

УДК 615.322:547.913+543.544.45

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ КОРНЕЙ *PEROVSKIA* *ANGUSTIFOLIA* И ИХ АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

© М.У. Жураев¹, Х.М. Бобакулов^{1,2}, О.К. Аскарлова³, Д.Б. Турдалиев¹, С.А. Сасмаков¹, Э.Х. Ботиров^{1*},
Ш.С. Азимова¹

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

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

³ Наманганский инженерно-технологический институт, ул. Касансайская,
7, Наманган, 160115, Узбекистан

Изучен компонентный состав эфирного масла (ЭМ), полученного методом гидродистилляции, а также гексанового экстракта корней растения *Perovskia angustifolia* Kudr., произрастающего на территории Наманганской области (перевал Камчик) Республики Узбекистан. Всего в составе эфирного масла охарактеризовано 52 соединения, что составляет 88.6% от общего количества масла, а в составе гексанового экстракта – 15 веществ, составляющих 74.0% от общего количества экстракта. В составе ЭМ преобладают сесквитерпены и окисленные сесквитерпены. Мажорными компонентами ЭМ являются аромадендрен, леодол, спатуленол, (*E*)- β -фарнезен, *tau*-кадинол. Доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены, сесквитерпены и соединения других классов, а мажорными компонентами являются ферругинол, ди(этилгексил) фталат, аромадендрен и сальвиканол.

Из различных фракций 80%-ного спиртового экстракта корней *P. angustifolia* выделили три индивидуальных фенольных соединения, которые на основании изучения спектров ¹H, ¹³C ЯМР, HSQC и HMBC идентифицировали с криптотаншиноном, кофейной и розмариновой кислотами.

Антибактериальное и противогрибковое действие экстрактов корней, криптотаншинона, розмариновой и кофейной кислот исследовали методом диск-диффузии в агаре. Результаты *in vitro* тестов показали, что *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* являются чувствительными к действию всех исследованных образцов в различной степени выраженности. При этом наибольший антибактериальный эффект наблюдается у хлороформного и 80%-ного этанольного экстракта корней и розмариновой кислоты с диаметром зоны ингибирования 18.08±0.12 мм в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*. Все исследованные образцы оказались неактивными в отношении *Escherichia coli* и *Candida albicans*.

Ключевые слова: *Perovskia angustifolia* Kudr., корни, эфирное масло, ГХ-МС анализ, криптотаншинон, кофейная и розмариновая кислоты, антимикробная активность.

Для цитирования: Жураев М.У., Бобакулов Х.М., Аскарлова О.К., Турдалиев Д.Б., Сасмаков С.А., Ботиров Э.Х., Азимова Ш.С. Химический состав компонентов корней *Perovskia angustifolia* и их антимикробная активность // Химия растительного сырья. 2026. №1. Online First. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260115799>.

Введение

Род *Perovskia* Kar. принадлежит семейству яснотковых (*Lamiaceae*) и в нем всего девять видов [1]. Иногда род рассматривают как подрод в составе рода *Salvia* [2, 3]. В Узбекистане встречаются 4 вида растений данного рода, таксономически близкие друг к другу *P. angustifolia* и *P. scrophulariifolia* встречаются относительно часто и их фитоценозы занимают большие площади [2, 3]. Растения рассматриваемого рода являются красивыми и эфиромасличными растениями и все части его, в том числе и корни, используются для получения душистого эфирного масла с высоким содержанием ценных монотерпенов

* Автор, с которым следует вести переписку.

[1, 4]. Цветы помимо эфирных масел (ЭМ) выделяют в большом количестве нектар и являются важным источником меда для медоносных пчел [1, 4].

