

УДК 581.412

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА *POTENTILLA* L.

© *Е.Е. Савельева*¹, *Е.З. Лапкина*¹, *Н.А. Булгакова*^{1*}, *Е.С. Тютрина*¹, *В.И. Курбатский*²

¹ Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, ул. Партизана Железняка, 1, Красноярск, 660022 (Россия), e-mail: bulgakovana@bk.ru

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050 (Россия)

В данной работе проведена сравнительная оценка антирадикальных свойств некоторых видов рода *Potentilla* L. для выявления наиболее перспективных в плане дальнейшего изучения. В качестве объекта исследования использовалась надземная часть *P. chrysantha* Trevir., *P. canescens* Bess., *P. tergemina* Sojak, *P. erecta* (L.) Raeusch., *P. paradoxa* Nutt. ex Tott. et Gray, *P. approximata* Bunge, а также надземная и подземная части *P. anserina* L., собранных в окрестностях г. Томска. Оценку антирадикальной активности экстрактов исследуемых растений проводили спектрофотометрически, наблюдая за кинетикой восстановления стабильного радикала ДФПГ экстрактом. Зависимость антирадикальной активности от концентрации и стабильности исследуемых экстрактов рассматривали на примере *P. paradoxa*. Проведена оценка суммарного количества фенольных соединений и флавоноидов в исследуемых экстрактах. Установлен удельный показатель поглощения галловой кислоты, равный 47.3. Для надземной части семи видов *Potentilla* антирадикальная активность экстрактов на спирте этиловом 40 и 70% является значительной и находится в узком интервале от 77.57 до 80.91% для экстрактов на спирте этиловом 40%, в несколько более широком интервале от 70.99 до 86.58% – для экстрактов на спирте этиловом 70%. Широкий интервал проявляемой антирадикальной активности от 14.80% (*P. tergemina*) до 70.40% (*P. paradoxa*) наблюдается для экстрактов на спирте этиловом 95%. Различие в химическом составе этанольных экстрактов отдельных представителей рода *Potentilla* существенно сказывается на антирадикальной активности с увеличением концентрации этилового спирта.

Ключевые слова: *Potentilla*, антирадикальная активность, фенольные соединения, спектрофотометрия, ДФПГ.

Введение

Многие патологические процессы, такие как сахарный диабет, воспаление, рак, нейродегенеративные заболевания, атеросклероз, сопровождаются окислительным стрессом [1, 2]. Лекарственное растительное сырье содержит богатый комплекс биологически активных веществ, многие из которых проявляют специфическую фармакологическую активность наряду с высокой антиоксидантной активностью [3–7]. Предполагается, что растительное сырье, обладающее высокой антиоксидантной активностью, содержит биологически активные вещества, перспективные для дальнейшего изучения [3].

Савельева Елена Евгеньевна – заведующая кафедрой фармацевтической технологии и фармакогнозии с курсом ПО, e-mail: saveleva_ee@mail.ru

Лапкина Екатерина Зиядхановна – доцент кафедры фармацевтической технологии и фармакогнозии с курсом ПО, e-mail: E.z.lapkina@mail.ru

Булгакова Надежда Анатольевна – доцент кафедры фармацевтической технологии и фармакогнозии с курсом ПО, e-mail: bulgakovana@bk.ru

Тютрина Екатерина Сергеевна – преподаватель кафедры фармацевтической технологии и фармакогнозии с курсом ПО, e-mail: katrintut@bk.ru

Курбатский Владимир Иванович – главный хранитель гербария ТГУ, старший научный сотрудник, e-mail: celloc@sibmail.com

Род *Potentilla* семейства *Rosaceae* L. насчитывает около 500 видов, широко распространенных по всему Северному полушарию [8]. На территории России произрастает около 150 видов [9, 10], из них только 1 вид разрешен к применению в медицинской практике – *P. erecta*. Корневища *P. erecta* используют в виде отвара как вяжущее и противовоспалительное средство при заболеваниях желудочно-кишечного тракта и полости рта.

В разных странах широко изучаются виды *P. alba* L., *P. anserina* и *P. argentea* L. [11–14]. Так,

* Автор, с которым следует вести переписку.

установлено, что экстракты *P. alba* проявляют тиреотропные свойства и повышают функциональную активность щитовидной железы крыс в эксперименте [15]. Выделенный из корневищ *P. anserina* сапонин проявлял противовирусное действие и ингибировал репликацию ДНК вируса гепатита В у утят [16], водный экстракт и полисахариды корней в экспериментах на животных оказывали противокашлевое и отхаркивающее действие [17], метанольный экстракт проявлял анальгетическую активность у мышей при укусных корчах [18]. Этанольный экстракт травы *P. argentea* проявлял седативный эффект у мышей в тесте «открытое поле» [19]. Таким образом, представляется интересным выявление новых перспективных видов этого рода для изучения их фармакологического действия, в том числе и антиоксидантного.

