

УДК 615.322:547.913+543.544.45

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ И КОРНЕЙ *PEROVSKIA BOTSCHANTZEVII*

© С.Х. Муллабаева¹, Х.М. Бобакулов^{1,2}, Д.Р. Сиддиқов¹, Э.Х. Ботиров^{1*}, С.А. Сасмаков¹,
Ш.С. Азимова¹

¹ Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН
РУз, ул. Мирзо Улуғбека, 77, Ташкент, 100170, Узбекистан,
botirov-peri@mail.ru

² Национальный исследовательский университет «Ташкентский
институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»,
ул. Кары Ниёзий, 39, Ташкент, 100000, Узбекистан

Изучены компонентный состав эфирного масла (ЭМ) и гексанового экстракта корней, а также флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты надземной части растения *Perovskia botschantzevii* Kovalevsk. & Kocz, произрастающего на территории на территории Форишского района Джизакской области Республики Узбекистан. Всего в составе ЭМ методом ГХ-МС охарактеризовано 36 соединений, что составляет 96.4% от общего количества масла, а в составе гексанового экстракта – 15 веществ, составляющих 57.5% экстракта. Мажорными компонентами ЭМ являются β -транс-кариофиллен, транс- β -фарнезен, аморфа-4,11-диен, α -куркумен, оксид кариофиллена, α -цедрен. Доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены, мажорными компонентами являются ферругинол, ди(этилгексил)фталат, аромадендрен и сальвиканол.

Из различных фракций метанольного экстракта надземной части *P. angustifolia* выделили пять индивидуальных фенольных соединений, которые на основании изучения спектров ¹H, ¹³C ЯМР, HSQC и HMBC идентифицировали с лютеолином, кемпферолом, кверцетином, кофейной и розмариновой кислотами.

Антибактериальное и противогрибковое действие эфирного масла, гексанового экстракта корней и розмариновой кислоты исследовали методом диск-диффузии в агаре. Результаты *in vitro* тестов показали, что *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* являются чувствительными к действию исследованных образцов в различной степени выраженности. Наибольший антибактериальный эффект наблюдается у розмариновой кислоты в отношении грамположительных бактерий *B. subtilis* и *S. aureus*. Гексановый экстракт проявляет более высокий антибактериальный эффект, чем эфирное масло.

Ключевые слова: *Perovskia botschantzevii* Kovalevsk. & Kocz, корни, эфирное масло, ГХ-МС анализ, флавоноиды, кофейная и розмариновая кислоты, антимикробная активность.

Для цитирования: Муллабаева С.Х., Бобакулов Х.М., Сиддиқов Д.Р., Ботиров Э.Х., Сасмаков С.А., Азимова Ш.С. Химический состав и антимикробная активность компонентов надземной части и корней *Perovskia botschantzevii* // Химия растительного сырья. 2026. №2. Online First. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216586>.

Введение

Род *Perovskia* Kar., относящийся к семейству яснотковых (*Lamiaceae*), включает всего девять видов, обладающих этноботанической ценностью и лекарственным потенциалом [1, 2]. Некоторые ботаники считают данный род подродом в составе рода *Salvia* [3, 4]. Эти кустарниковые ароматические растения широко распространены по всей Центральной Азии, ареалы большинства видов ограничены горными регионами Центральной Азии, Западного Ирана, Пакистана и Тибета [1, 2]. Виды рода *Perovskia* содержат широкий спектр природных соединений, принадлежащих к эфирным маслам, фенолкарбоновым кислотам, флавоноидам, фенилпропаноидам, дитерпеноидам, тритерпеноидам, лигнанам, стероидам, различным гликозидам и другим классам биологически активных природных веществ [2, 5, 6]. Экстракты и индивидуальные

* Автор, с которым следует вести переписку.

соединения растений данного рода обладают антиоксидантным, антибактериальным, противовирусным, противогрибковым, антипротозойным, цитотоксическим, спазмолитическим, инсектицидным, антихолинэстеразным действиями [2, 5–8]. В Узбекистане произрастают 4 вида растений рода *Perovskia* (*P. angustifolia*, *P. scrophulariifolia*, *P. botschantzevii*, *P. kudrjashevii*), фитоценозы которых занимают большие площади [1, 3]. Некоторые виды данного рода используются местным населением для лечения чесотки, солнечных ожогов, кожных заболеваний и для выведения кишечных паразитов из организма [2, 5]. Химический состав компонентов растений данного рода, произрастающих в Узбекистане, практически не изучен.

Perovskia botschantzevii Kovalevsk. & Koczk – лекарственное, эфиромасличное, красильное и медоносное растение, произрастающее на каменистых склонах, галечниках, в долинах рек Киргизии, Узбекистана, Таджикистана, Афганистана. Встречается в Самаркандской, Джизакской, Навоийской областях Узбекистана. Ранее был изучен компонентный состав эфирного масла надземной части [9], компоненты корней не изучены.

Нами в плане поиска новых источников биологически активных соединений на основе местного растительного сырья проводятся систематические химические исследования компонентов эфирных масел, фенольных соединений, флавоноидов и дитерпеноидов растений рода *Perovskia*, произрастающих в Узбекистане.