Perovskia angustifolia Kudr. (перовския узколистная) произрастает в Узбекистане, Киргизии, Туркменистане и Таджикистане, является медоносом и пергааносом [1, 4]. Отвар листьев в Таджикистане используют как антигельминтное средство, настоек и настойка оказывают антибактериальное, ранозаживляющее действие, кратковременно снижают артериальное давление, учащают ритм сокращений сердца. Экстракт листьев обладает противоглистной активностью и используется при кожных заболеваниях, расстройствах желудка и как мочегонное средство [1, 4]. Изучен состав ЭМ листьев и надземной части перовския узколистной, произрастающей в окрестностях селения Арслонбоб Киргизии и на территории Узбекистана [5, 6]. Ранее нами был изучен компонентный состав ЭМ из надземной части *P. angustifolia*, также были выделены флавоноиды цирсимаритин, гесперидин и неопонцирин, апигенин, лютеолин, диосметин, таксифолин и гесперитин [6–8]. В литературе отсутствуют сведения о химическом составе корней *P. angustifolia*. С целью поиска биологически активных веществ и учитывая большие запасы растительного сырья на территории Республики Узбекистан, мы изучали природные компоненты корней данного растения.

Экспериментальная часть

Мы изучали компонентный состав ЭМ и гексанового экстракта корней, собранных на территории Наманганской области (перевал Камчик) Республики Узбекистан в декабре 2022 года. Выделение ЭМ из измельченных воздушно-сухих корней (300 г) осуществляли методом гидродистилляции при атмосферном давлении в течение 3 ч. Полученный дистиллят экстрагировали дихлорметаном, вытяжку эфирного масла сушили безводным сульфатом натрия. ЭМ масло хранилось в холодильнике при $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до использования.

Измельченные корни (4.0 г) экстрагировали при комнатной температуре гексаном в течение 24 ч, экстракт отфильтровали, упаривали при комнатной температуре и передали для изучения методом ГХ-МС.

ГХ-МС анализ. Качественный и количественный состав ЭМ определяли на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975C inert MSD/7890A GC. Разделение компонентов смеси проводили на кварцевой капиллярной колонке Agilent HP-INNOWax (30 м × 250 мкм × 0.25 мкм) в температурном режиме: $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 мин) – $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 мин) – $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 мин). Объем вносимой пробы составлял 1.0 мкм, скорость потока подвижной фазы (H_2) – 1.1 мл/мин. EI-MS спектры были получены 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, 2011) и сравнения индексов удерживания (ИУ) соединений, определенного по отношению к времени удерживания *n*-алканов ($\text{C}_9\text{--C}_{32}$), а также изучения их масс-спектральной фрагментации с таковыми описанными в литературе [9, 10]. Количественное содержание компонентов ЭМ вычисляли из площадей хроматографических пиков.

Выделение индивидуальных веществ. С целью выделения других компонентов измельченные воздушно-сухие корни (10 кг) экстрагировали при комнатной температуре шестикратно 80%-ным этанолом. Объединенный экстракт упаривали в вакууме до 5 л, разбавляли водой в соотношении 1 : 1 и подвергали последовательной жидкость-жидкостной экстракции бензином (6 раз по 2 л), хлороформом (8 раз по 2 л), этилацетатом (8 раз по 2 л) и *n*-бутанолом (6 раз по 2 л). После отгонки растворителей получили 65.0 г бензиновой, 435 г хлороформной, 28 г этилацетатной и 45.0 г *n*-бутанольной фракции. Хлороформную фракцию смешивали с силикагелем (430 г), сушили в течение 12 ч при комнатной температуре, затем – в сушильном шкафу при температуре $45\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 4 ч. Полученную массу помещали в колонку (10.5 × 50 см) и последовательно промывали экстракционным бензином, смесью растворителей бензин-этилацетат в соотношении (9 : 1). Из бензиновых элюатов выпал осадок красно-оранжевого цвета. После перекристаллизации из бензина получили 24.62 г криптотаншинона (1). Этилацетатную фракцию (28 г) хроматографировали на колонке (4.5 × 65 см) с сефадексом LH-20, промывая 80%-ным этанолом. Из элюатов 21–29 упариванием растворителя и перекристаллизацией из водного спирта выделили 0.78 г кофейной кислоты (2), далее из элюатов 34–38 получили 0.23 г розмариновой кислоты (3).

