

УДК 615.322

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛОФАНТА АНИСОВОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ХАКАСИИ

© *Е.Е. Савельева*^{1*}, *А.А. Ефремов*², *О.А. Иванов*³, *Л.П. Кравцова*³

¹ Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, ул. Партизана Железняка, 1, Красноярск, 660022, Россия, saveleva_ee@mail.ru

² Институт космических технологий ФИЦ КНЦ СО РАН, Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Россия

³ НИИ аграрных проблем Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Садовая, 5, с. Зеленое, Республика Хакасия, 655132, Россия

Методом ВЭЖХ с УФ-детектированием исследован компонентный состав экстрактивных веществ, извлекаемых водой и водно-спиртовыми экстрагентами с содержанием этанола 20, 40, 70, 95% из надземной части лофанта анисового, выращенного в Хакасии. В экстрактах идентифицированы в качестве основных компонентов розмариновая кислота, лютеолин, кверцетин. Суммарное содержание фенольных компонентов составило 9.0% от исходной навески в случае использования в качестве экстрагента 70% этанола. В модельной реакции полученных экстрактов с раствором 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (ДФПГ) получены данные по антирадикальной активности (АРА) экстрактивных веществ. Экстракты получали при гидромодуле 1 : 100, а для определения АРА их разбавляли еще в 100 раз. Величину АРА определяли по уменьшению полосы 517 нм, характерной для ДФПГ, в течение 30 мин. Установлено, что АРА 20% экстракта имела максимальную величину, достигая значения 37.6%, даже при указанном разбавлении.

Ключевые слова: лофант анисовый, фенольные соединения, антирадикальная активность.

Для цитирования: Савельева Е.Е., Ефремов А.А., Иванов О.А., Кравцова Л.П. Антирадикальная активность фенольных соединений лофанта анисового, произрастающего в Хакасии // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 263–269. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217546>.

Введение

Лофант анисовый (*Lophanthus anisatus* Benth.), или многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze), анисовый иссоп, «мексиканская мята» – многолетнее травянистое эфиромасличное растение семейства яснотковые (*Lamiaceae*), растущее в диком виде в США и на юге Канады. В нашей стране встречается на Дальнем Востоке и возделывается на приусадебных участках в Крыму, Саратовской и Астраханской областях, в Ставропольском крае. Завезено также в Сибирь и выращивается в Сибирском ботаническом саду и Хакасии [1, 2]. В народной медицине его применяют как противовоспалительное и бактерицидное средство. Настои и отвары лофанта анисового используются в народной медицине Тибета и Монголии как общеукрепляющее, противопростудное, противоязвенное средство [3, 4]. Установлено, что лофант анисовый содержит целый ряд биологически активных соединений, благодаря чему является ценным сырьем для получения эффективных лекарственных средств [1–4].

Анализ имеющихся литературных данных свидетельствует о том, что лофант анисовый привлекает внимание исследователей благодаря разнообразным свойствам этого растения для использования в народной медицине. В литературе имеются некоторые данные о его химическом составе и лечебных свойствах [5–9]. Отметим, что лофант анисовый содержит в своем составе эфирное масло, богатое терпеновыми соединениями [10–14], флавоноиды, полифенолы, дубильные вещества и некоторые другие [2, 12, 15]. Отметим также, что наиболее полно исследован компонентный состав эфирного масла лофанта анисового с использованием метода хромато-масс-спектрометрии [16, 17]. Производные кофейной кислоты, особенно

* Автор, с которым следует вести переписку.

розмариновая кислота, и несколько гликозифицированных флавоноидов являются наиболее распространенными нелетучими фенольными метаболитами в различных видах *Agastache*, а как известно, именно фенольные соединения обладают разнообразными фармакологическими свойствами, в том числе антиоксидантными [15, 18, 19].

Химический состав растений определяется не только родом самого растения, но и природно-климатическими условиями его произрастания. В этой связи представляет интерес исследовать состав фенольных соединений лопуха анисового, культивируемого в Сибири, определить его биологическую активность и возможности использования его соединений в медицинских целях.

Цель исследования – получить данные о компонентном составе фенольных соединений и их количественном содержании в надземной части лопуха анисового, выращенного в Хакасии, и исследовать антирадикальную активность экстрактов, содержащих фенольные соединения.

