

УДК 547.19

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО СИБИРСКОГО РЕГИОНА

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

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

² Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» ФИЦ КНЦ СО РАН, Академгородок, 50, стр. 45, Красноярск, 660036 (Россия)

В модельных реакциях со свободным стабильным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом изучены антирадикальные свойства экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), произрастающего на территории Красноярского края: водно-спиртовых экстрактов с содержанием спирта 20, 40 и 70% и эфирного масла. Цельное эфирное масло получено методом исчерпывающей гидропародистилляции в течение 11 ч. Кроме того, получены отдельные фракции масла: первая – через 20 мин от начала перегонки, вторая – через последующие 50 мин, третья – через последующие 180 мин, четвертая – через последующие 360 мин.

Результаты ДФПГ-теста показали, что антирадикальная активность (АРА) минимальна для спирторастворимых веществ и возрастает для водно-спиртовых экстрактов от 20.3% в случае 20% экстракта до 21.8% для 70% водно-спиртового экстракта. АРА полученных образцов эфирного масла превосходит значения АРА водных, спиртовых и водно-спиртовых экстрактов. Обнаружено, что значения АРА для первой фракции масла составляет 29.7% и возрастает при переходе к последующим фракциям до 54.3%. Цельное эфирное масло тысячелистника обыкновенного имеет значение АРА 52.8%.

По величине АРА экстрактивные вещества тысячелистника обыкновенного можно расположить в следующий ряд: цельное эфирное масло > 70%-ный водно-спиртовый экстракт > 40%-ный экстракт > 20%-ный экстракт > водный экстракт > 96%-ный спиртовый экстракт.

Ключевые слова: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), водные, спиртовые и водно-спиртовые экстракты, антирадикальная активность, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ).

Введение

Тысячелистник имеет северо-евроазиатский ареал распространения и произрастает на значительной территории – от Исландии и севера Скандинавии до Гималаев и Монголии. Занесен как сорняк в Северную Америку, Южную Австралию и Новую Зеландию. В горных местностях встречается на высоте 1800 м над уровнем моря. Культивируется в Англии, Австрии.

В европейской части СССР распространен повсеместно от государственной границы на юге (кроме восточных районов Закавказья и Калмыцкой АССР) до побережья Ледовитого океана [1–5].

Род тысячелистника насчитывает более 150 видов, распространенных в Европе, Азии, Северной Африке и Северной Америке. Наиболее распространенными являются: тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica* Serg.), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea* Waldst. et. Kit.), тысячелистник Биберштейна (*Achillea biberscheini* Afan.), тысячелистник желтый (*Achillea clypeolata* Sm.), тысячелистник хрящеватый (*Achillea cartilaginea* Ledeb.), тысячелистник монгольский (*Achillea mongolica* Fisch.) и некоторые другие.

Ефремов Александр Алексеевич – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом комплексной переработки растительного сырья,
e-mail: aefremov@sfu-kras.ru

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

Тысячелистник является древним проверенным кровоостанавливающим средством, на что указывают его народные названия «кровавник», «кровник», «серпник», «серпорез». Недаром Ахилл лечил этим растением раненых воинов во время

* Автор, с которым следует вести переписку.

Троянской войны. В настоящее время тысячелистник занесен в Фармакопеи Нидерландов, Швейцарии, Швеции, Финляндии, Румынии, Австралии, Украины и других.

Все это обусловлено наличием в составе тысячелистника обыкновенного различных веществ, обладающих биологической активностью. Так, в ряде работ [1, 2, 6, 7] было установлено, что тысячелистник обыкновенный имеет в своем составе эфирное масло (0.25–1.00%), различные флавоноиды (до 3.0%), дубильные вещества (до 2.8%), кумарины, горечи, смолы, каротин, аскорбиновую кислоту (до 74.8 мг%), полисахариды (до 4.6%) и некоторые другие. Это и обеспечивает применение тысячелистника обыкновенного как в косметических целях, так и в лечебных и пищевых целях.

