

УДК 543.544:547.913

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ БАГУЛЬНИКА БОЛОТНОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

© А.А. Ефремов^{1,2,3*}, Е.Е. Савельева³, Н.А. Булгакова³, Р.К. Куниц³, Д.Г. Слащинин⁴, Т.А. Лунева⁴,
И.Д. Зыкова^{1,2}, Д.В. Волков²

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

² Институт космических технологий ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Академгородок, 50, Красноярск, 660036 (Россия)

³ Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, ул. Партизана Железняка, 1, Красноярск, 660022 (Россия)

⁴ Сибирский государственный университет науки и техники им. акад. М.Ф. Решетнева, пр. Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037 (Россия)

В модельных реакциях со свободным стабильным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом изучена антирадикальная активность (АРА) экстрактивных веществ багульника болотного (*Ledum palustre* L.), произрастающего на территории Красноярского края: водно-спиртовых экстрактов с содержанием спирта 20, 40 и 70%, водных и спиртовых экстрактов и эфирного масла. Цельное эфирное масло получено методом исчерпывающей гидропародистилляции в течение 8 ч. Компонентный состав эфирного масла определяли методом хромато-масс-спектрометрии с использованием банка данных по масс-спектрам и по анализу линейных индексов удерживания. В эфирном масле идентифицировано не менее 35 индивидуальных соединений и определено их количественное содержание.

В качестве сырья использовали листья багульника болотного, собранные в начале июня месяца в Партизанском районе Красноярского края. Экстракты получали с использованием навески воздушно-сухого сырья в количестве 1.00 г, гидромодуль экстракции – 1 : 100, время экстракции – 1 ч.

Результаты ДФПГ-теста показали, что антирадикальная активность полученных экстрактов изменяется в следующем ряду: эфирное масло > 40% экстракт > 70% экстракт > 20% экстракт > водный экстракт. Причем эфирное масло багульника болотного имеет величину АРА 82.7% даже при разбавлении 1 : 10.

Полученные экстракты были исследованы методом электронной спектроскопии в УФ-области. Показано, что в экстрактах имеются фенольные соединения, представленные фенолкарбоновыми кислотами и флавоноидами. В полученных экстрактах определено общее содержание фенольных соединений (по реакции с реактивом Фолина-Чокальтеу), составляющее 0.52–1.05 вес.% (внутренний стандарт – галловая кислота). Количество фенольных соединений в экстрактах максимально в случае 40% спиртового экстракта.

По реакции с хлоридом алюминия определено общее содержание флавоноидов в экстрактах. Обнаружено, что содержание флавоноидов в экстрактах составляет 0.73–2.00 вес.% в пересчете на рутин. Максимальное содержание флавоноидов обнаружено в 70% спиртовом экстракте.

Показано, что величина АРА коррелирует с общим содержанием фенольных соединений – коэффициент корреляции 0.9512, а с общим содержанием флавоноидов никакой корреляции не наблюдается.

Ключевые слова: багульника болотного (*Ledum palustre* L.), водные, спиртовые и водно-спиртовые экстракты и эфирное масло, антирадикальная активность, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ).

Введение

Багульник болотный (*Ledum palustre* L.) – вечнозеленый, сильно пахучий кустарник, высотой 20–125 см. Багульник болотный произрастает в лесной и тундровой зонах, а также в верхнем горнолесном поясе гор Сибири и Дальнего Востока. Приурочен к заболоченным хвойным лесам, сфагновым болотам и торфяникам [1].

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

Окончание на С. 198.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Багульник болотный имеет обширный голарктический ареал. Он распространен в лесной и тундровой зонах европейской части бывшего СССР, Сибири и Дальнего Востока.

В Сибири северная граница распространения багульника болотного проходит через п-ов Ямал, к Обской губе, низовьям Енисея, через п-ов Таймыр, на 72° с.ш. пересекает р. Лену и, опускаясь до 70° с.ш., уходит на восток до Колымы.

