

УДК 547.19

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ЛАБАЗНИКА ВЯЗОЛИСТНОГО, ЗВЕРБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО И МЕДУНИЦЫ МЯГКОЙ ФЛОРЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

© И.Д. Зыкова^{1,2*}, А.А. Ефремов^{1,2}

¹ Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660049 (Россия), e-mail: izykova@sfu-kras.ru

² Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука»
Федерального исследовательского центра КНЦ СО РАН,
Академгородок, 50/45, Красноярск, 660036 (Россия)

Изучены антирадикальные свойства эфирных масел соцветий лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim), травы зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) и медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.), произрастающих на территории Красноярского края. Для этого использовали реакцию компонентов эфирного масла со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом. Эфирное масло исследуемых растений получено исчерпывающей гидропародистилляцией. Методом хромато-масс-спектрометрии установлен компонентный состав масел. Основными компонентами эфирного масла соцветий *F. ulmaria* являются метилсалицилат (28.2%), салициловый альдегид (2.8%) и линалоол (4.9%), эфирного масла *H. perforatum* – γ -аморфен (30.7%), δ -кадинен (7.1%), (E, E)- β -фарнезен (5.5%), кариофиллен (5.0%), ледол (5.0%), эфирного масла *P. mollis* – ди-н-бутилфталат (18.7%), докозан (13.4%), тетракозан (11.6%).

РезультатыДФПГ-теста показали, что эфирные масла соцветий *F. ulmaria* и надземной части *H. perforatum* и *P. mollis* проявляют антирадикальную активность (АРА). По величине АРА эфирных масел исследуемые растения можно расположить в следующий ряд: *P. mollis* > *F. ulmaria* > *H. perforatum*.

Ключевые слова: лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), медуница мягкая (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.), эфирное масло, антирадикальная активность, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ).

Введение

Исследования антирадикальной активности эфирных масел дикорастущих растений на сегодняшний день остаются актуальными в связи с поиском средств фармакологической поддержки антиоксидантных систем организма в преодолении оксидативного стресса. Такими средствами могут быть препараты на основе лекарственного растительного сырья, содержащие комплекс веществ с антирадикальными свойствами.

Лабазник вязолистный, зверобой продырявленный и медуница мягкая – лекарственные растения, произрастающие на территории Красноярского края и пользующиеся популярностью у местного населения в лечении и профилактике ряда заболеваний. Так, лабазник вязолистный используется в качестве тонизирующего, общеукрепляющего, бактерицидного, кровоостанавливающего средства. Показано, что препараты из цветков лабазника могут эффективно тормозить развитие злокачественных опухолей различных локализаций и различного гистогенеза, а также препятствовать прогрессированию предраковых изменений [1].

Трава зверобоя продырявленного широко применяется как противовоспалительное, антимикробное

и вяжущее лекарственное средство. Траву медуницы используют как смягчительное средство при сухом надсадном кашле, для лечения и профилактики бронхита, туберкулеза, катаральных заболеваний верхних дыхательных путей [2].

Зыкова Ирина Дементьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, научный сотрудник,
e-mail: izykova@sfu-kras.ru

Ефремов Александр Алексеевич – доктор химических наук, профессор кафедры химии, заведующий отделом,
e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

Все исследуемые растения содержат эфирное масло. Его содержание по разным источникам составляет: в соцветиях лабазника вязолистного – 0.20–1.25% [1, 3, 4], в траве зверобоя продырявленного – 0.01–1.75% [5–7] и в траве медуницы мягкой – около 0.02% [8]. Компонентный состав эфирных масел исследуемых растений достаточно стабилен и хорошо изучен [3–11]. Особенностью эфирных масел изучаемых растений является отсутствие либо очень низкое содержание монотерпенов (<0.1%) и большое количество насыщенных кислот и их эфиров.

Исследование активности эфирных масел по отношению к свободным радикалам позволит получить первичную информацию об уровне их антирадикальной активности, что откроет дополнительные возможности для создания продукции лечебно-профилактического назначения.

