

УДК 577.1:547.91

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА *LIGULARIA HETEROPHYLLA* RUPR.

© А.И. Макубаева¹, Е.П. Романенко², С.М. Адекенов^{1*}, А.В. Ткачев²

¹ АО «Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия»,
ул. М. Газалиева, 4, Караганда, 100009 (Республика Казахстан), e-mail:
info@phyto.kz

² Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН,
пр. Лаврентьева, 9, Новосибирск, 630090 (Россия)

Объект исследования – сырье бузульника разнолистного (*Ligularia heterophylla* Rupr.), собранного в 2019 г. в Алматинской области Республики Казахстан. Впервые исследованы компонентные составы эфирных масел из надземной и подземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученных методами микроволновой экстракции, а также традиционной гидродистилляцией. Эфирные масла представляли собой подвижные жидкости от светло-желтого до зеленого оттенка с характерными запахами. Компонентный состав определен методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent 6890, оборудованным масс-селективным детектором MSD 5973. Эфирные масла, полученные методом гидродистилляции, содержат в своем составе в основном монотерпены, тогда как в эфирном масле, полученного методом микроволновой экстракции, преобладают сесквитерпены. Впервые изучена антимикробная и противовоспалительная активность образцов эфирных масел бузульника разнолистного. Эфирное масло из подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученное методом микроволновой экстракции, в дозе 25 мг/кг обладает выраженной противовоспалительной активностью, сопоставимой с препаратом «Диклофенак натрия» на модели острой экссудативной реакции.

Ключевые слова: *Ligularia heterophylla* Rupr., гидродистилляция, микроволновая экстракция, эфирное масло, газо-хромато-масс-спектрометрия, биологическая активность.

Работа выполнена по грантовому проекту AP05130575 «Разработка эффективных методов выделения и идентификации новых биологически активных соединений из эфирных масел растений», финансируемого Комитетом науки МОН Республики Казахстан.

Введение

Семейство *Asteraceae*, крупнейший таксон цветковых растений, виды которого широко распространены в мировой флоре и их эфирные масла имеют важную практическую ценность [1–3].

Растения рода *Ligularia* Cass. семейства *Asteraceae* являются многолетними и на территории Казахстана представлены 16 видами, из них 3 эндемичных [4].

Из литературных данных известно, что в растениях рода *Ligularia* Cass. содержатся сесквитерпены, тритерпены, алкалоиды и стероиды [7]. При этом эремофилановые сесквитерпены считаются основными компонентами растений данного рода [8–10]. Изучение компонентного состава эфирного масла *Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mattf. позволило идентифицировать 8 основных терпеноидов, эфирное масло *L. persica*

Макубаева Айгерим – научный сотрудник, магистр химических наук, e-mail: aigerim_091193@mail.ru

Романенко Елена Петровна – ведущий инженер, e-mail: roman@nioch.nsc.ru

Адекенов Сергазы Мынжасарович – академик НАН РК, доктор химических наук, профессор, генеральный директор, e-mail: arglabin@phyto.kz

Ткачев Алексей Васильевич – заведующий лабораторией, доктор химических наук, профессор, e-mail: atkachev@nioch.nsc.ru

Boiss содержит 61 компонент, *L. dictyoneura* (Franch.) Hand.-Mazz. – 37; *L. stenocephala* (Maxim.) Matsum. & Koidz. – 38; *L. amplexicaulis* (Wall.) DC. – 47; *L. fischeri* (Ledeb.) Turcz. – 6, а в *Ligularia fischeri* var. *spiciformis*. – 5 терпеноидов [11–18].

При этом установлена выраженная антибактериальная активность эфирных масел *L. amplexicaulis* (Wall.) DC. и *L. persica* Boiss. [15, 18].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Нами впервые изучен компонентный состав и биологическая активность эфирного масла *Ligularia heterophylla* Rupr. (бузульника разнолистного).

Цель настоящего исследования – изучение компонентных составов эфирных масел из надземной и подземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученных методами микроволновой экстракции и гидродистилляции, а также определение биологической активности их образцов.

