обладают антибактериальной активностью как в отношении природных биолюминесцентных тест-бактерий *A. fischeri* F1, так и рекомбинантных бактерий *E. coli* (pXen7).

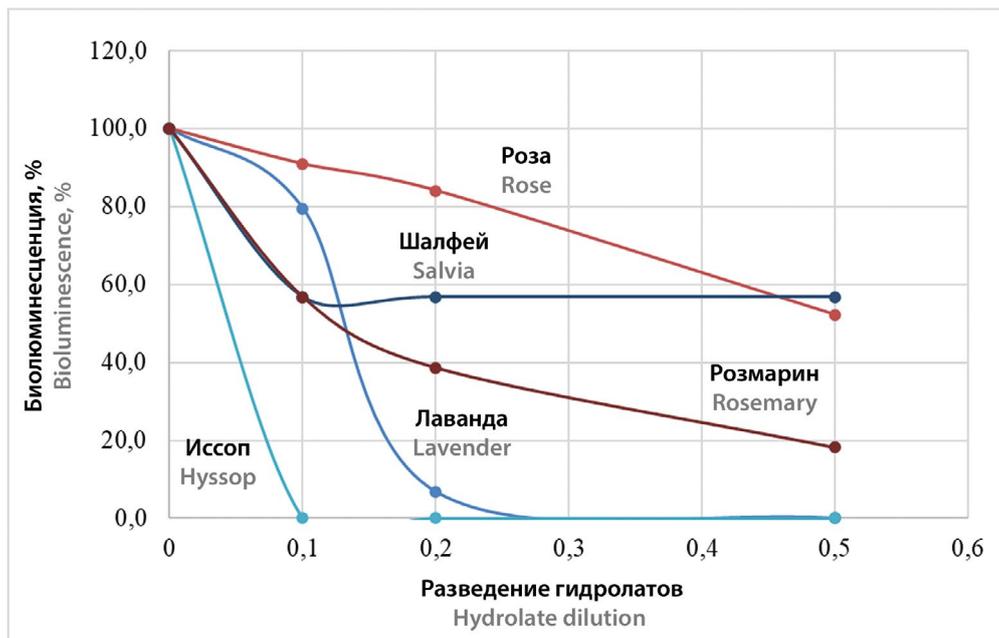


Рисунок 9. Действие гидролатов на билюминесценцию рекомбинантного тест-штамма *E. coli* (pXen7)

Figure 9. Effect of the hydrolates dilutions on bioluminescence of recombinant test-strain *E. coli* (pXen7)



Рисунок 10. Бактерицидное действие гидролатов лаванды и иссопа в отношении *E. coli* (pXen7)

Figure 10. Bactericidal activity of lavender and hyssop hydrolates against *E. coli* (pXen7)

4. Показано бактерицидное действие гидролатов лаванды и иссопа, которые ингибировали рост тест-бактерий *A. fischeri* F1 и *E. coli* (pXen7) при разведениях менее чем 1:5 (0,2). Отсутствие подобного эффекта у гидролатов розмарина, шалфея, розы, в сочетании со способностью ингибировать бактериальную билюминесценцию, может быть результатом их низкой токсичности и быть основанием при выборе компонентов для разработки средств, направленных на сохранения микробиома человека.

В дальнейшем исследования могут быть продолжены и направлены на разработку лекарственных и косметических средств на основе гидролатов исследованных выше эфиромасличных растений.