Определение антибактериальной и противогрибковой активности. Для определения антибактериальной и противогрибковой активности ЭМ из надземных частей *P. angustifolia* использовали модифицированный метод диск-диффузии в агаре [11]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерий – *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательные бактерий – *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

Всего в составе ЭМ охарактеризовано 53 соединения, что составляет 88.6% от общего количества масла (табл. 1), а в составе гексанового экстракта – 15 веществ, составляющих 74.0% от общего количества экстракта. В составе ЭМ преобладают сесквитерпены (35.3%), тогда как содержание окисленных сесквитерпенов составляет 24.6%. Мажорными компонентами ЭМ являются аромандрен (19.0%), ледол (6.4%), спатуленол (5.4%), (*E*)- β -фарнезен (5.2%) и *may*-кадиол (5.1%). Доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены (24.8%), сесквитерпены (12.6%) и соединения других классов (31.0%), мажорными компонентами являются ферругинол (18.4%), ди(этилгексил)фталат (12.0%), аромандрен (8.9%) и сальвиканол (6.0%). Интересным является факт обнаружения в составе гексанового экстракта дитерпеноидов и нор-дитерпеноидов абиетанового ряда – дегидроабиетана, ферругинола, сальвиканола и дезоксинимбиола. Главный компонент эфирного масла аромандрен обладает антибактериальными, противовоспалительными, антиоксидантными, инсектицидными и цитотоксическими свойствами [12, 13].

Идентификацию выделенных индивидуальных соединений проводили изучением их спектральных данных УФ, ЯМР ^1H и ^{13}C , а также экспериментов HSQC и HMBC с последующим сопоставлением с таковыми из литературных данных для этих соединений. **Криптоганшинон (1)**. Игольчатые кристаллы красного цвета состава $\text{C}_{19}\text{H}_{20}\text{O}_3$ с т.пл. 190–191 °С. УФ-спектр вещества (λ_{max} , MeOH, nm): 263, 270, 293, 356, 449] характерен для норабиетановидных дитерпенов, содержащих орто-хиноновые группы в кольце С [14].

Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, CDCl_3 , δ , м.д. J/Гц): 1.31 (6H, с, 18- CH_3 , 19- CH_3), 1.36 (3H, д, J=6.8, 17- CH_3), 1.66 (2H, м, H-3), 1.79 (2H, м, H-2), 3.21 (2H, т, J=6.5, H-1), 3.60 (1H, дкд, J=9.3, 6.8, 6.1, H-15), 4.37 (1H, дд, J=9.3, 6.1, H-16a), 4.37 (1H, т, J=9.3, H-16b), 7.49 (1H, д, J=8.2, H-7), 7.64 (1H, д, J=8.2, H-6). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, CDCl_3 , δ , м.д.): 184.37 (C-11), 175.80 (C-12), 170.89 (C-14), 152.48 (C-10), 143.80 (C-5), 132.70 (C-6), 128.49 (C-8), 126.36 (C-9), 122.62 (C-7), 118.41 (C-13), 81.57 (C-16), 37.90 (C-3), 34.96 (C-15), 34.71 (C-4), 32.04 (C-19), 31.99 (C-18), 29.78 (C-1), 19.17 (C-2), 18.95 (C-17).

В результате изучения спектральных данных соединение 1 идентифицировали с криптоганшиноном [14, 15]. Криптоганшинон обладает разнообразным спектром фармакологических свойств, включая противораковую, противовоспалительную, иммунорегуляторную, нейропротекторную и антифиброзную активность [16, 17].

Кофейная кислота (2). Кристаллы желтоватого цвета с т.пл. 216–219 °С (70%-ный этанол). УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, nm): 218, 241, 298 пл, 327. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C идентичны опубликованным данным [18].