Цель данного исследования – определение антирадикальной активности эфирных масел лабазника вязолистного, медуницы мягкой и зверобоя продырявленного, произрастающих на территории сибирского региона.

Материалы и методы

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидропародистилляции из травы *P. mollis*, *H. perforatum* и соцветий *F. Ulmaria*, произрастающих в Манском районе Красноярского края. Проба воздушно-сухого сырья составляла 1200 г. Использовали сырье, собранное в июле 2020 г.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора. Колонка кварцевая НР-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0.25 мм. Температура испарителя 280 °С, температура источника ионов 173 °С, газ-носитель – гелий, 1 мл/мин. Температура колонки 50 °С (3 мин), 50–270 °С (со скоростью 6 °С в минуту), изотермический режим при 270 °С в течение 10 мин.

Содержание компонентов оценивали по площадям пиков. Идентификацию отдельных компонентов проводили на основе сравнения линейных индексов удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными отдельных компонентов [12, 13]. При полном совпадении масс-спектров и линейных индексов удерживания хроматографируемых соединений и индивидуальных компонентов идентификация считалась окончательной.

Для изучения антирадикальной активности использовали реакцию компонентов эфирного масла и полученных экстрактов со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГ) (Sigma-Aldrich, США, CAS номер: 1898-66-4). Оптическую плотность измеряли на сканирующем спектрофотометре UV–1700 (Shimadzu, Япония) при длине волны 517 нм аналогично [14]. Реакцию проводили в кварцевых кюветах с плотно закрывающимися крышками (толщина кюветы 10 мм) при температуре 293±1 К путем приливания к 3 мл 2.0 × 10⁻⁴ М раствора ДФПГ в 96%-ном этаноле 10, 20 и 30 мкл эфирного масла. Измерения падения оптической плотности осуществляли через 30 мин от момента добавления исследуемых образцов к раствору ДФПГ (статический вариант). Динамический вариант заключается в изучении динамики падения оптической плотности в течение определенного промежутка времени. В нашем случае промежуток времени составил 120 мин.

В качестве контрольного образца использовали рабочий раствор ДФПГ. Антирадикальную активность (% ингибирования ДФПГ) определяли по формуле

$$\% \text{ ингибирования} = \frac{D_{\text{контр}} - D_x}{D_{\text{контр}}} \cdot 100\% ,$$

где D_x – оптическая плотность исследуемого раствора, $D_{\text{контр}}$ – оптическая плотность контрольного раствора.

Каждое определение проводили в трех параллелях, причем различия в полученных значениях АРА составляли не более 0.5% от определяемой величины.

Результаты и обсуждение

Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирных масел *P. mollis*, *F. ulmaria* и *H. perforatum* из сырья, собранного в июле 2020 г., не выявил существенных отклонений от количественного содержания идентифицированных компонентов, установленных ранее в работах [7–9]. В таблице приведено суммарное содержание отдельных классов соединений для каждого масла.

Особенностью эфирного масла *P. mollis* по-прежнему является большое количество насыщенных кислот и их эфиров, образующихся, по-видимому, при температурном расщеплении лигно-углеводного комплекса исходного сырья в условиях гидропародистилляции. Основные компоненты – ди-*n*-бутилфталат (18.7%), докозан (13.4%) и тетракозан (11.6%).

В эфирном масле соцветий *F. ulmaria* содержится 54.4% кислородсодержащих соединений, из которых 31% приходится на соединения известной салициловой фенолокислоты (28.2% метилсалицилата и 2.8% салицилового альдегида). Строение данных соединений позволяет предположить наличие у них антирадикальных свойств в реакции с ДФПГ благодаря «подвижному» водороду либо в гидроксогруппе, связанной с бензольным кольцом, либо в альдегидной группе. В доступных литературных источниках данных по АРА салицилатов мы не обнаружили, кроме [15], где отмечается антиоксидантная активность амидов салициловой кислоты.