Антиоксидантные соединения могут быть разнообразными по химической природе, по своим липофильным и гидрофильным свойствам, по способности воздействовать на частицы радикального характера через различные химические механизмы: перенос атома водорода, перенос одного электрона, хелатирование переходных металлов [20], поэтому единого метода для оценки их антиоксидантной активности не существует [21–24]. При определении антиоксидантной активности применяют различные методы анализа: спектральные, электрохимические, титриметрические, хроматографические, биологические и другие [25]. Одним из активно используемых спектральных методов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов, основанная на реакции растворенного в этаноле/метаноле стабильного хромоген-радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ) с субстратом ингибитора радикалов (АН) по схеме: $\text{ДФПГ}^* + \text{АН} \rightarrow \text{ДФПГ-Н} + \text{А}^*$ [25, 26].

Цель данной работы – сравнительная оценка антирадикальных свойств некоторых видов рода *Potentilla* для выявления наиболее перспективных в плане их дальнейшего изучения.

Экспериментальная часть

Надземную часть *P. chrysantha*, *P. canescens*, *P. tergemina*, *P. erecta*, *P. paradoxa*, *P. approximata*, а также надземную и подземную части *P. anserina* собирали летом 2018–2019 гг. во время цветения в окрестностях г. Томска, сушили воздушно-теньевым способом. Для получения экстрактов 5.00 г сырья, измельченного до частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 3 мм, заливали 100 мл спирта этилового 40, 70 и 95%, настаивали 24 ч, фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводили до метки тем же растворителем.

Количественную оценку антирадикальной активности экстрактов проводили спектрофотометрически, наблюдая за кинетикой восстановления молекул стабильного радикала ДФПГ исследуемым экстрактом [25, 27]. В качестве параметра для сравнения антирадикальной активности экстрактов использовали процент ингибирования радикала ДФПГ. Так как в результате восстановления ДФПГ ингибитором радикалов снижается пурпурно-синяя окраска раствора, ход реакции контролировали по уменьшению величины оптической плотности растворов в видимой области при длине волны 517 нм в течение 30 мин при помощи программы кинетического анализа Kin5400 (спектрофотометр ПЭ-5400 УФ (Россия), длина кювет 1.0 см).

Для проведения кинетических измерений готовили рабочий раствор ДФПГ в этаноле 95% ($C=1.7 \times 10^{-4}$ моль/л), используя ультразвуковую ванну. Растворы экстрактов готовили разбавлением исходных экстрактов сырья. В мерную колбу вместимостью 100 мл помещали 1 мл исходного экстракта и доводили до метки спиртом соответствующей концентрации (1% раствор). Для определения влияния концентрации экстракта на антирадикальную активность готовили серию разведений в диапазоне от 0.0625 до 3%.

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%. Контрольным раствором являлся раствор ДФПГ.

Для расчета процента ингибирования как параметра сравнения антирадикальной активности экстрактов 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 растительного экстракта с ДФПГ.

Для количественного определения суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту использовали спектрофотометрическую методику, основанную на измерении оптической плотности при

длине волны 750 нм продуктов реакции фенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу в щелочной среде [27]. Для выражения содержания фенольных соединений в процентах использовали установленный нами удельный показатель поглощения галловой кислоты после взаимодействия с реактивом Фолина-Чокальтеу в щелочной среде, равный 47.3. Количественное определение флавоноидов в пересчете на рутин проводили спектрофотометрически при длине волны 410 нм, измеряя оптическую плотность комплекса флавоноидов с 2% раствором алюминия хлорида [28].

Обсуждение результатов

Для оценки антирадикальной активности экстрактов использовали известную методику спектрофотометрического измерения кинетики восстановления молекул стабильного радикала ДФПГ [29]. Так как в результате восстановления ДФПГ ингибитором вследствие передачи атома водорода снижается пурпурно-синяя окраска ДФПГ, протекание реакции контролировали по изменению оптической плотности при длине волны, соответствующей максимуму поглощения. В различных исследованиях использовалась та или иная длина волны в интервале 492–540 нм, наиболее встречающаяся – 515 и 517 нм [29], в нашем случае $\lambda=517$ нм. Раствор ДФПГ готовили на 95% этаноле, так как известно, что использование других растворителей, например, таких как вода или ацетон, для приготовления растворов ДФПГ приводит к заниженным величинам антирадикальной активности [30]. Концентрация рабочего раствора ДФПГ в различных модификациях данного метода колеблется в широких пределах: от 0.05 до 1.5 моль/л [29]. В нашем эксперименте концентрация ДФПГ составляла 1.7×10^{-4} моль/л. Многие исследователи фиксируют время реакции 30 мин, хотя использовались и более короткие, и более длинные промежутки времени (от 1 до 240 мин). Но наилучшей практикой, по-видимому, является отслеживание кинетики реакции, до так называемого «выхода на плато» [29]. При проведении кинетических измерений определения антирадикальной активности экстрактов лапчаток нами было отмечено, что практически вся реакция взаимодействия со стабильным радикалом протекает в первую минуту, при этом антирадикальная активность достигает собственно постоянного значения по истечении 5 мин.