Цель настоящих исследований – выделение и изучение химического состава и антимикробной активности эфирного масла и гексанового экстракта корней, флавоноидов и фенольных соединений надземной части *P. botschantzevii*.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Надземная часть и корни *P. botschantzevii* собраны на склонах Нуратинского хребта Форишского района Джизакской области Республики Узбекистан [10]. Вид идентифицировал канд. биол. наук О.М. Нигматуллаев в лаборатории биологии лекарственных и технических растений Института химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз (гербарный номер 2169).

Общие экспериментальные условия. Для колоночной хроматографии (КХ) применяли силикагель марки КСК (100/200 мкм, «Tianjin Sinomed Pharmaceutical», Китай). Для разделения отдельных элюатов использовали сефадекс марки LH-20 («GE Healthcare Bio-Sciences AB», Швеция). Для тонкослойной хроматографии использовали пластинки «Fluka» (Sigma-Aldrich, Германия). Пластинки просматривали в ультрафиолете в хроматографическом облучателе УФС-254/365 при 254 и 365 нм.

УФ спектры регистрировали на спектрофотометре UV/VIS/NIR Lambda 1050 (PerkinElmer, Швейцария) в этаноле. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C снимали на спектрометре JNM-ECZ600R (JEOL, Япония) при рабочей частоте 600 МГц и 150 МГц. В качестве внутреннего стандарта в спектрах ЯМР ^1H использовали ТМС (0 м.д.). В спектрах ЯМР ^{13}C в качестве внутреннего стандарта использовался химический сдвиг растворителя (DMSO- d_6 , 39.52 м.д. относительно ТМС).

Температуры плавления выделенных соединений определяли на приборе Electrothermal "MEL-TEMP®" (Equipment, USA).

ГХ-МС анализ. Качественный и количественный состав эфирного масла определяли на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975C Inert MSD/7890A GC. Разделяли компоненты смеси на кварцевой капиллярной колонке Agilent HP-INNOWax (30 м × 250 мкм × 0.25 мкм) в температурном режиме: 60 °С (2 мин) – 4 °С/мин до 220 °С (10 мин) – 10 °С/мин до 240 °С (10 мин). Объем вносимой пробы составлял 1.0 мкм, скорость потока подвижной фазы (H_2) – 1.1 мл/мин. EI-MS спектры получили в диапазоне m/z 10–550 а.е.м. Компоненты идентифицировали на основании сравнения характеристик масс-спектров с данными электронных библиотек (Wiley Registry of Mass Spectral Data-9th Ed. NIST Mass Spectral Library, 2017) и сравнения индексов удерживания (ИУ) соединений, определенного по отношению к времени удерживания смеси *n*-алканов (C_9 – C_{39}), а также сравнения их масс-спектральной фрагментации с таковыми описанными в литературе [11, 12].

Выделение эфирного масла и подготовка гексанового экстракта корней. Выделение ЭМ из измельченных воздушно-сухих корней (300 г), собранных в начале марта 2024 года, осуществляли методом гидродистилляции при атмосферном давлении в течение 3 ч. Полученный дистиллят экстрагировали дихлорметаном, вытяжку эфирного масла сушили безводным сульфатом натрия.

Измельченные корни (2.3 г) экстрагировали при комнатной температуре гексаном в течение 24 ч, экстракт отфильтровали, упаривали при комнатной температуре и передали для изучения методом ГХ-МС.

Выделение компонентов надземной части. Измельченную воздушно-сухую надземную часть *P. botschantzevii* (5 кг), заготовленную в период цветения (июль, 2023 года), экстрагировали при комнатной температуре пятикратно метанолом. Объединенный экстракт упаривали в вакууме, смешивали с силикагелем (780 г), высушивали при комнатной температуре, затем в сушильном шкафу при температуре 70 °С в течение 4 ч. Полученную смесь фракционировали на колонке, промывая последовательно бензином, хлороформом, этилацетатом и смесью растворителей этилацетат-метанол (8 : 2). Отогнав растворители, получили 148.5 г бензиновой, 80.1 г хлороформной, 65.2 г этилацетатной и 42.3 г этилацетат-метанольной фракции. Этилацетатную фракцию (65.0 г) хроматографировали на колонке с силикагелем, промывая последовательно хлороформом и смесью растворителей хлороформ-метанол (9 : 1, 8 : 2). Полученную субфракцию (хлороформ-метанол, 9 : 1) в количестве 6.96 г подвергали гель-фильтрации на сефадексе LH-20 в градиентной системе растворителей этилацетат-метанол и далее в метаноле. Из элюатов выделили 0.18 г лютеолина (1), 0.124 г кемпферола (2) и 0.236 г кверцетина (3). Субфракцию (хлороформ-метанол, 8 : 2) в количестве 8.2 г подвергали гель-фильтрации на сефадексе LH-20 в градиентной системе растворителей этилацетат-метанол. Из элюатов выделили 0.235 г кофейной (5) и 0.342 г розмариновой кислоты (4).