Розмариновая кислота (3). Светло-желтое аморфное вещество. УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, nm): 290, 330. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C соответствуют литературным параметрам [18].

Для розмариновой кислоты характерна иммуномодулирующая, противовоспалительная, антимикробная, антиоксидантная, нейропротекторная и антидиабетическая активность [19]. Кофейная кислота используется для профилактики воспаления, рака, нейродегенеративных заболеваний и диабета [20].

Антибактериальное и противогрибковое действие различных образцов из корней *P. angustifolia* исследовали методом диск-диффузии в агаре [21, 22]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: грамположительных бактерий – *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательных бактерий – *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz-221) и грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz-247). Импрегнированные диски с ампициллин/сульбактам, гентамицин и флуконазолом (Himedia) использовали как положительный, а растворители для экстракции – как отрицательный контроль. 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 хлороформного и 80%-ного этанольного экстракта корней и розмариновой кислоты с диаметром зоны ингибирования 18.08 ± 0.12 мм в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*. Все исследованные образцы оказались неактивными в отношении *E. coli* и *C. albicans*.

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла (ЭМ) и гексанового экстракта корней *Perovskia angustifolia*

Компоненты	ИУ	ЭМ, %	Гексановый экстракт, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1,8-Цинеол	1187	0.1	–
Циклогексанон	1245	0.1	–
<i>цис</i> -2,3-Диметилциклогексанон	1314	0.2	–
Камфора	1464	0.1	–
Бензальдегид	1474	0.3	–
Циперен	1494	0.4	–
α -Цедрен	1530	1.0	0.6
Борнилацетат	1532	0.4	–
β -Кариофиллен	1554	2.2	–
Валерена-4,7(11)-диен	1587	0.6	–
Аромандендрен	1603	19.0	8.9
Аморфа-4,11-диен	1616	2.2	1.1
α -Кариофиллен	1621	0.2	–
<i>цис</i> -Муурол-4(15),5-диен	1627	0.2	–
(<i>E</i>)- β -Фарнезен	1643	5.2	2.0
<i>эндо</i> -Борнеол	1648	1.5	–
γ -Мууролен	1712	0.9	–
α -Куркумен	1730	1.3	–
Купарен	1765	0.3	–
<i>транс</i> -Каламенен	1780	1.2	–
<i>цис</i> -Каламенен	1783	0.4	–
Фенилэтанол	1849	0.2	–
Палустрол	1884	0.3	–
Кариофиллен оксид	1924	1.5	–
Ледол	1981	6.4	–
<i>эти</i> -Кубенол	2006	1.1	–
Глобулол	2027	0.2	–
Виридифлорол	2033	0.6	–
α -Цедрол	2062	0.5	–
Спатуленол	2076	5.4	–
<i>цис</i> - α -Копаен-8-ол	2076	–	0.4
Оксид аромандендрена-(2)	2086	0.4	–
<i>тау</i> -Кадинол	2123	5.1	0.8
Изоспатуленол	2152	0.1	–
Кадален	2159	0.2	–
β -Эвдесмол	2176	0.5	–
α -Кадинол	2181	0.5	–
Кариофилладииенол II	2235	0.1	–
Эремофилон	2267	2.0	–
Бензойная кислота	2353	0.4	–
(4 <i>aR</i> ,5 <i>S</i>)-1-Гидрокси-4 <i>a</i> ,5-диметил-3-(пропан-2-илиден)-4,4 <i>a</i> ,5,6-тетрагидронафталин-2(3 <i>H</i>)-он	2390	1.4	–
Дегидроабигетан	2425	2.8	4.4
<i>цис</i> -Ланцеол	2452	0.3	–
Склареол	2598	0.7	0.4
Манул	2605	1.5	–
Не идентифицировано	2663	13.0	15.9
Пальмитиновая кислота	2870	2.6	0.3
Изопимарол	3097	0.2	–
Олеиновая кислота	3109	0.5	0.6
Ди(этилгексил) фталат	3135	–	12.0
Линолевая кислота	3155	0.3	–
Дезоксинимбиол	3224	0.1	2.2
Ферругинол	3232	1.7	18.4
Сальвиканол	3247	0.2	6.0
Оксиленинные монотерпены		3.9	–
Сесквитерпены		35.3	12.6

