

УДК 615.322:547.913

## КОМПОНЕНТНЫЕ СОСТАВЫ ЭФИРНОГО МАСЛА И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *LOPHANTHUS SCHTSCHUROVSKIANUS*

© О.К. Аскарлова<sup>1</sup>, Х.М. Бобакулов<sup>2,3</sup>, А.А. Ганиев<sup>2</sup>, Н.К. Усманова<sup>4</sup>, С.А. Сасмаков<sup>2</sup>, Ф.Б. Эшбоев<sup>2</sup>, Э.Х. Ботиров<sup>2\*</sup>, Ш.С. Азимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Наманганский инженерно-технологический институт, ул. Касансайская, 7, Наманган, 160115, Узбекистан

<sup>2</sup> Институт химии растительных веществ им. С.Ю. Юнусова АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 77, Ташкент, 100170, Узбекистан, [botirov-nepi@mail.ru](mailto:botirov-nepi@mail.ru)

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», ул. Кары Ниёзий, 39, Ташкент, 100000, Узбекистан

<sup>4</sup> Наманганский государственный университет, ул. Уйчинская, 316, Наманган, 160119, Узбекистан

Изучен компонентный состав эфирного масла (ЭМ), полученного методом гидродистилляции из воздушно-сухой надземной части растения *Lophanthus schtschurowskianus* (Regel) Lipsky (гребнецвет Щуровского), произрастающего на территории в Сурхандарьинской области Республики Узбекистан. Методом ГХ-МС в составе ЭМ идентифицировано 57 компонентов, что составляет 93.8% от общего количества масла, из них идентифицировано 52 летучих соединения. Главными компонентами ЭМ являются 1,8-цинеол (13.4%), виридифлорол (8.5%),  $\alpha$ -терпинеол (4.3%), терпинен-4-ол (4.2%),  $\tau$ -кадинол (4.1%),  $\beta$ -спатуленол (3.9%),  $\alpha$ -п-диметилстирен (2.1%). В составе ЭМ преобладают окисленные монотерпены (33.6%) и окисленные сесквитерпены (24.7%), обнаружены также соединения, относящиеся к сесквитерпеновым углеводородам (8.6%). По составу компонентов ЭМ *L. schtschurowskianus* значительно отличается от ЭМ других изученных видов растений рода *Lophanthus*.

Исследовали антибактериальную и противогрибковую активность ЭМ, а также различных экстрактов из надземных частей *L. schtschurowskianus* с использованием модифицированного метода агар-диффузии. Грамположительные бактерии оказали чувствительными к воздействию всех исследованных образцов. Среди исследованных образцов наибольшую антибактериальную активность проявил ЭМ в отношении *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli*.

Из различных фракций 75%-ного спиртового экстракта надземной части *L. schtschurowskianus* выделили три индивидуальных фенольных соединения, которые на основании изучения спектров <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C ЯМР, HSQC и HMBC идентифицировали с кофейной, розмариновой кислотами и лютеолином.

**Ключевые слова:** *Lophanthus schtschurowskianus*, эфирное масло, ГХ-МС анализ, антимикробная активность, фенольные соединения.

**Для цитирования:** 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 schtschurowskianus* // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 234–241. DOI: 10.14258/jcprm.20240112489.

### Введение

Лофант (*Lophanthus*) – род многолетних травянистых растений семейства яснотковых (*Lamiaceae*) представлен более двадцати видами, произрастающими на альпийских или высокогорных районах от 2000 до 4400 м над уровнем моря. Ареал рода охватывает территорию Юго-Западной и Центральной Азии: Турцию, Иран, Афганистан, Монголию, Китай [1–3]. На территории Узбекистана произрастают четыре вида растений данного рода [2]. Из видов *Lophanthus* достаточно хорошо изучен химический состав *L. Anisatus* [4–9]. Доминирующими компонентами ЭМ надземной части лопанта анисового являются

\* Автор, с которым следует вести переписку.

метилхавикол, метилэвгенол и D-лимонен. Из данного растения выделены также фенолкарбоновые кислоты, катехины, флавоны, флавонолы, флаванонолы, кумарины и другие соединения [5–9]. Доминирующими компонентами ЭМ надземной части *L. turcicus* оказались спатуленол, глобулол, леден и пулегон [10]. Главными компонентами ЭМ *L. chinensis* L., произрастающего в Монголии, являются β-фелландрен и β-мирцен [11]. Из растения, собранного в Бурятии, выделены также скополетин, апигенин, лютеолин и его гликозиды, кофейная и розмариновая кислоты, метиловый эфир розмариновой кислоты, иридоид 8-О-ацетилгарпагид и др. [12]. Пять новых и одиннадцать известных абиетановых дитерпенов были выделены из надземной части *L. chinensis*, используемой в монгольской традиционной фитотерапии [13]. Другие виды растений рассматриваемого рода практически не изучены.