Известно, что в лечебных и пищевых целях используются настои, отвары и эфирное масло, получаемые с использованием различных методов. Все они основаны на использовании экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного, получаемые с использованием воды или спирта.

В этой связи в данной работе исследована антирадикальная активность экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного, извлекаемых из растительного сырья экстракцией водой, спиртом или водно-спиртовыми растворами с различной концентрацией спирта.

Материалы и методы

Исходное сырье – тысячелистник обыкновенный – заготавливали в Шушенском районе Красноярского края в период его цветения. Собирали верхние части растения размером до 30 см, согласно фармакопеи. Сырье высушивали на воздухе при температуре не выше 30 °С до воздушно-сухого состояния и хранили в крафт-мешках при комнатной температуре.

Экстрактивные вещества извлекали из измельченного сырья фракции 2–3 мм водой, 96% этанолом или водно-спиртовыми растворами с концентрацией этанола 20%, 40% и 70 об.%. Исходная навеска сырья для получения экстрактов составляла 1.00 г, гидромодуль процесса 1 : 100. Для установления природы экстрактивных веществ в исходном сырье использовали методы количественного химического анализа растительного сырья согласно [8–14], а установление наличия этих веществ в растворах использовали УФ-спектроскопию (Shimadzu UV-1700, кюветы кварцевые толщиной 10 мм).

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидропародистиляции из надземной части тысячелистника аналогично [15]. Навеска сырья составляла не менее 1 кг воздушно-сухого сырья, время сбора выделяющегося эфирного масла в насадку Клевенджерера составляла около 11 ч. В работе исследовались также отдельные фракции эфирного масла, полученные через 20 мин (фракция 1), через 50 мин (фракция 2), через 180 мин (фракция 3) и через 360 мин (фракция 4). Идентификацию и количественное содержание отдельных компонентов в составе эфирного масла осуществляли с использованием хромато-масс-спектрометра Agilent 6890 [16, 17].

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. Реакцию проводили в кварцевых кюветках 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 или 20 мкл эфирного масла либо 10 и 20 мкл водно-спиртовых экстрактов. Измерения падения оптической плотности проводили через 30 мин от момента добавления исследуемых образцов к раствору ДФПГ аналогично [18]. Расчет величины АРА (% ингибирования радикала ДФПГ) проводили по формуле

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

В качестве примера на рисунке 1 приведена динамика изменения оптической плотности полосы при 517 нм радикала при взаимодействии с компонентами четвертой фракции эфирного масла тысячелистника обыкновенного.

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

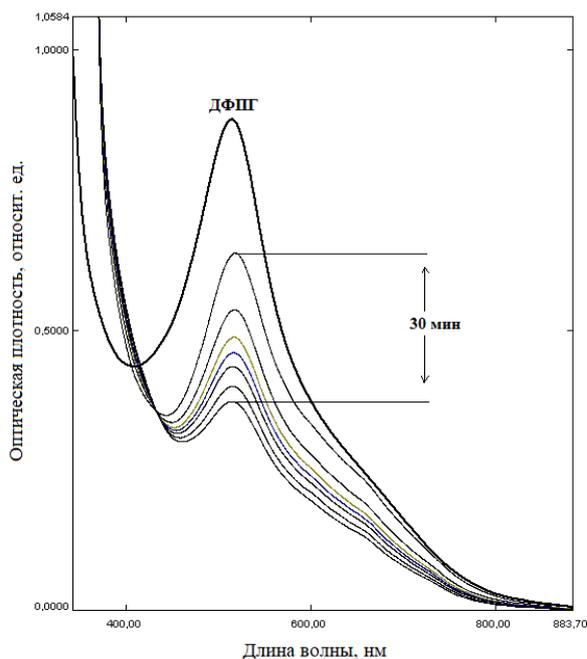


Рис. 1. Электронный спектр поглощения радикала ДФП (верхняя линия) и динамика его изменения после добавления 10 мкл 4-й фракции эфирного тысячелистника обыкновенного в течение 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 мин

Результаты и обсуждение

Количественный химический анализ исходного сырья показал, что в тысячелистнике обыкновенном сибирского региона имеются отдельные классы биологически активных веществ (БАВ), представленных в таблице 1.