Определение антибактериальной и противогрибковой активности. Для определения антибактериальной и противогрибковой активности ЭМ из корней *P. botschantzevii* использовали модифицированный метод диск-диффузии в агаре [13]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерии – *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательные бактерии – *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz-221) и грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz-247). Штаммы RKMUz были получены из коллекции Института микробиологии АН РУз. Ампициллин, цефтриаксон и флуконазол (Himedia Laboratories Pvt. Limited) были использованы как положительный контроль, а дихлорметан – как отрицательный.

Обсуждение результатов

Методом ГХ-МС в составе эфирного масла идентифицировали 36 соединений, тогда как в составе гексанового экстракта идентифицировали 15 веществ, что составляло, соответственно, 96.4 и 57.5% от общего количества эфирного масла и экстракта соответственно (табл. 1). В составе эфирного масла обнаружено высокое содержание сесквитерпенов (77.4%) и их окисленных производных (9.3%), мажорным компонентом является β -кариофиллен, содержание которого составляет 38.4%. Кроме кариофиллена обнаружены *транс*- β -фарнезен (17.9%), аморфа-4,11-диен (4.0%), α -куркумен (3.9%), оксид кариофиллена (3.3%), α -цедрен (3.1%), α -гумулен (2.8%), *эндо*-борнеол (2.6%), *цис*-каламенен (2.0%), эремофилон (2.0) и другие соединения. Корни *P. botschantzevii* могут служить богатым источником β -кариофиллена (38.4% в эфирном масле).

Доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены (37.6%) и жирные кислоты (10.4%), мажорными компонентами являются ферругинол (19.1%), склареол (10.1%), лигноцериновая кислота (5.6%), сальвиканол (4.5%) и абисета-6,8,11,13-тетраен-12-ил ацетат (3.3%).

По литературным данным, β -кариофиллен проявляет кардиопротекторное, гепатопротекторное, гастропротекторное, нейропротекторное, нефропротекторное, антиоксидантное, противовоспалительное, противомикробное и иммуномодулирующее действия [14]. β -Кариофиллен также используется для составления парфюмерных композиций, при получении отдушек для мыла, косметических изделий.

Идентификацию соединений **1–5**, выделенных из надземной части, проводили изучением их спектральных данных УФ, ЯМР ^1H и ^{13}C , а также экспериментов HSQC и HMBC с последующим сопоставлением с таковыми литературных данных для этих соединений, а также непосредственным сравнением с подлинными образцами.

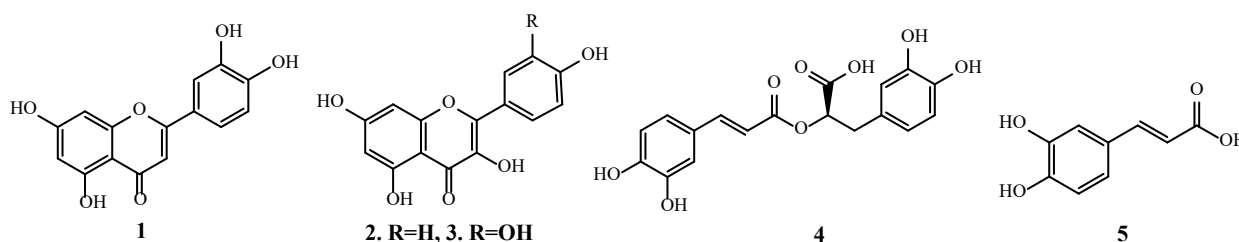
Лютеолин (1). Т.пл. 227–229 °С, УФ-спектр (λ_{max} , EtOH, nm): 257, 265, 356; Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, DMSO- d_6 +CCl $_4$, δ , м.д. J/Гц): 6.11 (1H, д, $J=2.0$, H-6), 6.34 (1H, д, $J=2.0$, H-8), 6.47 (1H, с, H-3), 6.85 (1H, д, $J=8.3$, H-5'), 7.29 (1H, дд, $J=8.3$, 2.1, H-6'), 7.32 (1H, д, 2.1, H-2'), 9.13 (1H, с, 3'-OH), 9.48 (1H, с, 4'-OH), 10.41 (1H, с, 7-OH), 12.81 (1H, с, 5-OH). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, DMSO- d_6 +CCl $_4$, δ , м.д.): 163.66 (C-2), 102.67 (C-3), 181.34 (C-4), 161.61 (C-5), 98.65 (C-6), 163.89 (C-7), 93.43 (C-8), 157.18 (C-9), 103.73 (C-10), 121.59 (C-1'), 113.05 (C-2'), 145.49 (C-3'), 149.33 (C-4'), 115.67 (C-5'), 118.27 (C-6') [15].