Южная граница проходит через Приморский край, Читинскую область, Бурятскую Республику, Иркутскую область, Тувинскую Республику, Алтайский край. Большие запасы багульника болотного сосредоточены в Сибири, и в частности, в Красноярском крае. Массовые заготовки возможны в Бейском, Саянском, Ермаковском, Манском, Шушенском и других районах края [2]. На рисунке 1 приведена карта возможных заготовок багульника болотного на территории края.

Цель данной работы – получить сведения о величине антирадикальной активности фенольных соединений багульника болотного и терпеноидов его эфирного масла. Эти данные, возможно, помогут прогнозировать и улучшать или создавать лечебно-профилактические препараты на основе использования надземной части багульника болотного.

Материалы и методы

Исходное сырье – листья багульника болотного – заготавливали в Партизанском районе Красноярского края в июне месяце 2022 года. Сырье высушивали на воздухе при температуре не выше 30 °С до воздушно-сухого состояния (остаточное содержание влаги – не более 12.6%) и хранили в крафт-мешках при комнатной температуре.

Экстрактивные вещества извлекали из измельченного сырья фракции 2–3 мм водой, 96% этанолом или водно-спиртовыми экстрагентами с концентрацией этанола 20, 40 и 70 об.%. Навеска сырья для получения экстрактов составляла 1.00±0.01 г, гидромодуль процесса 1 : 100. Для установления природы экстрактивных веществ в исходном сырье использовали методы количественного химического анализа растительного сырья согласно [3–9].

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидропародистилляции из надземной части исходного сырья аналогично [10]. Навеска сырья составляла не менее 1 кг воздушно-сухого сырья, время сбора выделяющегося эфирного масла в насадку Клевенджера составляла около 10 ч. Идентификацию и количественное содержание отдельных компонентов в составе эфирного масла осуществляли с использованием хромато-масс-спектрометра Agilent 6890 [11–12].

Для изучения антирадикальной активности (АРА) использовали реакцию компонентов эфирного масла и полученных экстрактов со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГ) (Sigma-Aldrich, Германия), которая приводит к изменению полосы поглощения радикала при 517 нм.

Величину антирадикальной активности (АРА) определяли с использованием ДФПГ кинетическим методом [13–14]. В мерную колбу вместимостью 100 мл помещали 1 мл исходного экстракта и доводили до метки соответствующим растворителем. При проведении измерений в кювету с исследуемым раствором добавляли 3 мл разбавленного экстракта и 3 мл рабочего раствора ДФПГ, в кювету с раствором сравнения – 3 мл разбавленного экстракта и 3 мл этанола 95%.

Савельева Елена Евгеньевна – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующая кафедрой фармациии, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Булгакова Надежда Анатольевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармациии, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Кунц Роман Константинович – ординатор, младший научный сотрудник, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Слацинин Дмитрий Геннадьевич – кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Лунева Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры фундаментальной химии, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

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

Волков Дмитрий Валентинович – кандидат физико-математических наук, заместитель директора, e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

Контрольным раствором являлся раствор ДФПГ.

Для расчета процента ингибирования использовали формулу

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

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

Ход реакции контролировали по уменьшению величины оптической плотности растворов в видимой области на длине волны 517 нм в течение 30 мин.

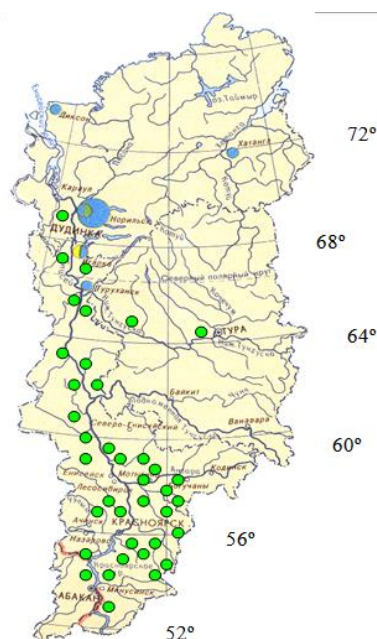


Рис. 1. Выявленные местонахождения багульника болотного на территории Красноярского края

Для проведения кинетических измерений использовали 0.008% ($C = 1.7 \times 10^{-4}$ моль/л) раствор ДФПГ в этаноле 95% (растворяли на ультразвуковой ванне).

