

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2597>
<https://elibrary.ru/JBSFIU>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Антимикробные свойства экстрактов *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, *Syringa vulgaris*, произрастающих в Сибири

В. А. Люц^{1,*}, С. Ю. Харлов¹, Н. С. Величкович¹,
Л. А. Проскурякова¹, Е. В. Остапова²,
С. А. Иванова¹, О. В. Козлова¹

¹ Кемеровский государственный университет^{ROR}, Кемерово, Россия

² Институт химии углерода и химического материаловедения СО РАН^{ROR}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 16.05.2025

Принята после рецензирования: 12.08.2025

Принята к публикации: 02.09.2025

*В. А. Люц: veronichkalutz@mail.ru,

<https://orcid.org/0009-0002-5706-7727>

С. Ю. Харлов: <https://orcid.org/0009-0006-1103-614X>

Н. С. Величкович: <https://orcid.org/0000-0002-9061-1256>

Л. А. Проскурякова: <https://orcid.org/0000-0002-9583-9161>

Е. В. Остапова: <https://orcid.org/0000-0002-4704-484X>

С. А. Иванова: <https://orcid.org/0000-0002-1252-9572>

О. В. Козлова: <https://orcid.org/0000-0002-2960-0216>

© В. А. Люц, С. Ю. Харлов, Н. С. Величкович, Л. А. Проскурякова,
Е. В. Остапова, С. А. Иванова, О. В. Козлова, 2025



Аннотация.

Предотвращение порчи продуктов, вызываемой патогенными микроорганизмами, без ущерба для их качества – важнейшая задача пищевой промышленности. Растительные экстракты, особенно экстракты высших растений, являются одними из наиболее эффективных и безопасных компонентов, содержащих органические кислоты и полифенольные соединения, способные ингибировать рост различных патогенных микроорганизмов. Целью настоящего исследования являлось изучение *in vitro* антимикробных свойств образцов экстрактов растений Кемеровской области – Кузбасса (Западная Сибирь, Россия), перспективных для использования в разработке новых природных антисептических и антимикробных препаратов.

Для исследования выбраны образцы растений: борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum* L.), медуницы лекарственной (*Pulmonaria officinalis* L.), сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.). Из них получены водно-спиртовые экстракты различной концентрации (40, 55, 60, 70 %), для которых диско-диффузионным методом определяли антимикробную активность *in vitro*. Метаболомный состав образцов экстрактов изучали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектором. Концентрацию соединений рассчитывали по калибровочным уравнениям.

Образцы экстрактов *H. sibiricum*, *P. officinalis* и *S. vulgaris* обладали различной антимикробной активностью. Наиболее широкий спектр действия продемонстрировали образцы 40 и 60 % водно-спиртовых экстрактов борщевика сибирского, ингибируя рост *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas putida* и *Pseudomonas aeruginosa*. Кумариновые соединения, присутствующие в экстракте, разрушали клеточные мембраны и препятствовали образованию биопленок. Образцы *P. officinalis* проявили активность против *Bacillus cereus* и *P. aeruginosa*; *S. vulgaris* ингибировали рост *Candida albicans* и *E. coli* благодаря антоцианам и органическим кислотам, которые также служат натуральными консервантами. Несмотря на подтвержденную антимикробную активность, применение данных экстрактов в пищевой промышленности требует дополнительных исследований. Необходимо доказать их безопасность, оценить влияние на вкус и свойства продуктов, а также изучить стабильность и их взаимодействие с другими ингредиентами. Данное исследование вносит вклад в разработку новых природных антисептических и антимикробных препаратов, а также демонстрирует перспективность использования для этих целей биоактивных соединений растений Кемеровской области – Кузбасса.

Ключевые слова. Растительное сырье, *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, *Syringa vulgaris*, антимикробная активность, водно-спиртовой экстракт, патогенные микроорганизмы

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-16-00113. С использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» на базе КемГУ.

Для цитирования: Люц В. А., Харлов С. Ю., Величкович Н. С., Проскурякова Л. А., Остапова Е. В. и др. Антимикробные свойства экстрактов *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, *Syringa vulgaris*, произрастающих в Сибири. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 3. С. 673–686. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2597>

Antimicrobial Properties of Siberian Wild Plant Extracts: *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, and *Syringa vulgaris*



Veronika A. Lutz^{1,*}, Sevastian Yu. Harlov¹,
Natalia S. Velichkovich¹, Larisa A. Proskuryakova¹,
Elena V. Ostapova², Svetlana A. Ivanova¹, Oksana V. Kozlova¹

¹ Kemerovo State University^{ROR}, Kemerovo, Russia

² Institute of Carbon Chemistry and Chemical Materials Science, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences^{ROR}, Kemerovo, Russia

Received: 16.05.2025

Revised: 12.08.2025

Accepted: 02.09.2025

*Veronika A. Lutz: veronichkalutz@mail.ru,

<https://orcid.org/0009-0002-5706-7727>

Sevastian Yu. Harlov: <https://orcid.org/0009-0006-1103-614X>

Natalia S. Velichkovich: <https://orcid.org/0000-0002-9061-1256>

Larisa A. Proskuryakova: <https://orcid.org/0000-0002-9583-9161>

Elena V. Ostapova: <https://orcid.org/0000-0002-4704-484X>

Svetlana A. Ivanova: <https://orcid.org/0000-0002-1252-9572>

Oksana V. Kozlova: <https://orcid.org/0000-0002-2960-0216>

© V.A. Lutz, S.Yu. Harlov, N.S. Velichkovich, L.A. Proskuryakova, E.V. Ostapova,
S.A. Ivanova, O.V. Kozlova, 2025



Abstract.

Pathogenic microorganisms cause food spoilage. Food science knows a number of methods to prevent it without compromising the original food quality. Plant extracts are effective and safe components that contain organic acids and polyphenols capable of inhibiting the growth of pathogenic microorganisms. This *in-vitro* research featured the antimicrobial and metabolomic profiles of plant extracts from the Kemerovo Region, Western Siberia, Russia, as well as their antiseptic and antimicrobial prospects.

The aqueous-alcohol extracts of *Heracleum sibiricum* L., *Pulmonaria officinalis* L., and *Syringa vulgaris* L. in various concentrations (40, 55, 60, 70%) were tested for antimicrobial activity *in vitro* using the disc diffusion method. The method of high-performance liquid chromatography with a UV detector made it possible to identify the metabolomic composition. The concentration was calculated mathematically, by calibration equations (3–5% mean error).

The extracts of *H. sibiricum*, *P. officinalis*, and *S. vulgaris* demonstrated different antimicrobial activities. The broadest range belonged to the 40 and 60% aqueous-alcoholic extracts of *H. sibiricum*, which were able to inhibit *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas putida*, and *Pseudomonas aeruginosa*. These extracts also contained coumarin compounds that destroyed cell membranes and prevented biofilm formation. *P. officinalis* inhibited *Bacillus cereus* and *P. aeruginosa*. The test samples of *S. vulgaris* contained anthocyanins and organic acids that served as natural preservatives while inhibiting *Candida albicans* and *E. coli*. Siberian *H. sibiricum*, *P. officinalis*, and *S. vulgaris* proved to contain a wide range of bioactive compounds that could be used to develop new natural antiseptic and antimicrobial drugs. Despite the confirmed antimicrobial activity, the extracts of these plants require further research to be used in the food industry. So far, their safety status, stability, effect on food sensory profile, and interaction with other ingredients remain unknown.

Keywords. Plant raw material, *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, *Syringa vulgaris*, antimicrobial activity, aqueous-alcohol extract, microbial pathogens

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation, grant no. 23-16-00113. It was conducted on the premises of the Central R&D Center for Instrumental Biotechnologies, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

For citation: Lutz VA, Harlov SYu, Velichkovich NS, Proskuryakova LA, Ostapova EV, et al. Antimicrobial Properties of Siberian Wild Plant Extracts: *Pulmonaria officinalis*, *Heracleum sibiricum*, and *Syringa vulgaris*. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(3):673–686. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2597>

Введение

Пищевая промышленность сталкивается с проблемой обеспечения безопасности пищевых продуктов, предотвращая порчу, вызываемую патогенными микро-

организмами, без ущерба для их питательных и органолептических характеристик [1, 2]. Продукты, испорченные патогенными микроорганизмами, ведут к экономическим потерям и образованию отходов [3]. Ситуация

усугубляется развитием резистентности микроорганизмов к традиционным противомикробным средствам, создавая глобальную угрозу для здоровья населения из-за снижения эффективности препаратов и роста заболеваемости и смертности от инфекций [4, 5].