Экспериментальная часть

В работе использовали надземную часть растения, заготовленную в период массового цветения (июль 2024 г.), высушенную до воздушно-сухого состояния, которую подвергали экстракции водой и водно-спиртовыми растворами с содержанием этанола 20, 40, 70 и 95%. Определенную навеску сухого сырья (1.00 г) заливали 100 мл экстрагента и нагревали до кипения в течение 1 ч. Затем смесь фильтровали и полученные экстракты исследовали на величину антирадикальной активности (АРА). АРА полученных экстрактов определялась по модельной реакции с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом ($C_{ДФПГ} = 1.7 \times 10^{-4}$ моль/л в этаноле 95%) [20, 21], фиксируя величину АРА через 30 мин. Для этого в мерную колбу вместимостью 100 мл помещали 1 мл исходного экстракта и доводили до метки соответствующим растворителем. Аликвоту полученного раствора смешивали с раствором ДФПГ в соотношении 1 : 1, ход реакции контролировали по уменьшению величины оптической плотности раствора в видимой области при длине волны 517 нм по истечении 30 мин (спектрофотометр ПЭ-5400 УФ (Россия), кюветы $l = 1.0$ см). Для расчета процента ингибирования использовали формулу:

$$\% \text{ ингибирования} = (A_0 - A_x) \cdot 100\% / A_0,$$

где A_0 – оптическая плотность ДФПГ в отсутствие растительного экстракта (контроль); A_x – оптическая плотность исследуемого раствора растительного экстракта с ДФПГ.

Компонентный состав экстрактивных веществ определяли методом ВЭЖХ на хроматографе «Милихром А-02» (ЦКП ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск) в градиентном режиме элюирования на колонке «Silasorb» (SPH 5C18, 2×75 мм, $d_p = 5$ мкм), элюенты: А – 0.01% раствор муравьиной кислоты, В – 100% ацетонитрил, скорость подачи подвижной фазы составляла 100 мкл/мин (градиент: 5% ацетонитрила и до 100% ацетонитрила за 30 мин) при длинах волн детектирования: 210 (опорная), 230, 240, 250, 260, 280, 300 нм. Объем вводимой пробы – от 5 до 10 мкл экстракта растения. Идентификацию проводили по временам удерживания и спектральным отношениям индивидуальных веществ в сравнении с аналогичными характеристиками стандартных образцов (СО) производства Sigma-Aldrich. Концентрацию отдельных БАС в полученных экстрактах определяли в пересчете на СО розмариновой кислоты, по которому проводили предварительную калибровку детектора хроматографа.

Результаты и их обсуждение

Таблица 1. Антирадикальная активность экстрактов лопуха анисового

Экстрагент	АРА, %
Вода	26.6±0.2
20% этанол	37.6±0.8
40% этанол	34.1±1.7
70% этанол	23.3±0.1
95% этанол	23.7±0.7

Экспериментально установлено, что величина АРА максимальна для экстракта лопуха анисового на 20% этаноле и достигает $37.6 \pm 0.8\%$ через 30 мин взаимодействия (табл. 1).

Принято считать, что АРА обусловлена присутствием фенольных соединений [20, 21]. Электронный спектр в УФ-области спектра 40% водно-спиртового экстракта лопуха анисового приведен

на рисунке 1 и однозначно свидетельствует о наличии фенольных соединений в экстракте по присутствию полос поглощения в области 270, 286 и 328 нм.

Анализ имеющихся литературных данных свидетельствует о том, что такими соединениями в экстракте лопуха анисового могут быть кверцетин, дигидрокверцетин, лютеолон, кемпферол и некоторые другие [2, 12, 18]. Для идентификации фенольных соединений в экстрактах лопуха анисового мы исследовали ВЭЖХ полученных экстрактов. На рисунке 2 приведена хроматограмма 40% экстракта лопуха анисового.

