

УДК 615:547.913

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ЭФИРНОГО МАСЛА КОРНЕЙ АИРА БОЛОТНОГО

© И.Д. Зыкова^{1*}, А.А. Ефремов^{1,2}, Л.В. Наймушина¹

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, стр. 45, Красноярск, 660036 (Россия)

Методом исчерпывающей гидропародистиляции выделено эфирное масло из корней аира болотного (*Acorus calamus* L.), произрастающего на территории Красноярского края. Получены отдельные фракции эфирного масла в зависимости от продолжительности выделения. Установлен состав эфирного масла, основными компонентами которого являются акоренон, бутират α -терпинеола, гермакрен В, камфора. Впервые изучены антирадикальные свойства эфирного масла корней *A. calamus*, произрастающего в сибирском регионе, а также антирадикальные свойства его отдельных фракций с целью определения наиболее перспективных образцов в качестве источников биологически активных комплексов. Для изучения антирадикальной активности использовали реакцию компонентов эфирного масла со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом. Установлена антирадикальная активность всех исследуемых образцов эфирных масел. Отмечено возрастание антирадикальной активности при уменьшении содержания монотерпенов в составе эфирного масла. Самую низкую антирадикальную активность (17.5%) проявила фракция эфирного масла с большим содержанием монотерпенов, высокую (~100%) – фракции с преобладанием кислородсодержащих соединений. Выявлено, что способность компонентов отдельных фракций эфирного масла *A. calamus* ингибировать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила сопоставима с антирадикальной активностью растворов аскорбиновой кислоты эквивалентной концентрации.

Ключевые слова: корень аира болотного (*Acorus calamus*), эфирное масло, антирадикальная активность, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил.

Введение

Результаты многочисленных исследований убедительно показывают, что начальной стадией многих заболеваний – от простого кашля до онкозаболевания – является именно большое количество свободных радикалов в организме, снижение антиоксидантной защиты. Вещества, обладающие антирадикальной активностью, традиционно используются в лечении и профилактике так называемых свободнорадикальных патологий. Наиболее перспективными источниками природных антиоксидантов, сочетающих низкую токсичность со способностью эффективно ингибировать процессы свободнорадикального окисления в живых организмах, считаются растения, особенно дикорастущие.

Аир болотный (*Acorus calamus*) – многолетнее травянистое растение из семейства Аирные (*Acoraceae*) – принадлежит к числу официальных растений, корневище которого используется в качестве горько-ароматического средства [1]. Одной из основных групп биологически активных веществ, входящих в состав корневищ *A. calamus*, является эфирное масло, выход которого может достигать 6% в зависимости от места

Зыкова Ирина Дементьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, e-mail: izykova@sfu-kras.ru
Ефремов Александр Алексеевич – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Наймушина Лилия Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, e-mail: naimlivi@mail.ru

произрастания растения. Компонентный состав масла хорошо изучен как российскими, так и зарубежными исследователями [2–10], при этом отмечается его зависимость от географии произрастания сырья, из которого это масло выделено. Установлены антибактериальные, противогрибковые,

* Автор, с которым следует вести переписку.

антицеллюлярные свойства эфирного масла *A. calamus*. В ряде работ упоминаются антирадикальные свойства метанольных, этанольных и этилацетатных экстрактов листьев и корней *A. calamus*, причем авторы связывают это с высоким содержанием азаронов [11–14]. По антирадикальной активности эфирного масла *A. calamus*, произрастающего в Сибири, в доступной литературе сведений практически нет. Кроме того, отсутствуют данные об антирадикальной активности отдельных фракций эфирного масла, полученных в процессе его выделения, что немаловажно для осуществления поиска наиболее перспективных образцов в качестве источников биологически активных комплексов.

Цель работы – изучение антирадикальной активности отдельных фракций эфирного масла корней *A. calamus* и сравнение ее с антирадикальной активностью аскорбиновой кислоты.

Экспериментальная часть

Изученные нами образцы эфирного масла были получены из корней *A. calamus*, собранных в сентябре 2019 г. в южной части Красноярского края (Шушенский р-н, окр. оз. Бутаково). Собранное сырье сушили при комнатной температуре в затененном помещении.