ЛИТЕРАТУРА

- Nasiri Lari Z., Hajimonfarednejad M., Riasatian M., Abolhassanzadeh Z., Iraj A., Vojoud M., Heydari M., Shams M. Efficacy of inhaled *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil on sleep quality, quality of life and metabolic control in patients with diabetes mellitus type II and insomnia. *Ethnopharmacol.* 2020;251:112560. DOI: 10.1016/j.jep.2020.112560.
- Bogdan M. A., Bungau S., Tit D. M., Zaha D. C., Nechifor A. C., Behl T., Chambre D., Lupitu A. I., Copolovici L., Copolovici D. M. Chemical profile, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of essential oils extracted from three different varieties (Moldoveanca 4, Vis Magic 10, and Alba 7) of *Lavandula angustifolia*. *Molecules.* 2021;26(14):4381. DOI: 10.3390/molecules26144381.
- Aboalhaja N. H., Syaj H., Afifi F., Sunoqrot S., Al-Shalabi E., Talib W. Chemical evaluation, in vitro and in vivo anticancer activity of *Lavandula angustifolia* grown in Jordan. *Molecules.* 2022;27(18):5910. DOI: 10.3390/molecules27185910.
- Białoń M., Krzyśko-Łupicka T., Nowakowska-Bogdan E., Wiczorek P. P. Chemical composition of two different lavender essential oils and their effect on facial skin microbiota. *Molecules.* 2019;24(18):3270. DOI: 10.3390/molecules24183270.
- Pandur E., Balatinács A., Micalizzi G., Mondello L., Horváth A., Sipos K., Horváth G. Anti-inflammatory effect of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) essential oil prepared during different plant phenophases on THP-1 macrophages. *BMC Complement Med Ther.* 2021;21(1):287. DOI: 10.1186/s12906-021-03461-5.
- Tofighi Z., Molazem M., Doostdar B., Taban P., Shahverdi A. R., Samadi N., Yassa N. Antimicrobial activities of three medicinal plants and investigation of flavonoids of *Tripleurospermum disciforme*. *Iran Pharm Res.* 2015;14(1):225–231.