*Lophanthus schtschurowskianus* (Regel) Lipsky (гребнецвет Щуровского) произрастает на каменистых и щебнистых, реже каменисто-мелкоземных склонах в среднем и верхнем поясе гор (Тянь-Шань, Ферганский хребет, Памиро-Алай) Ферганской, Самаркандской и Сурхандарьинской областей Республики Узбекистан [2]. По результатам качественного анализа данное растение содержит сапонины, алкалоиды, настойка из него в эксперименте обладает гипотензивными свойствами [4]. С целью поиска биологически активных соединений нами изучен состав ЭМ и фенольных соединений надземной части *L. schtschurowskianus*.

### Экспериментальная часть

Использованная в настоящей работе надземная часть *L. schtschurowskianus* заготовлена в период массового цветения (июнь 2021 г.) в окрестностях Саридала Сурхандарьинской области Республики Узбекистан. Вид идентифицировал канд. биол. наук О.М. Нигматуллаев в лаборатории лекарственных и технических растений Института химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова АН РУз (гербарный номер 2135).

Выделение ЭМ из 200 г измельченной воздушно-сухой наземной части осуществляли методом гидродистилляции при атмосферном давлении. Дистиллят отгоняли в течение 3 ч, используя аппарат Clevenger. ЭМ из дистиллята выделили жидкость-жидкостной экстракцией дихлорметаном. Растворитель отгоняли, ЭМ сушили безводным сульфатом натрия. Полученное ЭМ представляет собой бледно-желтую подвижную жидкость со специфическим характерным запахом. Выход масла 0.36%. ЭМ хранилось в холодильнике при -4 °С до использования.

**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 °С (2 мин) – 4 °С/мин до 220 °С (10 мин) – 1 °С/мин до 240 °С (10 мин). Объем вносимой пробы составлял 1.0 мкм, скорость потока подвижной фазы (H<sub>2</sub>) – 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 (C<sub>9</sub>–C<sub>32</sub>), а также изучения их масс-спектральной фрагментации с таковыми описанными в литературе [14–16]. Количественное содержание компонентов эфирных масел вычисляли из площадей хроматографических пиков.

**Определение антибактериальной и противогрибковой активности.** Для определения антибактериальной и противогрибковой активности ЭМ и экстрактов из надземных частей *L. schtschurowskianus* использовали модифицированный метод диск-диффузии в агар [17]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерии – *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.

**Выделение фенольных соединений.** Воздушно-сухую измельченную надземную часть *L. schtschurowskianus* (3.5 кг) шестикратно экстрагировали 80%-ным этиловым спиртом. Объединенный экстракт упаривали на вакуум-ротационном испарителе при температуре 65–70 °С, выпавший осадок отфильтровали, фильтрат отгоняли в вакууме. Остаток (430 г) смешивали с силикагелем (430 г), высушивали в сушильном шкафу при температуре 70 °С, затем фракционировали на колонке, промывая колонку последовательно экстракционным бензином, хлороформом, смесью растворителей хлороформ : этилацетат

(75 : 25, 50 : 50, 25 : 75), этилацетатом, смесью этилацетат : этанол (75 : 25, 50 : 50). Фракции собирали по 1000 мл. При элюировании колонки смесью хлороформ : этилацетат (75 : 25) получили 10.54 г суммы веществ, далее рехроматографировали на колонке (4.5×65см) с сефадексом LH-20 и элюировали 80%-ным этиловым спиртом. Методом рехроматографирования отдельных фракций на колонке с сефадексом LH-20 выделили 10 мг L.sch.-2, 23.8 мг розмариновой кислоты (L.sch.-4), 25 мг лютеолина (L.sch.-3) и 13 мг кофейной кислоты (L.sch.-1).

### Обсуждение результатов

Изучен компонентный состав ЭМ из воздушно-сухой надземной части растения *L. schtschurowskianus*. Методом ГХ-МС в составе ЭМ идентифицировано 57 компонентов, что составляет 93.8% от общего количества масла (табл. 1), из них идентифицировано 52 летучих соединения. Главными компонентами ЭМ являются 1,8-цинеол (13.4%), виридифлорол (8.5%),  $\alpha$ -терпинеол (4.3%), терпинен-4-ол (4.2%),  $\tau$ -кадинол (4.1%),  $\beta$ -спатуленол (3.9%),  $\alpha$ -*n*-диметилстирен (2.1%).

