

Антимикробная активность водно-спиртовых экстрактов представителей рода *Potentilla* L.

Е. Е. Савельева¹, Н. А. Булгакова¹✉, Е. З. Лапкина¹, В. В. Черная², В. И. Курбатский³

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» (КрасГМУ имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого), 660022, Россия, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1

² ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», 660037, Россия, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Коломенская, д. 26

³ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (ТГУ), 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д. 36

✉ Контактное лицо: Булгакова Надежда Анатольевна. E-mail: bulgakovana@bk.ru

ORCID: Е. Е. Савельева – <https://orcid.org/0000-0002-6963-5851>; Н. А. Булгакова – <https://orcid.org/0000-0002-3512-6573>; Е. З. Лапкина – <https://orcid.org/0000-0002-7226-9565>; В. В. Черная – <https://orcid.org/0000-0002-1809-3773>; В. И. Курбатский – <https://orcid.org/0000-0002-8303-2045>.

Статья поступила: 30.11.2021

Статья принята в печать: 01.09.2022

Статья опубликована: 25.11.2022

Резюме

Введение. Формирующаяся резистентность бактерий к лекарственным препаратам является одной из серьезных проблем медицины, которая стимулирует постоянный поиск новых антимикробных препаратов, также и природного происхождения. Исследователи широко обращаются к представителям различных семейств и родов растительного мира, используя различные морфологические группы растительного сырья, изучая действие как суммы извлекаемых веществ, так и индивидуальных соединений.

Цель. Исследование антимикробной активности водно-спиртовых экстрактов некоторых представителей рода *Potentilla* в рамках поиска новых антимикробных лекарственных средств растительного происхождения.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись экстракты на 40%-м и 70%-м этиловом спирте из надземной части лапчатки гусиной *Potentilla anserina* L., лапчатки прямостоячей *P. erecta* (L.) Raeusch, лапчатки серебристой *P. argentea* L., лапчатки странной *P. paradoxa* Nutt. ex Torr. et Gray, лапчатки Гольдбаха *P. goldbachii* Rupr., лапчатки сближенной *P. approximate* Bunge, лапчатки золотистоцветковой *P. chrysantha* Trevir. Антимикробную активность определяли методом диффузии в агар с использованием бумажных дисков. В качестве тест-культур применяли коллекционные штаммы бактерий *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, метициллинчувствительного *Staphylococcus aureus* (MSSA) и 29 штаммов MSSA, выделенных из биоматериала от пациентов. Чувствительность штаммов MSSA к антибиотикам характеризовали антибиотикограммой.

Результаты и обсуждение. Штамм *Escherichia coli* оказался нечувствителен ко всем экстрактам лапчаток. Штамм *Pseudomonas aeruginosa* минимально чувствителен к экстрактам на 40%-м этиловом спирте *P. anserina* и *P. argentea*, к 40%-м и 70%-м экстрактам *P. approximata*. Все штаммы *Staphylococcus aureus* (MSSA) чувствительны ко всем экстрактам лапчаток в разной степени. Среди 40%-х экстрактов наиболее активны экстракты *P. anserina*, *P. paradoxa* и *P. erecta*, среди 70%-х экстрактов – экстракты *P. paradoxa* и *P. argentea*.

Заключение. Исследуемые экстракты лапчаток проявили антимикробную активность в отношении как чувствительных, так и нечувствительных к антибиоткам штаммов *Staphylococcus aureus* (MSSA) в близкой или сравнимой степени, при этом экстракты на 40%-м этиловом спирте несколько более активны по сравнению с экстрактами на 70%-м этиловом спирте. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности изучаемых видов лапчаток для дальнейших исследований.

Ключевые слова: *Potentilla*, фенольные соединения, антимикробная активность, *Staphylococcus aureus*

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

Вклад авторов. Е. Е. Савельева разработала концепцию и дизайн исследования, написала текста. Н. А. Булгакова выполнила получение экстрактов, редактирование. Е. З. Лапкина осуществила статистическую обработку данных. В. В. Черная выполнила планирование и проведение эксперимента, интерпретация результатов. В. И. Курбатский осуществил сбор, определение и обработка растительного сырья.

Для цитирования: Савельева Е. Е., Булгакова Н. А., Лапкина Е. З., Черная В. В., Курбатский В. И. Антимикробная активность водно-спиртовых экстрактов представителей рода *Potentilla* L. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(4):20–27. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-20-27>

Antimicrobial Activity of Water-alcoholic Extracts of Representatives of the Genus *Potentilla* L.

Elena E. Savelyeva¹, Nadezhda A. Bulgakova¹✉, Ekaterina Z. Lapkina¹, Vita V. Chernaya², Vladimir I. Kurbatsky³

¹ Prof. V. F. Voino-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia

² Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia

³ The National Research Tomsk State University, TSU, 36 Lenin av., Tomsk, 634050, Russia

✉ Corresponding author: Nadezhda A. Bulgakova. E-mail: bulgakovana@bk.ru

ORCID: Elena E. Savelyeva – <https://orcid.org/0000-0002-6963-5851>; Nadezhda A. Bulgakova – <https://orcid.org/0000-0002-3512-6573>; Ekaterina Z. Lapkina – <https://orcid.org/0000-0002-7226-9565>; Vita V. Chernaya – <https://orcid.org/0000-0002-1809-3773>; Vladimir I. Kurbatsky – <https://orcid.org/0000-0002-8303-2045>.