Известно, что розмариновая кислота является типичным соединением в видах семейства *Lamiaceae* (губоцветные), в растениях *Rosmarinus officinalis* L. (розмарин обыкновенный), *Osimum basilicum* L. (базилик душистый), *Origanum vulgare* L. (душица обыкновенная), *Melissa officinalis* L. (мелисса лекарственная) [22, 23] и некоторых других. Электронный спектр в УФ-области спектра СО розмариновой кислоты приведен на рисунке 3 и имеет два максимума при 290 и 330 нм. Время удерживания СО розмариновой кислоты совпадает с временем удерживания пика 3 на рисунке 2, причем УФ-спектр пика 3 полностью совпадает с УФ-спектром розмариновой кислоты, приведенном на рисунке 3. На этом основании можно утверждать, что пик 3 на хроматограмме (рис. 2) принадлежит розмариновой кислоте. Калибровка детектора хроматографа по розмариновой кислоте показывает, что все экспериментальные точки укладываются на прямую в области изученных концентраций (рис. 4) с коэффициентом корреляции 0.987, что позволяет определять концентрацию розмариновой кислоты во всех полученных экстрактах.

Таким же образом нами получены данные о том, что пики 1–6 на хроматограмме (рис. 2) принадлежат соединениям, указанным в таблице 2. Идентификацию компонентов проводили на основе совпадения времени удерживания определяемых соединений и СО указанных веществ, а также при полном совпадении их спектральных отношений в области 220–300 нм, что позволяет определять хроматограф Милихром А-02.

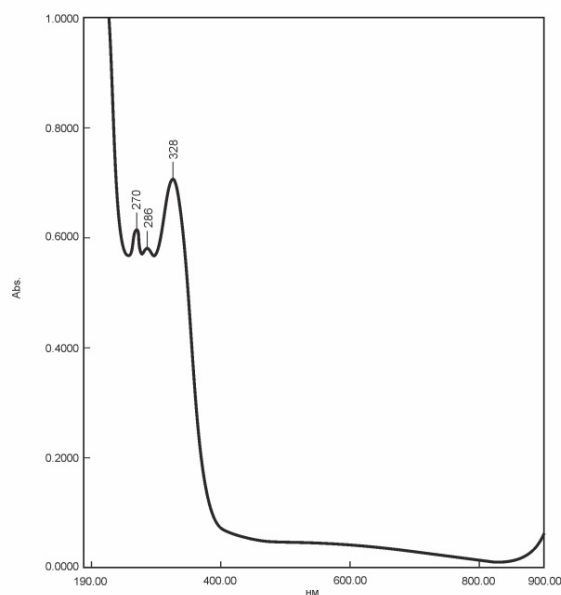


Рис. 1. Электронный спектр в УФ-области 40% водно-спиртового экстракта лопуха анисового

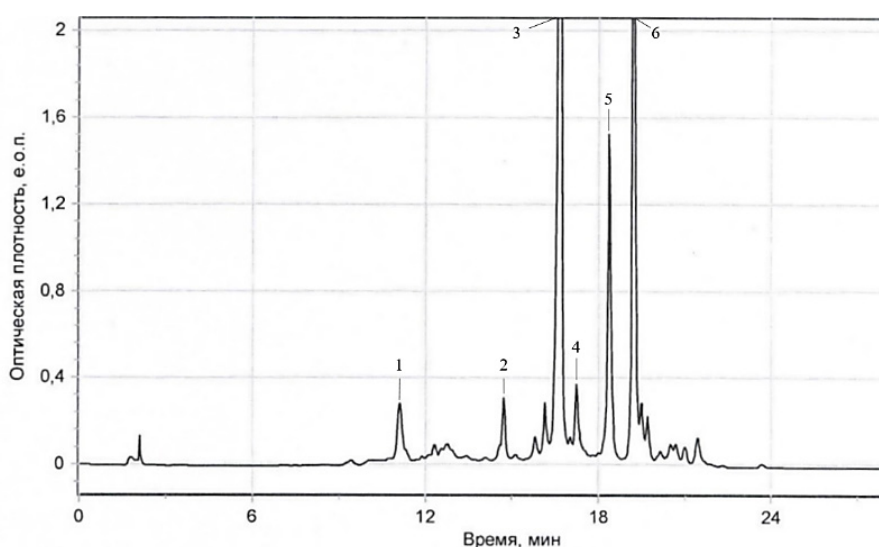


Рис. 2. Хроматографический профиль фенольных соединений лопуха анисового при экстракции 40% водно-спиртовым экстрагентом (гидромодуль 1 : 100), детектирование при длине волны 300 нм: 1 – кофейная кислота, 2 – изокверцетин, 3 – розмариновая кислота, 4 – гиперозид, 5 – лютеолин, 6 – кверцетин