Электронный спектр водного экстракта, полученного при экстракции 1.00 г тысячелистника 100 мл воды, представлен на рисунке 2А, из которого следует, что хотя бы часть фенольных соединений переходит в этих условиях в раствор (полосы поглощения в области 260–330 нм однозначно свидетельствуют о наличии дубильных веществ, флавоноидов, фенолкарбоновых кислот). Данные соединения могут обладать антирадикальной активностью, определение которой и предполагается в данной работе.

Наряду с водой часто для получения настоев и экстрактов используют спирт или водно-спиртовые смеси с различной концентрацией спирта. В таком случае представляло интерес определить величину АРА для спиртовых растворов тысячелистника.

На рисунке 2Б представлены электронные спектры спиртовых экстрактов тысячелистника обыкновенного с вариацией концентрации спирта 20, 40 и 70, также свидетельствующие о наличии фенольных соединений в растворах, причем с увеличением концентрации спирта в растворе возрастает концентрация хлорофилла и, по всей вероятности, эфирного масла, так как оно растворимо в спирте и нерастворимо в воде.

Действительно, при использовании 96% спирта он извлекает, кроме фенольных соединений, большое количество хлорофилла и каротиноидов (полосы поглощения 665 и 609 нм характерны для хлорофилла А и В, а полоса поглощения 538 нм – для каротиноидов [14]). Величины АРА полученных растворов представлены на рисунке 3. Обращает на себя внимание тот факт, что в случае водно-спиртовых экстрактов с увеличением содержания спирта от 20 до 70% величина АРА возрастает, однако для 95% спирта она минимальна и составляет 11.9%.

Таким образом, водно-спиртовые экстракты тысячелистника обыкновенного обладают несколько большей величиной АРА, чем водный или спиртовой экстракты. Это может быть связано с более широким спектром веществ, извлекаемых водно-спиртовыми растворами, или с тем, что водно-спиртовые экстракты содержат фенольные соединения в больших концентрациях.

Таблица 1. Содержание отдельных БАВ в тысячелистнике обыкновенном

Определяемый компонент	Значение
Влажность, % от а.с.с.	5.82
Зольность, % от а.с.с.	9.87
Водорастворимые вещества, % от а.с.с.	28.6
Дубильные вещества, % от а.с.с.	3.47
Флавоноиды, % от а.с.с.	2.82
Эфирное масло, % от а.с.с.	0.48
Витамин С, мг %	74.5
Хлорофилл А, мг %	26.7
Хлорофилл В, мг %	6.8
Каротин, мг %	0.9