Общее содержание фенольных соединений проводили с использованием реактива Фолина-Чокальтеу, а расчет проводили в пересчете на галловую кислоту с использованием формулы

$$X \% = (A \times 100) / A^{1\%}_{1\text{см}} \times 1,$$

где A – оптическая плотность исследуемого раствора в комплексе с реактивом Фолина-Чокальтеу при 750 нм; $A^{1\%}_{1\text{см}}$ – удельный показатель поглощения галловой кислоты в комплексе с реактивом Фолина-Чокальтеу при 750 нм, равный 47.3 [13]; 1 – объем экстракта, взятый для анализа, мл.

Содержание флавоноидов в полученных экстрактах в пересчете на лютеолин определяли спектрофотометрически, измеряя оптическую плотность комплекса флавоноидов с 2% раствором алюминия хлорида в 95% этаноле через 60 мин после сливания экстракта и 3% алюминия хлорида [15].

Спектры поглощения полученных экстрактов записывали на спектрометре Shimadzu-1700 в кюветках с толщиной поглощающего слоя 1.0 см при комнатной температуре.

Результаты и обсуждение

Хорошо известно, что экстрактивные вещества фенольной природы хорошо извлекаются из растительного сырья спиртом, водой или водно-спиртовыми смесями [4, 6–7, 16]. В таблице 1 приведены количественные данные по экстрактивным веществам, извлекаемых из исходного сырья различными экстрагентами, усредненные по трем измерениям.

Из полученных данных следует, что вода извлекает наибольшее количество экстрактивных веществ, причем с увеличением содержания этанола в смеси количество извлекаемых веществ закономерно снижается.

В спектрах поглощения полученных экстрактов присутствуют максимумы поглощения, характерные для ряда фенольных соединений, среди которых можно отметить фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды и ряд других (рис. 2) [16].

Наличие фенольных соединений в экстрактах будет обуславливать их антирадикальные свойства. Действительно, данные, представленные на рисунке 3, указывают на наличие таких свойств всех экстрактов, причем наибольшей величиной АРА обладает экстракт, полученный при использовании 40% водного этанола.

Максимальная величина АРА экстракта 40% этанолом может свидетельствовать о том, что при использовании этого экстрагента он извлекает наибольшее количество веществ, обуславливающих антирадикальные свойства. Величина АРА может зависеть от содержания либо фенольных соединений, либо флавоноидов [13–15]. В таблице 2 представлены данные по величинам АРА полученных экстрактов и общим со-

держанием фенольных соединений и флавоноидов. Видно, что величина АРА коррелирует с общим содержанием фенольных соединений, причем коэффициент корреляции составляет 0.9512 (рис. 4). В случае флавоноидов зависимости величины АРА от их содержания не наблюдается.

К экстрактивным веществам относится также эфирное масло растений, так как его можно извлекать из сырья экстракцией спиртом, эфиром и гексаном.

Однако для получения эфирного масла, не содержащего примесей нелетучих соединений, наилучшим способом его извлечения является метод пародистилляции.

Компонентный состав эфирного масла багульника болотного, полученного методом исчерпывающей гидропародистилляции, установленный по данным хромато-масс-спектрометрии и приведен в таблице 3.

Таблица 1. Значения выхода экстрактивных веществ листьев багульника болотного при использовании различных экстрагентов

| Экстрагент | Выход экстрактивных веществ (% от навески воздушно сухого сырья) |
|------------|------------------------------------------------------------------|
| Вода | 17.1±1.38 |
| 20% этанол | 15.8±1.32 |
| 40% этанол | 15.3±1.28 |
| 70% этанол | 14.9±1.34 |
| 95% этанол | 14.5±1.45 |