Микробные биопленки играют ключевую роль в пищевой сфере, так как питательные вещества на рабочих поверхностях способствуют росту и колонизации микроорганизмов [5]. Биопленки, образующиеся в таких условиях, более устойчивы к традиционным методам дезинфекции, что затрудняет их уничтожение [6]. Кроме того, они могут привести к коррозии оборудования, ухудшению его эксплуатационных характеристик и повышению риска загрязнения конечного продукта [5, 6].

В условиях растущей микробной резистентности к существующим методам борьбы, необходимо искать и исследовать новые эффективные источники антибактериальных компонентов для обеспечения безопасности пищевых продуктов. Традиционные синтетические антибиотики и консерванты имеют ряд недостатков: узкий спектр действия на микроорганизмы [7], угнетение симбиотической микрофлоры [8], быстрая адаптация патогенов к препарату [9] и негативное восприятие потребителями, предпочитающими натуральные продукты [10]. Синтетические пищевые добавки могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, органолептические свойства и питательную ценность продуктов, а также на окружающую среду [11, 12].

Растения являются естественным источником биологически активных соединений (органические кислоты, эфирные масла, фенольные соединения), обладающих антимикробной активностью. Эта активность обусловлена воздействием на ключевые структуры бактериальной клетки, включая экзополисахариды, мембранные белки и липидный слой клеточной стенки [7, 13–20]. Такие соединения, как правило, обладают низкой токсичностью [16–20] и способствуют оптимальному воздействию на организм [7]. Препараты на основе экстрактов растений представляют интерес в качестве перспективных средств борьбы с бактериальными биопленками [21, 22], так как они являются альтернативой традиционным консервантам для безалкогольных напитков, а также компонентом в «активной» упаковке продуктов.

Учитывая преимущества экстрактов высших растений, в качестве источника биологически активных соединений, обладающих антимикробными свойствами, рассматривали флору Кузбасса (Западная Сибирь, Россия). Территория региона отличается резко континентальным климатом, характеризующимся холодными длинными зимами, резкими суточными колебаниями температуры и высоким уровнем техногенного воздействия на природу со стороны горнодобывающих, металлургических и химических предприятий [23]. В результате у местных растений развивается устойчивость к неблагоприятным условиям среды, и они

накапливают вещества с выраженными антибактериальными и защитными свойствами, что делает их ценными объектами для научных исследований [24].

По данным ботанических исследований, в Кузбассе произрастает более 1600 видов высших растений [25], что, в контексте быстрого развития фитохимии, повышает научный интерес к исследованию свойств экстрактов местных растений. *Heracleum sibiricum* L. представляет собой вид, широко распространенный по всей средней полосе России, а также в Центральной Европе, Предкавказье, Западной Сибири, Казахстане и Монголии [16]. Следует подчеркнуть, что борщевик сибирский (*H. sibiricum*) принципиально отличается от инвазивного борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), который подлежит уничтожению в некоторых регионах РФ. *H. sibiricum* содержит значительно меньшее количество фотосенсибилизирующих фурукумаринов и используется в народной медицине как относительно безопасное средство – его традиционное применение подтверждено исследованиями на Балканах и в Восточной Европе [26]. Высокие адаптационные способности *H. sibiricum* к неблагоприятным условиям среды Сибири способствуют накоплению в нем веществ с выраженными антибактериальными и защитными свойствами, что делает его перспективным объектом для научных исследований как источника природных антимикробных соединений. В научной литературе рассмотрены химический состав масла, неполный химический состав после экстракции растения, а также обнаружены полифенолы, эфирные масла, флавоноиды, кумарины, ответственные за антимикробные свойства. Борщевик сибирский обладает высоким потенциалом для разных видов промышленности благодаря своей высокой скорости размножения, обильной биомассе и способности к адаптации. Несмотря на наличие предварительных данных о химическом составе этого растения его антимикробные свойства ранее не изучались. По данным фармакологических исследований *Pulmonaria officinalis* L. является источником полисахаридов и биологически активных веществ, обладающих противовоспалительным, геропротекторными, отхаркивающими и антибактериальными свойствами. Сирингин, выделенный из *Syringa vulgaris* L., применяется в медицине как аналог элеутерококка [27–30].

Целью настоящего исследования являлось изучение *in vitro* антимикробных свойств образцов экстрактов растений Кемеровской области – Кузбасса (Западная Сибирь, Россия), перспективных для использования в разработке новых природных антисептических и антимикробных препаратов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступили образцы экстрактов, приготовленных из листовой или цветковой части малоизученных растений, собранных в вегетационный период 2023 г. в д. Пугачи, д. Журавли, п. Металлплощадка (Кемеровская область – Кузбасс,

Россия): листья борщевика (*Pulmonaria officinalis* L.) и медуницы (*Heracleum sibiricum* L.), а также соцветия и листья сирени (*Syringa vulgaris* L.) (рис. 1). Эти растения, распространенные на территории Кузбасса, традиционно используются в медицине как антисептические, противовоспалительные, заживляющие и диуретические средства [27–29], что предполагает наличие в них биологически активных веществ с антимикробными свойствами.

Собранные растительные материалы промывали, измельчали и высушивали при комнатной температуре в хорошо проветриваемом помещении [31], а затем при 50 °С до достижения рекомендуемой влажности. Высушенное растительное сырье измельчали до размера частиц 1,2 мм, что обеспечивает максимальное увеличение поверхности соприкосновения с экстрагентом и предотвращает чрезмерное вымывание балластных веществ. Образцы хранились в пакетах в сухом, прохладном месте в Лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков Кемеровского государственного университета (КемГУ, г. Кемерово, Россия). Морфологическая идентификация растений проведена специалистами Центра сохранения биоразнообразия Института биологии, экологии и природных ресурсов КемГУ (протокол 8/23).

Для исследования в качестве тест-культур применялись штаммы тестовых патогенных и условно-патогенных микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Pseudomonas putida*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, предоставленные Центром коллективного пользования Института биотехнологии КемГУ.

Получение водно-спиртовых экстрактов. Экстракцию проводили методом настаивания измельченного растительного сырья в течение 72 ч при комнатной температуре с использованием водно-этанольного раствора в соотношении 1:50 (масса сырья:объем растворителя) [32]. Водно-спиртовую смесь готовили из этилового спирта (95 %), разводя его дистиллированной водой до требуемых концентраций для каждого растения (табл. 1).

Концентрации водно-этанольных растворов для экстракции исследуемого сырья подбирали на основе литературных данных, предварительных экспериментальных наблюдений с учетом показателей антиоксидантной активности экстрактов по методу с ABTS^{•+}. Основное внимание при подборе условий экстракции уделялось извлечению полифенольных соединений, обладающих выраженными антиоксидантными и антимикробными свойствами [33]. Отбор образцов с высокой антиоксидантной активностью для исследования их антимикробных свойств обоснован тем, что полифенольные соединения способны ингибировать рост микроорганизмов. Это происходит за счет нарушения целостности бактериальных мембран, подавления ферментативной активности и замедления метаболических процессов патогенов [34].

После экстрагирования образцы экстракта выдерживали при температуре 8–10 °С в течение 2 суток, затем фильтровали и хранили при температуре от 15 до 25 °С [35]. Выдержка при пониженной температуре способствует осаждению балластных веществ, что повышает чистоту полученного экстракта.

Анализ метаболомного состава экстрактов методом ВЭЖХ. Для изучения метаболомного состава образцов экстрактов растений применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектором (диодно-матричный детектор). Данный процесс проводили на хроматографе LC-20AB «Shimadzu»

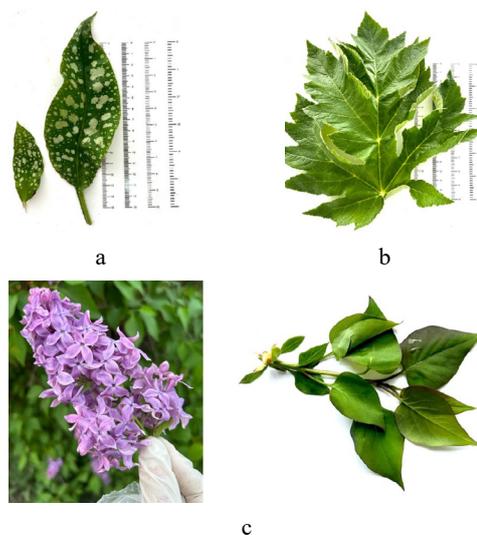


Рисунок 1. Изучаемые растения: а – *Pulmonaria officinalis* L., б – *Heracleum sibiricum* L., в – *Syringa vulgaris* L. (фото из коллекции КемГУ)

Figure 1. Appearance of Siberian plants under study: а – *Pulmonaria officinalis* L., б – *Heracleum sibiricum* L., в – *Syringa vulgaris* L. (Kemerovo State University collection)

Таблица 1. Концентрации, %, образцов спиртовых экстрактов исследуемых растений

Table 1. Concentrations of alcohol extracts, %

| Растение | Образец | | | | |
|----------------------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Pulmonaria officinalis</i> L. | 55 | 55×10^{-1} | 55×10^{-2} | 55×10^{-3} | 55 |
| <i>Syringa vulgaris</i> L. | 40 | 40×10^{-1} | 40×10^{-2} | 40×10^{-3} | 40 |
| | 70 | 70×10^{-1} | 70×10^{-2} | 70×10^{-3} | 70 |
| <i>Heracleum sibiricum</i> L. | 40 | 40×10^{-1} | 40×10^{-2} | 40×10^{-3} | 40 |
| | 60 | 60×10^{-1} | 60×10^{-2} | 60×10^{-3} | 60 |

Примечание: А – исходный экстракт; В – 10-кратное разведение исходного экстракта; С – 100-кратное разведение исходного экстракта; D – 1000-кратное разведение исходного экстракта; К – контроль (этиловый спирт).