Основная часть компонентов эфирного масла травы *H. perforatum* представлена сесквитерпенами, причем почти половина из них – это γ -аморфен (30.7%), о свойствах которого как ингибитора радикальных процессов тоже ничего не известно.

По результатам ДФПГ-теста установлено, что все исследуемые эфирные масла проявляют АРА. В качестве примера на рисунке 1 приведена динамика изменения оптической плотности ДФПГ в присутствии эфирного масла.

В результате статических испытаний измерения были проведены через 30 мин от момента приливания к 2.0×10^{-4} М раствора ДФПГ в этаноле 10, 20 и 30 мкл эфирного масла (рис. 2). Как и следовало ожидать, с увеличением объема вводимого в раствор ДФПГ эфирного масла величина АРА возрастает, так как увеличивается количество органических веществ с антирадикальными свойствами.

Содержание отдельных классов соединений в эфирном масле исследуемых растений

Классы соединений	Количество, % от суммарного содержания компонентов масла		
	<i>P. mollis</i>	<i>F. ulmaria</i>	<i>H. perforatum</i>
Монотерпены	–	–	0.2
Сесквитерпены	0.5	1.5	69.6
Кислородсодержащие соединения	75.4	54.4	28.1
Алканы	19.1	11.4	0.7

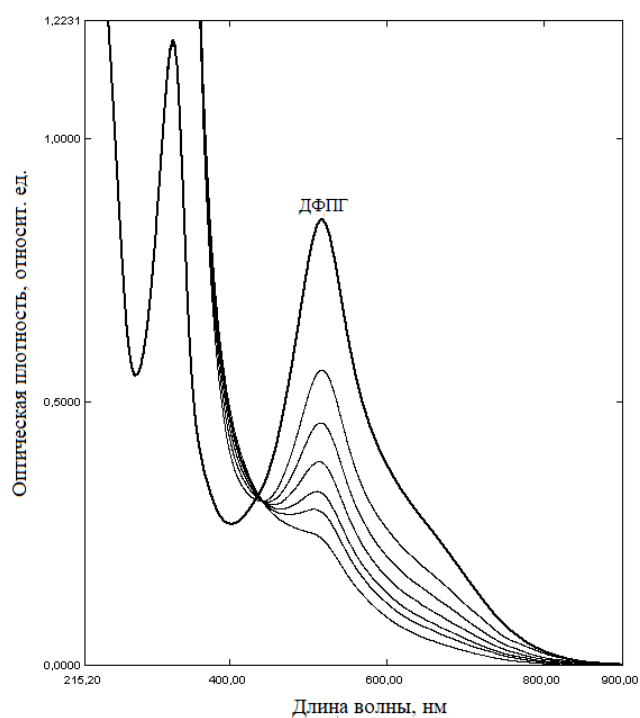


Рис. 1. Электронный спектр радикала ДФПГ в этаноле (верхняя линия) и динамика его изменения после добавления 20 мкл эфирного масла *P. mollis* в течение 30 мин (линии проведены через 2; 5; 10; 15; 20; 30 мин)

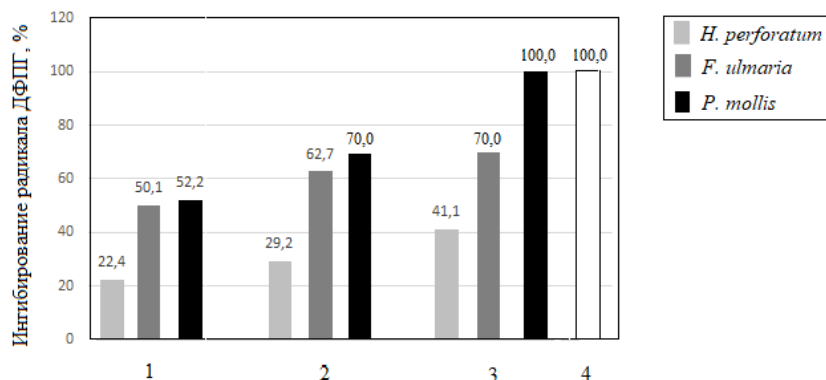


Рис. 2. Антирадикальная активность эфирных масел после добавления их в объеме 10 мкл (1), 20 мкл (2) и 30 мкл (3) к раствору ДФПГ за 30 мин (4 – аскорбиновая кислота, вводимый объем 10 мкл)