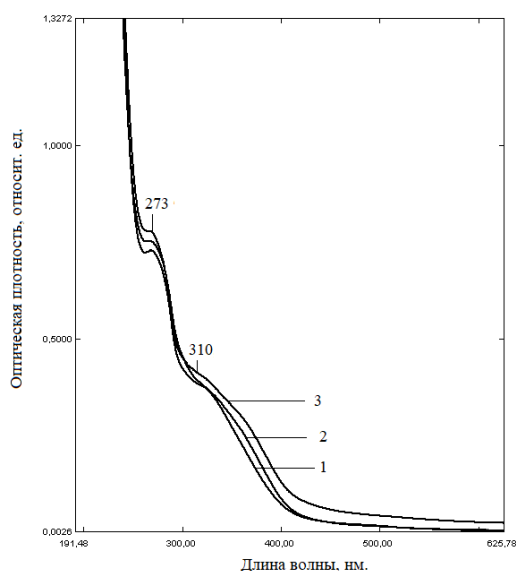


Рис. 2. Электронные спектры водно-спиртовых экстрактов багульника болотного: 1 – 20% этанол; 2 – вода; 3 – 40% этанол

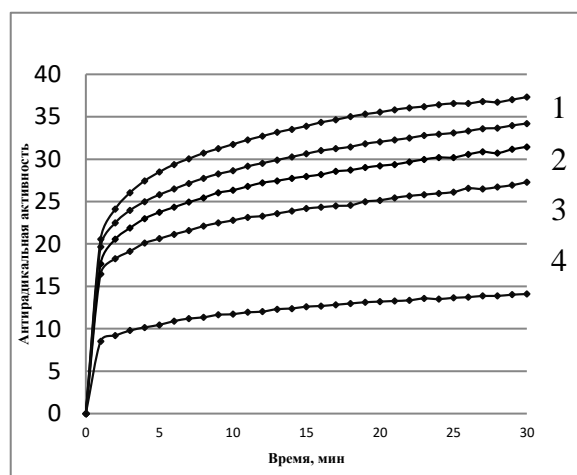


Рис. 3. Кинетика реакции взаимодействия ДФП с экстрактами багульника болотного, экстрагенты: 1 – 40% этанол; 2 – 70% этанол; 3 – 20% этанол; 4 – вода; 5 – 95% этанол

Таблица 2. Данные по содержанию фенольных соединений и флавоноидов в полученных экстрактах багульника болотного и величиной их АРА

| Экстрагент | Содержание фенольных соединений в экстрактах* | Содержание флавоноидов в экстрактах* | Величина АРА за 30 мин |
|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Вода | 0.658±0.015 | 0.730±0.079 | 27.3 |
| 20% этанол | 0.879±0.019 | 1.310±0.130 | 31.5 |
| 40% этанол | 1.049±0.011 | 1.822±0.022 | 37.3 |
| 70% этанол | 0.929±0.036 | 1.999±0.017 | 34.2 |
| 95% этанол | 0.517±0.012 | 1.951±0.019 | 14.09 |

*Данные по содержанию фенольных соединений и флавоноидов в экстрактах приведены в пересчете на воздушно-сухое сырье.

Рис. 4. Зависимость величины АРА от общего содержания фенольных соединений в экстрактах багульника болотного

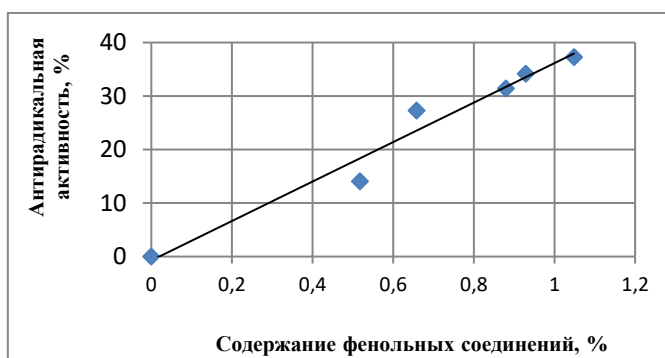


Таблица 3. Компонентный состав эфирного масла багульника болотного юга Красноярского края