7. Zu Y., Yu H., Liang L., Fu Y., Efferth T., Liu X., Wu N. Activities of ten essential oils towards *Propionibacterium acnes* and PC-3, A-549 and MCF-7 cancer cells. *Molecules*. 2010;15(5):3200–3210. DOI: 10.3390/molecules15053200.
8. Afsari Sardari, Parmis Badr, Amir Azadi, gh Mosleh. Traditional and recent evidence on five phytopharmaceuticals from *Rosa damascena* Herrm. *Research Journal of Pharmacognosy*. 2019;6(3):77–84. DOI: 10.22127/rjp.2019.89469.
9. Kumar N., Bhandari P., Singh B., Bari S. S. Antioxidant activity and ultra-performance LC-electrospray ionization-quadrupole time-of-flight mass spectrometry for phenolics-based fingerprinting of Rose species: *Rosa damascena*, *Rosa bourboniana* and *Rosa brunonii*. *Food Chem Toxicol*. 2009;47(2):361–367. DOI: 10.1016/j.fct.2008.11.036.
10. Vilhelmova-Ilieva N., Dobрева A., Doynovska R., Krastev D., Mileva M. Antiviral activity of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa alba* L. essential oils against the multiplication of Herpes Simplex Virus type 1 strains sensitive and resistant to acyclovir. *Biology (Basel)*. 2021;10(8):746. DOI: 10.3390/biology10080746.
11. Stefanelli A., Aiello C., Bisio A., Bellese G., Castagnola P. Carnosic acid induces proteasomal degradation of Cyclin B1, RB and SOX2 along with cell growth arrest and apoptosis in GBM cells. *Phyto-medicine*. 2016;23(7):679–685. DOI: 10.1016/j.phymed.2016.03.007.
12. Choukairi Z., Hazzaz T., José M.F., Fechtali T. The cytotoxic activity of *Salvia officinalis* L. and *Rosmarinus officinalis* L. leaves extracts on human glioblastoma cell line and their antioxidant effect. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2020;17(4). DOI: 10.1515/jcim-2018-0189.
13. Borges R. S., Ortiz B. L. S., Pereira A. C. M., Keita H., Carvalho J. C. T. *Rosmarinus officinalis* essential oil: a review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. *Ethnopharmacol*. 2019;229:29–45. DOI: 10.1016/j.jep.2018.09.038.
14. Pieracci Y., Ciccarelli D., Giovanelli S., Pistelli L., Flamini G., Cervelli C., Mancianti F., Nardoni S., Bertelloni F., Ebani V. V. Antimicrobial activity and composition of five *rosmarinus* (Now *Salvia* spp. and Varieties) essential oils. *Antibiotics (Basel)*. 2021;10(9):1090. DOI: 10.3390/antibiotics10091090.
15. Hristova Y., Wanner J., Jirovetz L., Stappen I., Iliev I., Gochev V. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Hyssopus officinalis* L. from Bulgaria against clinical isolates of *Candida* species. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 2015;29(3):592–601. DOI: 10.1080/13102818.2015.1020341.
16. Cvijovic V., Djukic D., Mandis L. Composition and antimicrobial activity of essential oils of some medicinal and spice plants. *Chemistry of Natural Compounds*. 2010;46(3):481–482. DOI: 10.1007/s10600-010-9652-z.
17. Svydenko L., Vergun O., Ivanišová E., Brindza J. Antioxidant activity of ethanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. Conference: 5th International Scientific Conference Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development. 2021;3:121. DOI: 10.15414/2021.9788055224015.
18. Богданова С. А. Копанева М. С. Коллоидно-химические свойства косметических средств с гидролатами. *Вестник Технологического университета*. 2017;20(10):14–16.
19. Garzoli S., Laghezza Masci V., Franceschi S., Tiezzi A., Giacomello P., Ovidi E. Headspace/GC-MS analysis and investigation of antibacterial, antioxidant and cytotoxic activity of essential oils and hydrolates from *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula angustifolia* Miller. *Foods*. 2021;10(8):1768. DOI: 10.3390/foods10081768.
20. Šilha D., Švarcová K., Bajger T., Královce K., Tesařová E., Moučková K., Pejchalová M., Bajgerová P. Chemical composition of natural hydrolates and their antimicrobial activity on *Arcobacter*-Like cells in comparison with other microorganisms. *Molecules*. 2020;25(23):5654. DOI: 10.3390/molecules25235654.
21. Постникова О. Н., Шевкопляс Л. А., Сатаева Т. П., Куевда Т. А. Действие гидролатов эфирных масел на рост грибов рода *Candida*. *Проблемы медицинской микологии*. 2022;24(2):121.
22. Hay Y. O., Abril-Sierra M. A., Sequeda-Castañeda L. G., Bonnafous C., Raynaud C. Evaluation of combinations of essential oils and essential oils with hydrosols on antimicrobial and antioxidant activities. *Pharm. Pharmacogn. Res*. 2018;6:216–230.
23. Politi M., Ferrante C., Menghini L., Angelini P., Flores G. A., Muscatello B., Braca A., De Leo M. Hydrosols from *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis*, and *Cupressus sempervirens*: phytochemical analysis and bioactivity evaluation. *Plants (Basel)*. 2022;11(3):349. DOI: 10.3390/plants11030349.
24. Ūrgeová E., Uváčková Ľ., Vaneková M., Maliar T. Antibacterial potential of microwave-assisted extraction prepared hydrolates from different *salvia* species. *Plants (Basel)*. 2023;12(6):1325. DOI: 10.3390/plants12061325.
25. Timasheva L. A., Pekhova O. A., Danilova I. L. On the methodology of quantitative determination of essential oil in herbal distillates. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2019;3(19):122–132. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-122-132.
26. Немятих О. Д. Комплексне дослідження антиоксидантних властивостей дитячого желе з ехінацеєю. *Вісник фармації*. 2010;4:78–82.
27. Carniato F., Gatti G., Vittoni C., Katsev A. M., Guidotti M., Evangelisti C., Bisio Ch. More efficient prussian blue nanoparticles for an improved caesium decontamination from aqueous solutions and biological fluids. *Molecules*. 2020;25(15):3447. DOI: 10.3390/molecules25153447.
28. Каримова Д. Н., Манухов И. В., Гнучих Е. Ю., Каримов И. Ф., Дерябин Д. Г. Действие свободных радикалов кислорода и азота на lux-биосенсоры на основе *Escherichia coli* и *Salmonella typhimurium*. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2016;52(3):287–295. DOI 10.7868/S0555109916030077.
29. Suppi S., Kasemets K., Ivask A., Künnis-Beres K., Sihtmäe M., Kurvet I., Aruoja V., Kahru A. A novel method for comparison of biocidal properties of nanomaterials to bacteria, yeasts and algae. *Hazard Mater*. 2015;286:75–84. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.12.027.
30. Abbas M., Adil M., Ehtisham-Ul-Haque S., Munir B., Yameen M., Ghaffar A., Shar G. A., Asif Tahir M., Iqbal M. *Vibrio fischeri* bioluminescence inhibition assay for ecotoxicity assessment: A review. *Sci Total Environ*. 2018;626:1295–1309. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.066.