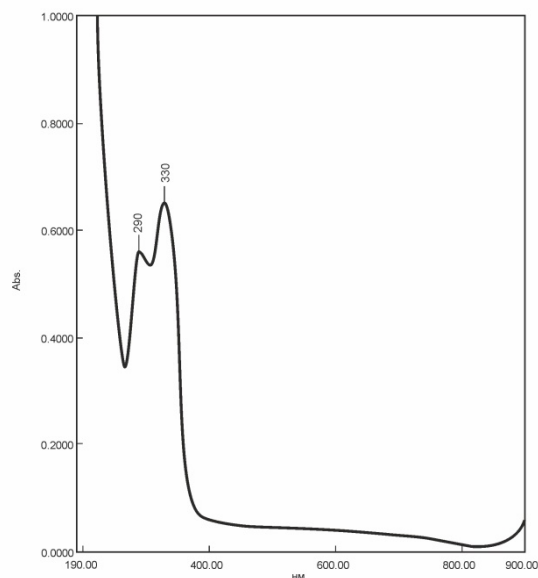


Рис. 3. Электронный спектр в УФ-области стандартного образца розмариновой кислоты

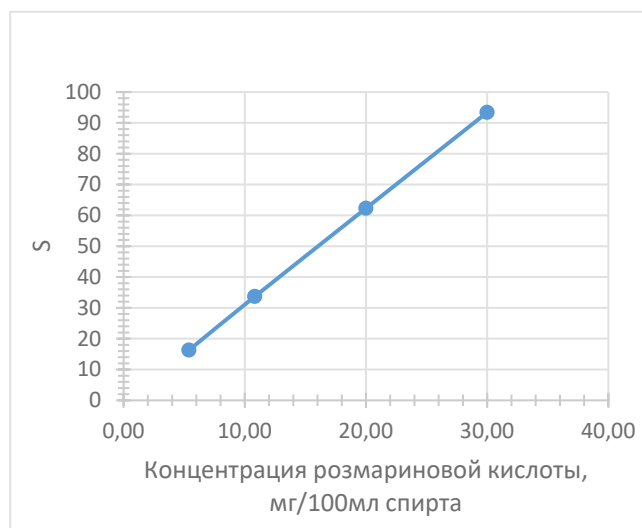


Рис. 4. Калибровка детектора хроматографа по розмариновой кислоте

Таблица 2. Фенольные соединения в экстрактах лофанта анисового по данным ВЭЖХ

Экстрагент	Содержание компонентов, % от сухой навески сырья						Сумма
	Кофейная кислота	Изокверцетин	Розмариновая кислота	Гиперозид	Лютеолин	Кверцетин	
Водный	0.04	0.03	1.72	0.16	2.55	1.18	5.68
20% этанол	0.07	0.14	3.16	0.50	1.39	2.56	7.82
40% этанол	0.09	0.05	3.54	0.53	1.20	3.14	8.59
75% этанол	–	0.15	4.06	0.56	1.27	2.96	9.00
95% этанол	–	–	3.87	–	0.75	0.94	4.56

Заключение

Таким образом, надземная часть лофанта анисового, культивируемого в Хакасии, содержит до 9.0% фенольных соединений, среди которых мажорными компонентами являются розмариновая кислота, лютеолин, кверцетин.

Как следует из полученных данных, величина АРА достигает 37.6%. Учитывая тот факт, что гидромодуль процесса экстракции составлял 1 : 100, а кроме того, для измерения АРА 1 мл экстракта разбавляли до 100 мл, то необходимо указать, что экстракт лофанта анисового обладает очень значительной АРА. В этой связи лофант анисовый становится перспективным источником биологически активных веществ для медицины и фармации [1–4].