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1,000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol).

Prominence (Япония) с бинарным насосом, диодно-матричным детекторе SPD-M20A, колонке Zorbax 300SB-C18 4.6*250mm 5µm (Agilent). Разделение осуществлялось при температуре 40 °С в режиме градиентного элюирования. Подвижная фаза: элюент А – 0,1 % трифторуксусной кислоты в бидистиллированной воде, В – ацетонитрил, скорость потока 1 мл/мин, аналитическая длина волны – 254, 280 и 325 нм [36, 37]. Идентификацию компонентов выполняли по времени удерживания и спектрам индивидуальных стандартов. Концентрацию соединений рассчитывали по калибровочным уравнениям. Погрешность определения концентрации в ходе эксперимента составляла 3–5 %.

Получение тест-культур. Активация культур микроорганизмов осуществлялась в соответствии с паспортом для каждого штамма микроорганизма. Суспензию исследуемых культур условно-патогенных и патогенных микроорганизмов готовили согласно ГОСТ Р ИСО 16256-2015 (стандарт мутности Мак-Фарланда 0,5, BBL, США). Затем 1 мл суспензии высевали на чашки Петри (Перинт, Россия) с застывшей средой МПА (агар бактериологический ГОСТ 17206–96; мясо-пептонный бульон ГОСТ 20730-75; пептон сухой ферментативный ГОСТ 13805-76*; натрий хлористый ГОСТ 4233-77 (Химлабприбор, Россия); дистиллированная вода ГОСТ Р 58144-2018), где ее равномерно распределяли по поверхности чашки шпателем Дригальского, оставляли на 15 мин, после чего использовали в исследованиях.

Изучение антимикробной активности образцов экстрактов растений. Исследование антимикробной активности проводили диско-диффузионным методом согласно МУК 4.2.1890-2004. В чашке Петри с тест-культурой на поверхность среды помещали бумажные диски, пропитанные исследуемыми образцами экстрактов, предварительно упаренными на кипящей водяной бане ЭКРОС ПЭ-4310 (Экросхим, Россия) в течение 15–20 мин, а также их 10-, 100- и 1000-кратными разведениями.

Для определения антимикробной активности изменяли данные разведения, поскольку они соответствуют стандартной методике скрининга антимикробной активности соединений. Этот диапазон разведений позволяет определить минимальные эффективные дозы экстрактов против тестируемых микроорганизмов. Контролем служил чистый растворитель – этанол различной концентрации.

После этого чашки помещали в термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80 СПУ (Смоленское СКТБ СПУ, Россия) и инкубировали при температуре, оптимальной для отдельного штамма в течение 18–24 ч. Учет результатов эксперимента проводили путем измерения зоны задержки роста культуры вокруг дисков. Измерение производили с точностью до 0,1 мм с помощью штангенциркуля.

Статистический анализ. Все эксперименты выполнялись в трех повторностях. Для анализа статистичес-

ких данных использовали программу Statistica (StatSoft, 10.0, USA). Однородность выборок, полученных данных проверяли с помощью одномоментного парного критерия Стьюдента. Значимость влияния изучаемых образцов экстрактов растений на активность микроорганизмов тест-культур оценивали проведением дисперсионного анализа (критерий Тьюки). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В образцах экстракта соцветий *Syringa vulgaris* L. (70 %) идентифицированы рутин, астрагалин, неохлорогеновая, а также 2,5-дигидроксibenзойная, кумаровая и феруловая кислоты (табл. 2, рис. 2).

В составе образцов экстракта листьев *S. vulgaris* (40 %) (табл. 2, рис. 3) выявлено высокое содержание рутина (6644,40 мкг/кг), неохлорогеновой кислоты (239,12 мкг/кг), изокверцетина (931,00 мкг/кг) и астрагалина (392,00 мкг/кг). Установлены существенные различия в количестве и концентрации химических соединений образцов экстрактов *S. vulgaris*, полученных из листьев и цветков.

Фитохимические исследования (табл. 2, рис. 4) образцов экстракта листьев *Heracleum sibiricum* L. (60 %) позволили обнаружить рутин, хлорогеновую кислоту, розмариновую кислоту и астрагалин. Отмечено, что фенольные соединения содержались в значительном количестве. Содержание рутина в образцах достигало 2479,40 мкг/кг, хлорогеновой кислоты – 1752,24 мкг/кг, розмариновой кислоты – 339,08 мкг/кг и астрагалина – 482,16 мкг/кг. Эмпирические данные свидетельствуют о незначительном содержании в экстракте изокверцетина, феруловой, кумаровой, протокатехиновой, неохлорогеновой и 2,5-дигидроксibenзойной кислот. По спектрам поглощения в экстракте также идентифицированы производные кверцетина (1228,53 мкг/кг) и производные кемпферола (435,12 мкг/кг).

Результаты фитохимического анализа (табл. 2, рис. 5) экстракта листьев *H. sibiricum* (40 %) позволили выявить, что в данных образцах содержание 2,5-дигидроксibenзойной кислоты в 12,4 раза превышало ее содержание в образцах экстракта *H. sibiricum* (60 %) и составляло 1038,80 мкг/кг. Также зафиксирована большая концентрация производных кверцетина (4587,58 мкг/кг), по сравнению с образцами экстракта *H. sibiricum* (60 %).

В образцах экстрактов листьев *H. sibiricum* (40 %) в небольших количествах идентифицированы морин, изокверцетин и астрагалин, а также розмариновая, неохлорогеновая, протокатехиновая, кофейная кислоты. Установлено, что в них присутствовали рутин (4076,80 мкг/кг) и хлорогеновая кислота (3077,20 мкг/кг).

Исследование образцов экстракта *Pulmonaria officinalis* L. (табл. 2, рис. 6) выявило, что он обогащен розмариновой, хлорогеновой и кофейной кислотами. Отмечено высокое содержание розмариновой кислоты (4255 мкг/кг), хлорогеновой – 448,50 мкг/кг,

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ, мкг/кг, в образцах экстрактов растений