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Окисленные сесквитерпены		24.6	1.2
Дитерпены		2.8	4.4
Окисленные дитерпены		4.3	24.8
Другие		17.7	31.0
Всего		88.6	74.0

Таблица 2. Антибактериальная и противогрибковая активность образцов из корней растения *Perovskia angustifolia*

Образцы из корней <i>P. angustifolia</i>	Диаметр зоны ингибирования (мм, \pm SD, $P \leq 0.05$)		
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
ЭМ	6.04 \pm 0.10	7.04 \pm 0.10	11.04 \pm 0.10
Бензиновый экстракт	14.04 \pm 0.10	18.04 \pm 0.10	18.04 \pm 0.10
Этилацетатный экстракт	11.04 \pm 0.10	14.08 \pm 0.12	12.04 \pm 0.10
Хлороформный экстракт	17.04 \pm 0.10	22.08 \pm 0.12	19.08 \pm 0.12
80% этанолный экстракт	18.04 \pm 0.10	20.04 \pm 0.10	16.08 \pm 0.12
<i>n</i> -Бутанолный экстракт	15.04 \pm 0.10	16.04 \pm 0.10	15.04 \pm 0.10
Криптотаншинон	12.04 \pm 0.10	15.04 \pm 0.10	14.04 \pm 0.10
Розмариновая кислота	18.04 \pm 0.10	18.08 \pm 0.12	12.04 \pm 0.10
Кофейная кислота	10.04 \pm 0.10	Na	Na
Ампициллин/Сульбактам (10 μ г+10 μ г диск)	31.04 \pm 0.10	29.08 \pm 0.12	Nt
Гентамицин (10 μ г/диск)	Nt	Nt	27.08 \pm 0.12
Флуконазол (25 μ г/диск)	Nt	Nt	Nt

*Na – не активен, Nt – не тестирован.

Выводы

Методом ГХ-МС изучен компонентный состав ЭМ и гексанового экстракта воздушно-сухих корней растения *P. angustifolia*, произрастающего на территории Республики Узбекистан. В составе ЭМ преобладают сесквитерпены и окисленные сесквитерпены. Доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены, сесквитерпены и соединения других классов. Из корней *P. angustifolia* выделены три индивидуальных соединения, которые идентифицированы с криптотаншиноном, кофейной и розмариновой кислотами. Антибактериальное и противогрибковое действие экстрактов корней и выделенных веществ исследовали *in vitro* методом диск-диффузии в агаре. Установлено, что *B. subtilis*, *S. aureus*, и *P. aeruginosa* являются чувствительными к действию всех исследованных образцов в различной степени выраженности. При этом наибольший антибактериальный эффект наблюдается у хлороформного и 80%-ного этанольного экстракта корней и розмариновой кислоты в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований Академии наук Республики Узбекистан.

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. 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>.
2. 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. 1–20. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.