Received: 30.11.2021

Revised: 01.09.2022

Published: 25.11.2022

© Савельева Е. Е., Булгакова Н. А., Лапкина Е. З., Черная В. В., Курбатский В. И., 2022

© Savelyeva E. E., Bulgakova N. A., Lapkina E. Z., Chernaya V. V., Kurbatsky V. I., 2022

Abstract

Introduction. The emerging resistance of bacteria to drugs is one of the serious problems of medicine, which stimulates the constant search for new antimicrobial drugs, also of natural origin. Researchers widely address representatives of various families and genus of the plant world, using various morphological groups of plant raw materials, studying the effect of both the sum of extracted substances and individual compounds.

Aim. Investigation of antimicrobial activity of water-alcohol extracts of some representatives of the genus *Potentilla* in the search for new antimicrobial medicines of plant origin.

Materials and methods. The objects of the study were extracts on 40 and 70 % ethyl alcohol from the aboveground part of *Potentilla anserina* L., *P. erecta* (L.) Raeusch, *P. argentea* L., *P. paradoxa* Nutt. ex Torr. et Gray, *P. goldbachii* Rupr., *P. approximate* Bunge, *P. chrysantha* Trevir. Antimicrobial activity was determined by diffusion into agar using paper disks. Collection strains of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* (MSSA) and 29 strains of MSSA isolated from biomaterial from patients were used as test cultures. The sensitivity of MSSA strains to antibiotics was characterized by an antibioticogram.

Results and discussion. The strain of *Escherichia coli* turned out to be insensitive to all extracts of the paws. The strain of *Pseudomonas aeruginosa* is minimally sensitive to extracts of 40 % ethyl alcohol of *P. anserina* and *P. argentea*, to 40 and 70 % extracts of *P. approximata*. All strains of *Staphylococcus aureus* (MSSA) are sensitive to all extracts of the paws to varying degrees. Among 40 % of the extracts, the most active are *P. anserina*, *P. paradoxa* and *P. erecta* extracts, among 70 % of the extracts are *P. paradoxa* and *P. argentea* extracts.

Conclusion. The studied extracts of seven *Potentilla* species showed antimicrobial activity against both sensitive and insensitive to antibiotic strains of *Staphylococcus aureus* (MSSA) to a close or comparable degree, while extracts on 40 % ethyl alcohol are slightly more active compared to extracts on 70 % ethyl alcohol. The results indicate that the studied *Potentilla* species are promising for further research.

Keywords: *Potentilla*, phenolic compounds, antimicrobial activity, *Staphylococcus aureus*

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. Elena E. Savelyeva developed the concept and design of the study, writing the text. Nadezhda A. Bulgakova performed the obtaining extracts, editing. Ekaterina Z. Lapkina carried out statistical data processing. Vita V. Chernaya carried out the planning and conducting the experiment, interpretation of the results. Vladimir I. Kurbatsky carried out the collection, identification and processing of plant raw materials.

For citation: Savelyeva E. E., Bulgakova N. A., Lapkina E. Z., Chernaya V. V., Kurbatsky V. I. Antimicrobial activity of water-alcoholic extracts of representatives of the genus *Potentilla* L. *Drug development & registration*. 2022;11(4):20–27. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-20-27>

ВВЕДЕНИЕ

В медицинской практике для лечения инфекционных заболеваний, вызванных патогенными видами микроорганизмов, во многих случаях используют антибиотики и антибактериальные химиопрепараты. Но бактерии, вызывающие заболевания, со временем вырабатывают резистентность к применяемым препаратам [1]. Из этой проблемы вытекает существующий интерес к разработке новых антимикробных препаратов, в том числе природного происхождения. Антимикробная активность растительных экстрактов во многом связывается с содержанием в них различных групп полифенольных соединений [2–4], влияющих на проницаемость клеточных мембран и их целостность, а также ингибирующих синтез различных метаболитов и ДНК, образуя водородные связи с клеточными ферментами через ОН-группы [5–7]. Актуальными являются исследования антимикробной активности индивидуальных соединений, выделенных из растений, что дает нам представление о взаимосвязи структуры с действием фенольных соединений [8, 9].

Литературные источники свидетельствуют, что дубильные вещества, флавоноиды и другие фенольные соединения являются одними из основных групп

соединений, присутствующих в растениях различных видов рода *Potentilla* [10–12]. Растения этого рода издавна известны в народной медицине разных стран своими целебными свойствами и применяются для лечения различных заболеваний инфекционного и воспалительного характера. Отдельные виды рода *Potentilla* уже были рассмотрены на предмет выявления антимикробной активности [13–16].

Цель данной работы – исследование антимикробной активности водно-спиртовых экстрактов некоторых представителей рода *Potentilla* в рамках поиска новых антимикробных лекарственных средств растительного происхождения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали экстракты на 40%-м и 70%-м этиловом спирте (ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика», г. Кемерово, Россия), полученные из надземной части *P. anserina*, *P. erecta*, *P. argentea*, *P. paradoxa*, *P. goldbachii*, *P. approximata*, *P. chrysantha*. Надземную часть растений собирали в Томской области в окрестностях г. Томска летом 2020 года в период массового цветения, высушивали воздушно-теньевым способом, измельчали до размера частиц, проходящих сквозь си-

то с диаметром отверстий 3 мм. Из измельченного сырья получали экстракты методом перколяции в соотношении сырье – экстрагент 1:1. Жидкий экстракт получали двумя порциями, первая порция составляла 85 % от массы сырья, после чего получали разбавленную вытяжку, которую концентрировали на роторном испарителе RE-52AA (Китай) при температуре 50 °С до 15 %, затем порции объединяли.