Table 2. Biologically active substances in the extracts, µg/kg

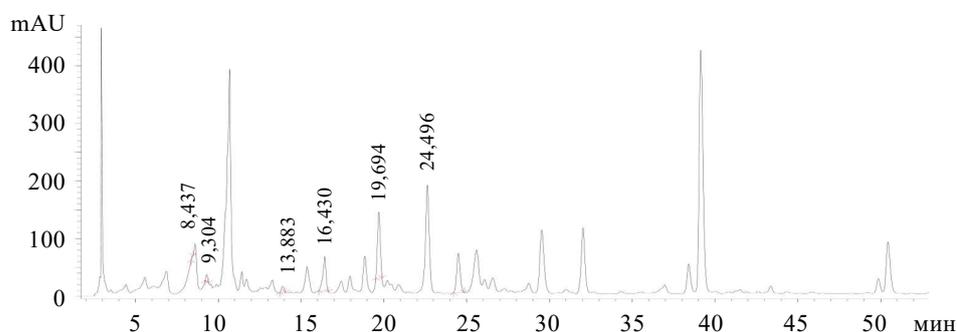
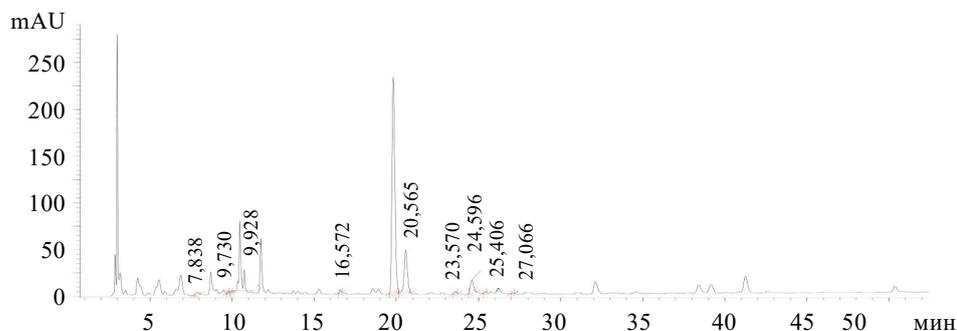
| Биологически активное вещество | Время удерж., мин | Образцы экстрактов* | | | | |
|---|-------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | I | II | III | IV | V |
| Протокатехиновая кислота | 5,87 | – | – | – | 56,84 | 78,40 |
| Неохлорогеновая кислота | 7,80 | 84,28 | 239,12 | – | 72,52 | 28,22 |
| 2,5-дигидроксибензойная кислота | 9,70 | 68,01 | 146,61 | 31,51 | 84,28 | 1038,80 |
| Катехин | 9,90 | – | 76,44 | – | – | – |
| Хлорогеновая кислота | 10,50 | – | – | 448,50 | 1752,24 | 3077,20 |
| Кофейная кислота | 10,80 | – | – | 292,10 | 127,40 | 129,36 |
| Кумаровая кислота | 13,90 | 129,36 | – | – | 90,16 | – |
| Феруловая кислота | 16,40 | 635,04 | 88,20 | – | 64,68 | 33,32 |
| Рутин | 19,70 | 1515,08 | 6644,40 | – | 2479,40 | 4076,80 |
| Гиперозид | 19,80 | – | – | 39,10 | – | – |
| Изокверцетин | 20,60 | – | 931,00 | 108,10 | 25,48 | 176,40 |
| Производные кверцетина ¹ , сумма | – | – | 55,47 | 230,00 | 1228,53 | 4587,58 |
| Астрагалин | 24,50 | 1230,88 | 392,00 | 57,50 | 482,16 | 450,80 |
| Производные кемпферола ² , сумма | – | – | – | – | 435,12 | – |
| Розмариновая кислота | 28,80 | – | – | 4255,00 | 339,08 | 94,08 |
| Морин | 32,20 | – | – | – | – | 29,40 |

Примечание: I – соцветия *Syringa vulgaris* L. (70 %); II – листья *S. vulgaris* (40 %); III – листья *Pulmonaria officinalis* L. (55 %); IV – листья *Heracleum sibiricum* L. (60 %); V – листья *H. sibiricum* (40 %).

¹посчитано на изокверцетин; ²посчитано на астрагалин; * приведены средние значения для образцов.

Note: I – *Syringa vulgaris* L., flowers (70%); II – *S. vulgaris*, leaves (40%); III – *Pulmonaria officinalis* L., leaves (55%); IV – *Heracleum sibiricum* L., leaves (60%); V – *H. sibiricum*, leaves (40%).

¹isoquercetin scale; ²astragaline scale; *mean values.

Рисунок 2. Хроматограмма образца водно-спиртового экстракта (70 %) соцветий *Syringa vulgaris* L.Figure 2. Aqueous-alcoholic extract (70%) of *Syringa vulgaris* L. flowers: chromatogramРисунок 3. Хроматограмма образца водно-спиртового экстракта (40 %) листьев *Syringa vulgaris* L.Figure 3. Aqueous-alcoholic extract (40%) of *Syringa vulgaris* L. leaves: chromatogram

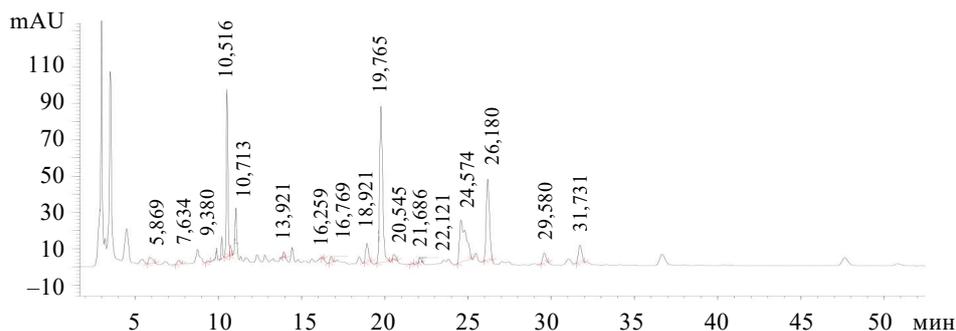


Рисунок 4. Хроматограмма образца водно-спиртового экстракта (60 %) листьев *Heracleum sibiricum* L.

Figure 4. Aqueous-alcoholic extract (60%) of *Heracleum sibiricum* L. leaves: chromatogram

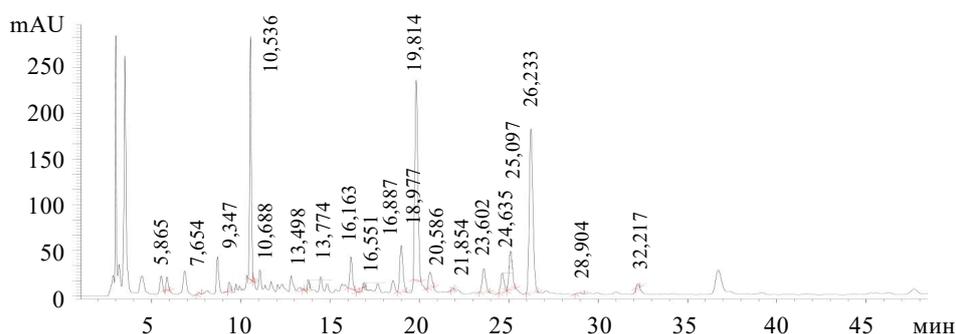


Рисунок 5. Хроматограмма образца водно-спиртового экстракта (40 %) листьев *Heracleum sibiricum* L.

Figure 5. Aqueous-alcoholic extract (40%) of *Heracleum sibiricum* L. leaves: chromatogram

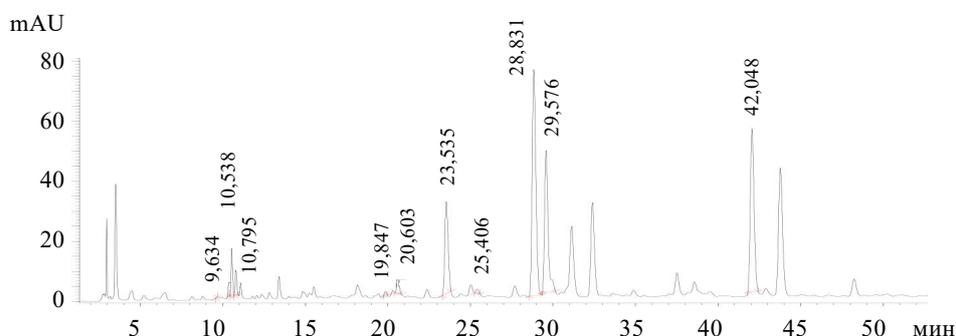


Рисунок 6. Хроматограмма образца водно-спиртовой экстракта (55 %) листьев *Pulmonaria officinalis* L.

Figure 6. Aqueous-alcoholic extract (55%) of *Pulmonaria officinalis* L. leaves: chromatogram

а кофейной – 292,10 мкг/кг. Кроме того, в экстракте *P. officinalis* обнаружено небольшое количество изо-кверцетина, астрагалина, 2,5-дигидроксibenзойной кислоты и производных кверцетина.

Далее рассматривали те же образцы на наличие антимикробных свойств. Полученные результаты приведены в таблицах 3–7. В качестве контроля использовались водно-спиртовые растворы с концентрациями, соответствующими для каждого экстракта (табл. 1).

Согласно результатам исследования (табл. 3), наиболее чувствительными штаммами к образцам 55 % экстракта медуницы лекарственной являлись куль-

туры *Bacillus cereus* (чистый экстракт) и *Pseudomonas aeruginosa* (чистый экстракт и 10-кратное разведение). При этом наиболее заметные антимикробные свойства в отношении культуры *B. cereus* проявляли образцы чистого экстракта (55 %).

В таблице 4 представлены результаты антимикробных свойств 40 % водно-спиртового экстракта листьев сирени обыкновенной. В отношении остальных культур антимикробная активность не наблюдалась. Максимальная зона ингибирования роста отмечена у образцов чистого экстракта (40 %) сирени в отношении *Candida albicans* (11,00 ± 0,60 мм).