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла (ЭМ) и гексанового экстракта (ГЭ) корней
P. botschantzevii

Компоненты	RI	ЭМ, %	ГЭ, %
Эвкалиптол	1166	<0.1	–
<i>цис</i> -2,3-Диметилциклогексанон	1307	0.9	–
4-Метилциклогептанон	1338	0.7	–
Нонаналь	1346	0.2	–
3-Фуральдегид	1388	0.2	–
α -Фунебрин	1454	0.2	–
Петаситин	1468	0.3	–
α -Цедрен	1511	3.1	–
Лонгипинин	1520	0.3	–
β -Кариофиллен	1533	38.4	1.9
Бензоацетальдегид	1547	1.4	–
Аромандендрен	1578	1.4	–
<i>эти</i> -Бициклоесквифелландрен	1587	0.2	–
Аморфа-4,11-диен	1591	4.0	–
α -Гумулен	1596	2.8	–
<i>цис</i> -Муурола-4(15),5-диен	1605	0.8	–
<i>эндо</i> -Борнеол	1610	2.6	–
<i>транс</i> - β -Фарнезен	1617	17.9	–
Валенсен	1637	0.5	–
Эпизонарен	1642	0.8	–
β -Бисаболен	1665	0.3	–
δ -Кадинен	1683	0.3	–
α -Куркумен	1699	3.9	–
<i>цис</i> -Каламенен	1749	2.0	–
Оксид кариофиллена	1884	3.3	1.4
Мегастигма-4,6(Z),8(E)-триен	1892	1.3	–
α -Бисаболол оксид В	2038	1.1	–
Эремофила-1(10),8,11-триен	2114	0.2	–
α -Бисаболол	2129	0.7	–
γ -Эудесмол	2149	0.3	–
Эремофилон	2221	2.0	0.8
(4aR,5S)-1-Гидрокси-4a,5-диметил-3-(пропан-2-илиден)-4,4a,5,6-тетрагидронафталин-2(3H)-он	2340	0.8	–
Гидроксиэремофилон	2365	1.1	0.7
Дегидроабитан	2380	0.8	2.4
Склареол	2605	1.5	10.1
Пальмитиновая кислота	2808	–	0.6
9- <i>цис</i> -Ретинол	2908	–	1.1
Олеиновая кислота	3032	–	2.5
<i>цис</i> -9, <i>цис</i> -12-Октадекадиеновая кислота	3072	–	1.7
(4bS,8aS)-2,4b,8,8-Тетраметил-4b,5,6,7, 8,8a,9,10-октагидрофенантрен-3-ол	3210	–	1.2
Ферругинол	3214	0.1	19.7
Сальвиканол	3228	–	4.5
Абиета-6,8,11,13-тетраен-12-ил ацетат	3233	–	3.3
Лигноцериновая кислота	3279	–	5.6
<i>Монотерпены и окисленные монотерпены</i>		2.6	–
<i>Сесквитерпены</i>		77.4	1.9
<i>Окисленные сесквитерпены</i>		9.3	2.2
<i>Дитерпены</i>		0.8	2.4
<i>Окисленные дитерпены</i>		1.6	37.6
<i>Альдегиды</i>		1.8	–
<i>Жирные кислоты</i>		–	10.4
<i>Другие</i>		2.9	2.3
<i>Всего идентифицировано:</i>		96.4	57.5

Кемпферол (2). Вещество с т. пл. 305–306 °С, Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д., J/Гц): 12.33 (1H, с, 5-OH), 10.35 (1H, с, 7-OH), 9.71 (1H, с, 4'-OH), 8.84 (1H, с, 3-OH), 6.11 (1H, д, J=2.0, H-6), 6.32 (1H, д, J=2.0, H-8), 8.02 (2H, д, J=9.0, H-2' и H-6'), 6.86 (2H, д, J=9.0, H-3' и H-5'). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д.): 146.28 (C-2), 135.51 (C-3), 175.58 (C-4), 160.75 (C-5), 97.95 (C-6), 163.71 (C-7), 92.99 (C-8), 156.05 (C-9), 102.90 (C-10), 121.58 (C-1'), 129.03 (C-2',6'), 115.00 (C-3',5'), 158.95 (C-4') [16].

Кверцетин (3). Вещество с т. пл. 276–278 °С. Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д., J/Гц): 12.45 (1H, с, 5-OH), 10.64 (1H, с, 7-OH), 9.60 (1H, с, 4'-OH), 9.28 (1H, с, 3-OH), 6.11 (1H, д, J=2.0, H-6), 6.33 (1H, д, J=2.0, H-8), 7.67 (1H, д, J=2.2, H-2'), 6.83 (1H, д, J=8.5, H-5'), 7.52 (1H, дд, J=8.5; 2.2, H-6'). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д.): 146.37 (C-2), 135.59 (C-3), 175.56 (C-4), 160.76 (C-5), 97.97 (C-6), 163.73 (C-7), 92.99 (C-8), 156.06 (C-9), 102.91 (C-10), 121.97 (C-1'), 114.91 (C-2'), 144.68 (C-3'), 147.34 (C-4'), 115.20 (C-5'), 119.65 (C-6') [16].