Внимание исследователей чаще всего обращено на подземную часть растений рода *Potentilla* [11, 15, 31], хотя надземная часть растений также может быть источником перспективных биологически активных веществ. Мы провели сравнительную оценку антирадикальной активности надземной и подземной частей *P. anserina* и получили сопоставимые значения. Антирадикальная активность экстрактов надземной части *P. anserina* на спирте этиловом 40, 70 и 95% составила 77.36 ± 1.14 , 73.76 ± 1.97 , $62.48 \pm 0.48\%$ соответственно (рис. 1–3). Для экстрактов подземной части на этаноле той же концентрации антирадикальная активность имеет значения 81.52 ± 0.82 , 74.56 ± 2.63 , $61.08 \pm 1.38\%$ соответственно (рис. 4).

Стоит отметить, что при экстрагировании биологически активных веществ большое значение отводится выбору растворителя. Этиловый спирт различной концентрации чаще всего используется для получения различных фитопрепаратов. Он обладает рядом преимуществ: оказывает бактериостатическое действие при концентрации более 20%, инактивирует ферменты, что препятствует протеканию гидролитических реакций в растительных тканях, обладает летучестью, что позволяет быстро доводить спиртовые растворы до густого или порошкообразного состояния. В водно-спиртовых смесях лучше растворяются растительные гликозиды, причем при увеличении количества сахарных остатков увеличивается растворимость в разбавленных спиртах, в крепком спирте чаще всего растворяются агликоны, что может сказываться на величине определяемой антирадикальной активности в зависимости от химического состава сырья. Так, экстракты *P. tergemina* на спирте этиловом 40 и 70% показали высокую антирадикальную активность: 80.21 ± 0.50 и $79.74 \pm 0.49\%$ соответственно, в то время как на спирте этиловом 95% – всего $14.91 \pm 0.28\%$ (рис. 1–3). Антирадикальная активность экстрактов *P. chrysantha* уменьшается в ряду $40 > 70 > 95\%$ и составляет 81.31 ± 0.62 , 71.57 ± 1.33 , $39.79 \pm 0.17\%$ соответственно. Экстракт *P. paradoxa* на спирте этиловом 40% проявил максимальную антирадикальную активность $80.45 \pm 0.44\%$, экстракты на спирте этиловом 70% и 95% дали несколько меньший, но также высокий результат – 71.57 ± 1.33 и $71.24 \pm 0.26\%$ соответственно. В целом, для надземной части всех семи видов *Potentilla* антирадикальная активность экстрактов на спирте этиловом 40 и 70% является значительной и находится в узком интервале от 77.57 до 80.91% для экстрактов на спирте этиловом 40%, в несколько более широком интервале – от 70.99 до 86.58% для экстрактов на спирте этиловом 70%. Весьма широкий интервал проявляемой антирадикальной активности от 14.80 (*P. tergemina*) до 70.40% (*P. paradoxa*) наблюдается для экстрактов на спирте этиловом 95%. Видимо, различие в химическом составе этанольных экстрактов отдельных представителей рода *Potentilla* существенно сказывается на антирадикальной активности с увеличением концентрации этилового спирта.

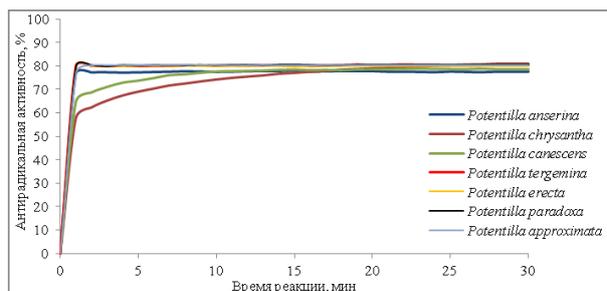


Рис. 1. Кинетика взаимодействия 1% растворов исходных экстрактов растений рода *Potentilla* на спирте этиловом 40% с ДФПГ-радикалом