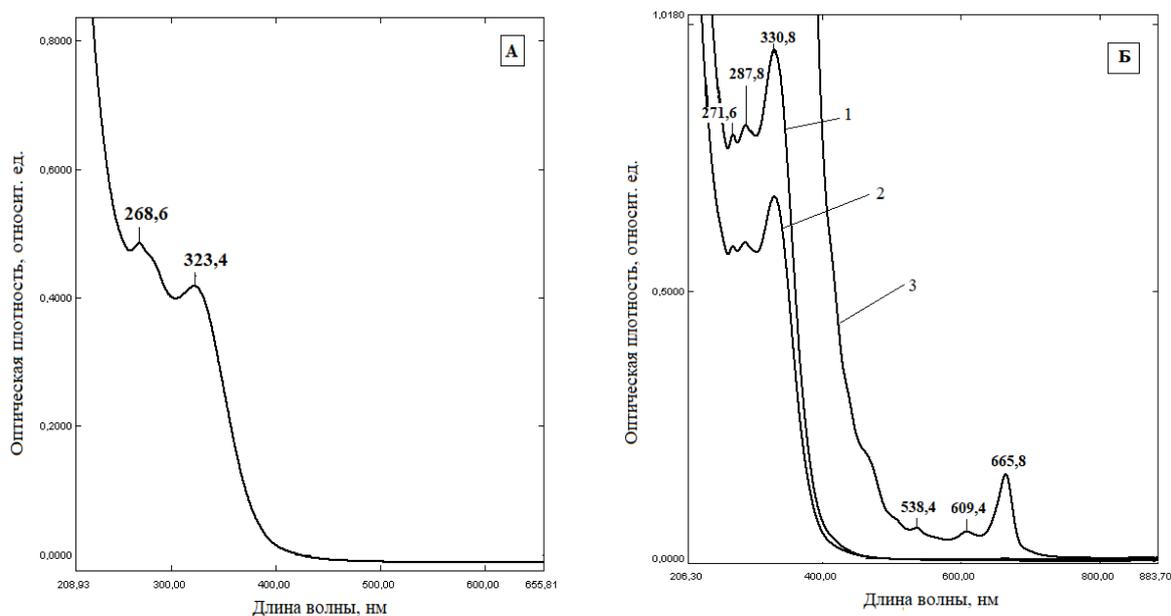


Рис. 2. Электронные спектры: водного экстракта тысячелистника обыкновенного (А); водно-спиртового экстракта тысячелистника с различной концентрацией спирта (1 – 40%, 2 – 20%, 3 – 70% спирта) (Б)

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. Эфирное масло, полученное методом исчерпывающей гидропародистилляции тысячелистника обыкновенного, хорошо изучено [3–6], а компонентный состав тысячелистника обыкновенного сибирского региона идентифицирован в работах [17, 19]. В [17] было показано, что с увеличением времени отгонки масла его состав заметно изменяется, причем во всех фракциях возрастает доля сесквитерпеновых углеводородов.

В данной работе весь процесс получения эфирного масла мы разбили на 4 фракции, исследовали их компонентный состав и определили величины АРА как для цельного масла, так и для каждой фракции масла. Полученные данные представлены на рисунке 4.

Для более полной картины изменения АРА в случае фракций эфирного масла тысячелистника на рисунке 5 приведена динамика ее изменения за более длительный период времени – 120 мин, по результатам которой можно посчитать такой показатель, как τ_{50} – время, необходимое для поглощения 50% радикалов ДФПГ.

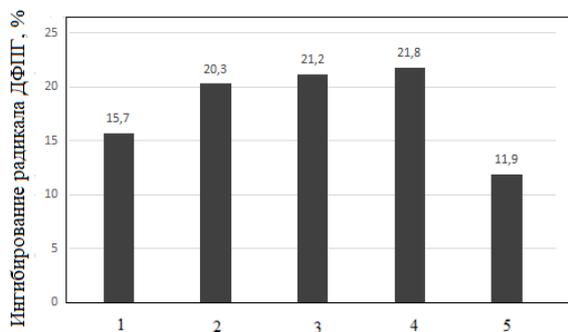


Рис. 3. Степень ингибирования радикала ДФПГ исследуемыми экстрактами тысячелистника обыкновенного за 30 мин (1 – водный экстракт; 2 – 20% водно-спиртовой; 3 – 40% водно-спиртовой; 4 – 70% водно-спиртовой; 5 – спиртовой экстракт)

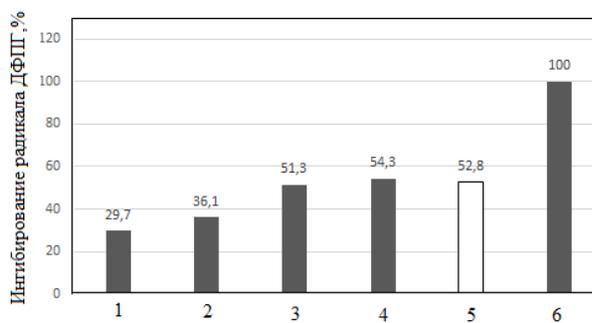


Рис. 4. Степень ингибирования радикала ДФПГ разными фракциями эфирного масла тысячелистника обыкновенного (1–4 – фракции, 5 – цельное масло, 6 – аскорбиновая кислота) за 30 мин. (добавлено 10 мкл масла)

Для того чтобы сделать мотивированное заключение о веществах эфирного масла, обладающих наибольшими величинами АРА, мы подсчитали содержание отдельных классов соединений в отдельных фракциях масла, как в [5]. Полученные данные приведены в таблице 2. Здесь же приведены данные по содержанию основного компонента эфирного масла – хамазулена.