| № п/п | Время удерживания, мин | Линейный индекс удерживания | Компонент | Содержание, вес. % |
|-------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 1 | 8.9 | 1028 | Бета-фелландрен | 0.28 |
| 2 | 10.4 | 1071 | Пара-мента-3,8-диен | 0.12 |
| 3 | 10.8 | 1086 | Изо-терпинолен | 0.45 |
| 10 | 21.1 | 1338 | дельта-элемен | 0.39 |
| 11 | 21.5 | 1351 | Альфа-кубебен | 0.76 |
| 12 | 21.8 | 1355 | Цитронеллилацетат | 0.73 |
| 13 | 22.4 | 1378 | Альфа-копаен | 1.53 |
| 14 | 22.8 | 1392 | Бета-элемен | 0.93 |
| 15 | 23.7 | 1412 | Альфа-кедрен | 0.72 |
| 16 | 24.3 | 1428 | Гама-элемен | 14.40 |
| 17 | 24.7 | 1440 | Аромандрен | 0.77 |
| 18 | 25.0 | 1452 | Альфа-химахален | 0.32 |
| 19 | 25.4 | 1464 | Аллоаромандрен | 1.22 |
| 20 | 25.6 | 1479 | Гамма-химахален | 0.22 |
| 21 | 25.9 | 1490 | Аллоаромандрен-9-ен | 1.92 |
| 22 | 26.2 | 1501 | Бета-химахален | 0.37 |
| 23 | 26.6 | 1511 | Бета-бизабол | 0.73 |
| 24 | 26.7 | 1517 | Гамма-кадинен | 0.58 |
| 25 | 27.0 | 1527 | Дельта-кадинен | 11.71 |
| 26 | 27.9 | 1551 | Гермакрон В | 3.31 |
| 27 | 29.2 | 1580 | Спатуленол | 0.48 |
| 28 | 29.5 | 1591 | Дигидрокардиофиллен эпоксид | 39.1 |
| 29 | 29.7 | 1596 | Кубебене-11-ол | 0.21 |
| 30 | 30.0 | 1604 | Бета-элеменон | 1.99 |
| 31 | 30.4 | 1615 | элеменол | 0.90 |
| 32 | 31.0 | 1632 | 1-эпи-кубенол | 0.29 |
| 33 | 31.3 | 1655 | Альфа-эвдесмол | 0.19 |
| 34 | 31.7 | 1695 | Гермакрон | 1.22 |
| 35 | 32.7 | 1718 | Альфа-атлантон | 14.01 |

Интересно отметить, что компонентный состав эфирного масла багульника болотного различных регионов России хорошо изучен [17–22]. Из имеющихся данных следует, что состав масла сильно меняется в зависимости от мест произрастания, а также от сезона заготовки исходного сырья. В случае масла, полученного в настоящей работе, следует отметить тот факт, что среди компонентов масла полностью отсутствует такой компонент, как ледол, присутствующий в маслах из других регионов. Другой особенностью данного эфирного масла багульника является то, что основными компонентами его являются дигидрокардиофиллен эпоксид (39.1% от общего содержания), гамма-элемен (14.4%), альфа-атлантон (14.01%) и дельта-кадинен (11.71%). С этой точки зрения представляет интерес получить данные о лечебных свойствах такого масла, так как в литературе бытует мнение, что противокашлевые и отхаркивающие свойства эфирного масла багульника болотного связаны с наличием ледола [21–22].

В этой связи представляет интерес сравнить величину АРА эфирного масла багульника болотного и полученных водно-спиртовых экстрактов фенольных соединений. На рисунке 5 представлена динамика взаимодействия эфирного масла багульника болотного с ДФПГ в течение первых 30 мин.

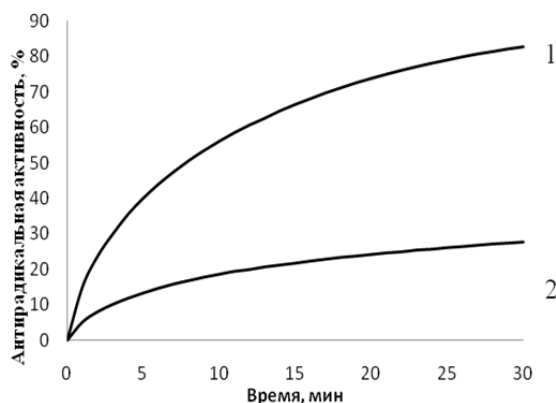


Рис. 5. Кинетика реакции взаимодействия ДФПГ с эфирным маслом багульника болотного: 1 – разведение 1 : 10, 2 – разведение 1 : 100

Видно, что величина АРА эфирного масла много больше такой же величины в случае экстрактов, причем даже при десятикратном разбавлении эфирного масла величина АРА достигает 82.72%, а при стократном разбавлении – 27.60%.