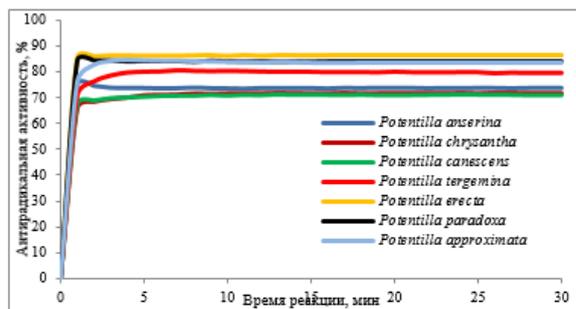


Рис. 2. Кинетика взаимодействия 1% растворов исходных экстрактов растений рода *Potentilla* на спирте этиловом 70% с ДФПГ-радикалом

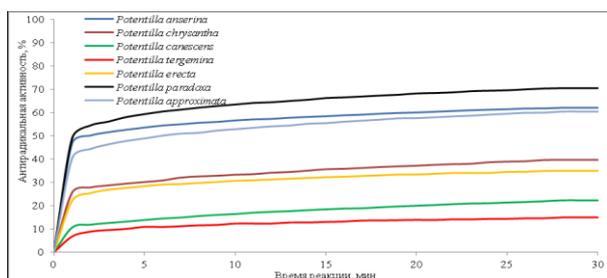


Рис. 3. Кинетика взаимодействия 1% растворов исходных экстрактов растений рода *Potentilla* на спирте этиловом 95% с ДФПГ-радикалом

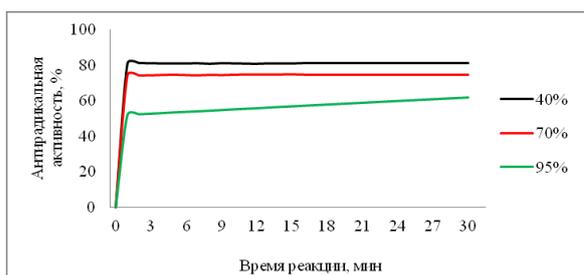


Рис. 4. Кинетика взаимодействия 1% растворов исходных экстрактов подземной части *Potentilla anserina* на спирте этиловом 40%, 70%, 95% с ДФПГ-радикалом

Дополнительно были проведены исследования по установлению зависимости антирадикальной активности от концентрации экстракта и стабильности исследуемых экстрактов на примере *P. paradoxa*, как проявляющую значительную активность в каждом из рассмотренных случаев. На рисунке 5 показана зависимость антирадикальной активности от концентрации исследуемого экстракта *P. paradoxa* на спирте этиловом 40%. В интервале концентраций от 0.0625 до 1% характер зависимости можно определить как монотонно и резко возрастающий, антирадикальная активность на этом участке изменяется от 4.43 до 81.59%. Затем кривая практически выходит на «плато» и в интервале концентраций от 1 до 3% антирадикальная активность экстрактов увеличивается весьма незначительно от 81.59 до 85.64%.

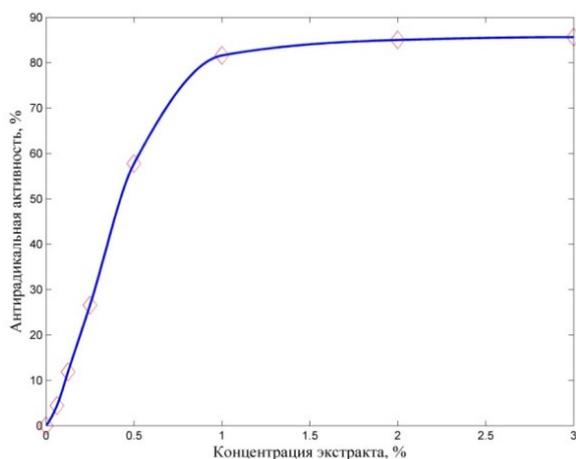


Рис. 5. Зависимость антирадикальной активности от концентрации экстракта *P. paradoxa*

Антирадикальная активность экстрактов *P. paradoxa* вновь была определена через 1.5 месяца после их приготовления. При определении антирадикальной активности экстрактов на спирте этиловом 40 и 70% были получены воспроизводимые результаты (рис. 6). В то же время антирадикальная активность экстракта на спирте этиловом 95% уменьшилась до 38.00%, что указывает на деструкцию веществ, проявляющих антирадикальную активность. Известно, что антирадикальная активность растительных экстрактов обусловлена различным химическим составом растительного сырья, но во многом определяется содержанием веществ фенольного характера [3]. Поэтому нами была проведена оценка суммарного количества фенольных соединений в исследуемых экстрактах, а также содержания флавоноидов (табл.).

