

УДК 581.19:634.776

## АНТИОКСИДАНТНАЯ И АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ *IN VITRO* ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ *RUBUS CHAMAEMORUS* L. (*ROSACEAE*)

© Я.Л. Страх\*, О.С. Игнатовец

Белорусский государственный технологический университет,  
ул. Свердлова, 13а, Минск, 220006 (Республика Беларусь),  
e-mail: y.strakh@gmail.com

Морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) является лидером среди северных ягод по содержанию фенольных соединений, которые могут обуславливать широкий спектр биологической активности. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к изучению антиоксидантной активности растительных экстрактов с целью поиска перспективных источников сырья для фармацевтической и пищевой промышленности. В статье приведены результаты сравнительного анализа межпопуляционных и гендерных различий антиоксидантной и антирадикальной активностей *in vitro* экстрактов листьев морошки приземистой, произрастающей на территории Республики Беларусь. Для определения использовали классические спектрофотометрические методики: фосфомолибденовый метод, Fe<sup>2+</sup>-хелатирующей активности, NO-ингибирующей активности, ингибирования гидроксильных радикалов (OH), метод ингибирования супероксидрадикала в щелочном растворе диметилсульфоксида, DPPH, ABTS. Выявлены различия по содержанию фенольных соединений и флавоноидов в спиртовых экстрактах листовых пластинок *Rubus chamaemorus* L. Установлено, что наибольшими показателями ингибирования гидроксильных радикалов и супероксидрадикалов обладает популяция заказника «Большой мох». Максимальной железохелатирующей активностью обладали экстракты мужского растения заказника «Большой мох». Наименьшую ингибирующую активность экстракты листьев *Rubus chamaemorus* L. показали к азотоксидному радикалу. Установленные значения антиоксидантной и антирадикальной активности, а также содержания фенольных соединений и флавоноидов листовых пластинок *Rubus chamaemorus* L. может иметь значение для разработки мероприятий по сохранению вида и конкретных популяций на южной границе ареала обитания.

**Ключевые слова:** морошка приземистая, *Rubus chamaemorus* L., растительное сырье, популяция, антиоксидантная активность, антирадикальная активность, фенольные соединения, флавоноиды.

### Введение

*Rubus chamaemorus* L. (сем. *Rosaceae*) произрастает в регионах с прохладным умеренным климатом, альпийской и арктической тундре и северных лесах [1–3]. На территории Республики Беларусь проходит южная граница ареала обитания *Rubus chamaemorus* L., где данный вид нуждается в комплексе мероприятий для его поддержания и сохранения, так как из-за осушения торфяников и эксплуатации торфа он считается находящимся под угрозой исчезновения. Необходимо отметить, что в настоящее время *Rubus chamaemorus* L. имеет высокий производственный потенциал, практическое применение в пищевой и косметической промышленности, а также может использоваться с целью рекультивации почв. Однако имеющихся в литературе данных недостаточно и необходимы дальнейшие исследования, направленные на оценку перспектив использования морошки приземистой в народном хозяйстве и в перспективе – в фармацевтической промышленности.

Среди проблем, связанных с физиологическим состоянием растений, проблема проявления полового различия особей является не только достаточно интересной, но имеет важное теоретическое и практическое значение. Исследования многих авторов посвящены разным аспектам проблемы пола растений и его проявления. Выявлено, что определение пола основано на изменениях в генетическом аппарате, а его

Страх Яна Леонидовна – аспирант,  
e-mail: y.strakh@gmail.com

Игнатовец Ольга Степановна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии,  
e-mail: ignatovets@belstu.by

проявление обуславливается не только генотипом, но и регуляторными процессами, связанными с действием условий внешней среды и внутренними изменениями метаболического характера [4].

\* Автор, с которым следует вести переписку.

*Rubus chamaemorus* L. – двудомное растение, что является немаловажным фактом, так как плодоношение непосредственно связано с расположением и соотношением мужских и женских особей.