Таким образом, АРА эфирного масла багульника болотного превосходит соответствующую величину в случае полученных экстрактов примерно в 25 раз.

Выводы

1. Установлено, что экстрагент, содержащий 40% этанола, извлекает наибольшее количество фенольных соединений, а максимальное количество флавоноидов извлекается из багульника болотного экстрагентом с содержанием 70% спирта.

2. Показано, что в случае водных, спиртовых и водно-спиртовых экстрактов листьев багульника болотного они обладают АРА, величина которой не превышает 37.3% в случае 40% этанола.

3. Установлено, что величина АРА в случае полученных экстрактов коррелирует с общим содержанием фенольных соединений, природу которых следует установить дополнительно с использованием хроматографических методов исследования.

4. Обнаружено, что эфирное масло багульника болотного, полученное из листьев, собранных в июне месяце, обладает большой величиной АРА, которая превосходит соответствующие значения для полученных экстракты примерно в 25 раз.

5. Обнаружено, что эфирное масло багульника болотного не содержит ледол, а основными компонентами являются дигидрокардиофиллен эпоксид (39.1% от общего содержания), гамма-элемен (14.4%), альфа-атлантон (14.01%) и дельта-кадинен (11.71%), что позволяет предполагать несколько иные лечебные свойства данного масла по сравнению с описанными в литературе.

Список литературы

- Махов А.А. Зеленая аптека. Лекарственные растения Красноярского края. Красноярск, 1988. 352 с.
- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / гл. ред. П.С. Чиков. М., 1983. 340 с.
- ГОСТ 24027-2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. М., 1981. 119 с.
- ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М., 1990. 10 с.
- Тринева О.В., Сливкин А.И., Воропаева С.С. Определение органических кислот в листьях крапивы двудомной // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2013. №2. С. 215–219.
- Базарнова Ю.Г. Исследование флавоноидного состава фитоэкстрактов спектральными методами // Вопросы питания. 2006. №1. С. 41–45.
- Кузнецова И.В. Определение флавоноидов в листьях стевии (*Stevia rebaudiana bertonii*) // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 57–61. DOI: 10.14258/jcrpm201504202.
- Государственная фармакопея СССР. X издание. М., 1968. 1079 с.
- Dere S., Gunes T. Spectrophotometric determination of chlorophyll A, B and total carotenoid contents of some Algae species using different solvents // Turkish journal of Botany. 1998. Vol. 22. Pp. 13–17.
- Ефремов А.А. Метод исчерпывающей гидропародистилляции при получении эфирных масел дикорастущих растений // Успехи современного естествознания. 2013. №7. С. 88–94.
- Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.

12. Алякин А.А., Ефремов А.А., Качин С.В., Струкова Е.Г. Динамика выделения и компонентный состав эфирного масла тысячелистника обыкновенного пригорода Красноярска // *Химия растительного сырья*. 2009. №4. С. 51–56.
13. Mondal S., Hossain I., Islam Md.N. Determination of antioxidant potential of Cucurbita pepo Linn. (An edible herbs of Bangladesh) // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. Vol. 6. Pp. 1016–1019.
14. 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.
15. Ломбоева С.С., Танхаева Л.М., Оленников Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания флавоноидов в надземной части ортилии однобокой (*Orthilia secunda* (L.) House) // *Химия растительного сырья*. 2008. №2. С. 65–68.
16. Запрометов М.Н. Основы биохимии природных соединений. М., 1974. 204 с.
17. Белоусова Н.И., Хан В.А., Ткачев А.В. Химический состав эфирного масла багульников // *Химия растительного сырья*. 1999. №3. С. 5–38.
18. Веретнова О.Ю., Поляков Н.А., Ефремов А.А. Природа экстрактивных веществ багульника болотного, произрастающего в Красноярском крае // *Химия растительного сырья*. 2007. №2. С. 67–72.
19. Охлопкова Ж.М., Чирикова Н.К. Исследование компонентного состава эфирного масла багульника болотного, произрастающего в Якутии // *Фундаментальные исследования*. 2012. №11. С. 1334–1336.
20. Шаварда А.Л., Ханин В.А., Медведева Н.А., Данчул Т.Ю. и др. Особенности состава летучих терпеноидов побегов *Ledum palustre* L. (Ленинградская область) // *Растительные ресурсы*. 2004. №3. С. 87–95.
21. Judzentienea A., Butkienea R., Budienea J., Tomib F., Casanovab J. Composition of Seed Essential Oils of *Rhododendron tomentosum* // *Natural Product Communication*. 2012. Vol. 7. Pp. 227–230.
22. Gretšušnikova T., Järvan K., Orav A., Koel M. Comparative analysis of the composition of the essential oil from the shoots, leaves and stems the wild *Ledum palustre* L. from Estonia // *Procedia Chemistry*. 2010. Vol. 2. Pp. 168–173.