В составе ЭМ преобладают окисленные монотерпены (33.6%) и окисленные сесквитерпены (24.7%), обнаружены также соединения, относящиеся к сесквитерпеновым углеводородам (8.6%). ЭМ содержит незначительное количество монотерпеновых углеводородов (3.9%). По качественному и количественному составу компонентов ЭМ *L. schtschurowskianus* значительно отличается от ЭМ других изученных видов растений рода *Lophanthus* [7, 10, 11].

Исследовали антибактериальную и противогрибковую активность ЭМ, а также различных экстрактов из надземных частей *L. schtschurowskianus* с использованием модифицированного метода агар-диффузии [17, 18]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: *Bacillus subtilis* (RKMUz – 5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz – 221) и грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz – 247).

Результаты приведены в таблице 2. Грамположительные бактерии оказались чувствительными к воздействию всех исследованных образцов. Среди них наибольшую антибактериальную активность проявил ЭМ, полученное методом пародистилляции в отношении *B. subtilis* (15 мм), *S. aureus* (12 мм), *E. coli* (16 мм) и *P. aeruginosa* (8 мм). 70%-ный этанольный экстракт не проявлял антибактериальную и противогрибковую активность в отношении всех изученных штаммов микроорганизмов.

Более высокая активность ЭМ по сравнению с экстрактами из надземных частей растения может быть обусловлена наличием и значительным содержанием в его составе окисленного монотерпена 1,8-цинеола (табл. 1) [19]. 1,8-Цинеол обладает умеренно выраженной антиэкссудативной и цитотоксической активностью, ему также характерны анальгетические и противоопухолевые свойства. Его используют при хронических и воспалительных респираторных заболеваниях, таких как бронхит или простуда дыхательных путей, а также при астме и сенной лихорадке [20, 21].

Продолжая исследование компонентов *L. schtschurowskianus*, из различных фракций 75%-ного спиртового экстракта надземной части выделили индивидуальные соединения 1–3.

**Соединение 1** представляет собой бесцветные кристаллы с  $T_{пл.}=221–223$  °С. УФ-спектр ( $\lambda_{max}$ , MeOH, нм): 325, 299, 235. Спектр ЯМР  $^1H$  (600 МГц, DMSO- $d_6$ +CCl $_4$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 6.08 (1H, д, J=15.8, H-8), 6.72 (1H, д, J=8.1, H-5), 6.85 (1H, дд, J=8.1, 2.1, H-6), 6.96 (1H, д, J=2.1, H-2), 7.38 (1H, д, J=15.8, H-7). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (150 МГц, DMSO- $d_6$ +CCl $_4$ ,  $\delta$ , м.д.): 125.62 (C-1), 114.16 (C-2), 145.34 (C-3), 147.83 (C-4), 115.44 (C-5), 120.65 (C-6), 144.29 (C-7), 114.89 (C-8), 167.59 (C-9). На основании изучения спектров  $^1H$ ,  $^{13}C$  ЯМР соединение **2** идентифицировали с кофейной кислотой [22].

**Соединение 2** представляет собой вещество с  $T_{пл.}=171–172$  °С. УФ-спектр ( $\lambda_{max}$ , MeOH, нм): 290, 330. Спектр ЯМР  $^1H$  (600 МГц, DMSO- $d_6$ +CCl $_4$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 2.95 (1H, дд, J=14.4, 8.6, H-7'a), 3.05 (1H, дд, J=14.4, 4.2, H-7'b), 5.08 (1H, дд, J=8.6, 4.2, H-8'), 6.31 (1H, д, J=15.8, H-8), 6.59 (1H, дд, J=8.0, 2.1, H-6'), 6.70 (1H, д, J=8.0, H-5'), 6.74 (1H, д, J=2.1, H-2'), 6.83 (1H, д, J=8.2, H-5), 7.06 (1H, дд, J=8.2, 2.1, H-6), 7.12 (1H, д, J=2.1, H-2), 7.52 (1H, д, J=15.8, H-7). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (150 МГц, DMSO- $d_6$ +CCl $_4$ ,  $\delta$ , м.д.): 125.59 (C-1), 114.94 (C-2), 145.83 (C-3), 148.86 (C-4), 116.03 (C-5), 121.96 (C-6), 146.13 (C-7), 113.55 (C-8), 166.26 (C-9), 127.68 (C-1'), 116.91 (C-2'), 145.13 (C-3'), 144.20 (C-4'), 115.63 (C-5'), 120.32 (C-6'), 36.36 (C-7'), 73.23 (C-8'), 171.25 (C-9'). Соединение **2** на основании изучения спектров  $^1H$ ,  $^{13}C$  ЯМР, HSQC и HMBC идентифицировали с розмариновой кислотой [23].