Экспериментальная часть

Объект исследования – высушенное сырье надземной части (цветочные корзинки, бутоны, листья) и подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr. (бузульника разнолистного), собранное в фазу цветения в 2019 г. в Карасайском районе в 1,82 км юго-западнее п. Таужолы, хр. Заилийского Алатау Алматинской области Республики Казахстан (1132 м над уровнем моря, N=43°9'20,50'', E=076°46'22.20''). Видовая принадлежность растений установлена кандидатом биологических наук П.В. Веселовой. Гербарный образец хранится в гербарном фонде АО «Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия» (Караганда, Казахстан).

Эфирные масла *Ligularia heterophylla* Rupr. получали путем гидродистилляции на аппарате Клевенд-жера в течение 2 ч и сушили над безводным сульфатом натрия, затем хранили в закрытых флаконах в темном месте при температуре 4 °С [5].

Методом микроволновой экстракции на установке NEOS Essential Oils System получили эфирное масло при атмосферном давлении – 101.325 кПа. В мерный стакан на 2 л загружали 100 г сырья и приливали воду так, чтобы 1/3 стакана оставалось незаполненной. Технологический режим: время экстракции – 90 мин, температура – 100 °С, мощность излучения – 550 Вт.

Анализ компонентного состава эфирных масел проводился с использованием газового хроматографа Agilent 6890, оборудованного масс-селективным детектором MSD 5973 (Agilent) на капиллярной колонке HP5 (5% дифенил и 95% диметилсилоксан, 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм (толщина пленки)). Температура инжектора составляет 280 °С. Температуру колонки программировали следующим образом: 2 мин при 50 °С, повышение температуры со скоростью от 4 град/мин до 240 °С, а затем со скоростью от 20 град/мин до 280 °С, изотермический период 5 мин. В качестве газа-носителя использовали гелий (1.0 мл/мин). Условия масс-селективного детектора были следующие: напряжение ионизации 70 эВ, диапазон сбора данных 30–650 а.е.м., скорость сбора данных 1.2 сканирования/с. В хроматограф вводили 1.0 мкл образца (раствор эфирного масла в гексане, 8.0 мкл на 0.5 мл) с разделением потока 100 : 1. Смесь нормальных углеводов C8–C24 была добавлена к образцу в качестве стандарта для определения линейных показателей удержания.

Компоненты эфирных масел идентифицированы путем сравнения их масс-спектров и линейных индексов удерживания (относительно алканов C8–C24) с данными, представленными в базе данных [6, 19]. Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям газохроматографических пиков, вычисленных с помощью пакета Agilent ChemStation без использования корректирующих коэффициентов. За 100% принимали сумму площадей пиков компонентов с линейными индексами удерживания в диапазоне 900–2200.

Антимикробная активность образцов эфирных масел определялась на штаммах грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, грамотрицательных штаммов *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и на дрожжевых грибах *Candida albicans* методом диффузии в агар (лунок). Препараты сравнения – линкомицина гидрохлорид для бактерий и нистатин для дрожжевого грибка *C. albicans* [20].

Противовоспалительную активность изучали на модели острой экссудативной реакции с препаратом сравнения «Диклофенак натрия» в дозе 25 мг/кг [21].

Обсуждение результатов

Эфирные масла *Ligularia heterophylla* Rupr., извлеченные из надземной части, полученные методами гидродистилляции и микроволновой экстракции, представляют собой подвижные светло-желтые жидкости с характерным запахом. Выход эфирных масел, полученных вышеуказанными двумя методами, составил 0.06 и 0.07% соответственно (в пересчете на воздушно-сухое сырье).

Методом хромато-масс-спектрометрии в эфирном масле из надземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученного методом гидродистилляции, обнаружено 24 компонента, из них идентифицированы 11 (табл.). Доля идентифицированных компонентов эфирного масла составила 59.22%. Основными компонен-

тами являются (в %): *n*-цимен – 28.22, валенсен – 12.04, неидентифицированный компонент – 7.15, неидентифицированный компонент – 6.49, неидентифицированный компонент – 6.01, 3-карен – 5.75. Эфирное масло *Ligularia heterophylla* Rupr. в основном содержит монотерпены (35.97 %) и сесквитерпены (23.25 %).

По данным хромато-масс-спектрометрии в эфирном масле из надземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученном микроволновой экстракцией, обнаружено 9 компонентов, из них идентифицированы 7. Идентифицированные соединения составляют 64.16% от всех обнаруженных. Основными компонентами являются (в %): неидентифицированный компонент – 33.23, β -оплопенон – 29.31, кариофиллен оксид – 14.75, интермедиол – 7.27. Из идентифицированных компонентов преобладают сесквитерпены – 64.16 %.