3. Турдибоев О.А., Тургинов О.Т. Таксономический состав рода *Salvia* L. во флоре Узбекистана // *Узбекский биологический журнал*. 2021. №1. С. 34–38.
4. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Hippuridaceae-Lobeliaceae*. СПб, 1991. С. 64.
5. Basher K.H.C., Ozek T., Demirchakmak B., Abduganiev B.Yo., Nuriddinov Kh.R., Aripov Kh.N., Doriev A.S., Karataeva Ch.Sh. Essential oil of *Perovskia angustifolia* from Kyrgyzstan // *Chem. Nat. Compd.* 1997. Vol. 33. Pp. 296–298. <https://doi.org/10.1007/BF02234878>.
6. Аскарлова О.К., Бобакулов Х.М., Сасмаков С.А., Садуллаев Т.Х., Ботиров Э.Х. Компонентный состав и антимикробная активность эфирного масла *Perovskia angustifolia* // *Химия растительного сырья*. 2023. №2. С. 107–113. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211583>.
7. 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>.
8. Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdulalimov O., Turgunov K.K., Tashkhodzhaev B. Flavonoids from the aerial part of *Perovskia angustifolia* // *Chem. Nat. Compd.* 2023. Vol. 59. Pp. 941–943. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04157-7>.
9. 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.
10. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils // *J. Phys. Chem. Ref. Data*. 2011. Vol. 40, no. 4. Article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
11. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI document M100. 28th Edition. Wayne, PA, USA, 2018.
12. Mulyaningsih S., Sporer F., Zimmermann S., Reichling J., Wink M. Synergistic properties of the terpenoids aromadendrene and 1,8-cineole from the essential oil of *Eucalyptus globulus* against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant pathogens // *Phytomedicine*. 2010. Vol. 17. Pp. 1061–1066. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.06.018>.
13. Yan X., Lin J., Liu Z., David S.D., Liang D., Nie S., Ge M., Xue Z., Li W., Qiao J. The Recent Progress of Tricyclic Aromadendrene Type Sesquiterpenoids: Biological Activities and Biosynthesis // *Biomolecules*. 2024. Vol. 14. 1133. <https://doi.org/10.3390/biom14091133>.
14. Tezuka Y., Kasimu R., Basnet P., Nanba T., Kadota Sh. Alodose reductase inhibitory constituents of the root of *Salvia miltiorhiza* Bunge. // *Chem. Pharm. Bulletin*. 1997. Vol. 45, no. 8. Pp. 1306–1311. <https://doi.org/10.1248/cpb.45.1306>.
15. Zhang L., Wang J.-K., Qu Y. 1,6,6-Trimethyl-1,2,6,7,8,9-hexahydrophenanthro[1,2-b]furan-10,11-dione // *Acta Crystallographica Section E: Foundations and Advances*. 2005. Vol. E61. Pp. 3127–3128. <https://doi.org/10.1107/S1600536805027303>.
16. Zhang Y., Jiang P., Ye M., Kim S.-H., Jiang Ch., Lu J. Tanshinones: sources, pharmacokinetics and anticancer activities // *International Journal of Molecular Sciences*. 2012. Vol. 13. Pp. 13621–13666. <https://doi.org/10.3390/ijms131013621>.
17. Li H., Gao Ch., Liu C., Liu L., Zhuang J., Yang J., Zhou Ch., Feng F., Sun Ch., Wu J. A review of the biological activity and pharmacology of cryptotanshinone, an important active constituent in Danshen // *Biomed. Pharmacother.* 2021. Vol. 137. 111332. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111332>.
18. Аскарлова О.К., Бобакулов Х.М., Ганиев А.А., Усманова Н.К., Сасмаков С.А., Эшбоев Ф.Б., Ботиров Э.Х., Азимова Ш.С. Компонентные составы эфирного масла и фенольных соединений надземной части *Lophanthus schtschurovskianus* // *Химия растительного сырья*. 2024. №1. С. 234–241. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240112489>.
19. Alagawany M., Abd El-Hack, Farag M.R., Gopi M., Karthik K., Malik Y.S., Dhama K. Rosmarinic acid: modes of action, medicinal values and health benefits // *Animal Health Research Reviews*. 2017. Vol. 18 (02). Pp. 167–176. <https://doi.org/10.1017/s1466252317000081>.
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. 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>.
22. Ashurova L.N., Bobakulov Kh.M., Ramazonov N.Sh., Sasmakov S.A., Ashirov O.N., Azimova Sh.S., Abdullaev N.D. Essential Oil from the Aerial Part of *Saponaria griffithiana* and *S. officinalis* // *Chem. Nat. Compd.* 2021. Vol. 57. Pp. 970–972. <https://doi.org/10.1007/s10600-021-03527-3>.