Антимикробную активность определяли методом диффузии в агар с использованием бумажных дисков [17, 18]. Исследования проводились на базе бактериологической лаборатории ФСНКЦ ФМБА (г. Красноярск). Бумажные диски (картон технический фильтровальный ГОСТ 6722-75, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург) диаметром 6 мм замачивали в экстракте на 24 часа, затем высушивали на воздухе для удаления экстрагента. В качестве тест-культур использовали коллекционные штаммы грамотрицательных факультативно-анаэробных бактерий *Escherichia coli* и аэробных бактерий *Pseudomonas aeruginosa*, грамположительного метициллинчувствительного *Staphylococcus aureus* (MSSA) и 29 штаммов MSSA, выделенных из биоматериала пациентов ФСНКЦ ФМБА (г. Красноярск). Приготовление питательных сред, инокулюма из суточных агаровых культур, выполнение посевов и их инкубация проводились так же как при определении чувствительности к антибактериальным препаратам – в соответствии с методическими указаниями МУК 4.2.1890-04. Концентрация бактериальной взвеси составляла $1.5 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Инокулюм тест-штаммов микроорганизмов равномерно распределяли стерильным тампоном по поверхности питательной среды (агар Мюллера-Хинтона) в чашках Петри. В каждую чашку на засеянный слой агара помещали диски с экстрактами. Далее посевы инкубировали в термо-

стате суховоздушном ТВ-80-1 (Россия) в течение 24 часов при температуре 35 °С.

Для оценки антимикробной активности исследуемых объектов проводили измерения видимой зоны задержки роста культуры бактерий с помощью линейки-лекала для измерения зоны антибиотикочувствительности (Индия). Отсутствие зоны задержки роста указывало на то, что культура бактерий нечувствительна к экстракту. Наличие зоны задержки роста культур диаметром 10 мм и более указывало на чувствительность бактерий к испытуемым экстрактам, что принимали за антимикробный эффект. Определение антимикробной активности экстрактов проводили в трех повторностях. Для статистических расчетов использовали Microsoft Excel 2010. Данные в таблице представлены в виде среднеарифметического значения и стандартной ошибки ($M \pm m$).

Для характеристики чувствительности к антибиотикам штаммов MSSA ставили антибиотикограммы с дисками антибиотиков цефокситина, амикацина, норфлоксацина, эритромицина, клиндамицина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Инфекции нижних дыхательных и мочевыводящих путей, кровотока, мягких тканей, кожные инфекции часто вызываются бактериями *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*. Поэтому для определения антимикробной активности экстрактов лапчаток были взяты культуры этих бактерий. Определение антимикробной активности методом диффузии в агар с использованием бумажных дисков позволяет исключить влияние экстрагента на бактерии и определить антимикробную активность непосредственно экстрактивных веществ (рисунок 1).

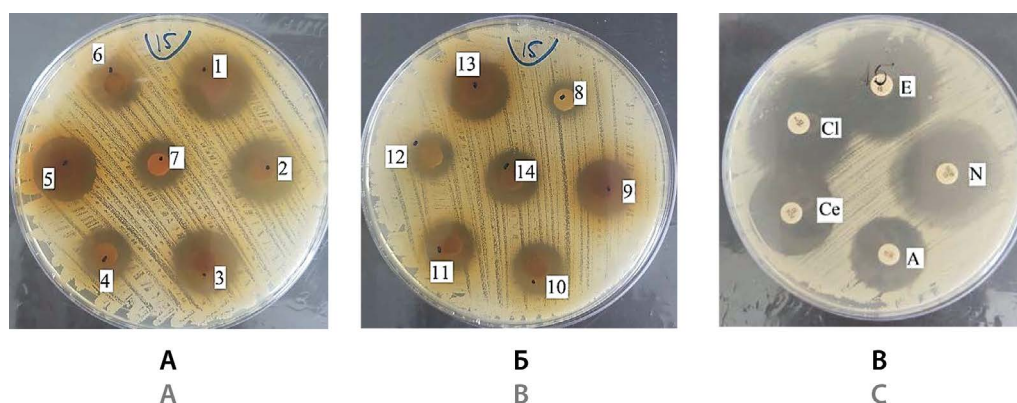


Рисунок 1. Антимикробная активность экстрактов некоторых видов *Potentilla* (А, В, цифровые обозначения экстрактов – в таблице 1) и антибиотикограмма в отношении штамма метициллинчувствительного *Staphylococcus aureus*, выделенного из мазков со слизистой носа (С). Е – «Эритромицин» 15 мг; N – «Норфлоксацин» 10 мг; А – «Амикацин» 30 мг; Се – «Цефокситин» 30 мг; Cl – «Клиндамицин» 2 мг

Figure 1. Antimicrobial activity of extracts of some *Potentilla* species (A, B, the numerical designations of extracts are in table 1) and an antibioticogram against a strain of methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* isolated from nasal mucosa smears (C). E – "Erythromycin" 15 mg; N – "Norfloxacin" 10 mg; A – "Amikacin" 30 mg; Ce – "Cefoxitin" 30 mg; Cl – "Clindamycin" 2 mg

Активность исследуемых экстрактов в отношении штаммов рассматриваемых бактерий оказалась весьма различной. Штамм *Escherichia coli* оказался нечувствительным ко всем экстрактам лапчаток. Минимальную активность в отношении *Pseudomonas aeruginosa* из всех экстрактов проявили экстракты на 40%-м этиловом спирте *P. anserina* и *P. argentea*, а также 40%-е и 70%-е экстракты *P. approximata*. Все экстракты лапчаток в различной степени проявили антимикробную активность в отношении штаммов MSSA.

Исследуемые штаммы MSSA были выделены из пяти групп биоматериала: 13 штаммов – из кала; 7 – из мазков со слизистой миндалин и задней стенки глотки; 3 – из мазков со слизистой носа; 3 – из раневого отделяемого; 3 – из другого биоматериала. Чувствительность к антибиотикам штаммов, выделенных из биоматериала, представлена на рисунке 2.