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла *L. schtschurowskianus*

Компоненты	ИУ	Содержание, %	Компоненты	ИУ	Содержание, %
2-Карен	1155	0.3	Миртенол	1734	0.5
2-Метилбутанол	1173	0.3	$\beta$ -Спатуленол	1765	3.9
1,8-Цинеол	1184	13.4	Карвеол	1781	0.8
<i>m</i> -Цимен	1235	1.5	<i>n</i> -Цимен-8-ол	1793	0.9
Циклогексанон	1245	0.3	(Е)-3-Октадецен	1839	0.3
(Е)-3-Гексенол	1339	1.0	$\alpha$ -Калакорен	1855	0.7
$\alpha$ - <i>n</i> -Диметилстирен	1397	2.1	Эпикубенол	1997	0.6
Не идентифицировано	1404	7.0	Каприловая кислота	2001	0.7
1-Октен-3-ол	1416	0.4	Виридифлорол	2022	8.5
$\alpha$ -Камфонелаль	1446	0.3	Кубенол	2043	1.1
Муравьиная кислота	1452	1.1	Спатуленол	2062	2.8
Не идентифицировано	1463	1.6	Эвгенол	2089	0.4
1,4-Диметил-4-ацетилциклогексен	1472	0.5	Не идентифицировано	2097	1.2
Дигидроэдулан II	1459	0.7	$\tau$ -Кадинол	2109	4.1
$\beta$ -Боурбонен	1484	0.3	Тимол	2121	0.4
Линалил формиат	1513	1.9	Карвакрол	2145	1.1
Кариофиллен	1553	0.6	$\gamma$ -Эвдесмол	2155	0.3
Терпинен-4-ол	1557	4.2	$\alpha$ -Эвдесмол	2160	0.7
(-)-Мирценаль	1569	0.5	Леден оксид-(II)	2203	1.0
Сабинил ацетат	1599	1.0	Аромадендран-4,10-диол	2209	0.8
Не идентифицировано	1607	1.1	Эвдесм-7(11)-ен-4-ол	2224	0.4
$\alpha$ -Фелландрен-8-ол	1613	0.5	Аллоармадендрен	2260	2.1
$\alpha$ -Гумулен	1620	0.5	Гексагидрофарнезол	2299	0.5
(5Е)-2,6-Диметил-окта-5,7-диен-2-ол	1624	0.5	Манол	2584	1.5
<i>cis-n</i> -Мента-2,8-диен-1-ол	1637	1.5	Изоваленсенол	2613	1.6
Вербенон	1642	1.4	<b>Монотерпеновые углеводороды</b>		3.9
$\alpha$ -Терпинил ацетат	1646	0.7	<b>Сесквитерпеновые углеводороды</b>		8.6
$\alpha$ -Терпинеол	1650	4.3	<b>Окисленные монотерпены</b>		33.6
(-)-Карвон	1674	0.2	<b>Окисленные сесквитерпены</b>		24.7
Не идентифицировано	1687	4.4	<b>Другие</b>		23.0
$\delta$ -Кадинен	1710	1.9	<b>Всего</b>		93.8
Селина-3,7(11)-диен	1727	0.9			

Таблица 2. Противомикробная активность образцов *L. schtschurowskianus*

Образцы	Диаметр зоны ингибирования (мм, $\pm$ SD, $P \leq 0.05$ )				
	Грамположительные бактерии		Грамотрицательные бактерии		Условно-патогенный грибок
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
Эфирное масло	15.04 $\pm$ 0.10	12.08 $\pm$ 0.12	8.12 $\pm$ 0.13	16.16 $\pm$ 0.20	Н.а.
Бензиновый экс.	6.04 $\pm$ 0.10	7.08 $\pm$ 0.12	Н.а.	Н.а.	Н.а.
Хлороформный экс.	6.04 $\pm$ 0.10	7.08 $\pm$ 0.12	Н.а.	Н.а.	Н.а.
<i>n</i> -Бутанольный экс.	6.04 $\pm$ 0.10	8.08 $\pm$ 0.12	Н.а.	Н.а.	Н.а.
Этилацетатный экс.	8.08 $\pm$ 0.12	6.08 $\pm$ 0.12	Н.а.	Н.а.	Н.а.
Ампициллин (10 $\mu$ г/диск)	26.04 $\pm$ 0.10	27.08 $\pm$ 0.12	Н.т.	Н.т.	Н.т.
Цефтриаксон (30 $\mu$ г/диск)	Н.т.	Н.т.	26.12 $\pm$ 0.13	28.16 $\pm$ 0.20	Н.т.
Флуконазол (25 $\mu$ г/диск)	Н.т.	Н.т.	Н.т.	Н.т.	29.04 $\pm$ 0.10