Также существуют критерии внутривидовых различий, например, фазы развития, геоклиматические условия и т.п., которые, безусловно, вносят значительный вклад в антиоксидантную и антирадикальную защиту клетки.

В последние годы тема свободных радикалов и реакционноспособных кислородсодержащих частиц привлекает повышенное внимание. Потребляемая человеком пища и состояние окружающей среды оказывают существенное влияние на возникновение свободных радикалов [5–8].

Поиск сырья, обладающего антирадикальной и антиоксидантной активностью, наряду с разработкой доступных и экспрессных методов их определения, в настоящее время является одной из актуальных задач современной фармацевтики и пищевой промышленности.

Цель исследования – сравнительный анализ межпопуляционных и гендерных различий антиоксидантной и антирадикальной активности морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.).

### **Экспериментальная часть**

Объектом исследования являлись этанольно-водные экстракты замороженных листовых пластинок различных популяций (мужские и женские особи) *Rubus chamaemorus* L. Растительное сырье собрано в фазу цветения в июне 2020 г.

В таблице 1 представлено описание образцов *Rubus chamaemorus* L.

Экстракцию собранных листьев проводили однократно 70% спиртом этиловым при соотношении сырье:экстрагент 1:50 в течение 40 мин при температуре 60 °С. Для экстракции использовали влажное сырье.

Влажность образцов определяли с помощью методики, приведенной в [9].

Определение общего содержания фенольных соединений в пересчете на г/экв галловой кислоты проводили методом Фолина-Чокальтеу в модификации Синглтона и Росси [10].

Определение общего содержания флавоноидов в пересчете на рутин проводили спектрофотометрическим методом при добавлении алюминия хлористого при аналитической длине волны 410 нм [11].

Определение антиоксидантной и антирадикальной активности *in vitro* проведено по известным спектрофотометрическим методикам: общей антиоксидантной активности – фосфомолибденовым методом [12], Fe<sup>+2</sup>-хелатирующей активности [13], NO-ингибирующей активности [14], ингибирования гидроксильных радикалов (ОН) [15, 16], супероксидрадикала в щелочном растворе диметилсульфоксида (ДМСО) [17, 18], DPPH [19], ABTS [20].

Во всех экспериментах выполняли по три параллельных опыта. Результаты представлены в виде среднего значения выборки и полуширины доверительного интервала. Для статистической обработки полученных результатов использовали программу Microsoft Office Excel 2016.

### **Результаты и обсуждения**

Антиоксидантная и антирадикальная активность экстрактов растений обусловлена химическим составом сырья и в основном определяется качественным и количественным составом фенольных веществ. Вариативность содержания такого состава биологически активных веществ обеспечивает адаптивность растений к неблагоприятным условиям окружающей среды и другим стрессовым факторам. В растениях выработана система антиоксидантной защиты, в которую входят вторичные метаболиты, для обеспечения безопасности от воздействия высокореактивных форм кислорода, которые вызывают изменения в обмене веществ, патологические процессы, некротические повреждения вегетативных и генеративных органов и даже гибель растений [21].

Флавоноиды – наиболее многочисленный класс природных фенольных соединений, для которых характерно структурное многообразие, вследствие этого они обладают широким спектром биологической активности. Одной из функций флавоноидов является регуляция окислительно-восстановительных процессов в клетках растений [22]. Изменением процесса биосинтеза флавоноидов, следовательно, их составом и содержанием, растение реагирует на сезонное понижение температуры и недостаточность интенсивности света [23].

В связи с этим на первом этапе исследований нами было определено общее содержание фенольных веществ, а также флавоноидов в листьях растения *Rubus chamaemorus* L. (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика образцов *Rubus chamaemorus* L.