Поступила в редакцию 13 сентября 2024 г.

После переработки 7 октября 2024 г.

Принята к публикации 2 февраля 2026 г.

Zhuraev M.U.¹, Bobakulov Kh.M.^{1,2}, Askarova O.K.³, Turdaliev D.B.¹, Sasmakov S.A.¹, Botirov E.Kh.^{1*}, Azimova Sh.S.¹
CHEMICAL COMPOSITION OF *PEROVSKIA ANGUSTIFOLIA* ROOTS COMPONENTS AND THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY

¹ Acad. S.Yu. Yunusov Institute of the Chemistry of Plant Substances AS RUz, st. Mirzo Ulugbeka, 77, Tashkent, 100170, Uzbekistan, botirov-nepi@mail.ru

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

³ Namangan Institute of Engineering and Technology, st. Kasansayskaya, 7, Namangan, 160115, Uzbekistan

The component composition of the essential oil (EO) obtained by hydrodistillation and hexane extract of the roots of the plant *Perovskia angustifolia* Kudr., growing in the territory of the Namangan region (Kamchik pass) of the Republic of Uzbekistan, was studied. In total, 52 compounds were characterized in the composition of the essential oil, which is 88.6% of the total amount of oil, and in the hexane extract there were 15 substances, which are 74.0% of the total amount of the extract. Sesquiterpenes and oxidized sesquiterpenes predominate in the composition of the EO. The major components of the EO are aromadendren, ledol, spathulenol, (E)- β -farnesene, tau-cadinol. The dominant components in the hexane extract were oxidized diterpenes, sesquiterpenes and compounds of other classes, and the major components were ferruginol, di(ethylhexyl) phthalate, aromadendren and salvicanol.

Three individual phenolic compounds were isolated from various fractions of the 80% alcoholic extract of *P. angustifolia* roots, which were identified with cryptotanshinone, caffeic and rosmarinic acids based on the study of ¹H, ¹³C NMR, HSQC and HMBC spectra.

The antibacterial and antifungal effects of the root extracts, cryptotanshinone, rosmarinic and caffeic acids were studied using 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 all the studied samples to varying degrees. The greatest antibacterial effect is observed in chloroform and 80% ethanol extract of roots and rosmarinic acid with an inhibition zone diameter of 18.08±0.12 mm in relation to the gram-positive bacterium *S. aureus*. All the studied samples were inactive against *Escherichia coli* and *Candida albicans*.

Keywords: *Perovskia angustifolia* Kudr., roots, essential oil, GC-MS analysis, cryptotanshinone, caffeic and rosmarinic acids, antimicrobial activity.

For citing: Zhuraev M.U., Bobakulov Kh.M., Askarova O.K., Turdaliev D.B., Sasmakov S.A., Botirov E.Kh., Azimova Sh.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 1, Online First. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260115799>.