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Красноярского государственного медицинского университета имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, Института космических технологий и Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии. 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. Фурсов Н.В., Фурсов В.Н., Фурсов В.В., Соколова Г.Ф., Великородов А.В., Тырков А.Г., Ионова Л.П. Новое растение для Астрахани и России – лофант анисовый. Астрахань, 2009. 124 с.
2. Юртаева Е.А., Ремезова И.П., Тырков А.Г., Лужнова С.А., Попова О.И. Сухой экстракт листьев лофанта анисового: получение и анализ фенольных соединений // Фармация. 2019. Т. 68, №2. С. 28–32. <https://doi.org/10.29296/25419218-2019-02-05>.
3. Хлебцова Е.Б., Сержникова Т.К., Турченков С.С., Сорокина А.А., Боков Д.О. Фитохимический анализ травы лофанта анисового // Фармация. 2016. Т. 65, №3. С. 13–15.
4. Kormoch S., Vachchenko V., Mytenko I. Perspectives Culture of the *Lophanthus anisatus* Benth. and Peculiarities of Its Ontogenesis in the Conditions of the Lowland Zone of Transcarpathian // Ecology and Evolutionary Biology. 2020. Vol. 5. Pp. 29–34. <https://doi.org/10.11648/j.eeb.20200502.13>.
5. Чумакова В.В., Попова О.И., Дмитриев А.Б., Мезенова Т.Д. ТрITERПЕНОВЫЕ КИСЛОТЫ в траве лофанта анисового // Фармация. 2013. №4. С. 18–19.
6. Ivanov I.G., Vrancheva R.Z., Petkova N.T., Tumbarski Y., Dincheva I.N., Badjakov I.K. Phytochemical compounds of anise hyssop (*Agastache foeniculum*) and antibacterial antioxidant, and acetylcholinesterase inhibitory properties of its essential oil // J. Appl. Pharmaceut. Sci. 2019. Vol. 2, no. 9. Pp. 72–78. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90210>.
7. Najar B., Marchioni I., Ruffoni B., Copetta A., Pistelli L., Pistelli L. Volatilomic analysis of four edible flowers from *Agastache* Genus // Molecules. 2019. Vol. 24. 4480. <https://doi.org/10.3390/molecules24244480>.
8. Strilbytska O.M., Zayachkivska A., Koliada A., Galeotti F., Volpi N., Storey K.B., Vaiserman A., Lushchak O. Anise Hyssop *Agastache foeniculum* increases lifespan, stress resistance, and metabolism by affecting free radical processes in *Drosophila* // Frontiers in Physiology. 2020. Vol. 11. 596729. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.596729>.
9. Ibragimova D.M., Farmanova N.T., Kuranbaeva M.D. Tanning Agents of Herb Lofanta Anis (*Lophanthus Anisatus* Benth.) // International Journal of Current Science Research and Review. 2023. Vol. 6, no. 5. Pp. 2786–2789. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i5-11>.
10. Великородов А.В., Абделаал Х.А.А., Тырков А.Г., Фурсов В.Н. Выделение эфирного масла из лофанта анисового и изучение его химического состава // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. №10. С. 66–71.
11. Великородов А.В., Ковалев В.Б., Тырков А.Г., Дегтярев О.В. Изучение химического состава и противогрибковой активности эфирного масла *Lophanthus Anisatum* Benth. // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 143–146.
12. Чумакова В.В., Попова О.И. Лофант анисовый (*Agastache foeniculum* L.) – перспективный источник получения лекарственных средств // Фармация и фармакология. 2013. №1. С. 39–43.
13. Badea M.L., Ion V.A., Barbu A., Petre A., Frincu M., Lagunovschi-Luchian V., Budulescu L. *Laphanthus anisatus* (Nett.) Benth. Used as Dried Aromatic Ingredient // Scientific Papers, Series B, Horticulture. 2022. Vol. 67, no. 2. Pp. 233–239.
14. Mazza G., Kiehn F.A. Essential oil of *Agastache foeniculum*, a potential source of methyl chavicol // Journal of Essential Oil Research. 1992. Vol. 4. Pp. 295–299. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698065>.
15. Zielinska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (*Lamiaceae*) // Phytochem. Rev. 2014. Vol. 13, no. 2. Pp. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>.
16. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
17. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publishing Corporation: Corol Stream. Illinois, USA, 2007. 804 p.
18. Shanaida M., Hudz N., Jasicka-Misiak I., Wiczorek P.P. Polyphenols and pharmacological screening of a *Monarda fistulosa* L. dry extract based on a hydrodistilled residue by-product // Frontiers in Pharmacology. 2021. Vol. 12. Pp. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.563436>.
19. Pudziulyte L., Liaudanskas M., Jekabsonė A. et al. *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl. Extracts from different plant parts: phenolic composition, antioxidant, and anti-inflammatory activities // Molecules. 2020. Vol. 25, no. 5. 1153. <https://doi.org/10.3390/molecules25051153>.
20. Савельева Е.Е., Лапкина Е.З., Булгакова Н.А., Тютрина Е.С., Курбатский В.И. Исследование антирадикальной активности растений рода *Potentilla* L. // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 189–196. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020027261>.
21. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. №4. С. 180–197.
22. Petersen M., Simmonds M.S.J. Rosmarinic acid // Phytochemistry. 2003. Vol. 62. Pp. 121–125. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00513-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00513-7).
23. Kim S., Yun E.J., Bak J.S., Lee H., Lee S.J., Kim C.T., Lee J.-H., Kim K.H. Response surface optimised extraction and chromatographic purification of rosmarinic acid from *Melissa officinalis* leaves // Food Chemistry. 2010. Vol. 121, no. 2. Pp. 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.040>.