Таблица 3. Антимикробные свойства (зоны ингибирования роста, мм) образцов экстракта листьев *Pulmonaria officinalis* L. (55 %)Table 3. Antimicrobial properties of *Pulmonaria officinalis* L. leaf extract (55%): growth inhibition zones, mm

| Тест-культуры | Образцы | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Escherichia coli</i> | 8,00 ± 0,30 ^b | 8,00 ± 0,20 ^b | 6,00 ± 0,10 ^c | 6,00 ± 0,30 ^c | 7,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Candida albicans</i> | 7,00 ± 0,90 ^b | 7,00 ± 0,40 ^b | 6,00 ± 0,60 ^c | 7,00 ± 0,10 ^b | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Bacillus cereus</i> | 10,00 ± 0,30 ^b | 8,00 ± 0,10 ^a | 7,00 ± 0,50 ^c | 6,00 ± 0,00 ^d | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 10,00 ± 0,10 ^b | 10,00 ± 0,70 ^b | 8,00 ± 0,10 ^c | 8,00 ± 0,10 ^c | 9,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | 9,00 ± 0,10 ^a | 7,00 ± 0,30 ^b | 8,00 ± 0,20 ^c | 8,00 ± 0,30 ^c | 9,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 8,00 ± 0,10 ^a | 8,00 ± 0,20 ^a | 7,00 ± 0,40 ^b | 6,00 ± 0,30 ^c | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 7,00 ± 0,90 ^b | 8,00 ± 0,30 ^a | 9,00 ± 0,60 ^c | 8,00 ± 0,70 ^a | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 6,00 ± 0,60 ^b | 8,00 ± 0,70 ^a | 7,00 ± 0,40 ^c | 6,00 ± 0,10 ^b | 8,00 ± 0,60 ^a |

Примечание: А – исходный экстракт, В – 10-кратное разведение исходного экстракта, С – 100-кратное разведение исходного экстракта, D – 1000-кратное разведение исходного экстракта, К – контроль (этиловый спирт). Значения в строках, выделенные одной буквой, не имеют значимого отличия ($p > 0,05$) по тесту Тьюки.

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol). Values in rows with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Таблица 4. Антимикробные свойства (зоны ингибирования роста, мм) образцов экстракта листьев *Syringa vulgaris* L. (40 %)Table 4. Antimicrobial properties of *Syringa vulgaris* L. leaf extract (40%): growth inhibition zones, mm

| Тест-культуры | Образцы | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Escherichia coli</i> | 6,00 ± 0,40 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a | 6,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Candida albicans</i> | 11,00 ± 0,60 ^b | 7,00 ± 0,80 ^c | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,60 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |
| <i>Bacillus cereus</i> | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,40 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | 8,00 ± 0,40 ^b | 7,00 ± 0,80 ^c | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,60 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 7,00 ± 0,30 ^b | 7,00 ± 0,60 ^b | 7,00 ± 0,10 ^b | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 7,00 ± 0,30 ^b | 6,00 ± 0,10 ^a | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,60 ^a | 6,00 ± 0,40 ^a |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,40 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |

Примечание: А – исходный экстракт, В – 10-кратное разведение исходного экстракта, С – 100-кратное разведение исходного экстракта, D – 1000-кратное разведение исходного экстракта, К – контроль (этиловый спирт). Значения в строках, выделенные одной буквой, не имеют значимого отличия ($p > 0,05$) по тесту Тьюки.

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol). Values in rows with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Таблица 5. Антимикробные свойства (зоны ингибирования роста, мм) образцов экстракта соцветий *Syringa vulgaris* L. (70 %)Table 5. Antimicrobial properties of *Syringa vulgaris* L. flower extract (70%): growth inhibition zones, mm

| Тест-культуры | Образцы | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Escherichia coli</i> | 10,00 ± 0,20 ^b | 9,00 ± 0,80 ^c | 9,00 ± 0,20 ^c | 8,00 ± 0,70 ^a | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Candida albicans</i> | 9,00 ± 0,30 ^a | 7,00 ± 0,70 ^b | 7,00 ± 0,50 ^b | 6,00 ± 0,30 ^c | 9,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Bacillus cereus</i> | 8,00 ± 0,30 ^a | 7,00 ± 0,80 ^b | 6,00 ± 0,40 ^c | 6,00 ± 0,20 ^c | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 7,00 ± 0,20 ^b | 6,00 ± 0,60 ^c | 6,00 ± 0,30 ^c | 6,00 ± 0,20 ^c | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | 8,00 ± 0,10 ^a | 7,00 ± 0,60 ^b | 7,00 ± 0,40 ^b | 7,00 ± 0,20 ^b | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 7,00 ± 0,30 ^a | 7,00 ± 0,60 ^a | 7,00 ± 0,10 ^a | 6,00 ± 0,50 ^b | 7,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 7,00 ± 0,50 ^b | 6,00 ± 0,40 ^c | 6,00 ± 0,30 ^c | 6,00 ± 0,30 ^c | 8,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 6,00 ± 0,50 ^b | 6,00 ± 0,70 ^b | 6,00 ± 0,20 ^b | 6,00 ± 0,80 ^b | 10,00 ± 0,60 ^a |

Примечание: А – исходный экстракт, В – 10-кратное разведение исходного экстракта, С – 100-кратное разведение исходного экстракта, D – 1000-кратное разведение исходного экстракта, К – контроль (этиловый спирт). Значения в строках, выделенные одной буквой, не имеют значимого отличия ($p > 0,05$) по тесту Тьюки.

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol). Values in rows with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Таблица 6. Антимикробные свойства (зоны ингибирования роста, мм) образцов экстракта листьев *Heracleum sibiricum* L. (40 %)

Table 6. Antimicrobial properties of *Heracleum sibiricum* L. leaf extract (40%): growth inhibition zones, mm

| Тест-культуры | Образцы | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Escherichia coli</i> | 10,00 ± 0,60 ^b | 9,00 ± 0,50 ^c | 8,00 ± 0,80 ^d | 8,00 ± 0,20 ^d | 6,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Candida albicans</i> | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,90 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |
| <i>Bacillus cereus</i> | 8,00 ± 0,40 ^b | 7,00 ± 0,80 ^c | 7,00 ± 0,60 ^c | 7,00 ± 0,10 ^c | 6,00 ± 0,60 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 7,00 ± 0,50 ^b | 7,00 ± 0,40 ^b | 6,00 ± 0,20 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | 8,00 ± 0,50 ^b | 6,00 ± 0,60 ^a | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 8,00 ± 0,40 ^b | 7,00 ± 0,20 ^c | 7,00 ± 0,70 ^c | 6,00 ± 0,70 ^a | 6,00 ± 0,20 ^a |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 8,00 ± 0,50 ^b | 7,00 ± 0,40 ^c | 6,00 ± 0,70 ^a | 6,00 ± 0,90 ^a | 6,00 ± 0,40 ^a |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 9,00 ± 0,50 ^b | 7,00 ± 0,70 ^c | 7,00 ± 0,90 ^c | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,70 ^a |

Примечание: А – исходный экстракт, В – 10-кратное разведение исходного экстракта, С – 100-кратное разведение исходного экстракта, D – 1000-кратное разведение исходного экстракта, К – контроль (этиловый спирт). Значения в строках, выделенные одной буквой, не имеют значимого отличия ($p > 0,05$) по тесту Тьюки.

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol). Values in rows with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Таблица 7. Антимикробные свойства (зоны ингибирования роста, мм) образцов экстракта листьев *Heracleum sibiricum* L. (60 %)

Table 7. Antimicrobial properties of *Heracleum sibiricum* L. leaf extract (60%): growth inhibition zones, mm

| Тест-культуры | Образцы | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | K |
| <i>Escherichia coli</i> | 10,00 ± 0,20 ^b | 8,00 ± 0,50 ^c | 7,00 ± 0,60 ^a | 7,00 ± 0,80 ^a | 7,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Candida albicans</i> | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,80 ^a | 6,00 ± 0,90 ^a | 6,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Bacillus cereus</i> | 7,00 ± 0,40 ^a | 7,00 ± 0,80 ^a | 7,00 ± 0,60 ^a | 7,00 ± 0,80 ^a | 7,00 ± 0,20 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 8,00 ± 0,50 ^b | 8,00 ± 0,80 ^b | 6,00 ± 0,30 ^a | 6,00 ± 0,50 ^a | 6,00 ± 0,10 ^a |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | 8,00 ± 0,30 ^a | 7,00 ± 0,70 ^b | 6,00 ± 0,50 ^c | 6,00 ± 0,90 ^c | 8,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 7,00 ± 0,10 ^b | 6,00 ± 0,20 ^c | 6,00 ± 0,40 ^c | 6,00 ± 0,50 ^c | 8,00 ± 0,90 ^a |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 7,00 ± 0,30 ^b | 7,00 ± 0,40 ^b | 6,00 ± 0,70 ^c | 6,00 ± 0,30 ^c | 8,00 ± 0,30 ^a |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 9,00 ± 0,30 ^b | 7,00 ± 0,50 ^c | 7,00 ± 0,30 ^c | 6,00 ± 0,30 ^d | 8,00 ± 0,20 ^a |

Примечание: А – исходный экстракт, В – 10-кратное разведение исходного экстракта, С – 100-кратное разведение исходного экстракта, D – 1000-кратное разведение исходного экстракта, К – контроль (этиловый спирт). Значения в строках, выделенные одной буквой, не имеют значимого отличия ($p > 0,05$) по тесту Тьюки.