Для динамической версии ДФПГ-теста, которая заключается в построении кривых зависимости % ингибирования радикалов ДФПГ от времени в течение 120 мин (рис. 3), был взят объем эфирного масла, равный 30 мкл. Динамические кривые антирадикального действия позволяют рассчитать такой показатель, как τ_{50} – время, необходимое для поглощения 50% радикалов ДФПГ: τ_{50} для эфирного масла *P. mollis* составило 5 мин, для эфирных масел *F. ulmaria* и *H. perforatum* τ_{50} равно 10 и 60 мин соответственно.

Результаты ДФПГ-теста показали, что эфирное масло *P. mollis* проявляет АРА (~100% за 30 мин при вводимом объеме 30 мкл), сравнимую с АРА аскорбиновой кислоты, взятой в эквивалентной концентрации, АРА эфирного масла соцветий *F. ulmaria* составило 70%, а АРА эфирного масла *H. perforatum* – 41,1%.

Согласно литературным данным, высокую АРА проявляют эфирные масла, содержащие производные фенола – тимол, эвгенол, карвакрол [16–18]. Сведения об АРА других кислородсодержащих соединений, входящих в состав эфирных масел, отсутствуют. Также известно, что антирадикальными свойствами обладают терпинолен, α - и γ -терпинены, сабинен, фелландрен, кариофиллен [19, 20].

В составе исследуемых эфирных масел нет тимола, эвгенола и карвакрола, а об активности других компонентов и их синергетическом влиянии на свойства масел при совместном присутствии тоже ничего неизвестно. Можно только согласиться со многими исследователями [18, 21, 22], предостерегающими, что общую антирадикальную активность эфирных масел не всегда следует отождествлять с количеством антиоксидантных компонентов в их составе. Возможно, это вклад соединений, об активности которых пока ничего не известно.

Реакция со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом является стехиометрической и пропорциональна количеству атомов водорода, вступивших в реакцию с ДФПГ [18]. Это означает, что количество восстановленного радикала пропорционально концентрации компонента (или компонентов в случае эфирных масел) с антирадикальной активностью. Сравнивая состав эфирных масел (табл.) и учитывая то, что алканы не участвуют в реакциях восстановления в силу своего строения, представляло интерес установление корреляционной зависимости АРА исследуемых эфирных масел от содержания в них кислородсодержащих соединений. Такая зависимость была исследована с применением программы Excel.

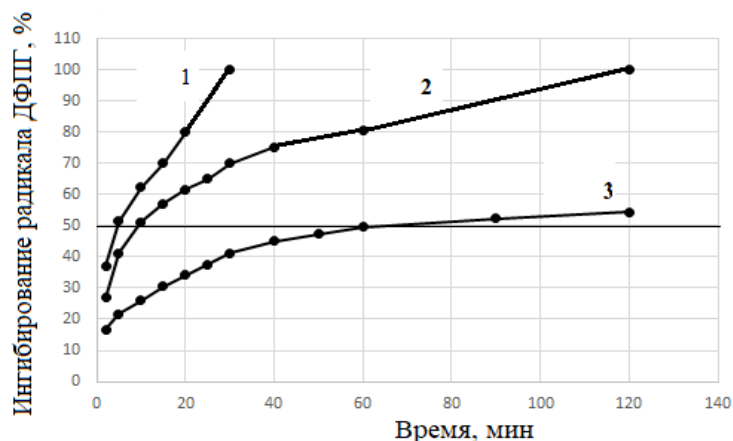


Рис. 3. Степень ингибирования радикала ДФПГ компонентами эфирных масел в объеме 30 мкл (1 – *P. mollis*; 2 – *F. ulmaria*; 3 – *H. perforatum*) в течение 120 мин