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидропародистилляции с использованием цельно-металлической установки объемом 20 л с использованием стеклянной насадки Клевенджера. Процесс гидропародистилляции осуществляли в течение не менее 18 ч до прекращения выделения эфирного масла, которое представляло собой легкоподвижную жидкость легче воды с характерным запахом. В процессе перегонки масло фракционировали в зависимости от времени его выделения: 1-я фракция была собрана через 1 ч, 2-я – через 1.5 ч, 3-я – через 3 ч и 4-я – через 6 ч от начала перегонки.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора. Колонка кварцевая HP-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 мин), изотермический режим при 270 °С в течение 10 мин.

Содержание компонентов оценивали по площадям пиков. Идентификацию отдельных компонентов проводили на основе сравнения времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и индивидуальных соединений, если они имелись. Кроме того, для идентификации использовали атласы масс-спектров и линейных индексов удерживания [15, 16].

Для определения антирадикальной активности (АРА) использовали метод на основе реакции компонентов эфирного масла со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГ) (Sigma-Aldrich) [17]. К достоинствам данного метода относятся общедоступность необходимого оборудования, простота выполняемых операций, высокие воспроизводимость и чувствительность, а также возможность получения гомогенных композиций эфирных масел в спиртовых растворах ДФПГ.

Оптическую плотность измеряли на сканирующем спектрофотометре UV-1700 (Shimadzu, Япония) при длине волны 517 нм. Реакцию проводили в кварцевых кюветках с плотно закрывающимися крышками (толщина кюветы 10 мм) при температуре 293±1К путем приливания к 3 мл 2.0×10⁻⁴ М раствора ДФПГ в 96%-ном этаноле 10, 20 и 30 мкл эфирного масла. 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

Ранее [10] методом хромато-масс-спектрометрии было установлено, что эфирное масло корней *A. calamus* содержит около 100 индивидуальных компонентов, 43 из которых являются основными по содержанию и идентифицированы. Компонентный состав эфирного масла, полученного в 2019 г., отличался от приведен-

ного в работе [10], незначительной разницей в количественном содержании компонентов ($\pm 0.2-0.3\%$). Основными компонентами масла являются: камфора (7.6%), камфен (9.9%), бутират α -терпинеола (9.3%), акоренон (13.5%). Суммарное содержание изомеров азарона, считающегося основным компонентом эфирного масла корней *A. calamus*, составило всего 4%.

В таблице приведено суммарное содержание отдельных классов соединений для каждой из выделенных фракций и цельного масла.

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют, что с увеличением времени выделения масла количество монотерпенов снижается, а кислородсодержащих соединений – возрастает. Кроме того, увеличивается содержание основного компонента исследуемого эфирного масла – акоренона. Его содержание максимально в последней фракции и составляет 27.2%. Учитывая разницу в составе отдельных фракций эфирного масла *A. calamus*, можно было предположить, что их антирадикальные свойства будут различаться.

В видимой области спектра ДФПГ в органических растворителях имеет максимум поглощения при длине волны 517 нм, который исчезает при взаимодействии радикала с веществами-донорами атомов водорода. На рисунке 1 приведен УФ-спектр ДФПГ в этаноле и динамика его изменения после добавления эфирного масла корней *A. calamus*.

Для исследования АРА отдельных фракций эфирного масла нами были использованы две версии ДФПГ-теста: динамическая и статическая. Динамическая версия метода заключается в построении кривых зависимости % ингибирования радикалов ДФПГ от времени в течение 120 мин, на основании которых можно посчитать такой показатель как τ_{50} – время, необходимое для поглощения 50% радикалов ДФПГ. Кривые были построены для разных объемов (10, 20 и 30 мкл) цельного эфирного масла, вносимых в этанольный раствор ДФПГ (рис. 2).