Поступила в редакцию 29 июня 2025 г.

После переработки 22 сентября 2025 г.

Принята к публикации 26 декабря 2025 г.

Savel'yeva E.E.^{1*}, Efremov A.A.², Ivanov O.A.³, Kravtsova L.P.³ ANTIRADICAL ACTIVITY OF PHENOLIC COMPOUNDS OF ANISEED *LOPHANTHUS* GROWING IN KHAKASSIA

¹ Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky, st. Partizana Zheleznyaka, 1, Krasnoyarsk, 660022, Russia, saveleva_ee@mail.ru

² Institute of Space Technologies, Federal Research Center KSC SB RAS, Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia

³ Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia – branch of the Federal Research Center KSC SB RAS, st. Sadovaya, 5, Zelenoe village, Republic of Khakassia, 655132, Russia

The component composition of extractive substances extracted from the aboveground part of aniseed lofant grown in Khakassia with water and water-alcohol extractants with ethanol content of 20, 40, 70, 95% ethanol was studied by HPLC with UV detection. Rosmarinic acid, luteolin and quercetin were identified as the main components in the extracts. The total content of phenolic components was 9.0% of the initial sample in the case of 70% ethanol was used as an extractant. Data on the anti-radical activity (ARA) of the extractive substances were obtained in a model reaction of the obtained extracts with a solution of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). The extracts were obtained at a hydromodulus of 1 : 100, and to determine the ARA they were diluted another 100 times. The ARA value was determined by the decrease of the 517 nm band characteristic of DPPH over 30 minutes. It was found that the ARA of the 20% extract had the maximum value, reaching a value of 37.6%, even at the specified dilution.

Keywords: aniseed hyssop, phenolic compounds, antiradical activity.

For citing: Savel'yeva E.E., Efremov A.A., Ivanov O.A., Kravtsova L.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, Online First. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217546>.