Все штаммы MSSA оказались чувствительны к цефокситину, амикацину, норфлоксацину, при этом 6 штаммов были чувствительны в высоких дозах или нечувствительны к эритромицину и (или) клиндамицину. Один из штаммов, выделенный из мазка со слизистой миндалин и задней стенки глотки, проявил устойчивость к двум антибиотикам: клиндамицину и эритромицину, а также к действию всех исследуемых экстрактов лапчаток. Остальные 28 выделен-

ных штаммов и коллекционный штамм MSSA оказались чувствительными к экстрактам лапчаток. В таблице 1 представлены средние значения диаметров зоны задержки роста по группам выделения штаммов из биоматериала.

В зависимости от диаметра зоны задержки роста культуры экстракты по антимикробной активности можно разделить на 2 группы: при диаметре 10–12 мм – обладающие слабой антимикробной активностью, при диаметре более 12 мм – обладающие антимикробной активностью. К первой группе отнесли экстракты *P. goldbachii* и *P. chrysantha*, ко второй – остальные экстракты.

Анализируя данные можно отметить, что 40%-е экстракты всех видов лапчаток проявили несколько большую активность в отношении штаммов, выделенных из мазков со слизистой миндалин и задней стенки глотки, и экстракты шести видов из семи – в отношении штаммов, выделенных из биоматериала кал. Экстракт *P. goldbachii* проявил достаточно слабую антимикробную активность. Экстракт *P. paradoxa* оказался более активен в отношении коллекционного штамма.

Среди 70%-х экстрактов лапчаток шесть экстрактов из семи более активны в отношении штаммов, выделенных из биоматериала кал (малоакти-

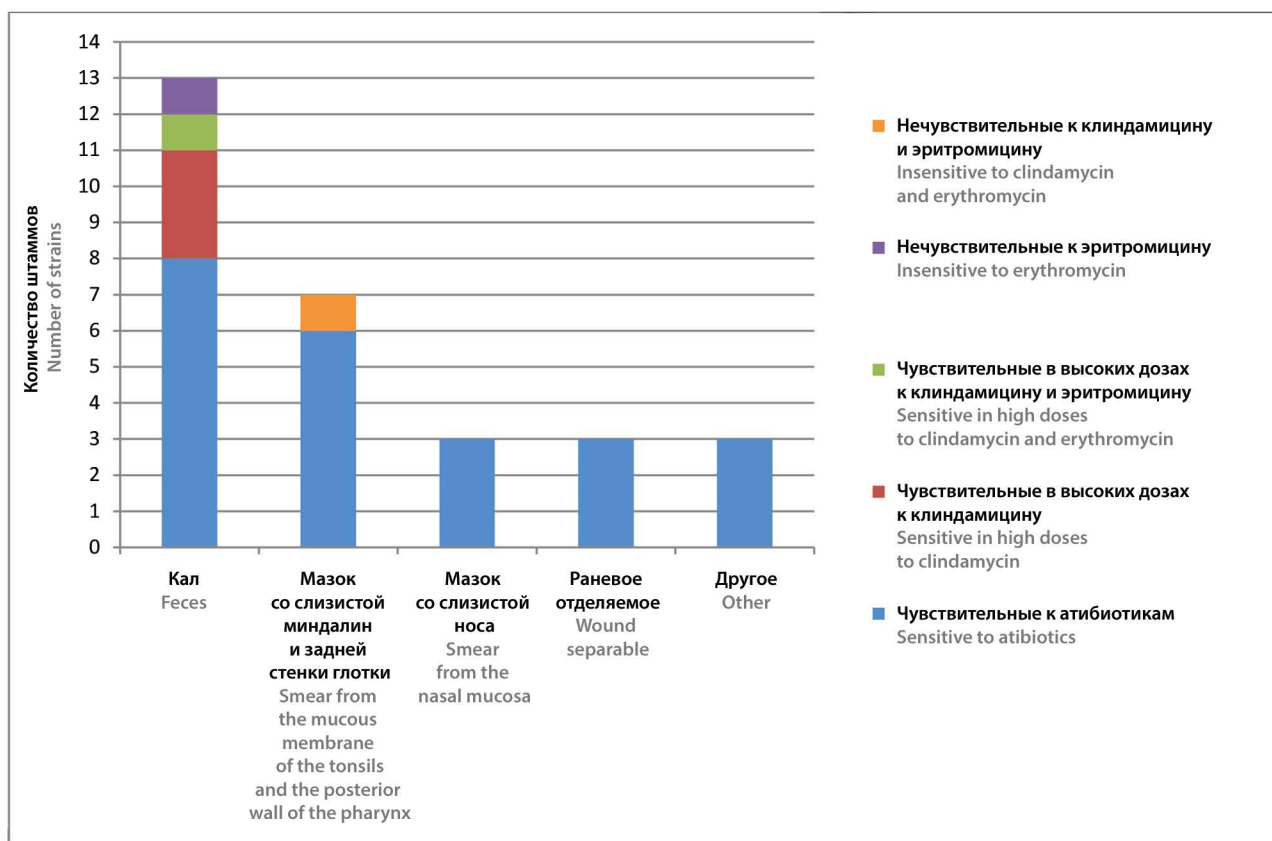


Рисунок 2. Чувствительность к антибиотикам штаммов, выделенных из различного биоматериала

Figure 2. Antibiotic sensitivity of strains isolated from various biomaterials

Таблица 1. Средние значения диаметров зоны задержки роста бактерий по группам выделения штаммов из биоматериала

Table 1. The average values of the diameters of the bacterial growth retardation zone by groups of isolation of strains from biomaterial