Рис. 6. Антирадикальная активность 1% растворов исходных экстрактов надземной части *P. paradoxa*



Содержание суммы фенольных соединений и флавоноидов в экстрактах растений рода *Potentilla*

Объект исследования	Содержание суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту, (%)			Содержание флавоноидов в пересчете на рутин, (%)		
	Концентрация этилового спирта					
	40%	70%	95%	40%	70%	95%
	Надземная часть					
<i>P. anserina</i>	2.171±0.001	2.299±0.015	0.652±0.013	0.0300±0.0016	0.0510±0.0001	0.0113±0.0004
<i>P. chrysantha</i>	1.922±0.006	1.947±0.038	0.897±0.014	0.0267±0.0010	0.0352±0.0021	0.0045±0.0001
<i>P. canescens</i>	1.915±0.004	2.143±0.044	0.656±0.015	0.0296±0.0004	0.0353±0.0002	0.0034±0.0003
<i>P. tergemina</i>	1.832±0.031	1.198±0.012	0.199±0.003	0.0253±0.0002	0.0167±0.0002	0.0016±0.0002
<i>P. erecta</i>	1.779±0.013	2.009±0.044	0.489±0.001	0.0261±0.0002	0.0258±0.0006	0.0015±0.0001
<i>P. paradoxa</i>	2.047±0.027	1.541±0.030	0.540±0.017	0.0170±0.0001	0.0112±0.0001	0.0006±0.0001
<i>P. approximata</i>	1.587±0.025	1.344±0.018	0.554±0.011	0.0177±0.0001	0.0150±0.0001	0.0028±0.0006
	Подземная часть					
<i>P. anserina</i>	2.284±0.003	2.185±0.015	0.615±0.014	0.0039±0.0001	0.0036±0.0002	0.0013±0.0001

Антирадикальная активность растительных экстрактов обычно имеет коррелирующую зависимость от содержания фенольных соединений в экстракте. В нашем эксперименте такая зависимость была слабо выражена ($R=0.42$; $R=0.36$; $R=0.40$ для спирта этилового 40%, 70%, 95% соответственно). Подобная зависимость наблюдалась и от содержания флавоноидов, что может быть связано с присутствием в экстракте классов соединений, как фенольной, так и иной природы. Фенольные соединения включают в себя многообразные классы веществ, проявляющие различную антирадикальную активность. Так, на рисунке 7 показано, что относящаяся к простым фенолам галловая кислота уже в концентрации 1 мкг/мл проявляет антирадикальную активность. Сопоставимую антирадикальную активность флавоноид рутин проявляет при концентрации 5 мкг/мл. Галловая кислота при концентрации 5 мкг/мл и выше проявляет максимальную антирадикальную активность (87.07–89.23%), в то время как рутин максимальную антирадикальную активность проявляет при концентрации 50 мкг/мл и выше (75.14–78.16%), уступая галловой кислоте.

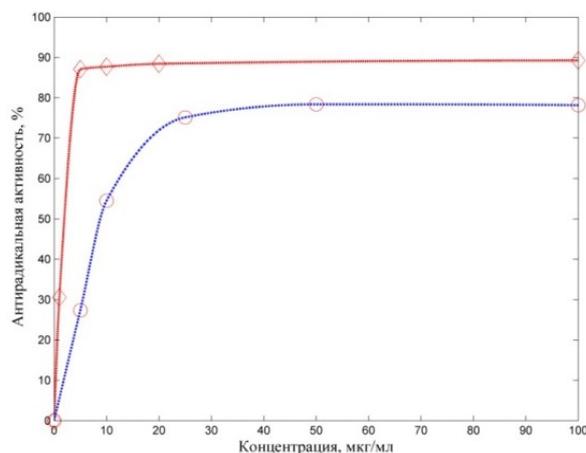


Рис. 7. Антирадикальная активность 95% этанольных растворов сравнения: \diamond – галловая кислота, \circ – рутин

Выводы

Антирадикальная активность экстрактов на спирте этиловом 40 и 70% надземной части семи видов *Potentilla* является значительной и находится в узком интервале от 77.57 до 80.91% для экстрактов на спирте этиловом 40%, в более широком интервале от 70.99 до 86.58% – для экстрактов на спирте этиловом 70%, в широком интервале от 14.80 до 70.40% – для экстрактов на спирте этиловом 95%.

Антирадикальная активность исследованных растительных экстрактов имеет слабокоррелирующую зависимость от содержания суммы фенольных соединений и флавоноидов в экстракте.

Наиболее перспективными для дальнейшего изучения являются *P. anserina* и *P. paradoxa*, так как экстракты сырья этих видов *Potentilla* проявили наиболее высокую антирадикальную активность.