Розмариновая кислота (4). Светло-желтое аморфное вещество. УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, нм): 290, 330. Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д., J/Гц): 2.92 (1H, дд, J = 14.4, 8.3, H-7'a), 2.99 (1H, дд, J=14.4, 4.2, H-7'b), 5.01 (1H, дд, J=8.3, 4.2, H-8'), 6.18 (1H, д, J=15.8, H-8), 6.50 (1H, дд, J=8.2, 2.1, H-6'), 6.62 (1H, д, J=8.0, H-5'), 6.67 (1H, д, J=2.1, H-2'), 6.73 (1H, д, J=8.2, H-5), 6.90 (1H, дд, J=8.2, 2.1, H-6), 7.01 (1H, д, J=2.1, H-2), 7.45 (1H, д, J=15.8, H-7). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д.): 125.30 (C-1), 114.38 (C-2), 145.43 (C-3), 148.39 (C-4), 115.54 (C-5), 121.25 (C-6), 145.63 (C-7), 113.16 (C-8), 165.57 (C-9), 127.08 (C-1'), 116.53 (C-2'), 144.74 (C-3'), 143.85 (C-4'), 115.19 (C-5'), 119.82 (C-6'), 36.22 (C-7'), 72.53 (C-8'), 170.59 (C-9') [17].

Кофейная кислота (5). Бесцветные кристаллы с т.пл. 221–223 °С. УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, нм): 325, 299, 235. Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д., J/Гц): 6.09 (1H, д, J = 16.2, H-8), 6.72 (1H, д, J = 8.2, H-5), 6.84 (1H, дд, J = 8.2, 2.1, H-6), 6.97 (1H, д, J = 2.1, H-2), 7.38 (1H, д, J = 16.2, H-7). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6 + \text{CCl}_4$, δ , м.д.): 125.74 (C-1), 114.21 (C-2), 145.39 (C-3), 147.88 (C-4), 115.51 (C-5), 120.75 (C-6), 144.35 (C-7), 115.03 (C-8), 167.76 (C-9) [17].

Розмариновая кислота обладает иммуномодулирующими, противовоспалительными, антимикробными, антиоксидантными, нейропротекторными и антидиабетическими свойствами [18, 19]. Кофейная кислота используется для профилактики воспаления, рака, нейродегенеративных заболеваний и диабета [20].

Лютеолин обладает антиоксидантными, антиканцерогенными, иммуномодулирующими, противовоспалительными и нейропротекторными действиями [19, 21, 22].

Для исследования антибактериальных и противогрибковых свойств эфирного масла, гексанового экстракта и розмариновой кислоты использовали модифицированный метод диффузии на агаре [13, 23], а в качестве тест-культур – следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерии *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательные бактерии – *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz-221) и один грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz-247), в качестве положительного контроля – диски с ампициллином, гентамицином и флуконазолом (Himedia Laboratories).

Результаты *in vitro* тестов показали, что *B. subtilis*, *S. aureus* и *P. aeruginosa* являются чувствительными к действию всех исследованных образцов в различной степени выраженности (табл. 2).

При этом наибольший антибактериальный эффект наблюдается у розмариновой кислоты в отношении грамположительных бактерий *B. subtilis* и *S. aureus* с диаметрами зон ингибирования 18.04 ± 0.10 и 18.08 ± 0.12 мм соответственно. Гексановый экстракт проявляет более высокий антибактериальный эффект, чем эфирное масло.

Таблица 2. Антибактериальная и противогрибковая активность эфирного масла и гексанового экстракта корней из корней *P. botschantzevii*

Название образцов	Диаметр зоны ингибирования (мм, \pm SD, $P \leq 0.05$)				
	Грамположительные бактерии		Грамотрицательные бактерии		Грибы
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Candida albicans</i>
ЭМ корней	6.04 \pm 0.10	10.04 \pm 0.10	Na	8.04 \pm 0.10	Na
Гексановый экстракт корней	11.04 \pm 0.10	12.04 \pm 0.10	Na	15.04 \pm 0.10	Na
Розмариновая кислота	18.04 \pm 0.10	18.08 \pm 0.12	Na	12.04 \pm 0.10	Na
Ампициллин/Сульбактам (10 μ г + 10 μ г диск)	27.04 \pm 0.10	26.04 \pm 0.10	Nt	Nt	Nt
Гентамицин (10 μ г/диск)	Nt	Nt	24.04 \pm 0.10	25.08 \pm 0.12	Nt
Флуконазол (25 μ г/диск)	Nt	Nt	Nt	Nt	34.04 \pm 0.10

Na – не активный, Nt – не тестирован.

Выводы

Методом ГХ-МС изучен компонентный состав ЭМ и гексанового экстракта корней, а также флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты надземной части растения *P. botschantzevii*, произрастающего на территории Республики Узбекистан. В составе ЭМ корней преобладают сесквитерпены и окисленные сесквитерпены, доминирующими компонентами гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены, сесквитерпены и соединения других классов.

Из надземной части *P. botschantzevii* выделены пять индивидуальных соединений, которые на основании изучения спектральных данных идентифицированы с лютеолином, кемпферолом, кверцетином, кофейной и розмариновой кислотами.