Таким образом, полученные данные однозначно свидетельствуют о том, что фракции масла, полученные с увеличением времени отгонки, обладают большей величиной АРА, причем АРА четвертой фракции даже превосходит АРА цельного масла.

Из полученных данных можно заключить, что увеличение АРА можно скоррелировать с содержанием сесквитерпеновых углеводов или непосредственно с содержанием хамазулена, но не с монотерпенами масла.

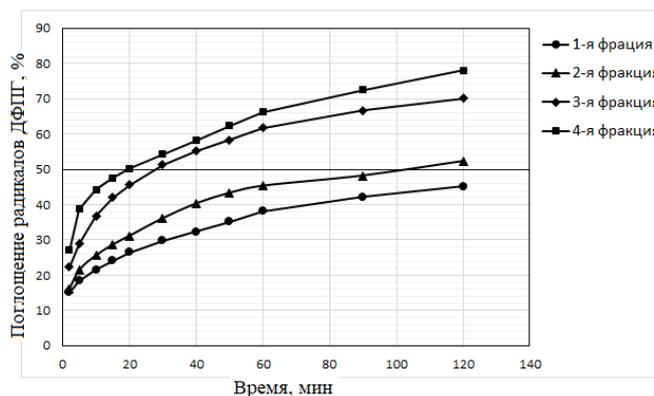


Рис. 5. Динамика изменения величины АРА отдельных фракций эфирного масла тысячелистника обыкновенного: $\tau_{50} = 20$ мин (4 фр), $\tau_{50} = 28$ мин (3 фр), $\tau_{50} = 28$ мин (3 фр), $\tau_{50} = 100$ мин (2 фр)

Таблица 2. Содержание отдельных классов химических соединений в отдельных фракциях и цельном эфирном масле тысячелистника обыкновенного

Класс веществ	Содержание, вес. %				
	Σ масло	1 фракция	2 фракция	3 фракция	4 фракция
Монотерпеновые углеводороды	18.9	49.3	14.4	2.8	–
Кислородсодержащие монотерпены	11.2	22.8	14.5	12.5	11.9
Сесквитерпены	65.1	26.9	64.2	76.8	77.7
Кислородсодержащие сесквитерпены	4.3	0.9	6.1	6.8	9.7
ИТОГО	99.5	99.9	99.2	98.9	99.3
Содержание хамазулена	28.7	0.5	13.9	42.8	47.9
АРА, %	52.8	29.7	36.1	51.3	54.3

Выводы

1. По величине АРА экстрактивные вещества тысячелистника обыкновенного можно расположить в следующий ряд: цельное эфирное масло > 70% водно-спиртовый экстракт > 40% экстракт > 20% экстракт > водный экстракт > 96% спиртовый экстракт.

2. Наибольший вклад в величину АРА эфирного масла тысячелистника обыкновенного, вероятнее всего, вносят сесквитерпеновые углеводороды, содержание которых возрастает с увеличением времени отгонки эфирного масла в условиях пародистилляции.

Список литературы

1. Куцик Р.В., Зузук Б.М. Тысячелистник обыкновенный. *Achillea millefolium* L. Аналитический обзор // Провизор. 2002. №14. URL: http://provisor.com.ua/archive/2002/N14/art_28.php?part_code=68&art_code=3220.
2. Куцик Р.В., Зузук Б.М. Тысячелистник обыкновенный. *Achillea millefolium* L. Аналитический обзор // Провизор. 2002. №15. URL: <http://provisor.com.ua/release.php?code=200215>.
3. Candana F., Unlub M., Tepec B., Dafererad D., Polissioud M., Sökmenc A., Akpulat H.A. Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanolextracts of *Achillea millefolium subsp. millefolium Afan.* (Asteraceae) // Journal of Ethnopharmacology. 2003. Vol. 87. Pp. 215–220. DOI: 10.1016/S0378-8741(03)00149-1.