Note: A – original extract; B – original extract, 10-fold dilution; C – original extract, 100-fold dilution; D – original extract, 1000-fold dilution; K – control (ethyl alcohol). Values in rows with the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Наилучшие антимикробные свойства проявляли образцы чистого экстракта (70 %) сирени и все его разведения в отношении культуры *Escherichia coli* (табл. 4). Зона ингибирования роста составляла от 10,00 ± 0,20 до 8,00 ± 0,70 мм. Отсутствие антимикробных свойств наблюдалось в отношении *Pseudomonas putida*.

Наиболее выраженные антимикробные свойства обнаруживались у образцов экстракта (40 %) *H. sibiricum* и его разведений в отношении *E. coli* (табл. 6). Зона ингибирования роста культуры варьировалась от 8,00 ± 0,20 до 10,00 ± 0,60 мм. Стоит отметить, что образцы чистого экстракта также проявляли выраженную антимикробную активность в отношении штаммов: *B. cereus*, *P. aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *P. putida*.

Наилучшей антимикробной активностью (табл. 7) обладали образцы чистого экстракта (60 %) борщевика

в отношении *E. coli*, *E. faecalis*, *P. putida* и *P. aeruginosa* (зона ингибирования роста составила 10,00 ± 0,20; 8,00 ± 0,30; 9,00 ± 0,30 и 8,00 ± 0,50 мм, соответственно). В отношении остальных штаммов как образцов экстракта, так и его разведений наблюдались либо средние, либо слабые антимикробные свойства.

Тестируемые образцы растительных экстрактов продемонстрировали различный спектр антибиотического воздействия на патогенные микроорганизмы. Чистые образцы экстрактов всех растений продемонстрировали высокую антибиотическую эффективность.

В данном исследовании образцы экстракта *P. officinalis* показали выраженные антимикробные свойства относительно штаммов *B. cereus* и *P. aeruginosa*. В работах [30, 38, 39] также подтвержден потенциал медуницы лекарственной, а именно против штамма *Staphylococcus aureus*, являющегося возбудителем респираторных,

дерматологических и пищевых токсикоинфекционных заболеваний. Экстракты медуницы лекарственной служат важным источником розмариновой кислоты и проантоцианидинов, а экстракты *P. officinalis* – полифенольных соединений, таких как 2,5-дигидроксибензойная кислота, хлорогеновая кислота, кофейная кислота, гиперозид, изокверцетин, производные кверцетина, астрагалин, розмариновой кислоты, которые определяют их выраженные антибактериальные свойства [40]. Полученные образцы экстрактов *P. officinalis* характеризовались наибольшим содержанием розмариновой кислоты (4255,00 мкг/кг), по сравнению с другими исследованными образцами. Розмариновая кислота обладает широким спектром биологической активности, включая выраженное антимикробное действие. В работах [41, 42] продемонстрирован ее ингибирующий эффект в отношении *S. aureus* и *E. coli*, что подтверждает как полученные результаты, так и перспективность возможного использования данного соединения в качестве природного антимикробного агента.

Образцы экстрактов сирени обыкновенной проявили высокие ингибирующие свойства относительно штаммов *C. albicans* и *E. coli*. Расширение спектра антимикробной активности, вероятно, связано с изменением концентрации активных веществ в экстрактах различной крепости. Данные, приведенные другими исследователями [29, 43–46], подтверждают, что экстракты *S. vulgaris*, в частности, полученные из цветков и листьев, являются ценными источниками антоцианов, обладающих значительными антиоксидантными и антибактериальными свойствами в отношении патогенных, плесневых и фитопатогенных микроорганизмов. Антоцианы могут проникать в клетки бактерий и снижать активность ферментов щелочной фосфатазы и аденозинтрифосфатазы, нарушая работу бактериальной клетки. Высокое содержание в *S. vulgaris* органических кислот, таких как лимонная, яблочная и щавелевая, указывающих на наличие антимикробных свойств этого растения, позволяют использовать экстракты в пищевой промышленности в качестве натуральных консервантов.

Более того, в исследуемых образцах *S. vulgaris* обнаружено высокое содержание феруловой кислоты, рутина, изокверцетина и астрагалина – соединений, известных своими антимикробными свойствами. Феруловая кислота демонстрирует выраженную активность против широкого спектра патогенов, включая *E. coli*, *P. aeruginosa* и *Listeria monocytogenes*, за счет нарушения структуры клеточной стенки и повышения проницаемости мембраны [47]. Астрагалин, флавоноидный гликозид, ингибирует рост бактерий и грибов, включая *C. albicans*, нарушая целостность мембран и воздействуя на синтез нуклеиновых кислот. Также установлено, что он ослабляет способность клеток *C. albicans* к переходу в гифальную форму [48]. Рутин проявляет антимикробную активность против *P. aeruginosa* и MRSA, разрушая биопленки, снижая жизнеспособ-

ность клеток и нарушая выработку экзополисахаридов [49–50]. Изокверцетин, гликозид кверцетина, обладает антибактериальными и антигрибковыми свойствами, влияя на жизнедеятельность патогенов [51]. Совокупность этих данных позволяет утверждать, что биологически активные вещества, обнаруженные в образцах экстракта *S. vulgaris*, вносят значительный вклад в их антимикробный потенциал и могут рассматриваться как перспективные компоненты для создания натуральных антисептических средств.

Образцы экстракта борщевика проявили достаточно широкий спектр ингибирования (штаммы *E. coli*, *E. faecalis*, *P. putida* и *P. aeruginosa*). Некоторые исследования [27, 52–54] также подтверждают наличие бактерицидных свойств *H. sibiricum*, однако, по сравнению с грамотрицательными бактериями, грамположительные более чувствительны к эфирному маслу растения. *H. sibiricum* содержит большое количество кумариновых соединений, которые нарушают целостность клеточной мембраны, приводят к снижению синтеза внеклеточного экзополисахарида и одновременно ингибируют образование биопленки. Полученные фитохимические данные демонстрируют присутствие в экстрактах борщевика широкого спектра полифенольных соединений (хлорогеновой и розмариновой кислот, производных кверцетина и кемпферола, а также рутина и астрагалина), обладающих выраженными антибактериальными свойствами. Отметим, что именно экстракты борщевика содержали наибольшее разнообразие и концентрации полифенольных соединений, по сравнению с другими исследованными образцами, что может объяснять их более широкий спектр ингибирования патогенных микроорганизмов. Вероятнее всего, эти соединения, обеспечивая синергетическое действие, повышают эффективность экстрактов в борьбе с патогенными микроорганизмами.

Выводы

Проведено исследование, в котором изучены *in vitro* антимикробные свойства образцов экстрактов растений Кузбасса (*Heracleum sibiricum* L., *Pulmonaria officinalis* L., *Syringa vulgaris* L.). Установлено, что образцы экстрактов исследуемых растений обладали различной антимикробной активностью против ряда условно-патогенных микроорганизмов и микроскопических грибов. Образцы экстракта медуницы лекарственной (55 %) эффективно подавляли рост *Bacillus cereus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Образцы экстракта сирени (40 %) проявили активность только против *Candida albicans*, а образцы экстракта сирени (70 %) – против *Escherichia coli*. Образцы экстрактов борщевика (40 %) и (60 %) продемонстрировали широкий спектр действия, ингибируя рост *E. coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas putida* и *P. aeruginosa*, причем наибольшая активность наблюдалась у образцов чистого экстракта.

Проведенный фитохимический анализ определил, что высокая антимикробная активность экстрактов

растений может быть связана с содержанием биологически активных полифенольных соединений, включая флавоноиды (рутин, астрагалин, изокверцетин), фенольные кислоты (розмариновая, хлорогеновая, неохлорогеновая, феруловая, кумаровая, 2,5-дигидроксибензойная) и производные кверцетина и кемпферола. Данные соединения известны своими выраженными антибактериальными, противогрибковыми и антиоксидантными свойствами. Механизмы их действия включают разрушение клеточной стенки бактерий, ингибирование ферментативной активности, предотвращение формирования биопленок, а также подавление окислительного стресса в клетках патогенов.