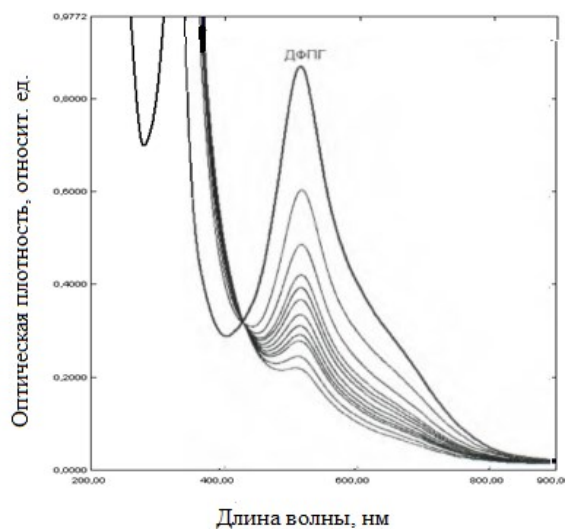
Динамические кривые антирадикального действия по методу ДФПГ позволяют наглядно определить, какой из трех, взятых в испытание объемов эфирного масла, позволяет за короткое время ингибировать радикал ДФПГ. На основании данных рисунка 2 видно, что если взять 10 мкл эфирного масла аира болотного, то τ_{50} составит 50 мин, если 20 мкл и 30 мкл, то τ_{50} будет равен 6 и 3 мин соответственно.

В результате статических испытаний с целью сравнения АРА отдельных фракций измерения были проведены через 30 мин после добавления к этанольному раствору ДФПГ 20 мкл эфирного масла. Данные измерений по ингибированию радикала ДФПГ представлены на рисунке 3.

Содержание отдельных классов соединений в разных фракциях и цельном эфирном масле корней аира болотного

Классы соединений	Количество, % от суммарного содержания компонентов масла				
	1 фракция	2 фракция	3 фракция	4 фракция	цельное масло
Монотерпены	23.7	15.8	4.8	1.4	18.6
Сесквитерпены	25.5	31.8	35.4	24.8	27.8
Кислородсодержащие соединения	50.7	52.3	59.7	73.6	53.6

Рис. 1. УФ-спектр радикала ДФПГ в этаноле (верхняя линия) и динамика его изменения после добавления цельного эфирного масла корней *A. calamus* в течение 120 мин (линии проведены через 2; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 90 и 120 мин)



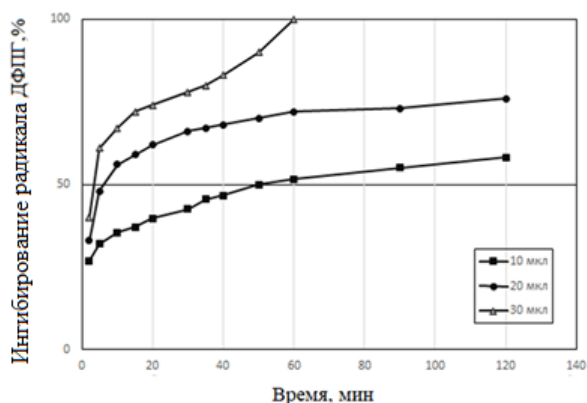


Рис. 2. Степень ингибирования радикала дифенилпикрилгидразила в зависимости от объема добавленного эфирного масла

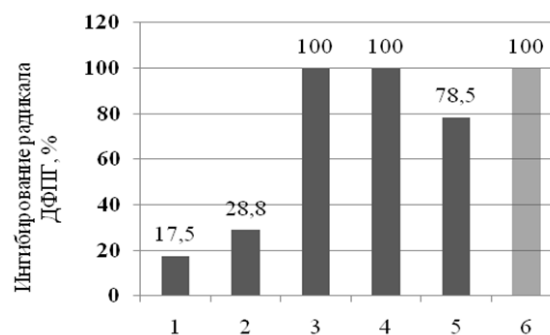


Рис. 3. Степень ингибирования радикала ДФПГ разными фракциями эфирного масла *A. calamus* (1-4 – фракции, 5 – цельное масло, 6 – аскорбиновая кислота) за 30 мин.

Сравнение величин АРА отдельных фракций эфирного масла показывает, что при уменьшении количества монотерпенов и увеличении числа кислородсодержащих соединений антирадикальная активность эфирного масла корней *A. calamus* возрастает.

Вопрос о взаимосвязи между содержанием отдельных компонентов в эфирном масле и его антирадикальной активностью в настоящее время остается дискуссионным [18–23]. Согласно Ruberto и Varatta [18], эффективными антиоксидантами являются фенольные соединения, такие как тимол и карвакрол. Отмечено, что только три моноциклических компонента – терпинолен, α -терпинен и γ -терпинен и в меньшей степени – сабинен (бициклический) проявляют значительную активность. Немаловажная роль в проявлении веществами антирадикальных свойств отведена азарону [14]. Низкую антиоксидантную активность эфирных масел авторы [18] объясняют большим содержанием в их составе монотерпеновых и сесквитерпеновых углеводородов. Согласно [19], отсутствие антиоксидантной активности, наблюдаемое для терпеновых соединений при восстановлении ДФПГ, может быть объяснено тем фактом, что они неспособны отдавать атом водорода.