Образец	Место произрастания		Координаты (WGS84)
1	Заказник «Лонно»	Лонно озеро, д. Лонница, Полоцкий р-н, Витебская обл., Республика Беларусь	N55 38 01.4E027 9 23.6
2	Заказник «Ельня»	Миорский р-н, Витебская обл., Республика Беларусь	N57 31 24.6 E027 9 23.6
3	Заказник «Большой мох»	Миорский р-н, Витебская обл., Республика Беларусь	N55 37 59.4 E027 27 19.5
4	Заказник «Жада»	Шарковщинский и Миорский р-н, Витебская обл., Республика Беларусь	N55 25 44.1 E027 58 49.0

Данные, приведенные в таблице 2, показали, что содержание фенольных соединений варьировалось в достаточно широких пределах в рамках фазы цветения для всех популяций. Исходя из приведенных результатов, можно предположить, что содержание фенольных соединений зависит от геоклиматических условий произрастания популяций. Также существует тенденция увеличения содержания фенольных соединений у женских особей популяций заказников «Лонно» и «Большой мох», что обусловлено половой конкуренцией мужских и женских клонов популяций (табл. 2), при этом женские особи заметно отличаются от мужских повышенной окислительной способностью своих тканей [24]. Сходную с суммой фенольных соединений динамику изменения концентрации со схожей амплитудой колебаний, показали флавоноиды. Также следует отметить более низкое содержание флавоноидов в популяциях заказников «Ельня» и «Жада»: данные можно охарактеризовать как показатели более низкого воздействия стрессовых факторов (табл. 2). Например, указанные популяции характеризуются нормальным обводнением, а в заказнике «Жада» были проведены мероприятия по восстановлению гидрорежима. Отмечается высокое содержание флавоноидов у женских и мужских клонов заказника «Большой Мох», где популяционное поле расположено в пределах послепожарной трансформации растительного сообщества и может являться индикатором стресса.

Данные об антиоксидантной активности экстрактов *Rubus chamaemorus* L. представлены в таблице 3.

Установлено, что максимальной железохелатирующей активностью обладали экстракты мужского растения заказника «Большой мох» (табл. 3). Такая активность могла быть обусловлена присутствием в их составе веществ хелаторов ионов тяжелых металлов, например танинов и флавоноидов [25]. Кроме того, столь высокая хелатирующая активность может быть связана с повышенным содержанием полисахаридов, также присутствующих в изучаемых экстрактах.

Эффективность экстрактов в части активности по отношению к активным формам кислорода оценивали для гидроксильного, супероксидного и азотоксидного радикалов (табл. 4).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений и флавоноидов в листовых пластинках *Rubus chamaemorus* L.

Образец	Пол	Содержание внутриклеточных фенольных соединений, мг-экв галловой кислоты / г а.с.с	Содержание флавоноидов, мг-экв рутина / г а.с.с.
1	♂	99.41±4.27	66.38±2.71
	♀	178.85±5.94	148.08±4.12
2	♂	126.81±6.76	78.24±3.02
	♀	121.08±5.44	69.36±3.00
3	♂	110.52±5.65	103.18±5.04
	♀	150.96±6.92	106.62±5.61
4	♂	119.01±4.18	71.44±4.75
	♀	117.37±6.31	74.27±4.12

Таблица 3. Антиоксидантная активность экстрактов листовых пластинок *Rubus chamaemorus* L.

Образец	Пол	Общая антиоксидантная активность, %	Fe <sup>+2</sup> -хелатирующая активность, %
1	♂	29.80±1.94	13.69±0.82
	♀	36.58±2.86	53.17±1.94
2	♂	36.63±3.01	30.16±1.65
	♀	32.15±3.09	29.37±1.03
3	♂	22.99±1.31	97.62±3.02
	♀	28.44±2.43	14.29±0.58
4	♂	38.43±3.17	20.63±0.85
	♀	19.91±2.91	12.04±0.36

Полученные результаты показали наличие ингибирующего эффекта по отношению к активным формам кислорода у всех изученных экстрактов. Однако наименьшую ингибирующую активность экстракты *Rubus chamaemorus* L. показали к азотоксидному радикалу. Наибольшую интенсивность ингибирующей активности экстрактов по отношению к активным формам кислорода наблюдали в отношении инактивации супероксидного радикала. Этот показатель достигал значений от 96 до 149% для разных образцов (табл. 4). Такие значения антирадикальной активности являются, по всей видимости, следствием высокого содержания флавоноидов в указанных образцах (табл. 2), вносящих основной вклад в формирование АРА.