Н.а. – не активный; Н.т. – не тестируемый; экс. – экстракт

**Соединение 3** состава  $C_{15}H_{10}O_6$ ,  $T_{пл.} = 227-229$  °С, УФ-спектр ( $I_{max}$ , EtOH, нм): 257, 265 пл., 356;  $^1H$  ЯМР-спектр (600 МГц,  $DMCO-d_6 + CCl_4$ ,  $d$ , м.д.): 6.11 (1H, д,  $J=2.1$ , H-6), 6.34 (1H, д,  $J=2.1$ , H-8), 6.48 (1H, с, H-3), 6.84 (1H, д,  $J=8.3$ , H-5'), 7.29 (1H, дд,  $J=8.3$ , 2.3, H-6'), 7.32 (1H, д, 2.3, H-2'), 9.12 (1H, уш. с, 3'-OH), 9.51 (1H, уш. с, 4'-OH), 10.43 (1H, уш. с, 7-OH), 12.82 (1H, с, 5-OH); Спектр ЯМР  $^{13}C$  (150 МГц,  $DMCO-d_6 + CCl_4$ ,  $\delta$ , м.д.): 163.64 (C-2), 102.63 (C-3), 181.32 (C-4), 161.57 (C-5), 98.61 (C-6), 163.87 (C-7), 93.40 (C-8), 157.14 (C-9), 103.68 (C-10), 121.52 (C-1'), 113.03 (C-2'), 145.48 (C-3'), 149.33 (C-4'), 115.64 (C-5'), 118.26 (C-6'). На основании изучения спектров  $^1H$ ,  $^{13}C$  ЯМР, HSQC и HMBC соединение **3** идентифицировали с лютеолином [24].

Лютеолин, кофейная и розмариновая кислоты ранее обнаружены в *L. chinensis* L. [12], лютеолин и кофейная кислота были выделены из *L. anisatus* [5, 6, 9].

Для розмариновой кислоты характерна иммуномодулирующая, противовоспалительная, антимикробная, антиоксидантная, нейропротекторная и антидиабетическая активность [25]. Кофейная кислота используется для профилактики воспаления, рака, нейродегенеративных заболеваний и диабета [26]. Лютеолин обладает противовоспалительным, антиоксидантным, антиканцерогенным и цитотоксическим действием в отношении клеток опухолей и усиливает действие противораковых лекарственных веществ [27].

### Выводы

Методом ГХ-МС изучен компонентный состав ЭМ воздушно-сухой надземной части *L. schtschurowskianus* и изучена ее антибактериальная активность. Доминирующим компонентом ЭМ надземной части является 1,8-цинеол. Надземная часть растения может служить источником 1,8-цинеола, используемого при бронхите, простуде дыхательных путей, хронических и воспалительных респираторных заболеваниях. Показано, что ЭМ из надземной части *L. schtschurowskianus*, проявляет заметный антимикробный и противогрибковый эффект по отношению тест-штаммов грамположительных, грамотрицательных бактерий, при этом наиболее чувствительными к воздействию ЭМ оказались *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Из различных фракций 75%-ного спиртового экстракта надземной части выделены и идентифицированы кофейная и розмариновая кислоты, лютеолин.

### Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Наманганского инженерно-технологического института, Института химии растительных веществ имени С.Ю. Юнусова, Национального исследовательского университета «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Наманганского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

### 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. Буданцев А.Л. Система и конспект рода *Lophanthus* (*Lamiaceae*) // Ботанический журнал. 1992. Т. 77, №9. С. 69–77.
2. Флора Узбекистана. Ташкент, 1961. Т. 5. С. 295–297.
3. Dirmenci T., Yildiz B., Hedge I.C., Firat M. *Lophanthus* (*Lamiaceae*) in Turkey: a new generic record and a new species // Turk. J. Bot. 2010. Vol. 34. Pp. 123–129. DOI: 10.3906/bot-0907-74.
4. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Hippuridaceae-Lobeliaceae*. СПб, 1991. С. 44–45.
5. Чумакова В.В., Попова О.И. Лофант анисовый (*Agastache foeniculum* L.) – перспективный источник получения лекарственных средств // Фармация и фармакология. 2013. №1. С. 39–43.
6. Сапарклычева С.Е. Химический состав лопанта анисового [*Lophanthus anisatus* L. (Benth.)] // Аграрное образование и наука. 2019. №4. С. 16–20.
7. Великородов А.В., Ковалев В.Б., Тырков А.Г., Дегтярев О.В. Изучение химического состава и противогрибковой активности эфирного масла *Lophanthus anisatus* // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 143–146.
8. Патент №2433166 (РФ). Способ получения и состав эфирного масла из лопанта анисового / В.Б. Ковалев, А.Г. Тырков, А.В. Великородов, С.Б. Носачев, О.В. Дегтярев. – 2011.
9. Stefan D-S., Popescu M., Luntraru C-M., Suci A., Belcu M., Ionescu L-E., Popescu M., Iancu P., Stefan M. Comparative Study of Useful Compounds Extracted from *Lophanthus anisatus* by Green Extraction // Molecules. 2022. Vol. 27, no. 22. Article 7737. DOI: 10.3390/molecules27227737.
10. Kilic T., Dirmenci T., Carikci S., Goren A.C. Chemical composition of *Lophanthus turcicus* Dirmenci, Yildiz & Hedge. Essential oil from Turkey // American Journal of Essential Oils and Natural Products. 2016. Vol. 4, no. 4. Pp. 06–08.
11. Шатар С., Алтанцэцэг Ш., Ирэхбаяр Ж., Суран Д., Раднаева Л.Д., Жигжитжапова С.В. Исследование эфирного масла *Lophanthus chinensis* из Монголии // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2009. №2(66). С. 314–315.
12. Olennikov D.N., Chirikova N.K., Tankhaeva L.M. Chemical study of *Lophanthus chinensis* // Chem. Nat. Compd. 2010. Vol. 46. Pp. 301–302. DOI: 10.1007/s10600-010-9596-3.