Эфирные масла подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученные двумя методами, представляют собой подвижную светло-желтую или зеленоватую жидкость с характерным запахом. Выход эфирных масел, полученных методами гидродистилляции и микроволновой экстракции, составил 0.6 и 0.4% соответственно (в пересчете на воздушно-сухое сырье).

Методом хромато-масс-спектрометрии в эфирном масле из подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученного методом гидродистилляции, обнаружено 34 компонента, из них идентифицированы 22 (табл.). Доля идентифицированных компонентов эфирного масла составила 63.37%. Основными компонентами являются (в %): α -фелландрен – 22.39, неидентифицированный компонент – 10.73, *n*-цимен – 10.06, валенсен – 7.35, неидентифицированный компонент – 7.18. Как видно из таблицы, эфирное масло из корней *Ligularia heterophylla* Rupr. в основном содержит монотерпены (49.33%), сесквитерпены (14.04%).

Компонентный состав эфирных масел надземной и подземной части *Ligularia heterophylla* Rupr.

| № | RT, мин | RI | Компонент | Содержание в надземной части, % | | Содержание в подземной части (корни), % | |
|----|------------|------|--|---------------------------------|-------|---|-------|
| | | | | HD | MWE | HD | MWE |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 7.175 | 926 | 3-туйен | – | – | 0.07 | 0.09 |
| 2 | 7.348 | 932 | α -пинен | 1.12 | – | 4.23 | 3.71 |
| 3 | 8.641 | 973 | сабинен | – | – | 0.14 | 0.17 |
| 4 | 8.706 | 975 | β -пинен | – | – | 0.25 | 0.42 |
| 5 | 9.233 | 991 | β -мирцен | – | – | 3.20 | 2.35 |
| 6 | 9.688 | 1004 | α -фелландрен | – | – | 22.39 | 10.17 |
| 7 | 9.846 | 1010 | Δ^3 -карен | 5.75 | – | 7.27 | 8.13 |
| 8 | 10.164 | 1017 | α -терпинен | – | – | 0.07 | 0.23 |
| 9 | 10.301 | 1022 | <i>m</i> -цимен | 0.88 | – | 0.49 | 0.50 |
| 10 | 10.359 | 1024 | <i>n</i> -цимен | 28.22 | – | 10.06 | 10.09 |
| 11 | 10.525 | 1028 | β -фелландрен | – | – | 0.83 | 1.26 |
| 12 | 11.586 | 1038 | цис- β -оцимен | – | – | 0.11 | 0.22 |
| 13 | 12.597 | 1088 | терпинолен | – | – | 0.22 | 0.37 |
| 14 | 18.474 | 1255 | неидентифицированный компонент | 6.01 | – | 1.35 | 1.06 |
| 15 | 21.419 | 1344 | силфин-1-ен | – | – | 0.26 | 0.57 |
| 16 | 21.448 | 1344 | неидентифицированный компонент | 2.63 | – | – | – |
| 17 | 22.488 | 1377 | неидентифицированный компонент | – | – | 0.41 | 0.46 |
| 18 | 22.986 | 1392 | неидентифицированный компонент | – | – | 1.31 | 1.60 |
| 19 | 23.881 | 1422 | кариофиллен | – | – | 0.63 | 1.02 |
| 20 | 24.574 | 1442 | селина-5-11-диен | – | – | 0.43 | 0.75 |
| 21 | 25.455 | 1471 | 4,5-ди-эпи-аристолохен | 1.25 | – | 0.61 | 0.79 |
| 22 | 25.506 | 1473 | неидентифицированный компонент | – | – | 0.83 | 1.15 |
| 23 | 25.520 | 1472 | неидентифицированный компонент | 1.30 | – | – | – |
| 24 | 25.650 | 1477 | селина-4,11-диен + неидентифицированный компонент (~1 : 1) | 2.5 | – | 1.45 | 1.77 |
| 25 | 26.004 | 1494 | валенсен | 12.04 | – | 7.35 | 9.81 |
| 26 | 26.285 | 1497 | β -дигидро-агарофуран | 0.93 | 3.67 | 0.73 | 2.35 |
| 27 | 26.379 | 1501 | неидентифицированный компонент | – | – | 1.27 | – |
| 28 | 28.740 | 1580 | спатуленол | – | 4.33 | – | – |
| 29 | 28.863 | 1586 | кариофиллен оксид | 1.09 | 14.75 | – | – |
| 30 | 29.635 | 1610 | β -оплопенон | 1.21 | 29.31 | 0.54 | 0.59 |
| 31 | 29.938 | 1625 | 10-эпи-гамма-эвдесмол | – | 2.82 | – | – |
| 32 | 30.234 | 1631 | эремолигенол | – | 2.01 | – | – |
| 33 | 30.913 | 1659 | неидентифицированный компонент | 1.37 | – | 7.18 | 11.40 |
| 34 | 31.021 | 1660 | интермедиол | 4.23 | 7.27 | 2.04 | 2.40 |