Для оценки антирадикальной активности выбраны два косвенных метода: DPPH и ABTS, которые отличаются инактивируемыми радикалами (табл. 5).

Метод DPPH является косвенным методом определения антирадикальной активности, основан на взаимодействии антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH) и показывает наличие корреляции с результатами, полученными прямыми методами [20]. Результаты исследований (табл. 5) подтвердили наличие выраженной антирадикальной активности у всех исследованных экстрактов.

В основе другого метода оценки антирадикальной активности изучаемых экстрактов лежит реакция взаимодействия антиоксидантов с катион-радикалом 2,2-азино-бис-(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой-кислоты) (ABTS+). Результаты, полученные с использованием данного метода, по сравнению с методом DPPH, не имеют корреляции с содержанием фенольных соединений и ингибирующей активностью по отношению к активным формам кислорода.

Таблица 4. Антирадикальная активность экстрактов *Rubus chamaemorus* L.

Образец	Пол	Ингибирование гидроксильных радикалов (ОН), %	Ингибирование супероксидрадикала в щелочном растворе диметилсульфоксида (ДМСО), %	НО ингибирующая активность, %
1	♂	84.08±2.75	98.12±1.19	10.71±0.36
		71.32±3.12	121.34±2.02	6.87±0.17
2	♂	75.88±1.97	103.24±1.65	42.34±1.65
		40.60±0.65	98.68±1.34	44.57±1.23
3	♂	85.08±2.06	123.65±2.14	8.52±0.21
		92.20±1.80	149.28±2.50	4.67±0.11
4	♂	65.68±1.24	96.37±1.58	37.33±1.13
		66.08±1.37	99.95±1.36	43.18±1.58

Таблица 5. Антирадикальная активность экстрактов *Rubus chamaemorus* L., оцененная методами DPPH и ABTS

Образец	Пол	Спектрофотометрический метод DPPH, %	Спектрофотометрический метод ABTS, %
1	♂	60.20±2.41	98.22±2.16
		80.07±3.02	98.97±2.54
2	♂	66.72±2.15	98.67±2.31
		78.27±3.00	98.64±2.87
3	♂	45.87±1.54	98.52±2.06
		79.28±2.06	98.87±2.14
4	♂	60.00±2.12	96.76±2.56
		77.60±1.94	98.41±2.47

### Выводы

Сравнительный анализ результатов выявил межгендерные внутривидовые и межвидовые различия по содержанию биологически активных веществ, а также антиоксидантной и антирадикальной активностей. Наиболее высоким содержанием фенольных соединений и флавоноидов характеризовались растительные популяции заказников «Лонно» и «Большой мох» (женские особи). Также указанные образцы характеризовались высокой антиоксидантной и антирадикальной активностью.

Сравнение результатов измерений антирадикальной активности методом ABTS выявило невысокую корреляцию результатов для *Rubus chamaemorus* L., что демонстрирует непригодность использования данного метода для изучения вида и популяционных различий.

Наибольшими показателями ингибирования гидроксильных радикалов и супероксидрадикалов обладают экстракты растений популяции заказника «Большой мох», которая расположена в пределах послепожарной трансформации растительного сообщества. Наименьшую ингибирующую активность экстракты листьев *Rubus chamaemorus* L. показали к азотоксидному радикалу.

Установленные значения антиоксидантной и антирадикальной активностей, а также содержания фенольных соединений и флавоноидов листовых пластинок *Rubus chamaemorus* L. может иметь значение для использования в фармацевтической промышленности, для разработки мероприятий по сохранению вида и конкретных популяций на южной границе ареала обитания.