4. Vitalini S., Beretta G., Iriti M., Orsenigo S., Basilico N., Acqua S., Iorizzi M., Fico G. Phenolic compounds from *Achillea millefolium* L. and their bioactivity // *Biochimica Polonica*. 2011. Vol. 58. N2. Pp. 203–209. DOI: 10.18388/ABP.2011_2266.
5. Buleandra M., Moldovan Z., Badea I.A., David I.G., Popa D.E., Orrea E., Caglar T.A., Basaga S.H. Comparative Assessment of the Volatile Profile, Antioxidant Capacity and Cytotoxic Potential of Different Preparation of Millefolli Herba Samples // *Rev. Chim.* 2020. Vol. 71. N3. Pp. 69–78. DOI: 10.21603/2308-4057-2020-1-125-133.
6. Daniel P.S., Lourenco E.L.B., Cruz R.M.S., Goncalves C.H.S., Almas L.R.M., Silva J.H.C., Jacomassi E., Junior L.B., Alberton O. Composition and antimicrobial activity of essential oil of yarrow (*Achillea millefolium* L.) // *Australian Journal of Crop Science*. 2020. Vol. 14. N3. Pp. 545–550.
7. Ушанова В.М., Воронин В.М., Репях С.М. Исследование влияния компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов // *Химия растительного сырья*. 2001. №3. С. 105–110.
8. ГОСТ 24027-2-80. Физико-химические показатели: влажность, зола, экстрактивные вещества, эфирные масла. М., 1982. 25 с.
9. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М., 1990. 13 с.
10. Тринева О.В., Сливкин А.И., Воропаева С.С. Определение органических вислотов в листьях крапивы двудомной // *Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация*. 2013. №2. С. 215–219.
11. Базарнова Ю.Г. Исследование флавоноидного состава фитоэкстрактов спектральными методами // *Вопросы питания*. 2006. №1. С. 41–45.
12. Кузнецова И.В. Определение флавоноидов в листьях стевии (*Stevia rebaudiana bertonii*) // *Химия растительного сырья*. 2015. №4. С. 57–61.
13. Государственная фармакопея СССР. М., 1968. 1081 с.
14. 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.
15. Ефремов А.А. Метод исчерпывающей гидропародистилляции при получении эфирных масел дикорастущих растений // *Успехи современного естествознания*. 2013. №7. С. 88–94.
16. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
17. 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.
18. 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.
19. Калинкина А.Д., Дембитский Т.П., Березовская А.А. Химический состав эфирных масел некоторых видов тысячелистника флоры Сибири // *Химия растительного сырья*. 2000. №3. С. 13–18.

Поступила в редакцию 30 ноября 2020 г.

После переработки 25 января 2021 г.

Принята к публикации 27 января 2021 г.

Для цитирования: Ефремов А.А., Зыкова И.Д. Антирадикальная активность экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного Сибирского региона // *Химия растительного сырья*. 2021. №2. С. 129–135. DOI: 10.14258/jcrpm.2021028888.

Efremov A.A.^{1,2*}, *Zykova I.D.*^{1,2} ANTIRADICAL ACTIVITY OF EXTRACTIVES FROM THE *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L. OF THE SIBERIAN REGION¹ Siberian Federal University, pr. Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660049 (Russia), e-mail: aefremov@sfu-kras.ru² Special design and technology Bureau "Nauka" of the Federal research center of KNC SB RAS, Akademgorodok, 50/45, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

In model reactions with a free stable 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical, the antiradical properties of extractives of common yarrow (*Achillea millefolium* L.) growing in the Krasnoyarsk Territory were studied: water-alcohol extracts with an alcohol content of 20, 40 and 70% and essential oil. Whole essential oil is obtained by exhaustive hydro-steam distillation for 11 hours. In addition, separate oil fractions were obtained: the first after 20 minutes from the start of distillation, the second after the next 50 minutes, the third after the next 180 minutes, and the fourth after the next 360 minutes.