References

1. Mohammadhosseini M., Venditti A., Akbarzadeh A. *Toxin Reviews*, 2021, vol. 40 (4), pp. 484–505. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>.
2. Turdiboev O.A., Shormanova A.A., Sheludyakova M.B., Akbarov F., Drew B.T., Celep F. *Phytotaxa*, 2022, vol. 543, no. 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.
3. Turdiboev O.A., Turginov O.T. *Uzbekskiy biologicheskiy zhurnal*, 2021, no. 1, pp. 34–38. (in Russ.).
4. *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, p. 64. (in Russ.).
5. Basher K.H.C., Ozek T., Demirchakmak B., Abduganiev B.Yo., Nuriddinov Kh.R., Aripov Kh.N., Doriev A.S., Karataeva Ch.Sh. *Chem. Nat. Compd.*, 1997, vol. 33, pp. 296–298. <https://doi.org/10.1007/BF02234878>.
6. Askarova O.K., Bobakulov Kh.M., Sasmakov S.A., Sadullayev T.Kh., Botirov E.Kh. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 107–113. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211583>. (in Russ.).
7. 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>.
8. Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdulalimov O., Turgunov K.K., Tashkhodzhaev B. *Chem. Nat. Compd.*, 2023, vol. 59, pp. 941–943. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04157-7>.
9. 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.
10. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2011, vol. 40, no. 4, article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
11. *Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI document M100. 28th Edition*. Wayne, PA, USA, 2018.
12. Mulyaningsih S., Sporer F., Zimmermann S., Reichling J., Wink M. *Phytomedicine*, 2010, vol. 17, pp. 1061–1066. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.06.018>.
13. Yan X., Lin J., Liu Z., David S.D., Liang D., Nie S., Ge M., Xue Z., Li W., Qiao J. *Biomolecules*, 2024, vol. 14, 1133. <https://doi.org/10.3390/biom14091133>.
14. Tezuka Y., Kasimu R., Basnet P., Nanba T., Kadota Sh. *Chem. Pharm. Bulletin*, 1997, vol. 45, no. 8, pp. 1306–1311. <https://doi.org/10.1248/cpb.45.1306>.
15. Zhang L., Wang J.-K., Qu Y. *Acta Crystallographica Section E: Foundations and Advances*, 2005, vol. E61, pp. 3127–3128. <https://doi.org/10.1107/S1600536805027303>.

* Corresponding author.

16. Zhang Y., Jiang P., Ye M., Kim S.-H., Jiang Ch., Lu J. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, vol. 13, pp. 13621–13666. <https://doi.org/10.3390/ijms131013621>.
17. Li H., Gao Ch., Liu C., Liu L., Zhuang J., Yang J., Zhou Ch., Feng F., Sun Ch., Wu J. *Biomed. Pharmacother.*, 2021, vol. 137, 111332. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111332>.
18. Askarova O.K., Bobakulov Kh.M., Ganiyev A.A., Usmanova N.K., Sasmakov S.A., Eshboyev F.B., Botirov E.Kh., Azimova Sh.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 234–241. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240112489>. (in Russ.).
19. Alagawany M., Abd El-Hack, Farag M.R., Gopi M., Karthik K., Malik Y.S., Dhama K. *Animal Health Research Reviews*, 2017, vol. 18 (02), pp. 167–176. <https://doi.org/10.1017/s1466252317000081>.
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. Sasmakov S.A., Gazizov 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>.
22. Ashurova L.N., Bobakulov Kh.M., Ramazonov N.Sh., Sasmakov S.A., Ashirov O.N., Azimova Sh.S., Abdullaev N.D. *Chem. Nat. Compd.*, 2021, vol. 57, pp. 970–972. <https://doi.org/10.1007/s10600-021-03527-3>.

Received September 13, 2024

Revised October 7, 2024

Accepted February 2, 2026

Сведения об авторах

Жураев Мухаммаджон Уктам угли – базовый докторант лаборатории химии терпеноидов и фенольных соединений, muhammadjon_jurayev@mail.ru

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

Аскарова Ойдинхон Каримхон кизи – преподаватель кафедры химической технологии, oydinasqarova90@gmail.com

Турдалиев Дилмуроджон Бурхонжон угли – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, turdaliyevdilmurodjon74@gmail.com

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

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

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

Information about authors

Zhuraev Muhammadzhon Uktam ugli – basic doctoral student of the laboratory of chemistry of terpenoids and phenolic compounds, muhammadjon_jurayev@mail.ru

Bobakulov Khayrulla Mamadiyevich – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Physical Research Methods, khayrulla@rambler.ru

Askarova Oydinkhon Karimkhon Qizi – Lecturer, Department of Chemical Engineering, oydinasqarova90@gmail.com

Turdaliyev Dilmurodjon Burkhonjon Ugli – Junior Researcher, Molecular Genetics Laboratory, turdaliyevdilmurodjon74@gmail.com

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

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

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