### Список литературы

1. Junttila O., Nilsen J., Rapp K. Research on cloudberry in Norway // Luonnonmarja-ja sienitutkimuksen seminaari, osa I, Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja. 1983. Vol. 90. Pp. 23–33.
2. Rapp K., Næss S.K., Swartz H.J. Commercialization of the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in Norway // New crops. New York, 1993. Pp. 524–526.
3. Hulten E. Flora of Alaska and Neighboring Territories: A Manual of the Vascular Plants. Stanford University Press, 1968. 1032 p.
4. Серков В.А., Хрянин В.Н., Зеленина О.Н. К проблеме регуляции процесса половой дифференциации растений конопли посевной // Инновационная техника и технология. 2017. №2. С. 5–12.
5. Клебанова Е.М., Балаболкин М.И., Креминская В.М., Смирнов Л.Д. Липидснижающее и антиоксидантное действие мексикора у больных сахарным диабетом // Терапевтический архив. 2006. №8. С. 67–70.
6. Яковлева Л.В. Сопоставление антиоксидантных свойств новых препаратов, производных биофлавоноидов и дубильных веществ // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2001. Т. 64. №2. С. 55–59.
7. Лубсандоржиева П.Б. Содержание биологически активных веществ в некоторых растениях Забайкалья и их антиоксидантная активность // Химия растительного сырья. 2009. №3. С. 133–137.
8. Федосеева А.А. Антиоксидантная активность настоев чая // Химия растительного сырья. 2008. №3. С. 123–127.
9. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 2 т. Т. 1. Общие методы контроля качества лекарственных средств. Молодечно, 2012. 1220 с.
10. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent // Methods in Enzymology. 1999. Vol. 299. Pp. 152–178. DOI: 10.1016/s0076-6879(99)99017-1.
11. Мальцева Е.М., Егорова Н.О., Егорова И.Н. Количественное определение суммарного содержания флавоноидов в траве кровохлебки лекарственной // Вестник уральской медицинской академической науки. 2011. №3(1). С. 68.
12. Shirwaikar A., Somashekar A.P., Udupa A.L., Udupa S.L., Somashekar S. Wound healing studies of *Aristolochia bracteolata* Lam. with supportive action of antioxidant enzymes // Phytomedicine. 2003. Vol. 10. Pp. 558–562. DOI: 10.1078/094471103322331548.
13. Оленников Д.Н., Зилфикаров И.Н., Торопова А.А., Ибрагимов Т.А. Химический состав сока каллизии душистой (*Callisia fragrans* Wood.) и его антиоксидантная активность (*in vitro*) // Химия растительного сырья. 2008. №4. С. 95–100.
14. Rahini D., Anuradha R. In vitro antioxidant activity of *Artabotrys hexapetalus* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2014. Vol. 5(2). Pp. 396–405.
15. ManuKumar H.M., Madhu C.S. Comparative evaluation of technique efficiency on antioxidant activity of red gram (*Cajanus cajan*) seed coat extracts // Int. J. Rec. Sci. Res. 2013. Vol. 4 (9). Pp. 1395–1399.
16. ManuKumar H.M., Prathima V.R., Sowmya, Siddagangaiah, Thribhuvan K.R. Study of nutritional quality, phytochemical constituents and antioxidant activities by different solvents of nettle (*Urtica urens*) from Madikeri-Karnataka State // Int. Res. J. Pharm. Appl. Sci. 2013. Vol. 3 (5). Pp. 112–119.
17. Balaperiasamy B. Preliminary estimation of antioxidant activities of *Hypericum wightianum* Wall. ex Wight & Arn using various *in vitro* assay models // Journal of Pharmacy Research. 2014. Vol. 8(4). Pp. 520–525.
18. Мальцева Е.М., Егорова Н.О., Егорова И.Н., Мухамадияров Р.А. Антиоксидантная и антирадикальная активность *in vitro* экстрактов травы *Sanguisorba officinalis* L., собранной в различные фазы развития // Медицина в Кузбассе. 2017. Т. 16. №2. С. 32–38.
19. Adesanwo J.K., Makinde O.O., Obafemi C.A. Phytochemical analysis and antioxidant activity of methanol extract and betulinic acid isolated from the roots of *Tetracera potatoria* // J. of Pharmacy Research. 2013. Vol. 6. Pp. 903–907. DOI: 10.1016/j.jopr.2013.09.003.
20. Tu P.T.B., Tawata S. Anti-Oxidant, Anti-Aging and Anti-Melanogenic Properties of the Essential Oils from Two Varieties of *Alpinia zerumbet* // Molecules. 2015. Vol. 20. Pp. 16723–16740. DOI: 10.3390/molecules200916723.
21. Пояркова Н.М., Сапаркльчева С.Е. Физиологическая роль фенольных соединений // Аграрное образование и наука. 2019. №4. С. 14.
22. Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T. The effect of plant flavonoides on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease and cancer // Pharmacol. Rev. 2000. Vol. 52. N4. Pp. 673–701.