Антибактериальное и противогрибковое действие эфирного масла, гексанового экстракта корней и розмариновой кислоты исследовали *in vitro* методом диск-диффузии в агаре. Наибольший антибактериальный эффект наблюдается у розмариновой кислоты в отношении грамположительных бактерий *B. subtilis* и *S. aureus*. Гексановый экстракт проявляет более высокий антибактериальный эффект, чем эфирное масло.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований АН РУз.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Ковалевская С.С. Род *Perovskia* // Определитель растений Средней Азии. Ташкент: Фан, Уз ССР, 1987. Т. 9. С. 151–155.
2. Mohammadhosseini M., Venditti A., Akbarzadeh A. The genus *Perovskia* Kar.: ethnobotany, chemotaxonomy and phytochemistry: a review // Toxin Reviews. 2021. Vol. 40 (4). Pp. 484–505. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>.
3. Турдибоев О.А., Тургинов О.Т. Таксономический состав рода *Salvia* L. во флоре Узбекистана // Узбекский биологический журнал. 2021. №1. С. 34–38.
4. Turdiboev O.A., Shormanova A.A., Sheludyakova M.B., Akbarov F., Drew B.T., Celep F. Synopsis of the Central Asian *Salvia* species with identification key // Phytotaxa. 2022. Vol. 543, no. 1. Pp. 001–020. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.
5. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Hippuridaceae-Lobeliaceae*. СПб, 1991. С. 63–65.
6. Perveen S., AL-Taweel A.M., Fawzy G.A., Ibrahim T.A., Malik A., Khan A. Cholinesterase inhibitory triterpenes from *Perovskia atriplicifolia* // Asian J. Chem. 2014. Vol. 26 (18). Pp. 6163–6166. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.17001>.

7. Ghafourian M., Mazandarani M. Ethnopharmacology, ecological requirements, antioxidant and antimicrobial activities of *Perovskia abrotanoides* Karel. extract for vaginal infections from semnan province // Int. J. Womens Health Reprod. Sci. 2016. Vol. 5 (4). Pp. 295–300. <https://doi.org/10.15296/IJWHR.2017.50>.
8. Beikmohammadi M. The evaluation of medicinal properties of *Perovskia abrotanoides* Karel. // Middle-East J. Sci. Res. 2012. Vol. 11. Pp. 189–193.
9. Askarova O.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh., Zhuraev M.U., Yarylkaganova A.M., Sasmakov S.A., Azimova Sh.S. Constituent Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil from *Perovskia botschantzevii* // Chem. Nat. Compd. 2024. Vol. 60. Pp. 174–176. <https://doi.org/10.1007/s10600-024-04281-y>.
10. Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Эсанкулов А.С., Батошов А.Р., Азимова Д.Э. Кадастр флоры Узбекистана: Джизакская область. Ташкент, 2021. С. 158.
11. Adams R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, ed. 4.1. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2017. 804 p.
12. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils // Phus. Chem. Ref. Data. 2011. Vol. 40 (4). Article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
13. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI document M100, 28th Edition. Wayne, PA, USA, 2018.
14. Sharma C., Al Kaabi J.M., Nurulain S.M., Goyal S.N., Kamal M.A., Ojha S. Polypharmacological Properties and Therapeutic Potential of β -Caryophyllene: A Dietary Phytocannabinoid of Pharmaceutical Promise // Curr. Pharm. Des. 2016. Vol. 22(21). Pp. 3237–3264. <https://doi.org/10.2174/138161282266616031115226>.
15. Muradov M.T., Khurramov A.R., Bobakulov Kh.M., Karimov A.M., Botirov E.Kh. Constituents from the aerial part of *Scutellaria oxystegia* // Chem. Nat. Compd. 2023. Vol. 59. Pp. 957–958. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04156-8>.
16. Aisyah L.S., Yun Y.F., Herlina T., Julaeha E., Zainuddin A., Nurfarida I., Hidayat Unang Supratman A.T., Shiono Y. Flavonoid Compounds from the Leaves of *Kalanchoe prolifera* and Their Cytotoxic Activity against P-388 Murine Leukimia Cells // Natural Product Sciences. 2017. Vol. 23(2). Pp. 139–145. <https://doi.org/10.20307/nps.2017.23.2.139>.
17. Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdullaev N.D. Phenolic compounds from the aerial part of *Perovskia angustifolia* // Chem. Nat. Compd. 2023. Vol. 59. Pp. 170–172. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-03945-5>.
18. Nadeem M., Imran M., Aslam Gondal T., Imran A., Shahbaz M., Muhammad Amir R., Wasim Sajid M., Batoool Qaisrani T., Atif M., Hussain G. Therapeutic Potential of Rosmarinic Acid: A Comprehensive Review // Applied Sciences. 2019. Vol. 9(15). Article 3139. <https://doi.org/10.3390/app9153139>.
19. Попов А.М., Кривошапко О.Н., Климович А.А., Артюков А.А. Биологическая активность и механизмы лечебного действия розмариновой кислоты, лютеолина и его сульфатированных производных // Биомедицинская химия. 2016. Т. 62 (1). С. 22–30.
20. Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., Birkova A. Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism, and Bioactivity // Bioactive Compounds in Health and Disease. 2020. Vol. 3(4). Pp. 74–81.
21. Долгих О.В., Дианова Д.Г., Ширинкина А.С., Бомбела Т.В. Иммуномодулирующие свойства растительных полифенолов в экспериментальной модели *in vitro* // Медицинская иммунология. 2024. Т. 26(1). С. 143–150. <https://doi.org/10.15789/1563-0625-IPO-2655>.
22. Imran M., Rauf A., Abu-Izneid T., Nadeem M., Shariati M.A., Khan I.A., Imran A., Orhan I.E., Rizwan M., Atif M., Gondal T.A., Mubarak M.S. Luteolin, a flavonoid, as an anticancer agent: A review // Biomed Pharmacother. 2019. Vol. 112. Article 108612. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108612>.
23. Sasmakov S.A., Gazizov F.Yu., Putieva Zh.M., Wende K., Alresly Z., Lindequist U. Neutral lipids, phospholipids, and biological activity of extracts from *Zygophyllum oxianum* // Chem. Nat. Compd. 2012. Vol. 48. Pp. 11–15. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0148-x>.