Окончание таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---------------------------------|------|--------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| 35 | 31.223 | 1670 | неидентифицированный компонент | 2.31 | – | 0.90 | 1.45 |
| 36 | 31.382 | 1676 | неидентифицированный компонент | 1.70 | – | – | 0.96 |
| 37 | 33.382 | 1750 | неидентифицированный компонент | 6.49 | – | 3.14 | 3.99 |
| 38 | 33.461 | 1753 | неидентифицированный компонент | – | 2.62 | – | – |
| 39 | 34.335 | 1787 | неидентифицированный компонент | 2.33 | – | 1.08 | 1.33 |
| 40 | 34.833 | 1806 | неидентифицированный компонент | 3.24 | – | 4.21 | – |
| 41 | 35.230 | 1821 | неидентифицированный компонент | – | 33.23 | – | – |
| 42 | 36.053 | 1854 | неидентифицированный компонент | 7.15 | – | 10.73 | 13.55 |
| 43 | 37.930 | 1929 | неидентифицированный компонент | 2.38 | – | – | – |
| 44 | 40.760 | 2049 | неидентифицированный компонент | 1.36 | – | – | – |
| 45 | 42.183 | 2111 | неидентифицированный компонент | – | – | 4.21 | 2.91 |
| 46 | 42.233 | 2114 | неидентифицированный компонент | 2.44 | – | – | – |
| 47 | 43.035 | 2150 | неидентифицированный компонент | – | – | – | 0.53 |
| | Итого | | | 99,93 | 100,01 | 99,99 | 100,00 |
| | Монотерпены | | | 35,97 | – | 49,33 | 37,71 |
| | Сесквитерпены | | | 23,25 | 64,16 | 14,04 | 20,05 |
| | Неидентифицированные компоненты | | | 40,71 | 35,85 | 36,62 | 42,24 |

HD – гидродистилляция, MWE - микроволновая экстракция

В эфирном масле из подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученного микроволновой экстракцией, обнаружено 35 компонентов, из них идентифицированы 22. Идентифицированные соединения составляют 57.76% от всех обнаруженных. Основными компонентами являются (в %): неидентифицированный компонент – 13.55, неидентифицированный компонент – 11.40, α -фелландрен – 10.17, *n*-цимен – 10.09, валенсен – 9.81, 3-карен – 8.13. В эфирном масле *Ligularia heterophylla* Rupr. преобладают монотерпены (37.71%) и сесквитерпены (20.05%).

Противовоспалительная активность изучена на модели острой экссудативной реакции на белых беспородных крысах. По результатам биоскрининга выявлено, что эфирное масло из подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученное методом микроволновой экстракции, в дозе 25 мг/кг обладает выраженной противовоспалительной активностью, сопоставимой с препаратом «Диклофенак натрия» на модели острой экссудативной реакции. Эфирные масла из надземной и подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученные методом гидродистилляции, а также эфирное масло из надземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученное методом микроволновой экстракции, в дозе 25 мг/кг проявляют слабую противовоспалительную активность на модели острой экссудативной реакции.