Связывать высокую АРА отдельных фракций эфирного масла корней *A. calamus* с содержанием какого-либо из компонентов или группы компонентов было бы преждевременным, учитывая недостаточную информацию по исследованию антирадикальных свойств индивидуальных соединений, входящих в состав эфирных масел.

Выводы

Установлено, что эфирное масло корней *A. calamus*, произрастающего в сибирском регионе, обладает выраженной антирадикальной активностью в модельной реакции с радикалом ДФПГ. Выявлено, что способность компонентов отдельных фракций эфирного масла *A. calamus* ингибировать радикал ДФПГ сопоставима с антирадикальной активностью растворов аскорбиновой кислоты эквивалентной концентрации. Минимальную антирадикальную активность (17.5%) проявила фракция эфирного масла с максимальным (по сравнению с другими фракциями) содержанием монотерпенов, высокую (~100%) – фракции с высоким содержанием кислородсодержащих соединений.

Результаты проведенных исследований показали возможность варьирования антирадикальных свойств эфирных масел путем получения отдельных фракций, АРА которых сопоставима с АРА известных антиоксидантов.

Список литературы

1. Яковлев Г.П., Блинова К.Ф., Белодубровская Г.А., Алексеева Г.М. Фармакогнозия. Лекарственное растительное сырье растительного и животного происхождения. СПб., 2013. 847 с.
2. Kumar R., Sharma S., Kumar N. Drying methods and distillation time affects essential oil content and chemical compositions of *Acorus calamus* L. in the western Himalayas // Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 2016. Vol. 3. N3. Pp. 136–141. DOI: 10.1016/j.jarmap.2016.06.001.