№	Экстракт Extract	Коллекционный штамм Collector's strain	Кал Feces	Мазок со слизистой миндалин и задней стенки глотки Smear from the mucous membrane of the tonsils and the posterior wall of the pharynx	Мазок со слизистой носа Smear from the nasal mucosa	Раневое отделяемое Wound separable
1	<i>P. paradoxa</i> ⁴⁰	17,5 ± 0,5	16,7 ± 1,5	17,0 ± 0,6	17,0 ± 0,3	15,2 ± 1,2
2	<i>P. paradoxa</i> ⁷⁰	16,5 ± 0,5	15,3 ± 1,4	15,5 ± 1,2	15,0 ± 1,0	14,0 ± 1,0
3	<i>P. anserina</i> ⁴⁰	17,0 ± 0,0	17,2 ± 1,5	17,2 ± 0,9	17,5 ± 0,8	15,7 ± 0,7
4	<i>P. anserina</i> ⁷⁰	12,5 ± 1,5	14,2 ± 1,9	13,9 ± 1,1	13,0 ± 0,3	12,8 ± 0,8
5	<i>P. erecta</i> ⁴⁰	14,5 ± 0,5	16,9 ± 2,4	17,2 ± 0,9	16,0 ± 1,3	16,5 ± 0,5
6	<i>P. erecta</i> ⁷⁰	13,0 ± 0,0	13,6 ± 2,1	12,8 ± 1,4	12,2 ± 0,8	12,3 ± 0,8
7	<i>P. goldbachii</i> ⁴⁰	11,0 ± 1,5	12,1 ± 1,2	12,3 ± 1,1	12,0 ± 0,7	10,8 ± 0,8
8	<i>P. goldbachii</i> ⁷⁰	12,0 ± 0,0	12,1 ± 1,4	11,1 ± 1,1	10,7 ± 0,8	11,3 ± 1,3
9	<i>P. approximata</i> ⁴⁰	15,0 ± 0,0	15,9 ± 1,9	15,5 ± 1,2	15,0 ± 1,0	14,8 ± 1,2
10	<i>P. approximata</i> ⁷⁰	13,5 ± 0,5	14,0 ± 0,9	14,7 ± 0,6	14,3 ± 0,7	13,3 ± 0,8
11	<i>P. chrysanthi</i> ⁴⁰	12,0 ± 1,0	12,6 ± 1,3	12,1 ± 1,1	12,0 ± 1,0	10,3 ± 0,8
12	<i>P. chrysanthi</i> ⁷⁰	12,0 ± 1,0	12,8 ± 1,5	11,4 ± 0,9	11,5 ± 0,5	10,8 ± 0,8
13	<i>P. argentea</i> ⁴⁰	15,0 ± 0,0	15,7 ± 2,0	15,7 ± 1,1	16,0 ± 1,0	14,7 ± 0,8
14	<i>P. argentea</i> ⁷⁰	15,0 ± 0,0	15,3 ± 1,4	14,6 ± 0,8	14,7 ± 0,8	14,2 ± 1,2

Примечание. Условные обозначения: *P. paradoxa* 40 – экстракт на 40%-м этиловом спирте; *P. paradoxa* 70 – экстракт на 70%-м этиловом спирте.

	Экстракты, обладающие антимикробной активностью
	Экстракты, обладающие слабой антимикробной активностью

Note. Symbols: *P. paradoxa* 40 – extract on 40 % ethyl alcohol; *P. paradoxa* 70 – extract on 70 % ethyl alcohol.

	Extracts with antimicrobial activity
	Extracts with weak antimicrobial activity

вен экстракт *P. goldbachii*), и пять из них активны в отношении коллекционного штамма (малоактивны экстракты *P. goldbachii* и *P. chrysanthi*). Экстракт *P. approximata* больше воздействует на штамм, выделенный из мазков со слизистой миндалин и задней стенки глотки. Экстракт *P. anserina* на 70%-м этиловом спирте проявил невысокую антимикробную активность в отношении коллекционного штамма, а экстракт *P. goldbachii* показал свою минимальную активность в отношении штаммов, выделенных из мазков со слизистой носа.

Несколько менее активны все экстракты по отношению к штаммам из раневого отделяемого. В этом случае зоны задержки роста бактерий практически для каждого экстракта заметно меньше.

Известно, что выбор экстрагента для получения исследуемых экстрактов из растительного сырья во многом зависит от природы биологически активных веществ. Чаще всего максимальное количество биологически активных веществ с антимикробной активностью извлекают водно-спиртовые смеси [19, 20].

В случае экстрактов исследуемых видов *Potentilla* можно отметить, что экстракты, полученные на 40%-м

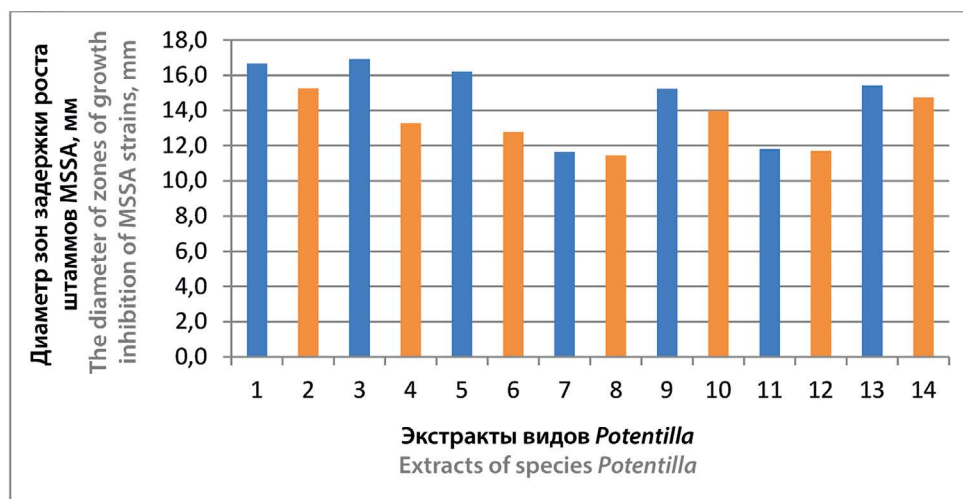


Рисунок 3. Среднее значение диаметра зон задержки роста штаммов метициллинчувствительного *Staphylococcus aureus*, выделенных из различных биологических материалов (цифровые обозначения экстрактов – в таблице 1)