The results of the DPPH test showed that ARA is minimal for alcohol-soluble substances and increases for aqueous-alcoholic extracts from 20.3% in the case of a 20% extract to 21.8% for a 70% aqueous-alcoholic extract. ARA of the obtained samples of essential oil surpasses the ARA values of aqueous, alcoholic and aqueous-alcoholic extracts. It was found that the APA value for 1 fraction of oil is 29.7% and increases with the transition to subsequent fractions to 54.3%. Whole Yarrow essential oil has an ARA value of 52.8%.

According to the ARA value, the extractives of yarrow can be arranged in the following row: whole essential oils > 70% aqueous-alcoholic extract > 40% extract > 20% extract > aqueous extract > 96% alcoholic extract.

Keywords: Common yarrow (*Achillea millefolium* L.), aqueous, alcoholic and aqueous-alcoholic extracts, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

References

1. Kutsik R.V., Zuzuk B.M. *Provizor*, 2002, no. 14, URL: http://provizor.com.ua/archive/2002/N14/art_28.php?part_code=68&art_code=3220. (in Russ.).
2. Kutsik R.V., Zuzuk B.M. *Provizor*, 2002, no. 15. URL: <http://provizor.com.ua/release.php?code=200215>. (in Russ.).
3. Candana F., Unlub M., Tepec B., Dafererad D., Polissioud M., Sökmenc A., Akpulat H.A. *Journal of Ethnopharmacology*, 2003, vol. 87, pp. 215–220. DOI: 10.1016/S0378-8741(03)00149-1.
4. Vitalini S., Beretta G., Iriti M., Orsenigo S., Basilico N., Acqua S., Iorizzi M., Fico G. *Biochimica Polonica*, 2011, vol. 58, no. 2, pp. 203–209. DOI: 10.18388/ABP.2011_2266.
5. Buleandra M., Moldovan Z., Badea I.A., David I.G., Popa D.E., Orrea E., Caglar T.A., Basaga S.H. *Rev. Chim.*, 2020, vol. 71, no. 3, pp. 69–78. DOI: 10.21603/2308-4057-2020-1-125-133.
6. Daniel P.S., Lourenco E.L.B., Cruz R.M.S., Goncalves C.H.S., Almas L.R.M., Silva J.H.C., Jacomassi E., Junior L.B., Alberton O. *Australian Journal of Crop Science*, 2020, vol. 14, no. 3, pp. 545–550.
7. Ushanova V.M., Voronin V.M., Repyakh S.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 3, pp. 105–110. (in Russ.).
8. GOST 24027-2-80. *Fiziko-khimicheskiye pokazateli: vlazhnost', zola, ekstraktivnyye veshchestva, efirnyye masla*. [GOST 24027-2-80. Physical and chemical indicators: moisture, ash, extractives, essential oils]. Moscow, 1982, 25 p. (in Russ.).
9. GOST 24556-89. *Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya vitamina C*. [GOST 24556-89. By-products of fruits and vegetables. Methods for determining vitamin C]. Moscow, 1990, 13 p. (in Russ.).
10. Trineva O.V., Slivkin A.I., Voropayeva S.S. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2013, no. 2, pp. 215–219. (in Russ.).
11. Bazarnova Yu.G. *Voprosy pitaniya*, 2006, no. 1, pp. 41–45 (in Russ.).
12. Kuznetsova I.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 57–61. (in Russ.).
13. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR*. [State Pharmacopoeia of the USSR]. Moscow, 1968, 1081 p. (in Russ.).
14. Dere S., Gunes T. *Turkish journal of Botany*, 1998, vol. 22, pp. 13–17.
15. Yefremov A.A. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2013, no. 7, pp. 88–94. (in Russ.).
16. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
17. 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.).
18. Molyneux P. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 211–219.
19. Kalinkina A.D., Dembitskiy T.P., Berezovskaya A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2000, no. 3, pp. 13–18. (in Russ.).

Received November 30, 2020

Revised January 25, 2021

Accepted January 27, 2021

For citing: Efremov A.A., Zykova I.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 129–135. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021028888.

* Corresponding author.