Полученные результаты подтверждают антимикробную активность образцов экстрактов исследованных растений, а также определяют направления необходимых дальнейших исследований возможности их применения в качестве средств борьбы с бактериальными биопленками, натуральных консервантов или компонентов в «активной» упаковки продуктов в зависимости от специфических патогенов, представляющих опасность. Данное исследование играет важную роль

в разработке новых природных антисептических и антимикробных препаратов, а также приносит вклад для дальнейшего использования природных ресурсов Кузбасса.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени несут ответственность за полученные результаты исследований и рукопись.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for the information published in this article.

Conflict of interest

The authors declared no potential conflict of interest regarding the research, authorship, and / or publication of this article.

Список литературы / References

1. Shah RM, Jadhav SR. Plant-based antimicrobials and their role in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023;7:1173052. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1173052>
2. Ермоленко З. М., Фурсова Н. К. Микробиологическая порча пищевых продуктов и перспективные направления борьбы с этим явлением. *Бактериология*. 2018. Т. 3. № 3. С. 46–57. [Ermolenko ZM, Fursova NK. Microbiological spoilage of food products and promising ways to combat this phenomenon. *Bacteriology*. 2018;3(3):46–57. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/YXAFAL>
3. Quintieri L, Koo OK, Caleb OJ. Fight against food waste: Combating contamination and spoilage. *Frontiers in Microbiology*. 2023;14:1265477. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1265477>
4. Ivanova S, Sukhikh S, Popov A, Shishko O, Nikonov I, *et al.* Medicinal plants: A source of phytobiotics for the feed additives. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024;16:101172. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101172>
5. Winkelströter LK, Bezirtzoglou E, Tulini FL. Natural compounds and novel sources of antimicrobial agents for food preservation and biofilm control, volume II. *Frontiers in Microbiology*. 2024;15:1412881. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1412881>
6. Galić S, García-Gutiérrez C, Miguélez EM, Villar CJ, Lombó F. Biofilms in the food industry: Health aspects and control methods. *Frontiers in Microbiology*. 2018;9:898. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00898>
7. Андреева И. С., Лобанова И. Е., Высочина Г. И., Соловьянова Н. А. Сравнительная оценка антимикробной активности некоторых перспективных лекарственных растений. *Растительный мир азиатской России: Вестник центрального сибирского ботанического сада СО РАН*. 2018. № 3. С. 91–99. [Andreeva IS, Lobanova IE, Vysochina GI, Solovyanova NA. Comparative assessment of antimicrobial activity of some promising medicinal plants. *The flora of Asian Russia: Bulletin of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS*. 2018;(1):91–99. (In Russ.)]
8. Захаренко С. М. Современные подходы к профилактике антибиотик-ассоциированной супрессии микрофлоры желудочно-кишечного тракта. *Лечащий врач*. 2010. № 11. С. 68. [Zakharenko SM. Modern approaches to the prevention of antibiotic-associated suppression of the microflora of the gastrointestinal tract. *Lechaschi Vrach*. 2010;(11):68. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/SGGHCZ>
9. Avershina E, Shapovalova V, Shipulin G. Fighting antibiotic resistance in hospital-acquired infections: Current state and emerging technologies in disease prevention, diagnostics and therapy. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:707330. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.707330>
10. Федоренко Е. В., Коломиец Н. Д., Сычик С. И. Актуальные проблемы микробиологической безопасности пищевой продукции. *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95. № 9. С. 873–878. [Fedorenko EV, Kolomiets ND, Sychik SI. Actual problems of the microbiological safety of food products. *Hygiene and Sanitation*. 2016;95(9):873–878. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/WWULLX>

11. Nieto G, Martínez-Zamora L, Peñalver R, Marín-Iniesta F, Taboada-Rodríguez A, et al. Applications of plant bioactive compounds as replacers of synthetic additives in the food industry. *Foods*. 2024;13(1):47. <https://doi.org/10.3390/foods13010047>
12. Bangar SP, Chaudhary V, Thakur N, Kajla P, Kumar M, et al. Natural antimicrobials as additives for edible food packaging applications: A review. *Foods*. 2021;10(10):2282. <https://doi.org/10.3390/foods10102282>
13. Pinto L, Tapia-Rodríguez MR, Baruzzi F, Ayala-Zavala JF. Plant Antimicrobials for food quality and safety: Recent views and future challenges. *Foods*. 2023;12(12):2315. <https://doi.org/10.3390/foods12122315>
14. Babich O, Larina V, Krol O, Ulrikh E, Sukhikh S, et al. In vitro study of biological activity of *Tanacetum vulgare* extracts. *Pharmaceutics*. 2023;15(2):616. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020616>
15. Sukhikh S, Babich O, Prosekov A, Patyukov N, Ivanova S. Future of chondroprotectors in the treatment of degenerative processes of connective tissue. *Pharmaceutics*. 2020;13(9):220. <https://doi.org/10.3390/ph13090220>
16. Redondo-Blanco S, Fernández J, López-Ibáñez S, Miguélez EM, Villar CJ, et al. Plant phytochemicals in food preservation: Antifungal bioactivity: A review. *Journal of Food Protection*. 2020;83(1):163–171. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-163>
17. Ušjak L, Petrović S, Drobac M, Soković M, Stanojković T, et al. Essential oils of three cow parsnips – composition and activity against nosocomial and foodborne pathogens and food contaminants. *Food & Function*. 2017;8(1):278–290. <https://doi.org/10.1039/C6FO01698G>
18. Velichkovich NS, Dunchenko NI, Stepanova AA, Kozlova OV, Faskhutdinova ER, et al. The phytochemical composition of Kuzbass medicinal plants. *Foods and Raw Materials*. 2025;13(2):219–232. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2025-2-649>
19. Mishra R, Panda AK, De Mandal S, Shakeel M, Bisht SS, et al. Natural anti-biofilm agents: Strategies to control biofilm-forming pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 2020;11(JAN):566325. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.566325>
20. Culqui-Arce C, Mori-Mestanza D, Fernández-Jeri AB, Cruzalegui RJ, Zabarburú RCM, et al. Polymers derived from agro-industrial waste in the development of bioactive films in food. *Polymers*. 2025;17(3):408. <https://doi.org/10.3390/polym17030408>
21. Гаделева Х. К., Никитина А. А., Данилова О. А., Зайнуллин Р. А., Кунакова Р. В. и др. Исследование влияния растительных экстрактов на микробиологическую стойкость безалкогольных напитков. Пиво и напитки. 2011. № 1. С. 28–30. [Gadeleva HK, Nikitina AA, Danilova OA, Zainullin RA, Kunakova RV, et al. Influence of extracts of plants on microbiological firmness of soft drinks. *Beer and Drinks*. 2011;(1):28–30. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/NDZJWR>
22. Бурак Л. Ч., Сапач А. Н. Инновационная упаковка для пищевых продуктов. Научное обозрение. Технические науки. 2023. № 2. С. 50–57. [Burak LC, Sapach AN. Innovative food packaging. *Scientific review. Technical sciences*. 2023;2:50–57. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17513/srts.1434>
23. Железнов Я. А. Зонирование территории кемеровской области по уровню техногенной нагрузки с учетом экологического фактора. Известия иркутского государственного университета. Серия: науки о земле. 2021. Т. 35. С. 19–32. [Zheleznov YA. Zoning of the Kemerovo oblast based on the level of technogenic load and environmental factor. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. 2021;35:19–32. (In Russ.)] <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.19>
24. Belashova OV, Kozlova OV, Velichkovich NS, Fokina AD, Yustratov VP, et al. A phytochemical study of the clover growing in Kuzbass. *Foods and Raw Materials*. 2024;12(1):194–206. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-599>
25. Роткина Е. Б., Шереметова С. А. Степная флора Кузбасса - систематическая структура. Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 73–78. [Rodkina EB, Sheremetova SA. Steppe flora in the Kuznetsk basin: Systematic structure. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2020;34(11):73–78.] <https://elibrary.ru/IMPDPS>
26. Ušjak L, Petrović S, Drobac M, Soković M, Stanojković T, et al. Essential oils of three cow parsnips – composition and activity against nosocomial and foodborne pathogens and food contaminants. *Food & Function*. 2017;8(1):278–290. <https://doi.org/10.1039/C6FO01698G>
27. Miladinović DL, Ilić BS, Mihajilov-Krstev TM, Nikolić DM, Cvetković OG, et al. Antibacterial activity of the essential oil of *Heracleum sibiricum*. *Natural Product Communications*. 2013;8(9):1309–1311. <https://doi.org/10.1177/1934578X1300800931>
28. Neagu E, Radu GL, Albu C, Paun G. Antioxidant activity, acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of *Pulmonaria officinalis* and *Centarium bellatum* extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2018;25(3):578–585. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.016>
29. Hanganu D, Niculae M, Ielciu I, Olah NK, Munteanu M, et al. Chemical profile, cytotoxic activity and oxidative stress reduction of different *Syringa vulgaris* L. extracts. *Molecules*. 2021;26(11):3104. <https://doi.org/10.3390/molecules26113104>
30. Chauhan S, Jaiswal V, Cho YI, Lee HJ. Biological activities and phytochemicals of Lungworts (genus *Pulmonaria*) focusing on *Pulmonaria officinalis*. *Applied Sciences*. 2022;12(13):6678. <https://doi.org/10.3390/app12136678>

31. Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов. Институт фармакопеи и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств. [Determining humidity of medicinal plant raw materials and medicinal plant preparations. Institute of Pharmacopoeia and Pharmacy Standardization. [cited 2025 Feb 25]. (In Russ.)] Available from: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/1/1-5/1-5-3/opredelenie-vlazhnosti-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya-i-lekarstvennykh-rastitelnykh-preparatov>
32. Frolova AS, Fokina AD, Milentyeva IS, Asyakina LK, Proskuryakova LA, *et al.* The biological active substances of *Taraxacum officinale* and *Arctium lappa* from the Siberian federal district. International Journal of Molecular Sciences. 2024;25(6):3263. <https://doi.org/10.3390/ijms25063263>
33. Бородина Е. Е., Козлова О. В., Богер В. Ю., Проскурякова Л. А., Юстратов В. П. Листья пасленовых – источники антиоксидантов и витамина D. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 1. С. 197–213. [Borodina EE, Kozlova OV, Boger VYu, Proskuryakova LA, Yustratov VP. *Solanaceae* leaves as are sources of antioxidants and vitamin D. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(1):197–213. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-1-2565>
34. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology. 2012;23(2):174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
35. Экстракты. Институт фармакопеи и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств. [Extracts. Institute of Pharmacopoeia and Pharmacy Standardization. [cited 2025 Feb 25]. (In Russ.)] Available from: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/1/1-4/1-4-1/ekstrakty/>
36. Zhu FD, Fu X, Ye HC, Ding HX, Gu LS, *et al.* Antibacterial activities of coumarin-3-carboxylic acid against *Acidovorax citrulli*. Frontiers in Microbiology. 2023;14:1207125. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1207125>
37. Бабич О. О., Бахтиярова А. Х., Кроль О. В., Самусев И. Г., Цибульникова А. В. и др. Изучение антиоксидантных свойств экстрактов и биологически активных веществ, полученных из *Calluna vulgaris*. 2023. Т. 39. № 5. С. 70–81. [Babich O, Bakhtiyarova A, Krol O, Samusev I, Tsybulnikova AB, *et al.* Study of antioxidant properties of extracts and biologically active substances from *Calluna vulgaris*. Biotechnology. 2023;39(5):70–81. (In Russ.)] <https://doi.org/10.56304/S0234275823050022>
38. Krzyżanowska-Kowalczyk J, Pecio Ł, Mołdoch J, Ludwiczuk A, Kowalczyk M. Novel phenolic constituents of *Pulmonaria officinalis* L. LC-MS/MS comparison of spring and autumn metabolite profiles. Molecules. 2018;23(9):2277. <https://doi.org/10.3390/molecules23092277>
39. Sadowska B, Wójcik-Bojek U, Krzyżanowska-Kowalczyk J, Kowalczyk M, Stochmal A, *et al.* The Pros and Cons of Cystic Fibrosis (CF) patient use of herbal supplements containing *Pulmonaria officinalis* L. extract: The evidence from an in vitro study on *Staphylococcus aureus* CF clinical isolates. Molecules. 2019;24(6):1151. <https://doi.org/10.3390/molecules24061151>
40. Krzyżanowska-Kowalczyk J, Kowalczyk M, Ponczek MB, Pecio Ł, Nowak P, *et al.* *Pulmonaria obscura* and *Pulmonaria officinalis* extracts as mitigators of peroxynitrite-induced oxidative stress and cyclooxygenase-2 inhibitors–in vitro and in silico studies. Molecules. 2021;26(3):631. <https://doi.org/10.3390/molecules26030631>
41. Шевчук О. М., Веляев Ю. О., Палий И. Н., Паштетская А. В., Солдатов Д. К. и др. Поиск новых растительных источников розмариновой кислоты. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2024. № 150. С. 136–145. [Shevchuk OM, Velyaev YO, Paliy IN, Pashetskaya AV, Soldatov DK, *et al.* Searching for new plant sources rosemary acid. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2024;(150):136–145. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/JGLTPC>
42. Iqbal H, Wright CL, Jones S, da Silva GR, McKillen J, *et al.* Extracts of *Sida cordifolia* contain polysaccharides possessing immunomodulatory activity and rosmarinic acid compounds with antibacterial activity. BMC Complementary Medicine and Therapies. 2022;22(1):1–17. <https://doi.org/10.1186/s12906-022-03502-7>
43. Gąsecka M, Krzysińska-Bródka A, Magdziak Z, Czuchaj P, Bykowska J. Phenolic compounds and organic acid composition of *Syringa vulgaris* L. Flowers and infusions. Molecules. 2023;28(13):5159. <https://doi.org/10.3390/molecules28135159>
44. Юдина Р. С., Гордеева Е. И., Шоева О. Ю., Тихонова М. А., Хлесткина Е. К. Антоцианы как компоненты функционального питания. Вавиловский журнал генетики и селекции. [Yudina RS, Gordeeva EI, Shoeva OYu, Tikhonova MA, Khlestkina EK. Anthocyanins as functional food components. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021;25(2):178–189. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18699/VJ21.022>
45. Dudek MK, Michalak B, Woźniak M, Czerwińska ME, Filipek A, *et al.* Hydroxycinnamoyl derivatives and secoiridoid glycoside derivatives from *Syringa vulgaris* flowers and their effects on the pro-inflammatory responses of human neutrophils. Fitoterapia. 2017;121:194–205. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2017.07.008>
46. Блинова И. П., Дейнека В. И., Саласина Я. Ю., Олейниц Е. Ю., Дейнека Л. А. Антоцианы цветков сирени *Syringa vulgaris*. Химия растительного сырья. 2023. № 3. С. 127–132. [Blinova IP, Deyneka VI, Salasina YU, Oleinits EY, Deyneka LA. Anthocyanins of lilac flowers *Syringa vulgaris*. Chemistry of plant raw materials. 2023;3:127–132. (In Russ.)] <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230311638>
47. Borges A, Ferreira C, Saavedra MJ, Simões M. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. Microbial Drug Resistance. 2013;19(4):256–265. <https://doi.org/10.1089/mdr.2012.0244>

48. Chen J, Zhong K, Qin S, Jing Y, Liu S, et al. Astragalins: A food-origin flavonoid with therapeutic effect for multiple diseases. *Frontiers in Pharmacology*. 2023;14:1265960. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1265960>
49. Stojković D, Petrović J, Soković M, Glamočlija J, Kukić-Marković J, et al. *In situ* antioxidant and antimicrobial activities of naturally occurring caffeic acid, *p*-coumaric acid and rutin, using food systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93(13):3205–3208. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6156>
50. Arima H, Ashida H, Danno G. Rutin-enhanced antibacterial activities of flavonoids against *Bacillus cereus* and *Salmonella enteritidis*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2002;66(5):1009–1014. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.1009>
51. Ivanov M, Novović K, Malešević M, Dinić M, Stojković D, et al. Polyphenols as inhibitors of antibiotic resistant bacteria—mechanisms underlying rutin interference with bacterial virulence. *Pharmaceuticals*. 2022;15(3):385. <https://doi.org/10.3390/ph15030385>
52. Hosseinzadeh Z, Ramazani A, Razzaghi-Asl N. Plants of the genus *Heracleum* as a source of coumarin and furanocoumarin. *Journal of Chemical Reviews*. 2019;1(2):78–98. <https://doi.org/10.33945/SAMI/JCR.2019.1.7898>
53. Evstropov AN, Burova LG, Shirokikh IV, Lipeeva AV, Schultz EE. Investigation of the antimicrobial activity of coumarin substances against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Bacteriology*. 2018;3(2):16–19.
54. Sumner LW, Amberg A, Barrett D, Beale MH, Beger R, et al. Proposed minimum reporting standards for chemical analysis. *Metabolomics*. 2007;3:211–221. <https://doi.org/10.1007/s11306-007-0082-2>