Figure 3. The average value of the diameter of growth retardation zones of methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* strains isolated from various biological materials (the numerical designations of extracts are in table 1)

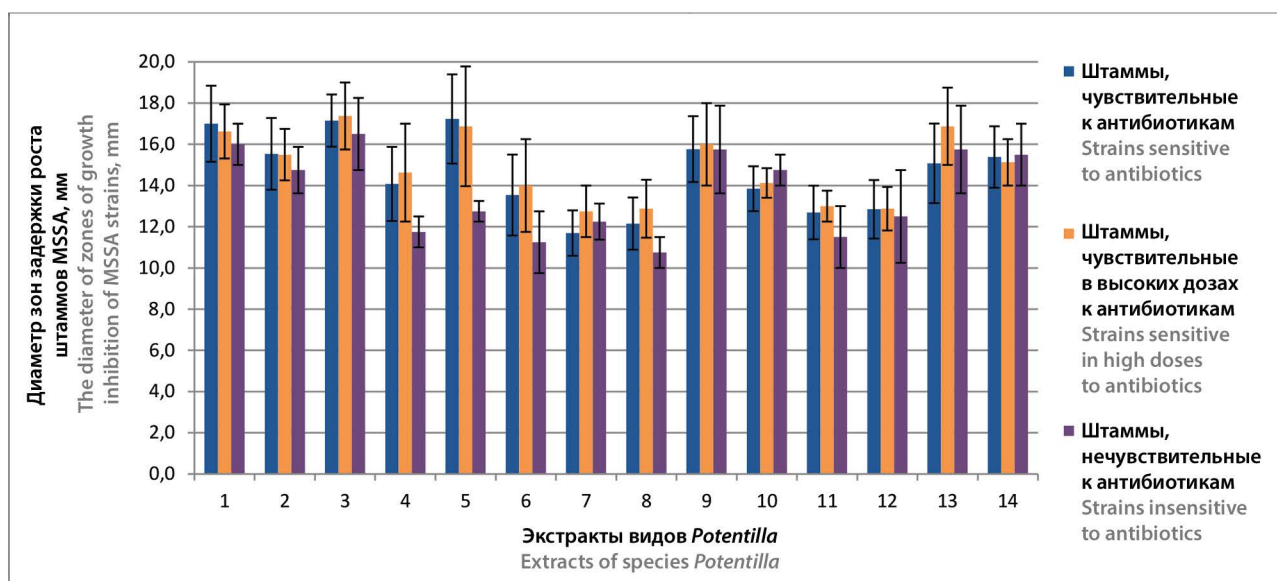


Рисунок 4. Среднее значение диаметра зон задержки роста штаммов метициллинчувствительного *Staphylococcus aureus* по-разному чувствительных к антибиотикам (биоматериал кал), цифровые обозначения экстрактов – в таблице 1

Figure 4. The average diameter of the growth retardation zones of methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* strains are differently sensitive to antibiotics (fecal biomaterial), the numerical designations of extracts are in table 1

этиловом спирте, чаще проявляют более высокую антимикробную активность, чем экстракты, полученные на 70%-м этиловом спирте. На рисунке 3 представлено среднее значение диаметров задержки роста *Staphylococcus aureus*, выделенных из различных биологических материалов, для экстрактов лапчаток на 40%-м и 70%-м этиловом спирте.

Наиболее высокую антимикробную активность в отношении всех штаммов среди экстрактов на 40%-м этиловом спирте проявили экстракты *P. anserina*, *P. pa-*

radoxa и *P. erecta*, в несколько меньшей степени активны экстракты *P. approximata* и *P. chrysantha*.

Среди экстрактов на 70%-м этиловом спирте наиболее активны экстракты *P. paradoxa* и *P. argentea*, далее – экстракты *P. approximata*, *P. anserina* и *P. erecta*.

Наименьшую и близкую по величине активность в отношении всех штаммов продемонстрировали как 40%-е, так и 70%-е экстракты родственных видов из секции *Chrysanthae* Th. Wolf – *P. goldbachii* и

P. chrysantha (средние значения диаметров зон задержки роста штаммов около 12 мм).

Коллекционный штамм MSSA и 28 выделенных штаммов MSSA в близкой или весьма сравнимой степени реагируют на исследуемые экстракты лапчаток (рисунок 4). Этот факт позволяет и далее рассматривать изучаемые виды растений как перспективные для дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экстракты, приготовленные на 40%-м и 70%-м этиловом спирте из надземной части *P. paradoxa*, *P. anserina*, *P. erecta*, *P. approximata*, *P. argentea*, *P. goldbachii*, *P. chrysantha*, проявляют антимикробную активность по отношению ко всем рассмотренным штаммам MSSA.

Наибольшую антимикробную активность по отношению к штаммам MSSA проявляют экстракты *P. paradoxa*, *P. anserina*, *P. erecta*, *P. approximata*, *P. argentea*, а наименьшую – экстракты двух родственных видов: *P. goldbachii* и *P. chrysantha*.