3. Satyal P., Paudel P., Poudel A., Dosoky N.S., Moriarity D.M., Vogler B., Setzer W.N. Chemical compositions, phytotoxicity, and biological activities of *Acorus calamus* essential oils from Nepal // *Natural Product Communications*. 2013. Vol. 8. N8. Pp. 1179–1181.
4. Ganjewala D., Srivastava A.K. An update on chemical composition and bioactivities of *Acorus* Species // *Asian Journal of Plant Sciences*. 2011. Vol. 10. N3. Pp. 182–189. DOI: 10.3923/ajps.2011.182.189.
5. Kim W., Hwang K., Park D., Kim T., Lee K., Choi D., Moon W. Major constituent and antimicrobial activity of Korean herb *Acorus calamus* // *Natural product research*. 2011. Vol. 25. N13. Pp. 1278–1281. DOI: 10.1080/14786419.2010.513333.
6. Ram S.V., Rajendra C.P., Amit C. Chemical Composition of Root Essential Oil of *Acorus calamus* L. // *National Academy Science Letters*. 2015. Vol. 38. N2. Pp. 121–125. DOI: 10.1007/s40009-014-0304-x.
7. Shukla R., Singh P., Prakash B., Dubey N. Efficacy of *Acorus calamus* L. essential oil as a safe plant-based antioxidant, Aflatoxin B1 suppressor and broad spectrum antimicrobial against food-infesting fungi // *International Journal of Food Science & Technology*. 2013. Vol. 48. N1. Pp. 128–135. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03168.x.
8. Joshi N., Prakash O., Pant A.K. Essential oil composition and in vitro antibacterial activity of rhizome essential oil and β -asarone from *Acorus calamus* L. collected from lower Himalayan Region of Utarakhand // *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2012. Vol. 15. N1. Pp. 32–37. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644016.
9. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирных масел дикорастущих лекарственных растений флоры Сибири. Красноярск, 2014. 216 с.
10. Ефремов А.А., Зыкова И.Д., Дрожжина М.В. Изменение компонентного состава и физико-химических показателей эфирного масла корневищ *Acorus calamus* (Araceae) в зависимости от продолжительности его выделения // *Растительные ресурсы*. 2011. №1. С. 118–123.
11. Singh G., Marimuthu P., Murali H.S., Bawa A.S. Antioxidative and antibacterial potentials of essential oils and extracts isolated from various spice materials // *Journal of Food Safety*. 2005. N25. Pp. 130–145. DOI: 10.1111/j.1745-4565.2005.00564.x.
12. Suhartati Djarkasi G.S., Luluhan L.E., Nurali E., Sumual M.F. Antioxidant Activity of *Karimenga* (*Acorus calamus*) // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2155. N1. Pp. 1–6.
13. Muthulakshmi T., Saleh A.M., Kumari N.V., Mohana Priya K., Palanichamy V. Screening of phytochemicals and in vitro antioxidant activity of *acorus calamus* // *International Journal of Drug Development and Research*. 2015. Vol. 7. N1. Pp. 44–51.
14. Asha Devi S., Mali A.L., Rahee M.A., Belinda E.D.S. Antioxidant properties of Alpha asarone // *Asian Journal of Biochemistry*. 2014. Vol. 9. N9. Pp. 107–113. DOI: 10.3923/ajb.2014.107.113.
15. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007. 804 p.
16. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
17. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenilpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 2004. Vol. 26. N2. Pp. 211–219.
18. Ruberto G., Baratta M.T. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems // *Food Chemistry*. 2000. Vol. 69. Pp. 167–174.
19. Mata A.T., Proença C., Ferreira A.R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F., Araújo M.E.M. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as portuguese food spices // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 103. Pp. 778–786. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.017.
20. Viuda-Martos M., Navajas Y.R., Zapata E.S., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J.A. Antioxidant activity of essential oils of five spice plants widely used in a Mediterranean diet // *Flavour and Fragrance Journal*. 2009. Vol. 25. Pp. 13–19. DOI: 10.1002/ffj.1951.
21. Lima R.K., Cardoso M.G., Andrade M.A., Guimarães P.L., Batista L.R., Nelson D.L. Bactericidal and antioxidant activity of essential oils from *Myristica fragrans* Houtt and *Salvia microphylla* H.B.K. // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2012. Vol. 89. Pp. 523–528. DOI: 10.1007/s11746-011-1938-1.
22. 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.
23. Мишарина Т.А., Алинкина Е.С., Фаткуллина А.К. Оценка антирадикальных свойств компонентов корня имбиря // *Химия растительного сырья*. 2013. №1. С. 183–189. DOI: 10.14258/jcprm.1301183.

Поступила в редакцию 15 ноября 2019 г.

После переработки 4 декабря 2019 г.

Принята к публикации 4 декабря 2019 г.

Для цитирования: Зыкова И.Д., Ефремов А.А., Наймушина Л.В. Антирадикальная активность отдельных фракций эфирного масла корней аира болотного // *Химия растительного сырья*. 2020. №2. С. 73–78. DOI: 10.14258/jcprm.2020026659.

Zykova I.D.^{1*}, Efremov A.A.^{1,2}, Naimushina L.V.¹ ANTIRADICAL ACTIVITY OF SEPARATE FRACTIONS OF ESSENTIAL OIL OF ACORUS CALAMUS ROOTS

¹ Siberian Federal University, pr. Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660049 (Russia), e-mail: izeykova@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)

Essential oil from the roots of calamus marsh (*Acorus calamus* L) was isolated by the method of exhaustive hydroperdistillation, growing on the Krasnoyarsk territory. Separate fractions of essential oil were obtained depending on the duration of isolation. The component composition of the essential oil, the main components of which are acorenone, butyrate α -terpineol, germacrene B, camphor. The antiradical properties of the essential oil of *A. calamus* roots growing in the Siberian region, as well as the antiradical properties of its individual fractions were studied for the first time in order to determine the most promising samples as sources of biologically active complexes. To determine the antiradical activity, the reaction of the essential oil components with a stable free 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical was used. The antiradical activity of all studied samples of essential oils was established. There was an increase in antiradical activity with a decrease in the content of monoterpenes in the composition of the essential oil. The lowest antiradical activity (17.5%) was shown by the fraction of essential oil with a high content of monoterpenes, the highest (~100%) – fractions with a high content of oxygen-containing compounds. It was revealed that the ability of components of individual fractions of *A. calamus* essential oil to inhibit DPPH radicals is comparable with the antiradical activity of ascorbic acid solutions of equivalent concentration.