13. Tanaka N., Yamada K., Shimomoto Y., Tsuji D., Itoh K., Kawazoe K., Damdinjav D., Dorjval E., Kashiwada Y. Lophachinins A-E, abietane diterpenes from a Mongolian traditional herbal medicine *Lophanthus chinensis* // *Fitoterapia*. 2020. Vol. 146. Article 104702. DOI: 10.1016/j.fitote.2020.104702.
14. 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. DOI: 10.1007/s10600-021-03527-3.
15. 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, no. 4. Article 043101. DOI: 10.1063/1.3653552.
16. Dong G., Bai X., Aimila A., Aisa H. A., Maiwulanjiang M. Study on Lavender Essential Oil Chemical Compositions by GC-MS and Improved pGC // *Molecules*. 2020. Vol. 25. Article 3166. DOI: 10.3390/molecules25143166.
17. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, CLSI document M02. 13<sup>th</sup> Edition. PA, USA, 2018. 92 p.
18. DIN, Deutsche Institution für Normung e.V., DIN Taschenbuch 222. Medizinische Mikrobiologie und Immunologie. Beuth-Verlag, Berlin, 2004.
19. Cai Z.M., Peng J.Q., Chen Y., Tao L., Zhang Y.Y., Fu L.Y., Long Q.D., Shen X.C. 1,8-Cineole: a review of source, biological activities, and application // *Asian Nat. Prod. Res.* 2021. Vol. 23, no. 10. Pp. 938–954. DOI: 10.1080/10286020.2020.1839432.
20. Koziol A., Stryjewska A., Librowski T., Sałat K., Gawel M., Moniczewski A., Lochyński S. An Overview of the Pharmacological Properties and Potential Applications of Natural Monoterpenes // *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2014. Vol. 14, no. 14. Pp. 1156–1168.
21. Juergens U.R. Anti-inflammatory properties of the monoterpene 1,8-cineole: current evidence for co-medication in inflammatory airway diseases // *Drug Res.* 2014. Vol. 64, no. 12. Pp. 638–646. DOI: 10.1055/s-0034-1372609.
22. Chen C.Y., Kao C.L., Huang S.T., Kuo C.E., Song P.L., Li W.J., Hsu L.T., Li H.T. Secondary Metabolites of Litchi chinensis // *Chem. Nat. Compd.* 2022. Vol. 58. Pp. 107–109. DOI: 10.1007/s10600-022-03608-x.
23. Akoury E. Isolation and Structural Elucidation of Rosmarinic Acid by NMR Spectroscopy // *Am. Res. J. Chem.* 2019. Vol. 1, no. 1. Pp. 17–23.
24. Хушбактова З.А., Файзиева С.Х., Сыров В.Н., Юлдашев М.П., Ботиров Э.Х., Маматханов А.У. Выделение, химический состав и гиполипидемическая активность суммы флавоноидов из *Thermopsis alterniflora* // *Хим. фарм. журнал*. 2001. Т. 35, №3. С. 35–38.
25. Alagawany M., Abd El-Hack M.E., 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, no. 2. Pp. 167–176. DOI: 10.1017/S1466252317000081.
26. Cizmarova V., Hubkova V., Volerazska V., Marekova M., Birkova A. Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism and bioactivity // *Bioactive Compounds in Health and Disease*. 2020. Vol. 3, no. 4. Pp. 74–81. DOI: 10.31989/bchd.v3i4.692.
27. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино, 2013. 310 с.

Поступила в редакцию 19 января 2023 г.

После переработки 2 апреля 2023 г.