REFERENCES

1. Nasiri Lari Z., Hajimonfarednejad M., Riasatian M., Abolhassanzadeh Z., Iraj A., Vojoud M., Heydari M., Shams M. Efficacy of inhaled *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil on sleep quality, quality of life and metabolic control in patients with diabetes mellitus type II and insomnia. *Ethnopharmacol*. 2020;251:112560. DOI: 10.1016/j.jep.2020.112560.
2. Bogdan M. A., Bungau S., Tit D. M., Zaha D. C., Nechifor A. C., Behl T., Chambre D., Lupitu A. I., Copolovici L., Copolovici D. M. Chemical profile, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of essential oils extracted from three different varieties (Moldoveanca 4, Vis Magic 10, and Alba 7) of *Lavandula angustifolia*. *Molecules*. 2021;26(14):4381. DOI: 10.3390/molecules26144381.
3. Aboalhaja N. H., Syaj H., Afifi F., Sunoqrot S., Al-Shalabi E., Talib W. Chemical evaluation, in vitro and in vivo anticancer activity of *Lavandula angustifolia* grown in Jordan. *Molecules*. 2022;27(18):5910. DOI: 10.3390/molecules27185910.
4. Białoń M., Krzyśko-Łupicka T., Nowakowska-Bogdan E., Wiczorek P. P. Chemical composition of two different lavender essential oils and their effect on facial skin microbiota. *Molecules*. 2019;24(18):3270. DOI: 10.3390/molecules24183270.
5. Pandur E., Balatináč A., Micalizzi G., Mondello L., Horváth A., Sipos K., Horváth G. Anti-inflammatory effect of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) essential oil prepared during different plant phenophases on THP-1 macrophages. *BMC Complement Med Ther*. 2021;21(1):287. DOI: 10.1186/s12906-021-03461-5.
6. Tofighi Z., Molazem M., Doostdar B., Taban P., Shahverdi A. R., Samadi N., Yassa N. Antimicrobial activities of three medicinal plants and investigation of flavonoids of *Tripleurospermum disciforme*. *Iran Pharm Res*. 2015;14(1):225–231.