23. Мерзляк М.Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений // Биология. 1998. №4. С. 19–24.
24. Федоров Н.И., Раптунович Е.С. Интенсивность дыхания и активность окислительных ферментов у осины мужского и женского полов // Лесоведение. 1969. №2. С. 59–64.
25. Меньщикова Е.В., Ланкин В.З., Кандалинцева Н.В. Фенольные антиоксиданты в биологии и медицине. Строение, свойства, механизмы действия. LAP, 2012. 495 с.

Поступила в редакцию 15 марта 2021 г.

После переработки 17 августа 2021 г.

Принята к публикации 25 августа 2021 г.

**Для цитирования:** Страх Я.Л., Игнатовец О.С. Антиоксидантная и антирадикальная активность *in vitro* экстрактов из листьев *Rubus chamaemorus* L. (Rosaceae) // Химия растительного сырья. 2021. №4. С. 319–325. DOI: 10.14258/jcrpm.2021049305.

*Strakh Ya.L.\**, *Ignatovets O.S.* ANTIOXIDANT AND ANTIRADICAL ACTIVITY *IN VITRO* OF EXTRACTS FROM THE LEAVES OF *RUBUS CHAMAEMORUS* L. (ROSACEAE)

*Belarusian State Technological University, ul. Sverdlova, 13a, Minsk, 220006 (Republic of Belarus),  
e-mail: y.strakh@gmail.com*

Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) is the leader among northern berries in the content of phenolic compounds, which can cause a wide range of biological activity. Currently, there is an increased interest in the study of the antioxidant activity of plant extracts in order to search for promising sources of raw materials for the pharmaceutical and food industries. The article presents the results of a comparative analysis of interpopulation and gender differences in antioxidant and antiradical activities *in vitro* of cloudberry leaf extracts growing on the territory of the Republic of Belarus. Classical spectrophotometric methods were used for determination: phosphomolibdenic method, Fe<sup>+2</sup>-chelating activity, NO-inhibiting activity, inhibition of hydroxyl radicals (OH), method of superoxide radical inhibition in an alkaline solution of dimethylsulfoxide, DPPH, ABTS. Differences in the content of phenolic compounds and flavonoids in the alcoholic extracts of leaf blades of *Rubus chamaemorus* L. It was found that the population of the Bolshoi Mokh preserve possesses the highest inhibition rates of hydroxyl radicals and superoxide radicals. The maximum iron-chelating activity was exhibited by the extracts of the male plant of the Bolshoy Moh preserve. The least inhibitory activity of *Rubus chamaemorus* L. leaf extracts was shown to the nitrogen-oxide radical. The established values of antioxidant and antiradical activities, as well as the content of phenolic compounds and flavonoids of the leaf blades of *Rubus chamaemorus* L. may be important for the development of measures to preserve the species and specific populations on the southern border of the habitat.

**Keywords:** cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.), plant material, population, antioxidant activity, antiradical activity, phenolic compounds, flavonoids.