Список литературы

1. Preiser J.-Ch. Oxidative Stress // Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 2012. Vol. 36. N2. Pp. 147–154. DOI: 10.1177/0148607111434963.
2. Andonova L., Georgieva M., Zlatkov A.I. Free radicals, oxidative stress, and diseases associated with them // Pharmacia. 2015. Vol. 62. N2. Pp. 26–39.
3. Меньщикова Е.В., Ланкин В.З., Кандалицева Н.В. Фенольные антиоксиданты в биологии и медицине. Структура, свойства, механизмы действия. LAP, 2012. 495 с.
4. Turkoglu A., Duru M.F., Mercan N., Kivrak I., Gezer K. Antioxidant and antimicrobial activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murill // Food Chemistry. 2007. Vol. 101. N1. Pp. 267–273. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.025.
5. Jose S., Radhamany P.M. Identification and determination of antioxidant constituents of bioluminescent mushroom // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2012. Vol. 2. N1. Pp. 386–391.
6. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Мальцева Е.Ю., Полтавская Р.Л. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в лекарственных растениях Калининградской области // Химия растительного сырья. 2012. №3. С. 127–133.
7. Эберт А.Д., Макаренко Т.А., Цхай В.Б., Никифорова Д.Е., Магалов И.С., Пашов А.И. Альтернативные методы лечения эндометриоза: ресвератрол и его комбинация с гормонотерапией // Сибирское медицинское обозрение. 2018. №2. С. 106–108. DOI: 10.20333/2500136-2018-2-106-108.
8. Моторыкина Т.Н. Лапчатки (род *Potentilla* L., Rosaceae) флоры Приамурья и Приморья // Региональные проблемы. 2017. Т. 20. №1. С. 11–18.
9. Камелин Р.В. Лапчатка – *Potentilla* L. // Флора Восточной Европы. Т. 10. Покрытосеменные, двудольные. СПб., 2001. С. 394–452.
10. Курбатский В.И. Определитель видов рода *Potentilla* L. (лапчатка) Азиатской России. Томск, 2016. 52 с.
11. Cilovic E., Bosnic T., Pilipovic S., Kundalic B.Š., Husejnovic M.Š. TLC analysis of rhizomes *Potentilla alba*, *Potentilla erecta*, *Potentilla reptans* and their application in therapeutic purposes // Pharmacia. 2015. Vol. 18. N1. Pp. 36–42.
12. Mari A., Lyon D., Fragner L., Montoro P., Piacente S., Wienkoop S., Egelhofer V., Weckwerth W. Phytochemical composition of *Potentilla anserina* L. analyzed by an integrative GC-MS and LC-MS metabolomics platform // Metabolomics. 2013. Vol. 9. N3. Pp. 599–607. DOI: 10.1007/s11306-012-0473-x.
13. Tomczyk M. Secondary metabolites from *Potentilla argentea* // Biochemical Systematics and Ecology. 2006. Vol. 34. N10. Pp. 770–773. DOI: 10.1016/j.bse.2006.06.002.
14. Хисямова Д.М., Куркин В.А., Жестков А.В., Лямин А.В. Сравнение антимикробной активности настоек, полученных из подземных органов представителей рода *Potentilla* L. // Медицинский альманах. 2016. №4(44). С. 151–153.
15. Архипова Э.В., Шантанова Л.Н., Мондодоев А.Г. Тиреотропные свойства *Potentilla alba* L. // Вестник бурятского государственного университета. 2014. №12. С. 118–122.
16. Zhao Y.-L., Cai G.-M., Hong X., Shan L.-M., Xiao X.-H. Anti-hepatitis B virus activities of triterpenoid saponin compound from *Potentilla anserina* L. // Phytomedicine. 2008. Vol. 15. N4. Pp. 253–258. DOI: 10.1016/j.phymed.2008.01.005.
17. Guo T., Qing Wei J., Ping Ma J. Antitussive and expectorant activities of *Potentilla anserina* // Pharmaceutical biology. 2016. Vol. 54. N5. Pp. 807–811. DOI: 10.3109/13880209.2015.1080734.
18. Sadik S., Geetha K.M., Vasia, Reddy A.M. Antinociceptive effects of methanolic extracts of *Potentilla anserina* in animal models // Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research. 2019. Vol. 10. N4. Pp. 1760–1764. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.10 (4).1760-64.
19. Болотова В.Ц., Склиревская Н.В., Попова К.В. Биологическая активность травы лапчатки серебристой // Фармация. 2014. №6. С. 54–56.
20. Santos-Sánchez N.F., Salas-Coronado R., Villanueva-Cañongo C., Hernández-Carlos B. Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism // Antioxidants. IntechOpen, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.85270.
21. Gupta D. Methods for determination of antioxidant capacity: a review // Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research. 2015. Vol. 6. N2. Pp. 546–566.
22. Karadag A., Ozcelik B., Saner S. Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities // Food Anal. Methods. 2009. N2. Pp. 41–60. DOI: 10.1007/s12161-008-9067-7.
23. Reşat A., Özyürek M., Kubilay G., Çapanoğlu E. Antioxidant Activity/Capacity Measurement. 1. Classification, Physicochemical Principles, Mechanisms, and Electron Transfer (ET)-Based Assays // J. Agric. Food Chem. 2016. Vol. 64. N5. Pp. 997–1027. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b04739.
24. Magalhaes L.M., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L.F.C. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties // Analytica chimica acta. 2008. Vol. 613. N1. Pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.aca.2008.02.047.