7. Zu Y., Yu H., Liang L., Fu Y., Efferth T., Liu X., Wu N. Activities of ten essential oils towards *Propionibacterium acnes* and PC-3, A-549 and MCF-7 cancer cells. *Molecules*. 2010;15(5):3200–3210. DOI: 10.3390/molecules15053200.
8. Afsari Sardari, Parmis Badr, Amir Azadi, gh Mosleh. Traditional and recent evidence on five phytopharmaceuticals from *Rosa damascena* Herrm. *Research Journal of Pharmacognosy*. 2019;6(3):77–84. DOI: 10.22127/rjp.2019.89469.
9. Kumar N., Bhandari P., Singh B., Bari S. S. Antioxidant activity and ultra-performance LC-electrospray ionization-quadrupole time-of-flight mass spectrometry for phenolics-based fingerprinting of Rose species: *Rosa damascena*, *Rosa bourboniana* and *Rosa brunonii*. *Food Chem Toxicol*. 2009;47(2):361–367. DOI: 10.1016/j.fct.2008.11.036.
10. Vilhelmova-Ilieva N., Dobрева A., Doynovska R., Krastev D., Mileva M. Antiviral activity of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa alba* L. essential oils against the multiplication of Herpes Simplex Virus type 1 strains sensitive and resistant to acyclovir. *Biology (Basel)*. 2021;10(8):746. DOI: 10.3390/biology10080746.
11. Stefanelli A., Aiello C., Bisio A., Bellese G., Castagnola P. Carnosic acid induces proteasomal degradation of Cyclin B1, RB and SOX2 along with cell growth arrest and apoptosis in GBM cells. *Phyto-medicine*. 2016,23(7):679–685. DOI: 10.1016/j.phymed.2016.03.007.
12. Choukairi Z., Hazzaz T., José M.F., Fechtali T. The cytotoxic activity of *Salvia officinalis* L. and *Rosmarinus officinalis* L. leaves extracts on human glioblastoma cell line and their antioxidant effect. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2020;17(4). DOI: 10.1515/jcim-2018-0189.
13. Borges R. S., Ortiz B. L. S., Pereira A. C. M., Keita H., Carvalho J. C. T. *Rosmarinus officinalis* essential oil: a review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. *Ethnopharmacol*. 2019;229:29–45. DOI: 10.1016/j.jep.2018.09.038.
14. Pieracci Y., Ciccarella D., Giovanelli S., Pistelli L., Flamini G., Cervelli C., Mancianti F., Nardoni S., Bertelloni F., Ebani V. V. Antimicrobial activity and composition of five *rosmarinus* (Now *Salvia* spp. and Varieties) essential oils. *Antibiotics (Basel)*. 2021;10(9):1090. DOI: 10.3390/antibiotics10091090.
15. Hristova Y., Wanner J., Jirovetz L., Stappen I., Iliev I., Gochev V. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Hyssopus officinalis* L. from Bulgaria against clinical isolates of *Candida* species. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 2015;29(3):592–601. DOI: 10.1080/13102818.2015.1020341.
16. Cvijovic V., Djukic D., Mandis L. Composition and antimicrobial activity of essential oils of some medicinal and spice plants. *Chemistry of Natural Compounds*. 2010;46(3):481–482. DOI: 10.1007/s10600-010-9652-z.
17. Svydenko L., Vergun O., Ivanišová E., Brindza J. Antioxidant activity of ethanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. Conference: 5th International Scientific Conference Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development. 2021;3:121. DOI: 10.15414/2021.9788055224015.
18. Bogdanova S. A. Kopaneva M. S. Colloidal-chemical properties of cosmetics with hydrolates. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta*. 2017;20(10):14–16. (In Russ.)
19. Garzoli S., Laghezza Masci V., Franceschi S., Tiezzi A., Giacomello P., Ovidi E. Headspace/GC-MS analysis and investigation of antibacterial, antioxidant and cytotoxic activity of essential oils and hydrolates from *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula angustifolia* Miller. *Foods*. 2021;10(8):1768. DOI: 10.3390/foods10081768.
20. Šilha D., Švarcová K., Bajer T., Královec K., Tesařová E., Moučková K., Pejchalová M., Bajerová P. Chemical composition of natural hydrolates and their antimicrobial activity on *Arcobacter*-Like cells in comparison with other microorganisms. *Molecules*. 2020;25(23):5654. DOI: 10.3390/molecules25235654.
21. Postnikova O. N., Shevko-pljas L. A., Sataeva T. P., Kuevda T. A. The effect of essential oil hydrolates on the growth of *Candida* fungi. *Problemy medicinskoj mikologii*. 2022;24(2):121. (In Russ.)
22. Hay Y. O., Abril-Sierra M. A., Sequeda-Castañeda L. G., Bonnafous C., Raynaud C. Evaluation of combinations of essential oils and essential oils with hydrosols on antimicrobial and antioxidant activities. *Pharm. Pharmacogn. Res*. 2018;6:216–230.
23. Politi M., Ferrante C., Menghini L., Angelini P., Flores G. A., Muscatello B., Braca A., De Leo M. Hydrosols from *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis*, and *Cupressus sempervirens*: phytochemical analysis and bioactivity evaluation. *Plants (Basel)*. 2022;11(3):349. DOI: 10.3390/plants11030349.
24. Úrgeová E., Uváčková L., Vaneková M., Maliar T. Antibacterial potential of microwave-assisted extraction prepared hydrolates from different *salvia* species. *Plants (Basel)*. 2023,12(6):1325. DOI: 10.3390/plants12061325.
25. Timasheva L. A., Pekhova O. A., Danilova I. L. On the methodology of quantitative determination of essential oil in herbal distillates. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2019;3(19):122–132. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-122-132.
26. Nemyatih O. D. Complex research of antioxidant properties jelly with *Echinacea* for children. *Visnyk farmatsiyi*. 2010;4:78–82. (In Ukr.)
27. Carniato F., Gatti G., Vittoni C., Katsev A. M., Guidotti M., Evangelisti C., Bisio Ch. More efficient prussian blue nanoparticles for an improved caesium decontamination from aqueous solutions and biological fluids. *Molecules*. 2020;25(15):3447. DOI: 10.3390/molecules25153447.
28. Karimova D. N., Manukhov I. V., Gnuchikh E. Y., Karimov I. F., Deryabin D. G. The effect of oxygen and nitrogen free radicals on lux-biosensors based on *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2016;52(3):287–295. (In Russ.) DOI 10.7868/S0555109916030077.
29. Suppi S., Kasemets K., Ivask A., Künnis-Beres K., Sihtmäe M., Kurvet I., Aruoja V., Kahru A. A novel method for comparison of biocidal properties of nanomaterials to bacteria, yeasts and algae. *Hazard Mater*. 2015;286:75–84. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.12.027.
30. Abbas M., Adil M., Ehtisham-Ul-Haque S., Munir B., Yameen M., Ghaffar A., Shar G. A., Asif Tahir M., Iqbal M. *Vibrio fischeri* bioluminescence inhibition assay for ecotoxicity assessment: A review. *Sci Total Environ*. 2018;626:1295–1309. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.066.