Коэффициент корреляции составил 0.922 при добавлении 10 мкл масла, 0.923 – при добавлении 20 мкл и 0.997 – при добавлении 30 мкл эфирного масла к раствору ДФПГ. Принимая во внимание полученные результаты, можно предположить, что, по-видимому, в ряде случаев возможна прямая зависимость между значением АРА эфирного масла от количества кислородсодержащих соединений в его составе.

Выводы

Установлено, что эфирные масла соцветий лабазника вязолистного, надземной части зверобоя продырявленного и медуницы мягкой проявляют антирадикальную активность в реакции со свободным стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом. Так, АРА эфирного масла медуницы мягкой составила 100%, эфирного масла лабазника вязолистного – 70.0%, эфирного масла зверобоя продырявленного – 41.1% при добавлении 30 мкл масла.

По величине АРА эфирных масел исследуемые растения можно расположить в следующий ряд: *P.mollis* > *F.ulmaria* > *H.perforatum*.

Список литературы

1. Baranenko D., Bespalov V., Nadochii L., Shestopalova I., Chechetkina A., Lepeshkin A., Ilina V. Development of encapsulated extracts on the basis of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) in the composition of functional foods with oncoprotective properties // *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17. N5. Pp. 1829–1838. DOI: 10.15159/AR.19.155.
2. Махов А.А. Зеленая аптека: лекарственные растения Красноярского края. 4-е изд. Красноярск, 1993. 528 с.
3. Краснов Е.А., Авдеева Е.Ю. Химический состав растений рода *Filipendula* (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2012. №4. С. 5–12.
4. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Эфирное масло *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim: степень изученности и современное состояние исследований (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2014. №3. С. 53–60.
5. Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Кадацкая Д.В., Правдивцева О.Е., Дубищев А.В. Исследование сырья и препаратов зверобоя // *Фармация*. 2005. Т. 53. №3. С. 23–25.
6. Кудашкина Н.В., Файзулина Р.Р., Пушкарев В.А., Мухамедзянов Р.М. Изучение эфирного масла из травы зверобоя продырявленного, произрастающего на территории Башкортостана // *Вестник новых медицинских технологий*. 2006. Т. 13. №1. С. 104–105.
7. Ефремов А.А., Дрожжина М.В., Качин С.В. Состав летучих соединений и минеральный состав надземной части зверобоя продырявленного // *Вестник КрасГУ*. 2003. №1. С. 23–26.
8. Ефремов Е.А., Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла и некоторых экстрактивных веществ *Pulmonaria mollis* Нортен пригорода Красноярска // *Сибирский медицинский журнал*. 2013. №7. С. 125–128.
9. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла стеблей, листьев и соцветий *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim // *Химия растительного сырья*. 2011. №4. С. 99–102.
10. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Состав эфирного масла надземной части *Filipendula Ulmaria* (Rosaceae) в разных фазах развития растения // *Растительные ресурсы*. 2014. №3. С. 368–374.
11. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла корней и корневищ *Filipendula Ulmaria* (L.) Maxim // *Сибирский медицинский журнал*. 2012. №4. С. 130–131.
12. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007. 804 p.
13. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
14. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 2004. Vol. 26. N2. Pp. 211–219.
15. Перевозкина М.Г. Амиды салициловой кислоты – новые перспективные антиоксиданты // *Фундаментальные исследования*. 2015. №2. С. 1681–1688.
16. Elansary H.O., Abdelgaleil S.A.M., Mahmoud E.A., Yessoufou K., Elhindi K., El-Hendawy S. Effective antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of essential oils of horticultural aromatic crops in northern Egypt // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2019. Vol. 18. 214. DOI: 10.1186/s12906-018-2262-1.
17. Мишарина Т.А., Алинкина Е.С., Фаткуллина А.К., Воробьева Л.Д., Медведева И.Б., Бурлакова Е.Б. Влияние состава смесей эфирных масел на их антиоксидантные и антирадикальные свойства // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2012. Т. 48. №1. С. 117–123.
18. Алинкина Е.С., Мишарина Т.А., Фаткуллина А.К. Антирадикальные свойства эфирных масел орегано, тимьяна и чабера // *Прикладная химия и микробиология*. 2013. Т. 49. №1. С. 82–87. DOI: 10.7868/S0555109913010029.
19. Quiroga P.R., Grosso N.R., Lante A., Lomolino G., Zygadlo J.A., Nepote V. Chemical composition, antioxidant activity and anti lipase activity of *Origanum vulgare* and *Lippia turbinata* essential oils // *International journal of food science & technology*. 2012. Vol. 48. N3. Pp. 642–649. DOI: 10.1111/IJFS.12011.
20. Ruberto G., Baratta M.T. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems // *Food Chemistry*. 2000. Vol. 69. N2. Pp. 167–174. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00247-2.