25. 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.
26. Хасанов В.В., Рыжова Г.Л., Мальцева Е.В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 63–75.
27. 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. N5. Pp. 1016–1019.
28. 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.
29. Marinova G., Batchvarov V. Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenger activity by DPPH // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2011. Vol. 17. N1. Pp. 11–24.
30. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // Songklanakarin J. Sci. Technol. 2004. Vol. 26. N2. Pp. 211–219.
31. Куркин В.А., Хисьямова Д.М., Шайхутдинов И.Х., Лужнов Н.Д. Сравнительное фитохимическое исследование подземной части представителей рода лапчатка в рамках разработки ресурсосберегающих технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. №1(3). С. 772–774.

Поступила в редакцию 3 января 2020 г.

После переработки 20 января 2020 г.

Принята к публикации 11 февраля 2020 г.

Для цитирования: 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. DOI: 10.14258/jcprm.2020027261.

Savel'yeva Ye.Ye.¹, Lapkina Ye.Z.¹, Bulgakova N.A.^{1*}, Tyutrina Ye.S.¹, Kurbatskiy V.I.² A STUDY OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PLANTS OF THE GENUS *POTENTILLA* L.

¹ Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky, ul. Partizana Zheleznyaka, 1, Krasnoyarsk, 660022 (Russia), e-mail: bulgakovana@bk.ru

² National Research Tomsk State University, ul. Lenina, 36, Tomsk, 634050 (Russia)

In this work, a comparative assessment of the antiradical properties of some species of the genus *Potentilla* L. is carried out to identify the most promising in terms of further study. The aboveground part of *P. chrysantha* Trevir., *P. canescens* Bess., *P. tergemina* Sojak, *P. erecta* (L.) Raeusch., *P. paradoxa* Nutt. ex Tott. et Gray, *P. approximata* Bunge, as well as the aboveground and underground parts of *P. anserina* L. were used as a research object, collected in the vicinity of Tomsk. The antiradical activity of the extracts of the studied plants was evaluated spectrophotometrically, observing the kinetics of the recovery of the stable radical of the DPPH extract. The dependence of the antiradical activity on the concentration and stability of the studied extracts was examined using *P. paradoxa* as an example. The total amount of phenolic compounds and flavonoids in the studied extracts was estimated. The specific absorption coefficient of gallic acid was found to be 47.3. For the aboveground parts of seven *Potentilla* species, the antiradical activity of extracts on ethyl alcohol 40 and 70% is significant and is in a narrow range from 77.57 to 80.91% for extracts on ethyl alcohol 40%, in a slightly wider range from 70.99 to 86.58% for extracts on ethyl alcohol 70%. A wide range of antiradical activity from 14.80% (*P. tergemina*) to 70.40% (*P. paradoxa*) is observed for 95% ethyl alcohol extracts. The difference in the chemical composition of ethanol extracts of individual representatives of the genus *Potentilla* significantly affects the antiradical activity with an increase in the concentration of ethyl alcohol.

Keywords: *Potentilla*, antiradical activity, phenolic compounds, spectrophotometry, DPPH.

* Corresponding author.