References

1. Fursov N.V., Fursov V.N., Fursov V.V., Sokolova G.F., Velikorodov A.V., Tyrkov A.G., Ionova L.P. *Novoye rasteniye dlya Astrakhani i Rossii – lofant anisovyy*. [A new plant for Astrakhan and Russia – anise hyssop]. Astrakhan', 2009, 124 p. (in Russ.).
2. Yurtayeva Ye.A., Remezova I.P., Tyrkov A.G., Luzhnova S.A., Popova O.I. *Farmatsiya*, 2019, vol. 68, no. 2, pp. 28–32. <https://doi.org/10.29296/25419218-2019-02-05>. (in Russ.).
3. Khlebtsova Ye.B., Serezhnikova T.K., Turchenkov S.S., Sorokina A.A., Bokov D.O. *Farmatsiya*, 2016, vol. 65, no. 3, pp. 13–15. (in Russ.).
4. Kormoch S., Vachchenko V., Mytenko I. *Ecology and Evolutionary Biology*, 2020, vol. 5, pp. 29–34. <https://doi.org/10.11648/j.eeb.20200502.13>.
5. Chumakova V.V., Popova O.I., Dmitriyev A.B., Mezenova T.D. *Farmatsiya*, 2013, no. 4, pp. 18–19. (in Russ.).
6. Ivanov I.G., Vrancheva R.Z., Petkova N.T., Tumbarski Y., Dincheva I.N., Badjakov I.K. *J. Appl. Pharmaceut. Sci.*, 2019, vol. 2, no. 9, pp. 72–78. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90210>.
7. Najar B., Marchioni I., Ruffoni B., Copetta A., Pistelli L., Pistelli L. *Molecules*, 2019, vol. 24, 4480. <https://doi.org/10.3390/molecules24244480>.
8. Strilbytska O.M., Zayachkivska A., Koliada A., Galeotti F., Volpi N., Storey K.B., Vaiserman A., Lushchak O. *Frontiers in Physiology*, 2020, vol. 11, 596729. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.596729>.
9. Ibragimova D.M., Farmanova N.T., Kuranbaeva M.D. *International Journal of Current Science Research and Review*, 2023, vol. 6, no. 5, pp. 2786–2789. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i5-11>.
10. Velikorodov A.V., Abdelaal Kh.A.A., Tyrkov A.G., Fursov V.N. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 10, pp. 66–71. (in Russ.).
11. 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.).
12. Chumakova V.V., Popova O.I. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2013, no. 1, pp. 39–43. (in Russ.).
13. Badea M.L., Ion V.A., Barbu A., Petre A., Frincu M., Lagunovschi-Luchian V., Budulescu L. *Scientific Papers, Series B, Horticulture*, 2022, vol. 67, no. 2, pp. 233–239.
14. Mazza G., Kiehn F.A. *Journal of Essential Oil Research*, 1992, vol. 4, pp. 295–299. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698065>.
15. Zielinska S., Matkowski A. *Phytochem. Rev.*, 2014, vol. 13, no. 2, pp. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>.
16. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
17. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Allured Publishing Corporation: Corol Stream, Illinois, USA, 2007, 804 p.
18. Shanaida M., Hudz N., Jasicka-Misiak I., Wiczorek P.P. *Frontiers in Pharmacology*, 2021, vol. 12, pp. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.563436>.
19. Pudziulevityte L., Liaudanskas M., Jekabsone A. et al. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 5, 1153. <https://doi.org/10.3390/molecules25051153>.
20. Savel'yeva Ye.Ye., Lapkina Ye.Z., Bulgakova N.A., Tyutrina Ye.S., Kurbatskiy V.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 189–196. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020027261>. (in Russ.).

* Corresponding author.

21. Trineyeva O.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 4, pp. 180–197. (in Russ.).
22. Petersen M., Simmonds M.S.J. *Phytochemistry*, 2003, vol. 62, pp. 121–125. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00513-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00513-7).
23. Kim S., Yun E.J., Bak J.S., Lee H., Lee S.J., Kim C.T., Lee J.-H., Kim K.H. *Food Chemistry*, 2010, vol. 121, no. 2, pp. 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.040>.

Received June 29, 2025

Revised September 22, 2025

Accepted December 26, 2025

Сведения об авторах

Савельева Елена Евгеньевна – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующая кафедрой фармации с курсом ПО, saveleva_ee@mail.ru

Ефремов Александр Алексеевич – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом комплексной переработки растительного сырья, AEfremov15@mail.ru

Иванов Олег Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, oleg3077@yandex.ru

Кравцова Людмила Павловна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, lpkravzova@yandex.ru

Information about authors

Savelyeva Elena Evgenievna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Head of the Pharmacy Department with a Postgraduate course, saveleva_ee@mail.ru

Efremov Aleksandr Alekseevich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Integrated Processing of Plant Raw Materials, AEfremov15@mail.ru

Ivanov Oleg Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, oleg3077@yandex.ru

Kravtsova Lyudmila Pavlovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, lpkravzova@yandex.ru