21. Ozkan A., Erdogan A. Comparative evaluation of antioxidant and anticancer activity of essential oil from *Origanum onites* (Lamiaceae) and its two major phenolic components // *Turkey journal of Biology*. 2011. Vol. 35. Pp. 735–742. DOI: 10.3906/biy-1011-170.
22. Manohar V., Ingram C., Gray J., Talpur N.A., Echard B.W., Bagchi D., Preuss H.G. Antifungal activities of origanum oil against *Candida albicans* // *Molecular and Cellular biochemistry*. 2001. Vol. 228. Pp. 111–117. DOI: 10.1023/A:1013311632207.

Поступила в редакцию 4 февраля 2021 г.

После переработки 18 марта 2021 г.

Принята к публикации 22 марта 2021 г.

Для цитирования: Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Антирадикальная активность эфирных масел лабазника вязолистного, зверобоя продырявленного и медуницы мягкой флоры Красноярского края // *Химия растительного сырья*. 2021. №3. С. 211–217. DOI: 10.14258/jcprm.2021039195.

Zykova I.D.^{1,2*}, Efremov A.A.^{1,2} ANTIRADICAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF *FILIPENDULA ULMARIA* (L.) MAXIM, *HYPERICUM PERFORATUM* L. AND *PULMONARIA MOLLIS* WULFEN EX HORNEM OF THE KRASNOYRSK TERRITORI FLORA

¹ Siberian Federal University, pr. Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660049 (Russia), e-mail: izykova@sfu-kras.ru

² Special design and technology Bureau "Nauka" of the Federal research center of KNC SB RAS, Akademgorodok, 50/45, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

The antiradical properties of essential oils from the inflorescences of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim, herbages *Hypericum perforatum* L. and *Pulmonaria mollis* Wulfen ex HORNEM., growing on the territory of the Krasnoyarsk territory were studied. For this purpose, the reaction of essential oil components with a stable free 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical was used. Essential oil of the plants under study received comprehensive hydroponically. The component composition of the oils was determined by chromatography-mass spectrometry. The main components of essential oil of *F. ulmaria* inflorescences are methyl salicylate (28.2%), salicylic aldehyde (2.8 %) and linalool (4.9%), essential oil of *H. perforatum* – γ - amorphene (30.7%), δ -cadinen (7.1%), (E, E)- β -farnesene (5.5%), caryophyllene (5.0%), ledol (5.0%), essential oil of *P. mollis* – di-n-butyl phthalate (18.7%), docosan (13.4%), tetracosan (11.6 %).

The results of the DPPH test showed that the essential oils of the inflorescences of *F. ulmaria* and the aboveground part of *H. perforatum* and *P. mollis* exhibit antiradical activity (ARA). According to the size of the ARA of essential oils, the studied plants can be arranged in the following row: *P. mollis* > *F. ulmaria* > *H. perforatum*.