Поступила в редакцию 24 ноября 2022 г.

После переработки 24 января 2023 г.

Принята к публикации 7 февраля 2023 г.

Для цитирования: Ефремов А.А., Савельева Е.Е., Булгакова Н.А., Кунц Р.К., Слащинин Д.Г., Лунева Т.А., Зыкова И.Д., Волков Д.В. Антирадикальная активность экстрактивных веществ багульника болотного, произрастающего в Красноярском крае // *Химия растительного сырья*. 2023. №2. С. 197–204. DOI: 10.14258/jcrpm.20230212167.

Efremov A.A.^{1,2,3*}, Savelyeva E.E.³, Bulgakova N.A.³, Kunz R.K.³, Slashchinin D.G.⁴, Luneva T.A.⁴, Zykova I.D.^{1,2}, Volkov D.V.² ANTIRADICAL ACTIVITY OF EXTRACTIVE SUBSTANCES OF *LEDUM PALUSTRE* L., GROWING IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

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

² Institute of Space Technologies FRC KSC SB RAS, Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

³ Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Partizana Zheleznyaka st., 1, Krasnoyarsk, 660022 (Russia)

⁴ Siberian State University of Science and Technology named after acad. M.F. Reshetnev, Krasnoyarskiy rabochiy av., 31, Krasnoyarsk, 660037 (Russia)

In model reactions with a free stable 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical, the antiradical activity (ARA) of extractive substances of wild rosemary (*Ledum palustre* L.) growing in the Krasnoyarsk Territory was studied: aqueous-alcoholic extracts with an alcohol content of 20, 40 and 70%, water and alcohol extracts and essential oil. Whole essential oil obtained by exhaustive hydrosteam distillation for 8 hours. The component composition of the essential oil was determined by chromatomass spectrometry using a data bank on mass spectra and on the analysis of linear retention indices. At least 35 individual compounds were identified in the essential oil and their quantitative content was determined.

* Corresponding author.

The leaves of wild rosemary collected at the beginning of flowering in early June in the Partizansky district of the Krasnoyarsk Territory were used as raw materials. The extracts were obtained using a sample of air-dry raw materials in the amount of 1.00 grams, the extraction hydromodule was 1 : 100, the extraction time was 1.0 hours.

The results of the DPPH test showed that the antiradical activity of the obtained extracts changes in the following order: essential oil > 40% extract > 70% extract > 20% extract > aqueous extract. Moreover, the essential oil of wild rosemary has an ARA value of 82.7% even when diluted 1 : 10.

The obtained extracts were studied by electron spectroscopy in the UV region. It is shown that the extracts contain phenolic compounds represented by phenolcarboxylic acids and flavonoids. In the extracts obtained, the total content of phenolic compounds was determined (by reaction with the Folin-Ciocalteu reagent), which is 0.52–1.05 wt.% in terms of gallic acid. Moreover, this value passes through a maximum in the case of 40% alcohol extract. By reaction with aluminum chloride, the total content of flavonoids in the extracts was determined. It was found that the content of flavonoids in the extracts is 0.73–2.00 wt.% in terms of routine. The maximum content of flavonoids was found in 70% alcohol extract.