Экстракты лапчаток на 40%-м этиловом спирте более активны по сравнению с экстрактами на 70%-м этиловом спирте, что, вероятно, связано с более высоким содержанием дубильных веществ в экстрактах на 40%-м этаноле, накопление которых характерно для растений рода *Potentilla*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ventola C. L. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P&T*. 2015;40(4):277–283.
2. Barreca D., Gattuso G., Bellocco E., Calderaro A., Trombetta D., Smeriglio A., Lagana G., Daglia M., Meneghini S., Nabavi S. M. Flavonones: Citrus phytochemical with health-promoting properties. *Biofactors*. 2017;43(4):495–506. DOI: 10.1002/biof.1363.
3. Alvarez-Martínez F. J., Barrajon-Catalan E. J., Encinar A., Rodriguez-Diaz J. C., Micol V. Antimicrobial Capacity of Plant Polyphenols against Gram-positive Bacteria: A Comprehensive Review. *Curr. Med. Chem.* 2020;27(15):2576–2606. DOI: 10.2174/0929867325666181008115650.
4. Nasir B., Fatima H., Ahmad M., Haq I. U. Recent Trends and Methods in Antimicrobial Drug Discovery from Plant Sources. *Austin J. Microbiol.* 2015;1(1):1002.
5. Chibane L. B., Degraeve P., Ferhout H., Bouajila J., Oulal N. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. *J. Sci. Food. Agric.* 2019;99:1457–1474. DOI: 10.1002/jsfa.9357.
6. Khameneh B., Iranshahy M., Soheili V., Bazzaz B. S. F. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. *Antimicrob. Resist. In.* 2019;8(118). DOI: 10.1186/s13756-019-0559-6.
7. Буданова Е. В., Горленко К. Л., Киселев Г. Ю. Вторичные метаболиты растений: механизмы антибактериального действия и перспективы применения в фармакологии. *Антибиотики и химиотерапия*. 2019;64(5-6):69–76. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-100034.
8. Caturla N., Vera-Samper E., Villalain J., Mateo C. R., Micol V. The relationship between the antioxidant and the antibacterial properties of galloylated catechins and the structure of phospholipid model membranes. *Free Radical Bio. Med.* 2003;34(6):648–662. DOI: 10.1016/S0891-5849(02)01366-7.
9. Sato Y., Suzaki S., Nishikawa T., Kihara M., Shibata H., Higuti T. Phytochemical flavones isolated from *Scutellaria barbata* and antibacterial activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Ethnopharmacol.* 2000;72(3):483–488. DOI: 10.1016/S0378-8741(00)00265-8.

10. Триль В. М. Сравнительный анализ фенольных веществ рода *Potentilla* L. Юго-Восточного Алтая. В кн.: Растительные ресурсы Южной Сибири и пути их освоения. Новосибирск: Наука; 1977. 33–45 с.
11. Augustynowicz D., Latte K. P., Tomczyk M. Recent phytochemical and pharmacological advances in the genus *Potentilla* L. sensu lato – An update covering the period from 2009 to 2020. *J. Ethnopharmacol.* 2021;122(2):184–204. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113412.
12. Olennikov D. N., Kashchenko N. I., Chirikova N. K., Kuz'mina S. S. Phenolic Profile of *Potentilla anserina* L. (Rosaceae) Herb of Siberian Origin and Development of a Rapid Method for Simultaneous Determination of Major Phenolics in *P. anserina* Pharmaceutical Products by Micro-column RP-HPLC-UV. *Molecules*. 2015;20(1):224–248. DOI: 10.3390/molecules20010224.
13. Tomovic M., Popovic-Milenkovic M., Jankovic S. Antimicrobial Activity of Aqueous Extracts of *Potentilla reptans* L. Rhizome and Aerial Part. *Ser. J. Exp. Clin. Res.* 2018;19(4):321–324. DOI: 10.1515/sjocr-2017-0041.
14. Хисямова Д. М., Куркин В. А., Лямин А. В., Жестков А. В. Антимикробная активность водных извлечений из подземных органов некоторых видов лапчатки. *Фармация*. 2016.63(1):32–34.
15. Хисямова Д. М., Куркин В. А., Жестков А. В., Лямин А. В. Сравнение антимикробной активности настоек, полученных из подземных органов представителей рода *Potentilla* L. *Медицинский альманах*. 2016;4(44):151–153.
16. Tomczyk M., Leszczynska K., Jakoniuk P. Antimicrobial activity of *Potentilla* species. *Fitoterapia*. 2008;79(7–8):592–594. DOI: 10.1016/j.fitote.2008.06.006.
17. Mith H., Dure R., Delcenserie V., Zhiri A., Daube G., Clinquant A. Antimicrobial activities of commercial essential oils and their components against food-borne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Sci. Nutr.* 2014;2(4):403–416. DOI: 10.1002/fsn3.116/.
18. Kara M., Assouguem A., Kamaly O. M. A., Benmessaoud S., Imtara H., Mechchate H., Hano C., Zerhouni A. R., Bahhou J. The Impact of Apple Variety and the Production Methods on the Antibacterial Activity of Vinegar Samples. *Molecules*. 2021;26:5437. DOI: 10.3390/molecules26185437.
19. Parekh J., Jadeja D., Chanda S. Efficacy of Aqueous and Methanol Extracts of Some Medicinal Plants for Potential Antibacterial Activity. *Turk. J. Biol.* 2005;29:203–210.
20. Lu Y., Joerger R., Wu C. Study of the Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Ethanolic Extracts from Roots of *Scutellaria baicalensis* Georgi. *J. Agric. Food Chem.* 2011;59(20):10934–10942. DOI: 10.1021/jf202741x.