References

1. Preiser J.-Ch. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 2012, vol. 36, no. 2, pp. 147–154. DOI: 10.1177/0148607111434963.
2. Andonova L., Georgieva M., Zlatkov A. *Pharmacia*, 2015, vol. 62, no. 2, pp. 26–39.
3. Men'shchikova Ye.V., Lankin V.Z., Kandalintseva N.V. *Fenol'nyye antioksidanty v biologii i meditsine. Stroyeniye, svoystva, mekhanizmy deystviya*. [Phenolic antioxidants in biology and medicine. Structure, properties, mechanisms of action]. LAP, 2012, 495 p. (in Russ.).
4. Turkoglu A., Duru M.F., Mercan N., Kivrak I., Gezer K. *Food Chemistry*, 2007, vol. 101, no. 1, pp. 267–273. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.025.
5. Jose S., Radhamany P.M. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 386–391.
6. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Mal'tseva Ye.Ye., Poltavskaya R.L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2012, no. 3, pp. 127–133. (in Russ.).
7. Ebert A.D., Makarenko T.A., Tskhay V.B., Nikiforova D.Ye., Magalov I.S., Pashov A.I. *Sibirskoye meditsinskoye obozreniye*. 2018, no. 2, pp. 106–108. DOI: 10.20333/2500136-2018-2-106-108. (in Russ.).
8. Motorykina T.N. *Regional'nyye problemy* 2017, vol. 20, no. 1, pp. 11–18. (in Russ.).
9. Kamelin R.V. *Flora Vostochnoy Yevropy. T. 10. Pokrytosemennyye, dvudol'nyye*. [Flora of Eastern Europe. Vol. 10. Angiosperms, dicotyledons]. St. Petersburg, 2001, pp. 394–452. (in Russ.).
10. Kurbatskiy V.I. *Opredelitel' vidov roda Potentilla L. (lapchatka) Aziatskoy Rossii*. [Key to species of the genus *Potentilla* L. of Asian Russia]. Tomsk, 2016, 52 p. (in Russ.).
11. Cilovic E., Bosnic T., Pilipovic S., Kundalic B.Š., Husejinovic M.Š. *Pharmacia*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 36–42.
12. Mari A., Lyon D., Fragner L., Montoro P., Piacente S., Wienkoop S., Egelhofer V., Weckwerth W. *Metabolomics*, 2013, vol. 9, no. 3, pp. 599–607. DOI: 10.1007/s11306-012-0473-x.
13. Tomczyk M. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2006, vol. 34, no. 10, pp. 770–773. DOI: 10.1016/j.bse.2006.06.002.
14. Khisyamova D.M., Kurkin V.A., Zhestkov A.V., Lyamin A.V. *Meditsinskiy al'manakh*, 2016, no. 4(44), pp. 151–153. (in Russ.).
15. Arkhipova E.V., Shantanova L.N., Mondodoyev A.G. *Bestnik buryatskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 12, pp. 118–122. (in Russ.).
16. Zhao Y.-L., Cai G.-M., Hong X., Shan L.-M., Xiao X.-H. *Phytomedicine*, 2008, vol. 15, no. 4, pp. 253–258. DOI: 10.1016/j.phymed.2008.01.005.
17. Guo T., Qing Wei J., Ping Ma J. *Pharmaceutical biology*. 2016, vol. 54, no. 5, pp. 807–811. DOI: 10.3109/13880209.2015.1080734.
18. Sadik S., Geetha K.M., Vasia, Reddy A.M. *Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2019, vol. 10, no. 4, pp. 1760–1764. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.10 (4).1760-64.
19. Bolotova V.Ts., Sklyarevskaya N.V., Popova K.V. *Farmatsiya*, 2014, no. 6, pp. 54–56. (in Russ.).
20. Santos-Sánchez N.F., Salas-Coronado R., Villanueva-Cañongo C., Hernández-Carlos B. *Antioxidants*. IntechOpen, 2019, DOI: 10.5772/intechopen.85270.
21. Gupta D. *Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2015, vol. 6, no. 2, pp. 546–566.
22. Karadag A., Ozcelik B., Saner S. *Food Anal. Methods*, 2009, no. 2, pp. 41–60. DOI: 10.1007/s12161-008-9067-7.
23. Reşat A., Özyürek M., Kubilay G., Çapanoğlu E. *J. Agric. Food Chem.*, 2016, vol. 64, no. 5, pp. 997–1027. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b04739.
24. Magalhaes L.M., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L.F.C. *Analytica chimica acta*, 2008, vol. 613, no. 1, pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.aca.2008.02.047.
25. Trineyeva O.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 4, pp. 180–197. (in Russ.).
26. Khasanov V.V., Ryzhova G.L., Mal'tseva Ye.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2004, no. 3, pp. 63–75. (in Russ.).
27. Mondal S., Hossain I., Islam Md.N. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2017, vol. 6, no. 5, pp. 1016–1019.
28. Lomboyeva S.S., Tankhayeva L.M., Olennikov D.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2008, no. 2, pp. 65–68. (in Russ.).
29. Marinova G., Batchvarov V. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 11–24.
30. Molyneux P. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 211–219.
31. Kurkin V.A., Khisyamova D.M., Shaykhutdinov I.Kh., Luzhnov N.D. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2014, vol. 16, no. 1(3), pp. 772–774. (in Russ.).

Received January 3, 2020

Revised January 20, 2020

Accepted February 11, 2020

For citing: 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. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020027261.