---

\* Corresponding author.

**References**

1. Junttila O., Nilsen J., Rapp K. *Luonnonmarja-ja sienitutkimuksen seminaari, osa I, Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja*, 1983, vol. 90, pp. 23–33.
2. Rapp K., Næss S.K., Swartz H.J. *New crops*, New York, 1993, pp. 524–526.
3. Hulten E. *Flora of Alaska and Neighboring Territories: A Manual of the Vascular Plants*. Stanford University Press, 1968, 1032 p.
4. Serkov V.A., Khryanin V.N., Zelenina O.N. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya*, 2017, no. 2, pp. 5–12. (in Russ.).
5. Klebanova Ye.M., Balabolkin M.I., Kreminskaya V.M., Smirnov L.D. *Terapevticheskiy arkhiv*, 2006, no. 8, pp. 67–70. (in Russ.).
6. Yakovleva L.V. *Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2001, vol. 64, no. 2, pp. 55–59. (in Russ.).
7. Lubsandorzhiyeva P.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 3, pp. 133–137. (in Russ.).
8. Fedoseyeva A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 3, pp. 123–127. (in Russ.).
9. *Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'. V 2 t. Vol. 1. Obshchiye metody kontrolya kachestva lekarstvennykh sredstv*. [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. In 2 t, vol. 1. General methods of quality control of medicines]. Molodechno, 2012, 1220 p. (in Russ.).
10. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. *Methods in Enzymology*, 1999, vol. 299, pp. 152–178. DOI: 10.1016/s0076-6879(99)99017-1.
11. Mal'tseva Ye.M., Yegorova N.O., Yegorova I.N. *Vestnik ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2011, no. 3(1), p. 68. (in Russ.).
12. Shirwaikar A., Somashekar A.P., Udupa A.L., Udupa S.L., Somashekar S. *Phytomedicine*, 2003, vol. 10, pp. 558–562. DOI: 10.1078/094471103322331548.
13. Olenikov D.N., Zilfikarov I.N., Toropova A.A., Ibragimov T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 95–100. (in Russ.).
14. Rahini D., Anuradha R. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2014, vol. 5(2), pp. 396–405.
15. ManuKumar H.M., Madhu C.S. *Int. J. Rec. Sci. Res.*, 2013, vol. 4 (9), pp. 1395–1399.
16. ManuKumar H.M., Prathima V.R., Sowmya, Siddagangaiyah, Thribhuvan K.R. *Int. Res. J. Pharm. Appl. Sci.*, 2013, vol. 3 (5), pp. 112–119.
17. Balaperiasamy B. *Journal of Pharmacy Research*, 2014, vol. 8(4), pp. 520–525.
18. Mal'tseva Ye.M., Yegorova N.O., Yegorova I.N., Mukhamadiyarov R.A. *Meditsina v Kuzbasse*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 32–38. (in Russ.).
19. Adesanwo J.K., Makinde O.O., Obafemi C.A. *J. of Pharmacy Research*, 2013, vol. 6, pp. 903–907. DOI: 10.1016/j.jopr.2013.09.003.
20. Tu P.T.B., Tawata S. *Molecules*, 2015, vol. 20, pp. 16723–16740. DOI: 10.3390/molecules200916723.
21. Poyarkova N.M., Saparklycheva S.Ye. *Agrarnoye obrazovaniye i nauka*, 2019, no. 4, p. 14. (in Russ.).
22. Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T. *Pharmacol. Rev.*, 2000, vol. 52, no. 4, pp. 673–701.
23. Merzlyak M.N. *Biologiya*, 1998, no. 4, pp. 19–24. (in Russ.).
24. Fedorov N.I., Raptunovich Ye.S. *Lesovedeniye*, 1969, no. 2, pp. 59–64. (in Russ.).
25. 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.).

Received March 15, 2021

Revised August 17, 2021

Accepted August 25, 2021

**For citing:** Strakh Ya.L., Ignatovets O.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 319–325. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021049305.