REFERENCES

1. Ventola C. L. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P&T*. 2015;40(4):277–283.
2. Barreca D., Gattuso G., Bellocco E., Calderaro A., Trombetta D., Smeriglio A., Lagana G., Daglia M., Meneghini S., Nabavi S. M. Flavonones: Citrus phytochemical with health-promoting properties. *Biofactors*. 2017;43(4):495–506. DOI: 10.1002/biof.1363.
3. Alvarez-Martínez F. J., Barrajon-Catalan E. J., Encinar A., Rodriguez-Diaz J. C., Micol V. Antimicrobial Capacity of Plant Polyphenols against Gram-positive Bacteria: A Comprehensive Review. *Curr. Med. Chem.* 2020;27(15):2576–2606. DOI: 10.2174/0929867325666181008115650.
4. Nasir B., Fatima H., Ahmad M., Haq I. U. Recent Trends and Methods in Antimicrobial Drug Discovery from Plant Sources. *Austin J. Microbiol.* 2015;1(1):1002.
5. Chibane L. B., Degraeve P., Ferhout H., Bouajila J., Oulal N. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. *J. Sci. Food. Agric.* 2019;99:1457–1474. DOI: 10.1002/jsfa.9357.

6. Khameneh B., Iranshahy M., Soheili V., Bazzaz B. S. F. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. *Antimicrob. Resist. In.* 2019;8(118). DOI: 10.1186/s13756-019-0559-6.
7. Budanova E. V., Gorlenko K. L., Kiselev G. Yu. Secondary Plant Metabolites: Mechanisms of Antibacterial Action and Perspectives of Application in Pharmacology. *Antibiotics and Chemotherapy.* 2019;64(5-6):69–76. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2990-2019-100034.
8. Caturla N., Vera-Samper E., Villalain J., Mateo C. R., Micol V. The relationship between the antioxidant and the antibacterial properties of galloylated catechins and the structure of phospholipid model membranes. *Free Radical Bio. Med.* 2003;34(6):648–662. DOI: 10.1016/S0891-5849(02)01366-7.
9. Sato Y., Suzuki S., Nishikawa T., Kihara M., Shibata H., Higuti T. Phytochemical flavones isolated from *Scutellaria barbata* and antibacterial activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Ethnopharmacol.* 2000;72(3):483–488. DOI: 10.1016/S0378-8741(00)00265-8.
10. Tril' V. M. Comparative analysis of phenolic substances of the genus *Potentilla* L. of the Southeastern Altai. In: Plant resources of Southern Siberia and ways of their development. Novosibirsk: Nauka; 1977. 33–45 p. (In Russ.)
11. Augustynowicz D., Latte K. P., Tomczyk M. Recent phytochemical and pharmacological advances in the genus *Potentilla* L. sensu lato – An update covering the period from 2009 to 2020. *J. Ethnopharmacol.* 2021;122(2):184–204. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113412.
12. Olennikov D. N., Kashchenko N. I., Chirikova N. K., Kuz'mina S. S. Phenolic Profile of *Potentilla anserina* L. (Rosaceae) Herb of Siberian Origin and Development of a Rapid Method for Simultaneous Determination of Major Phenolics in *P. anserina* Pharmaceutical Products by Micro-column RP-HPLC-UV. *Molecules.* 2015;20(1):224–248. DOI: 10.3390/molecules20010224.
13. Tomovic M., Popovic-Milenkovic M., Jankovic S. Antimicrobial Activity of Aqueous Extracts of *Potentilla Reptans* L. Rhizome and Aerial Part. *Ser. J. Exp. Clin. Res.* 2018;19(4):321–324. DOI: 10.1515/sjcr-2017-0041.
14. Khisyamova D. M., Kurkin V. A., Lyamin A. V., Zhestkov A. V. Antimicrobial activity of water extracts from underground organs of some types of *Potentilla*. *Pharmacy.* 2016;63(1):32–34. (In Russ.)
15. Khisyamova D. M., Kurkin V. A., Zhestkov A. V., Lyamin A. V. Comparison of antimicrobial activity of spirit liqueurs obtained out of underground parts of species *Potentilla* L. *Medical Almanac.* 2016;4(44):151–153. (In Russ.)
16. Tomczyk M., Leszczynska K., Jakoniuk P. Antimicrobial activity of *Potentilla* species. *Fitoterapia.* 2008;79(7–8):592–594. DOI: 10.1016/j.fitote.2008.06.006.
17. Mith H., Dure R., Delcenserie V., Zhiri A., Daube G., Clinquart A. Antimicrobial activities of commercial essential oils and their components against food-borne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Sci. Nutr.* 2014;2(4):403–416. DOI: 10.1002/fsn3.116/.
18. Kara M., Assouguem A., Kamaly O. M. A., Benmessaoud S., Imtara H., Mechchate H., Hano C., Zerhouni A. R., Bahhou J. The Impact of Apple Variety and the Production Methods on the Antibacterial Activity of Vinegar Samples. *Molecules.* 2021;26:5437. DOI: 10.3390/molecules26185437.
19. Parekh J., Jadeja D., Chanda S. Efficacy of Aqueous and Methanol Extracts of Some Medicinal Plants for Potential Antibacterial Activity. *Turk. J. Biol.* 2005;29:203–210.
20. Lu Y., Joerger R., Wu C. Study of the Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Ethanolic Extracts from Roots of *Scutellaria baicalensis* Georgi. *J. Agric. Food Chem.* 2011;59(20):10934–10942. DOI: 10.1021/jf202741x.