Поступила в редакцию 15 декабря 2024 г.

После переработки 16 февраля 2025 г.

Принята к публикации 20 марта 2026 г.

Mullabaeva S.Kh.¹, Bobakulov Kh.M.^{1,2}, Siddikov D.R.¹, Botirov E.Kh.^{1*}, Sasmakov S.A.¹, Azimova Sh.S.¹ CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF COMPONENTS OF THE AERIAL PART AND ROOTS OF *PEROVSKIA BOTSCHANTZEVII*

¹ Institute of the Chemistry of Plant Substances named after academician S.Yu. Yunusov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 77, Mirzo Ulugbeka str., 100170, Tashkent, Uzbekistan, botirov-nepi@mail.ru

² National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", 39, Kary Niyoziy, str. 100000, Tashkent, Uzbekistan

The component composition of the essential oil (EO) and hexane extract of the roots, as well as flavonoids and phenolic carboxylic acids of the aerial part of the plant *Perovskia botschantzevii* Kovalevsk. & Koczka, growing in the territory of the Forish district of the Jizzakh region of the Republic of Uzbekistan, were studied. In total, 36 compounds were characterized in the EO by GC-MS, which is 96.4% of the total amount of oil, and 15 substances were in the hexane extract, which makes up 57.5% of the extract. The major components of the EO are β -trans-caryophyllene, trans- β -farnesene, amorpho-4,11-diene, α -curcumene, caryophyllene oxide, α -cedrene. The dominant components in the hexane extract were oxygenated diterpenes, the major components were ferruginol, di(ethylhexyl)phthalate, aromadendren and salvicanol.

Five individual phenolic compounds were isolated from various fractions of the methanol extract of the aerial parts of *P. botschantzevii*, which, based on the study of the ¹H, ¹³C NMR, HSQC and HMBC spectra, were identified as luteolin, kaempferol, quercetin, caffeic and rosmarinic acids.

The antibacterial and antifungal action of the essential oil, hexane extract of the roots and rosmarinic acid were studied by the disk diffusion method in agar. The results of *in vitro* tests showed that *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* are sensitive to the action of the studied samples to varying degrees. The greatest antibacterial effect is observed in rosmarinic acid against gram-positive bacteria *B. subtilis* and *S. aureus*. Hexane extract exhibits a higher antibacterial effect than essential oil.

Keywords: *Perovskia botschantzevii* Kovalevsk. & Koczka, roots, essential oil, GC-MS analysis, flavonoids, coffee and rosmarinic acids, antimicrobial activity.

For citing: Mullabaeva S.Kh., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Sasmakov S.A., Azimova Sh.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, Online First. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216586>.