Изучение антимикробной активности эфирных масел *Ligularia heterophylla* Rupr. проводилось на штаммах грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, на грамотрицательных штаммах *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и на дрожжевых грибах *Candida albicans* методом диффузии в агар (лунок). Эфирное масло надземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученное методом гидродистилляции, проявляет выраженную антимикробную активность в отношении грамположительного теста штамма *Staphylococcus aureus*. Эфирные масла подземной части (корни) *Ligularia heterophylla* Rupr., полученные методом гидродистилляции и микроволновой экстракцией, обладают умеренно-выраженной активностью в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*. Эфирное масло надземной части *Ligularia heterophylla* Rupr., полученное методом микроволновой экстракции, проявляет слабую антимикробную активность.

Выводы

Таким образом, впервые выделены эфирные масла из надземной и подземной части *Ligularia heterophylla* Rupr. методами гидродистилляции на аппарате Клевенджера и микроволновой экстракции и изучены компонентные составы выделенных эфирных масел. Применение микроволновой экстракции при выделении эфирных масел *Ligularia heterophylla* Rupr., по сравнению с методом гидродистилляции сокращает продолжительность процесса и повышает выход масла. Эфирные масла, полученные методом гидродистилляции, содержат в своем составе в основном монотерпены, тогда как в эфирном масле, полученном методом микроволновой экстракции, преобладают сесквитерпены.

Впервые проведен скрининг выделенных образцов эфирных масел *Ligularia heterophylla* Rupr. на противовоспалительную и антимикробную активности.

Авторы благодарят заведующую лабораторией фармакологии АО «МНПХ «Фитохимия», канд. медицинских наук Р.Б. Сейдахметову за проведение биоскрининга образцов эфирных масел.

Список литературы

1. Mamadalieva N.Z., Abdullaeva N.S., Rosenau T., Fakhrutdinova M., Azimova S.S., Böhmendorfer S. Composition of essential oils from four Apiaceae and Asteraceae species growing in Uzbekistan // *Natural Product Research*. 2017. Vol. 32. Issue 9. Pp. 1–5. DOI: 10.1080/14786419.2017.1375928.
2. Reidel R.V.B., Nardoni S., Mancianti F., Anedda C., Gendy Abd El-N. G. El., Omer E. A., Pistelli L. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from four Asteraceae plants grown in Egypt // *Zeitschrift für Naturforschung C*. 2018. Vol. 73. Issue 7-8. Pp. 313–318. DOI: 10.1515/znc-2017-0219.
3. Amaral W., Deschamps C., Biasi L. A., Humberto R. B., Machado M. P., Silva L. E. Yield and chemical composition of the essential oil of species of the Asteraceae family from Atlantic Forest, South of Brazil // *Journal of Essential Oil Research*. 2018. Vol. 30. Issue 4. Pp. 278–284. DOI: 10.1080/10412905.2018.1434092.
4. Павлов Н.В. Флора Казахстана. Алма-Ата, 1966. Т. 9. 635 с.
5. Горяев М.И., Плива И. Методы исследования эфирных масел. Алма-Ата, 1962. 750 с.
6. Adams R.P. Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. California, 1989. 302 p.
7. Yang J.-L., Wang R., Shi Y.-P. Phytochemicals and biological activities of *Ligularia* species // *Nat. Prod. Bioprospect*. 2011. Vol. 1. Issue 1. Pp. 1–24. DOI: 10.1007/s13659-011-0003-y.
8. Wu L., Liao Z., Liu C., Jia H., Sun J. Eremophilane Sesquiterpenes from the Genus *Ligularia* // *Chem. Biodiversity*. 2016. Vol. 13. Issue 6. Pp. 645–671. DOI: 10.1002/cbdv.201500169.
9. Xie W.D., Weng C.W., Li X., Row K.H. Eremophilane Sesquiterpenoids from *Ligularia fischeri* // *Helvetica Chimica Acta*. 2010. Vol. 93. Pp. 1983–1989. DOI: 10.1002/hlca.201000010.
10. Huang H.L., Xu Y.J., Liu H.L., Liu X.Q., Shang J.N., Han G.T., Yao M.J., Yuan C.S. Eremophilane-type sesquiterpene lactones from *Ligularia hodgsonii* Hook // *Phytochemistry*. 2011. Vol. 72. Pp. 514–517. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.008.
11. Tang Y.L., Deng Y.R., Wang H.Q. Chemical components of essential oils from the herb of *Ligularia virgaurea* // *China Journal of Chinese Materia Medica*. 2003. Vol. 28. Issue 7. Pp. 627–629.
12. Mirjalili M.H., Youse fzadi M. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ligularia persica* Boiss. (Asteraceae) // *Acta Biologica Szegediensis*. 2012. Vol. 56. Issue 2. Pp. 151–154.
13. Liang Q., Liu J.H., Xu W.H. Chemical composition of the essential oil of *Ligularia dictyoneura* // *Chemistry of Natural Compounds*. 2013. Vol. 49. Issue. 3. Pp. 555–556.
14. Cho H.M., Yun M.S., Yeon B.R., Jhoo J.W., Jung J.U., Park Y.H., Kim S. Characteristics of fragrance and chemical composition of essential oils of *L. fischeri* (Ledeb.) and *L. stenocephala* // *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2012. Vol. 24. Issue. 3. Pp. 58–63.
15. Joshi D., Nailwal M., Mohan L., Melkani A.B. *Ligularia amplexicaulis* (Wall.) DC. Essential oil composition and antibacterial activity // *Journal of Essential Oil Research*. 2018. Vol. 30. Issue 3. Pp. 189–196. DOI: 10.1080/10412905.2018.1427636.
16. Choi H.S. Chemical Composition of the Essential Oils from *Ligularia fischeri* and *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* // *Korean J. Food Nutr*. 2019. Vol. 32, no. 4. Pp. 284–293. DOI: 10.9799/ksfan.2019.32.4.284.
17. Yeon B.R., Cho H.M., Yun M.S., Jhoo J.W., Jung J.W., Park Y.H., Kim S. Comparison of fragrance and chemical composition of essential oils in Gom-chewi (*Ligularia fischeri*) and Handaeri Gom-chewi (*Ligularia fischeri* var. *spiciformis*) // *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2012. Vol. 41. Issue 12. Pp. 1758–1763. DOI: 10.3746/jkfn.2012.41.12.1758.
18. Mohadjerani M., Hosseinzadeh R., Hosseini M. Chemical composition and antibacterial properties of essential oil and fatty acids of different parts of *Ligularia persica* Boiss // *Avicenna J. Phytomed*. 2016. Vol. 6, Issue 3. Pp. 357–365.
19. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
20. Навашин С.М. Рациональная антибиотикотерапия. М., 1982. 496 с.
21. Хабриев Р.У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М., 2005. 832 с.