It is shown that the ARA value correlates well with the total content of phenolic compounds - the correlation coefficient is 0.9512, and no correlation is observed with the total content of flavonoids.

Keywords: wild rosemary (*Ledum palustre* L.), aqueous, alcoholic and hydroalcoholic extracts and essential oil, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

References

1. Makhov A.A. *Zelenaya apteka. Lekarstvennyye rasteniya Krasnoyarskogo kraya*. [Green pharmacy. Medicinal plants of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk, 1988, 352 p. (in Russ.).
2. *Atlas arealov i resursov lekarstvennykh rasteniy SSSR* [Atlas of habitats and resources of medicinal plants of the USSR], ed. P.S. Chikov. Moscow, 1983, 340 p. (in Russ.).
3. *GOST 24027-2-80. Syr'ye lekarstvennoye rastitel'noye. Metody opredeleniya vlazhnosti, sodержaniya zoly, ekstraktivnykh i dubil'nykh veshchestv, efirnogo masla*. [GOST 24027-2-80. Raw medicinal vegetable. Methods for determining moisture, ash content, extractive and tannins, essential oils]. Moscow, 1981, 119 p. (in Russ.).
4. *GOST 24556-89. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya vitamina C*. [GOST 24556-89. Processed fruits and vegetables. Methods for determining vitamin C]. Moscow, 1990, 10 p. (in Russ.).
5. Trineva O.V., Slivkin A.I., Voropayeva S.S. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2013, no. 2, pp. 215–219. (in Russ.).
6. Bazarnova Yu.G. *Voprosy pitaniya*, 2006, no. 1, pp. 41–45. (in Russ.).
7. Kuznetsova I.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 57–61. DOI: 10.14258/jcprm201504202. (in Russ.).
8. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. X izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the USSR. X edition]. Moscow, 1968, 1079 p. (in Russ.).
9. Dere S., Gunes T. *Turkish journal of Botany*, 1998, vol. 22, pp. 13–17.
10. Yefremov A.A. *Uspekhi sovremennoyo yestestvoznaniya*, 2013, no. 7, pp. 88–94. (in Russ.).
11. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of volatile substances of plants]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
12. Alyakin A.A., Yefremov A.A., Kachin S.V., Strukova Ye.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 51–56. (in Russ.).
13. Mondal S., Hossain I., Islam Md.N. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2017, vol. 6, pp. 1016–1019.
14. Trineyeva O.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 4, pp. 180–197. (in Russ.).
15. Lomboyeva S.S., Tankhayeva L.M., Olennikov D.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 2, pp. 65–68. (in Russ.).
16. Zaprometov M.N. *Osnovy biokhimii prirodnykh soyedineniy*. [Fundamentals of biochemistry of natural compounds]. Moscow, 1974, 204 p. (in Russ.).
17. Belousova N.I., Khan V.A., Tkachev A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1999, no. 3, pp. 5–38. (in Russ.).
18. Veretnova O.Yu., Polyakov N.A., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 2, pp. 67–72. (in Russ.).
19. Okhlopkova Zh.M., Chirikova N.K. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2012, no. 11, pp. 1334–1336. (in Russ.).
20. Shavarda A.L., Khanin V.A., Medvedeva N.A., Danchul T.Yu. i dr. *Rastitel'nyye resursy*, 2004, no. 3, pp. 87–95. (in Russ.).
21. Judzentienea A., Butkienea R., Budienea J., Tomib F., Casanovab J. *Natural Product Communication*, 2012, vol. 7, pp. 227–230.
22. Gretšušnikova T., Järvan K., Orav A., Koel M. *Procedia Chemistry*, 2010, vol. 2, pp. 168–173.

Received November 24, 2022

Revised January 24, 2023

Accepted February 7, 2023

For citing: Efremov A.A., Savelyeva E.E., Bulgakova N.A., Kunz R.K., Slashchinin D.G., Luneva T.A., Zykova I.D., Volkov D.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 197–204. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230212167.