References

- Kovalevskaya S.S. *Opredelitel' rasteniy Sredney Azii*. [Identifier of plants of Central Asia]. Tashkent, 1987, vol. 9, pp. 151–155. (in Russ.).
- Mohammadhosseini M., Venditti A., Akbarzadeh A. *Toxin Reviews*, 2021, vol. 40 (4), pp. 484–505. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>.
- Turdiboyev O.A., Turginov O.T. *Uzbekskiy biologicheskiy zhurnal*, 2021, no. 1, pp. 34–38. (in Russ.).
- Turdiboev O.A., Shormanova A.A., Sheludyakova M.B., Akbarov F., Drew B.T., Celep F. *Phytotaxa*, 2022, vol. 543, no. 1, pp. 001–020. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.
- Rastitel'nyye resursy SSSR. Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye. Semeystva Hippuridaceae-Lobeliaceae*. [Plant Resources of the USSR. Flowering Plants, Their Chemical Composition, and Uses. Families Hippuridaceae-Lobeliaceae]. St. Petersburg, 1991, pp. 63–65. (in Russ.).
- Perveen S., AL-Taweel A.M., Fawzy G.A., Ibrahim T.A., Malik A., Khan A. *Asian J. Chem.*, 2014, vol. 26 (18), pp. 6163–6166. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.17001>.
- Ghafourian M., Mazandarani M. *Int. J. Womens Health Reprod. Sci.*, 2016, vol. 5 (4), pp. 295–300. <https://doi.org/10.15296/IJWHR.2017.50>.
- Beikmohammadi M. *Middle-East J. Sci. Res.*, 2012, vol. 11, pp. 189–193.
- Askarova O.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh., Zhuraev M.U., Yarylkaganova A.M., Sasmakov S.A., Azimova Sh.S. *Chem. Nat. Compd.*, 2024, vol. 60, pp. 174–176. <https://doi.org/10.1007/s10600-024-04281-y>.
- Tozhibayev K.Sh., Beshko N.Yu., Esankulov A.S., Batoshov A.R., Azimova D.E. *Kadastr flory Uzbekistana: Dzhibakskaya oblast'*. [Cadastre of the flora of Uzbekistan: Jizzakh region]. Tashkent, 2021, p. 158. (in Russ.).
- Adams R.P. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, ed. 4.1*. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2017, 804 p.
- Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. *Phus. Chem. Ref. Data*, 2011, vol. 40 (4), article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI document M100, 28th Edition*. Wayne, PA, USA, 2018.
- Sharma C., Al Kaabi J.M., Nurulain S.M., Goyal S.N., Kamal M.A., Ojha S. *Curr. Pharm. Des.*, 2016, vol. 22(21), pp. 3237–3264. <https://doi.org/10.2174/1381612822666160311115226>.
- Muradov M.T., Khurramov A.R., Bobakulov Kh.M., Karimov A.M., Botirov E.Kh. *Chem. Nat. Compd.*, 2023, vol. 59, pp. 957–958. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04156-8>.
- Aisyah L.S., Yun Y.F., Herlina T., Julacha E., Zainuddin A., Nurfarida I., Hidayat Unang Supratman A.T., Shiono Y. *Natural Product Sciences*, 2017, vol. 23(2), pp. 139–145. <https://doi.org/10.20307/nps.2017.23.2.139>.
- Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdullaev N.D. *Chem. Nat. Compd.*, 2023, vol. 59, pp. 170–172. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-03945-5>.

* Corresponding author.

18. Nadeem M., Imran M., Aslam Gondal T., Imran A., Shahbaz M., Muhammad Amir R., Wasim Sajid M., Batool Qaisrani T., Atif M., Hussain G. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9(15), article 3139. <https://doi.org/10.3390/app9153139>.
19. Popov A.M., Krivoshapko O.N., Klimovich A.A., Artyukov A.A. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2016, vol. 62 (1), pp. 22–30. (in Russ.).
20. Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., Birkova A. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2020, vol. 3(4), pp. 74–81.
21. Dolgikh O.V., Dianova D.G., Shirinkina A.S., Bombela T.V. *Meditsinskaya immunologiya*, 2024, vol. 26(1), pp. 143–150. <https://doi.org/10.15789/1563-0625-IPO-2655>. (in Russ.).
22. Imran M., Rauf A., Abu-Izneid T., Nadeem M., Shariati M.A., Khan I.A., Imran A., Orhan I.E., Rizwan M., Atif M., Gondal T.A., Mubarak M.S. *Biomed Pharmacother.*, 2019, vol. 112, article 108612. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108612>.
23. Sasmakov S.A., Gazzizov F.Yu., Putieva Zh.M., Wende K., Alresly Z., Lindequist U. *Chem. Nat. Compd.*, 2012, vol. 48, pp. 11–15. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0148-x>.

Received December 15, 2024

Revised February 16, 2025

Accepted March 20, 2026

Сведения об авторах

Муллагаева Севара Хусниддиновна – базовый докторант лаборатории химии терпеноидов и фенольных соединений, mullabayevasevara65@gmail.com

Бобакулов Хайрулла Мамадиевич – кандидат химических наук, заведующий лабораторией физических методов исследований, khayrulla@rambler.ru

Сиддиқов Дониё Рахимович – доктор философии (PhD) по химическим наукам, старший научный сотрудник лаборатории химии терпеноидов и фенольных соединений, drsiddiqov@mail.ru

Ботиров Эркин Хожжақбарович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии терпеноидов и фенольных соединений, botirov-nepi@mail.ru

Сасмаков Собирджан Анарматович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, sasmakov@web.de

Азимова Шахноз Садыковна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией молекулярной генетики, genlab_icps@yahoo.com

Information about authors

Mullabaeva Sevara Khusniddinovna – basic doctoral student of the laboratory of chemistry of terpenoids and phenolic compounds, mullabayevasevara65@gmail.com

Bobakulov Khayrulla Mamadiyevich – candidate of chemical sciences, head of the laboratory of physical research methods, khayrulla@rambler.ru

Siddikov Donieyo Rakhimovich – Doctor of Philosophy (PhD) in Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, drsiddiqov@mail.ru

Botirov Erkin Khozhaykbarovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, botirov-nepi@mail.ru

Sasmakov Sobirzhan Anarmatovich – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, sasmakov@web.de

Azimova Shakhnoz Sadykovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Molecular Genetics, genlab_icps@yahoo.com