Поступила в редакцию 8 июня 2020 г.

После переработки 10 августа 2020 г.

Принята к публикации 20 августа 2020 г.

Для цитирования: Макубаева А.И., Романенко Е.П., Адекенов С.М., Ткачев А.В. Компонентный состав и биологическая активность эфирного масла *Ligularia Heterophylla* Rupr. // *Химия растительного сырья*. 2020. №3. С. 239–244. DOI: 10.14258/jcrpm.2020038243.

Makubaeva A.I.¹, Romanenko E.P.², Adekenov S.M.^{1*}, Tkachev A.V.² COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL OF *LIGULARIA HETEROPHYLLA* RUPR.

¹ JSC «International Research and Production Holding «Phytochemistry», M. Gazaliev str. 4, Karaganda, 100009 (Republic of Kazakhstan), e-mail: info@phyto.kz

² Novosibirsk Institute of Organic Chemistry named after N.N. Vorozhtsov SB RAS, Lavrentyev Ave. 9, Novosibirsk, 630090 (Russia)

The object of the study – the raw material of *Ligularia heterophylla* Rupr., collected in 2019 in the Almaty region of the Republic of Kazakhstan. The component compositions of essential oils from the aerial and underground parts of *Ligularia heterophylla* Rupr., obtained by methods of microwave extraction, as well as traditional hydrodistillation, were studied for the first time. Essential oils represented as mobile liquids from light yellow to green shade with characteristic odors. The component composition was determined by chromatography-mass spectrometry on an Agilent 6890 gas chromatograph equipped with a MSD 5973 mass-selective detector. Essential oils obtained by the hydrodistillation method contain mainly monoterpenes, while sesquiterpenes predominate in the essential oils obtained by microwave extraction. The antimicrobial and anti-inflammatory activity of *Ligularia heterophylla* Rupr. essential oil samples was studied for the first time. The essential oil from the underground part (roots) of *Ligularia heterophylla* Rupr., obtained by microwave extraction method, at a dose of 25 mg/kg, has a pronounced anti-inflammatory activity, comparable to the drug «Diclofenac sodiuma» in the model of acute exudative reaction.