Принята к публикации 23 ноября 2023 г.

Askarova O.K.<sup>1</sup>, Bobakulov Kh.M.<sup>2,3</sup>, Ganiev A.A.<sup>2</sup>, Usmanova N.K.<sup>4</sup>, Sasmakov S.A.<sup>2</sup>, Eshboev F.B.<sup>2</sup>, Botirov E.Kh.<sup>2\*</sup>, Asimov Sh.S.<sup>2</sup> COMPONENT COMPOSITIONS OF THE ESSENTIAL OIL AND PHENOLIC COMPOUNDS OF THE AERIAL PART OF *LOPHANTHUS SCHTSCHUROVSKIANUS*

<sup>1</sup> Namangan Institute of Engineering and Technology, Kasansayskaya st., 7, Namangan, 160115, Uzbekistan

<sup>2</sup> Acad. S.Yu. Yunusov Institute of the Chemistry of Plant Substances AS RUz, 77, Mirzo Ulugbeka str., Tashkent, 100170, Uzbekistan, botirov-nepi@mail.ru

<sup>3</sup> National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", 39, Kary Niyoziy str., Tashkent, 100000, Uzbekistan

<sup>4</sup> Namangan State University, Namangan, Uychinskaya st., 316, Namangan, 160119, Uzbekistan

The component composition of the essential oil (EO) obtained by hydrodistillation from the air dried aerial part of the *Lophanthus schtschurowskianus* (Regel) Lipsky, growing in the Surkhandarya region of the Republic of Uzbekistan, was studied. By the GC-MS method were identified 57 components in the composition of EO, which was 93.8% of the total amount of oil, of which 52 volatile compounds were identified. The main components of the essential oil were 1,8-cineol (13.4%), viridiflorol (8.5%),  $\alpha$ -terpineol (4.3%), terpinen-4-ol (4.2%),  $\tau$ -cadinol (4.1%),  $\beta$ -spatulenol (3.9%),  $\alpha$ -p-dimethylstyrene (2.1%). Oxygenated monoterpenes (33.6%) and oxygenated sesquiterpenes (24.7%) predominate in the composition of the essential oil; compounds related to sesquiterpene hydrocarbons (8.6%) were also found. The composition of the EO components of *L. schtschurowskianus* significantly differs from the EOs of other studied plant species of the genus *Lophanthus*.

The antibacterial and antifungal activity of the essential oil, as well as various extracts from the aerial parts of *L. schtschurowskianus*, was studied using a modified agar diffusion method. Gram-positive bacteria were found to be susceptible to all the studied samples. Among the studied samples, the essential oil showed the highest antibacterial activity against *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*.

Three individual phenolic compounds were isolated from various fractions of a 75% alcoholic extract of the aerial part of *L. schtschurowskianus*, which, based on the study of <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C NMR, HSQC and HMBC spectra, were identified as caffeic, rosmarinic acids and luteolin.

**Keywords:** *Lophanthus schtschurowskianus* Kudr., essential oil, GC-MS analysis, antimicrobial activity, phenolic compounds.

**For citing:** Askarova O.K., Bobakulov Kh.M., Ganiev A.A., Usmanova N.K., Sasmakov S.A., Eshboev F.B., Botirov E.Kh., Asimov Sh.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 234–241. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240112489.