Keywords: *Acorus calamus*, essential oil, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

References

1. Yakovlev G.P., Blinova K.F., Belodubrovskaya G.A., Alekseyeva G.M. *Farmakognoziya. Lekarstvennoye rastitel'noye syr'ye rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya*. [Pharmacognosy. Medicinal plant materials of plant and animal origin]. St. Petersburg, 2013, 847 p. (in Russ.).
2. Kumar R., Sharma S., Kumar N. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 136–141. DOI: 10.1016/j.jarmap.2016.06.001.
3. Satyal P., Paudel P., Poudel A., Dosoky N.S., Moriarity D.M., Vogler B., Setzer W.N. *Natural Product Communications*, 2013, vol. 8, no. 8, pp. 1179–1181.
4. Ganjewala D., Srivastava A.K. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2011, vol. 10, no. 3, pp. 182–189. DOI: 10.3923/ajps.2011.182.189.
5. Kim W., Hwang K., Park D., Kim T., Lee K., Choi D., Moon W. *Natural product research*, 2011, vol. 25, no. 13, pp. 1278–1281. DOI: 10.1080/14786419.2010.513333.
6. Ram S.V., Rajendra C.P., Amit C. *National Academy Science Letters*, 2015, vol. 38, no. 2, pp. 121–125. DOI: 10.1007/s40009-014-0304-x.
7. Shukla R., Singh P., Prakash B., Dubey N. *International Journal of Food Science & Technology*, 2013, vol. 48, no. 1, pp. 128–135. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03168.x.
8. Joshi N., Prakash O., Pant A.K. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2012, vol. 15, no. 1, pp. 32–37. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644016.
9. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Komponentnyy sostav efirnykh masel dikorastushchikh lekarstvennykh rasteniy flory Sibiri*. [Component composition of essential oils of wild medicinal plants of Siberian flora]. Krasnoyarsk, 2014, 216 p. (in Russ.).
10. Yefremov A.A., Zykova I.D., Drozhzhina M.V. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, no. 1, pp. 118–123. (in Russ.).
11. Singh G., Marimuthu P., Murali H.S., Bawa A.S. *Journal of Food Safety*, 2005, no. 25, pp. 130–145. DOI: 10.1111/j.1745-4565.2005.00564.x.
12. Suhartati Djarkasi G.S., Luluhan L.E., Nurali E., Sumual M.F. *AIP Conference Proceedings*, 2019, vol. 2155, no. 1, pp. 1–6.
13. Muthulakshmi T., Saleh A.M., Kumari N.V., Mohana Priya K., Palanichamy V. *International Journal of Drug Development and Research*, 2015, vol. 7, no. 1, pp. 44–51.
14. Asha Devi S., Mali A.L., Rahee M.A., Belinda E.D.S. *Asian Journal of Biochemistry*, 2014, vol. 9, no. 9, pp. 107–113. DOI: 10.3923/ajb.2014.107.113.
15. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007, 804 p.
16. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
17. Molyneux P. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 211–219.
18. Ruberto G., Baratta M.T. *Food Chemistry*, 2000, vol. 69, pp. 167–174.
19. Mata A.T., Proença C., Ferreira A.R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F., Araújo M.E.M. *Food Chemistry*, 2007, vol. 103, pp. 778–786. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.017.
20. Viuda-Martos M., Navajas Y.R., Zapata E.S., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J.A. *Flavour and Fragrance Journal*, 2009, vol. 25, pp. 13–19. DOI: 10.1002/ffj.1951.
21. Lima R.K., Cardoso M.G., Andrade M.A., Guimaraes P.L., Batista L.R., Nelson D.L. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2012, vol. 89, pp. 523–528. DOI: 10.1007/s11746-011-1938-1.
22. 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.).
23. Misharina T.A., Alinkina Ye.S., Fatkullina A.K. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 1, pp. 183–189. DOI: 10.14258/jcprm.1301183. (in Russ.).

Received November 15, 2019

Revised December 4, 2019

Accepted December 4, 2019

For citing: Zykova I.D., Efremov A.A., Naimushina L.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 73–78. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020026659.

* Corresponding author.