Keywords: *Ligularia heterophylla* Rupr., hydrodistillation, microwave extraction, essential oil, gas-chromatography-mass spectrometry, biological activity.

References

- Mamadaliyeva N.Z., Abdullaeva N.S., Rosenau T., Fakhruddinova M., Azimova S.S., Böhmendorfer S. *Natural Product Research*, 2017, vol. 32, issue 9, pp. 1–5. DOI: 10.1080/14786419.2017.1375928.
- Reidel R.V.B., Nardoni S., Mancianti F., Anedda C., Gendy Abd El-N. G. El., Omer E. A., Pistelli L. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 2018, vol. 73, issue 7–8, pp. 313–318. DOI: 10.1515/znc-2017-0219.
- Amaral W., Deschamps C., Biasi L. A., Humberto R. B., Machado M. P., Silva L. E. *Journal of Essential Oil Research*, 2018, vol. 30, issue 4, pp. 278–284. DOI: 10.1080/10412905.2018.1434092.
- Pavlov N.V. *Flora Kazakhstan*. [Flora of Kazakhstan]. Alma-Ata, 1966, vol. 9, 635 p. (in Russ.).
- Goryayev M.I., Pliva I. *Metody issledovaniya efirnykh masel*. [Methods of research of essential oils]. Alma-Ata, 1962, 750 p. (in Russ.).
- Adams R.P. Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. California, 1989. 302 p.
- Yang J.-L., Wang R., Shi Y.-P. *Nat. Prod. Bioprospect*, 2011, vol. 1, issue 1, pp. 1–24. DOI: 10.1007/s13659-011-0003-y.
- Wu L., Liao Z., Liu C., Jia H., Sun J. *Chem. Biodiversity*, 2016, vol. 13, issue 6, pp. 645–671. DOI: 10.1002/cbdv.201500169.
- Xie W.D., Weng C.W., Li X., Row K.H. *Helvetica Chimica Acta*, 2010, vol. 93, pp. 1983–1989. DOI: 10.1002/hlca.201000010.
- Huang H.L., Xu Y.J., Liu H.L., Liu X.Q., Shang J.N., Han G.T., Yao M.J., Yuan C.S. *Phytochemistry*, 2011, vol. 72, pp. 514–517. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.008.
- Tang Y.L., Deng Y.R., Wang H.Q. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2003, vol. 28, issue 7, pp. 627–629.
- Mirjalili M.H., Yousefzadi M. *Acta Biologica Szegediensis*, 2012, vol. 56, issue 2, pp. 151–154.
- Liang Q., Liu J.H., Xu W.H. *Chemistry of Natural Compounds*, 2013, vol. 49, issue 3, pp. 555–556.
- Cho H.M., Yun M.S., Yeon B.R., Jhoo J.W., Jung J.U., Park Y.H., Kim S. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 2012, vol. 24, issue 3, pp. 58–63.
- Joshi D., Nailwal M., Mohan L., Melkani A.B. *Journal of Essential Oil Research*, 2018, vol. 30, issue 3, pp. 189–196. DOI: 10.1080/10412905.2018.1427636.
- Choi H.S. *Korean J. Food Nutr.*, 2019, vol. 32, no. 4, pp. 284–293. DOI: 10.9799/ksfan.2019.32.4.284.
- Yeon B.R., Cho H.M., Yun M.S., Jhoo J.W., Jung J.W., Park Y.H., Kim S. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2012, vol. 41, issue 12, pp. 1758–1763. DOI: 10.3746/jkfn.2012.41.12.1758.
- Mohadjerani M., Hosseinzadeh R., Hosseini M. *Avicenna J. Phytomed.*, 2016, vol. 6, issue 3, pp. 357–365.
- Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
- Navashin S.M. *Ratsional'naya antibiotikoterapiya*. [Rational antibiotic therapy]. Moscow, 1982, 496 p. (in Russ.).
- Khabriyev R.U. *Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv*. [Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances]. Moscow, 2005, 832 p. (in Russ.).

Received June 8, 2020

Revised August 10, 2020

Accepted August 20, 2020

For citing: Makubaeva A.I., Romanenko E.P., Adekenov S.M., Tkachev A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 239–244. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020038243.

* Corresponding author.