## References

1. Budantsev A.L. *Botanicheskiy zhurnal*, 1992, vol. 77, no. 9, pp. 69–77. (in Russ.).
2. *Flora Uzbekistana*. [Flora of Uzbekistan]. Tashkent, 1961, vol. 5, pp. 295–297. (in Russ.).
3. Dirmenci T., Yildiz B., Hedge I.C., Firat M. *Turk. J. Bot.* 2010, vol. 34, pp. 123–129. DOI: 10.3906/bot-0907-74.
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, use. Families Hippuridaceae-Lobeliaceae]. Saint Petersburg, 1991, pp. 44–45. (in Russ.).
5. Chumakova V.V., Popova O.I. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2013, no. 1, pp. 39–43. (in Russ.).
6. Saparklycheva S.Ye. *Agrarnoye obrazovaniye i nauka*, 2019, no. 4, pp. 16–20. (in Russ.).
7. Velikorodov A.V., Kovalev V.B., Tyrkov A.G., Degtyarev O.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 143–146. (in Russ.).
8. Patent 2433166 (RU). 2011. (in Russ.).
9. Stefan D-S., Popescu M., Luntraru C-M., Suci A., Belcu M., Ionescu L-E., Popescu M., Iancu P., Stefan M. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 22, article 7737. DOI: 10.3390/molecules27227737.
10. Kilic T., Dirmenci T., Carikci S., Goren A.C. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 2016, vol. 4, no. 4, pp. 06–08.
11. Shatar S., Altantsetseg Sh., Irekhybayar Zh., Suran D., Radnayeva L.D., Zhigzhitzhapova S.V. *Byulleten' VSnTS SO RAMN*, 2009, no. 2(66), pp. 314–315. (in Russ.).
12. Olenikov D.N., Chirikova N.K., Tankhaeva L.M. *Chem. Nat. Compd.*, 2010, vol. 46, pp. 301–302. DOI: 10.1007/s10600-010-9596-3.
13. Tanaka N., Yamada K., Shimomoto Y., Tsuji D., Itoh K., Kawazoe K., Damdinjav D., Dorjval E., Kashiwada Y. *Fitoterapia*, 2020, vol. 146, article 104702. DOI: 10.1016/j.fitote.2020.104702.
14. 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. DOI: 10.1007/s10600-021-03527-3.
15. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. *Phus. Chem. Ref. Data*, 2011, vol. 40, no. 4, article 043101. DOI: 10.1063/1.3653552.
16. Dong G., Bai X., Aimala A., Aisa H. A., Maiwulanjiang M. *Molecules*, 2020, vol. 25, article 3166. DOI: 10.3390/molecules25143166.
17. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, CLSI document M02. 13<sup>th</sup> Edition*. PA, USA, 2018, 92 p.
18. DIN, Deutsche Institution für Normung e.V., DIN Taschenbuch 222. *Medizinische Mikrobiologie und Immunologie*. Beuth-Verlag, Berlin, 2004.

\* Corresponding author.

19. Cai Z.M., Peng J.Q., Chen Y., Tao L., Zhang Y.Y., Fu L.Y., Long Q.D., Shen X.C. *Asian Nat. Prod. Res.*, 2021, vol. 23, no. 10, pp. 938–954. DOI: 10.1080/10286020.2020.1839432.
20. Koziol A., Stryjewska A., Librowski T., Sałat K., Gawęł M., Moniczewski A., Lochyński S. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 2014, vol. 14, no. 14, pp. 1156–1168.
21. Juergens U.R. *Drug Res.*, 2014, vol. 64, no. 12, pp. 638–646. DOI: 10.1055/s-0034-1372609.
22. Chen C.Y., Kao C.L., Huang S.T., Kuo C.E., Song P.L., Li W.J., Hsu L.T., Li H.T. *Chem. Nat. Compd.*, 2022, vol. 58, pp. 107–109, DOI: 10.1007/s10600-022-03608-x.
23. Akoury E. *Am. Res. J. Chem.*, 2019, vol. 1, no. 1, pp. 17–23.
24. Khushbaktova Z.A., Fayziyeva S.Kh., Syrov V.N., Yuldashev M.P., Botirov E.Kh., Mamatkhanov A.U. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2001, vol. 35, no. 3, pp. 35–38. (in Russ.).
25. Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Farag M.R., Gopi M., Karthik K., Malik Y.S., Dhama K. *Animal Health Research Reviews*, 2017, vol. 18, no. 2, pp. 167–176. DOI: 10.1017/S1466252317000081.
26. Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., Birkova A. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2020, vol. 3, no. 4, pp. 74–81. DOI: 10.31989/bchd.v3i4.692.
27. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov Ye.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina*. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, 2013, 310 p. (in Russ.).

Received January 19, 2023

Revised April 2, 2023

Accepted November 23, 2023

#### Сведения об авторе

Аскарова Ойдин Каримхон кизи – базовый докторант кафедры химических технологий, oydinasqarova90@gmail.com

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

Ганиев Адхамжон Аскарали угли – базовый докторант лаборатории физических методов исследований, adhamjon1385@gmail.com

Усманова Наргиза Кудратуллаевна – базовый докторант кафедры химии, nargiza\_unq@mail.ru

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

Эшбоев Фарход Бакир угли – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, botirov-nepi@mail.ru

Ботиров Эркин Хожиақбарович – 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 author

Askarova Oydin Karimkhon kizi – basic doctoral student of the Department of Chemical Technologies, oydinasqarova90@gmail.com

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

Ganiev Adhamjon Askarali ugli – basic doctoral student of the laboratory of physical research methods, adhamjon1385@gmail.com

Usmanova Nargiza Kudratullaevna – basic doctoral student of the Department of Chemistry, nargiza\_unq@mail.ru

Sasmakov Sobirjan Anarmatovich – Doctor of Biological Sciences, senior researcher at the Laboratory of Molecular Genetics, sasmakov@web.de

Eshboev Farhod Bakir ugli – junior researcher at the Laboratory of Molecular Genetics, botirov-nepi@mail.ru

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

Azimova Shahnoz Sadykovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Molecular Genetics, genlab\_icps@yahoo.com