Keywords: *Filipendula ulmaria* (L.) MAXIM., *Hypericum perforatum* L., *Pulmonaria mollis* WULFEN ex HORNEM), essential oil, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

* Corresponding author.

References

1. Baranenko D., Bespalov V., Nadtochii L., Shestopalova I., Chechetkina A., Lepeshkin A., Ilina V. *Agronomy Research*, 2019, vol. 17, no. 5, pp. 1829–1838. DOI: 10.15159/AR.19.155.
2. Makhov A.A. *Zelenaya apteka: lekarstvennyye rasteniya Krasnoyarskogo kraya. 4-ye izd.* [Green Pharmacy: medicinal plants of the Krasnoyarsk Territory. 4th ed.]. Krasnoyarsk, 1993, 528 p. (in Russ.).
3. Krasnov Ye.A., Avdeyeva Ye.Yu. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 4, pp. 5–12. (in Russ.).
4. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 53–60. (in Russ.).
5. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Kadatskaya D.V., Pravdivitseva O.Ye., Dubishchev A.V. *Farmatsiya*, 2005, vol. 53, no. 3, pp. 23–25. (in Russ.).
6. Kudashkina N.V., Fayzulina R.R., Pushkarev V.A., Mukhamedzyanov R.M. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2006, vol. 13, no. 1, pp. 104–105. (in Russ.).
7. Yefremov A.A., Drozhzhina M.V., Kachin S.V. *Vestnik KrasGU*, 2003, no. 1, pp. 23–26. (in Russ.).
8. Yefremov Ye.A., Zykova I.D., Yefremov A.A. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2013, no. 7, pp. 125–128. (in Russ.).
9. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 99–102. (in Russ.).
10. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2014, no. 3, pp. 368–374. (in Russ.).
11. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 130–131. (in Russ.).
12. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed.* Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007, 804 p.
13. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy.* [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
14. Molyneux P. *Songklanakarini J. Sci. Technol.*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 211–219.
15. Perevozkina M.G. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, no. 2, pp. 1681–1688. (in Russ.).
16. Elansary H.O., Abdelgaleil S.A.M., Mahmoud E.A., Yessoufou K., Elhindi K., El-Hendawy S. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2019, vol. 18, 214. DOI: 10.1186/s12906-018-2262-1.
17. Misharina T.A., Alinkina Ye.S., Fatkullina A.K., Vorob'yeva L.D., Medvedeva I.B., Burlakova Ye.B. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2012, vol. 48, no. 1, pp. 117–123. (in Russ.).
18. Alinkina Ye.S., Misharina T.A., Fatkullina A.K. *Prikladnaya khimiya i mikrobiologiya*, 2013, vol. 49, no. 1, pp. 82–87. DOI: 10.7868/S0555109913010029. (in Russ.).
19. Quiroga P.R., Grosso N.R., Lante A., Lomolino G., Zygadlo J.A., Nepote V. *International journal of food science & technology*, 2012, vol. 48, no. 3, pp. 642–649. DOI: 10.1111/IJFS.12011.
20. Ruberto G., Baratta M.T. *Food Chemistry*, 2000, vol. 69, no. 2, pp. 167–174. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00247-2.
21. Ozkan A., Erdogan A. *Turkey journal of Biology*, 2011, vol. 35, pp. 735–742. DOI: 10.3906/biy-1011-170.
22. Manohar V., Ingram C., Gray J., Talpur N.A., Echard B.W., Bagchi D., Preuss H.G. *Molecular and Cellular biochemistry*, 2001, vol. 228, pp. 111–117. DOI: 10.1023/A:1013311632207.

Received February 4, 2021

Revised March 18, 2021

Accepted March 22, 2021

For citing: Zykova I.D., Efreomov A.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 211–217. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021039195.

