

УДК 615.322

ИЗУЧЕНИЕ САПОНИНОВ ЯРУТКИ ПОЛЕВОЙ (*THLASPI ARVENSE* L.)

© К.А. Пупыкина*, Е.Ф. Королева

Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3,
Уфа, 450008, Россия, pupykinaka@gmail.com

Ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), семейства капустные (Brassicaceae) является перспективным лекарственным растением, распространенным на всей территории Российской Федерации. Она широко применяется в народной медицине как гемостатическое, противовоспалительное, антибактериальное, спазмолитическое, гипотензивное, мочегонное, ранозаживляющее, общеукрепляющее средство, повышающее либидо, потенцию, регулирующее менструальный цикл у женщин. Экспериментально установлен положительный эффект применения ярутки при гиперплазии предстательной железы. Однако это растение не является официально лекарственным, поскольку недостаточно изучен химический состав и не решены вопросы стандартизации растительного сырья.

Цель исследования – изучение качественного состава и количественного содержания сапонинов в траве ярутки полевой.

В результате исследования установлено, что в траве ярутки полевой содержатся сапонины тритерпеновой природы, совпадающие по хроматографическому поведению со стандартными образцами β -эсцина и олеаноловой кислоты. В результате спектрального анализа, проведенного при выполнении методики количественного определения, выявлено наличие двух максимумов поглощения $\lambda_{\text{max}} = 251 \pm 2$ нм и $\lambda_{\text{max}} = 322 \pm 2$ нм, которые совпадали с таковыми значениями стандартного образца β -эсцина. Количественное определение суммы сапонинов в сырье ярутки полевой проводили спектрофотометрическим методом, основанным на способности к поглощению продуктами взаимодействия сапонинов с кислотой серной концентрированной при длине волны 322 ± 2 нм. В результате было установлено, что содержание суммы тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин было несколько больше в траве – $1.53 \pm 0.05\%$, затем в листьях – $0.91 \pm 0.03\%$, в плодах – $0.67 \pm 0.02\%$ и в цветках – $0.42 \pm 0.01\%$. Таким образом, полученные данные могут быть использованы при разработке нормативной документации на лекарственное растительное сырье – «Ярутка полевой трава».

Ключевые слова: ярутка полевая, сапонины, качественный состав, количественное определение.

Для цитирования: Пупыкина К.А., Королева Е.Ф. Изучение сапонинов ярутки полевой (*Thlaspi arvense* L.) // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 224–231. DOI: 10.14258/jcprm.20240414783.

Введение

Среди различных групп биологически активных веществ лекарственных растений сапонины представляют класс соединений, который широко распространен в природе. Анализ литературных источников свидетельствует о наличии у сапонинов различной фармакологической активности, в частности, противовоспалительной, отхаркивающей, антиаллергической, мочегонной, антибактериальной, спазмолитической, адаптогенной, антиоксидантной, гиполипидемической, способности регулировать водно-солевой обмен в организме [1–5]. Актуальным направлением научных исследований является поиск новых растительных источников, содержащих сапонины, а также разработка методов их анализа в растительном сырье.

Ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), семейства капустные (Brassicaceae) – вид-космополит средиземноморского происхождения, распространенный на всей территории Российской Федерации, является перспективным лекарственным растением, так как содержит ценные биологически активные вещества. Это однолетнее травянистое растение относится к сорно-рудеральным, является одним из распространенных сорняков, засоряя различные зерновые, овощные, эфиромасличные, кормовые культуры, как рудерал встречается на мусорных местах, близ жилья, дорог, на залежах [6, 7]. Ярутка полевая как озимая однолетняя культура способна улучшить экосистемы и повысить производительность сельского хозяйства без увеличения использования земель [8].

* Автор, с которым следует вести переписку.

В народной медицине ярутка полевая используется как гемостатическое, противовоспалительное, антибактериальное, спазмолитическое, гипотензивное, мочегонное, ранозаживляющее, общеукрепляющее средство, повышающее либидо, потенцию, регулирующее менструальный цикл у женщин. Экспериментально установлен положительный эффект применения ярутки при гиперплазии предстательной железы [9–13]. В официальной медицине ярутка полевая не используется, так как нет достоверных литературных данных о количественном и качественном составе биологически активных веществ, что подтверждает необходимость комплексного изучения данного лекарственного растения с целью разработки нормативной документации и внедрения в научную медицину.

Цель исследования – изучение качественного состава и количественного содержания сапонинов в траве ярутки полевой.

Экспериментальная часть

Объектами исследования служили образцы сырья ярутки полевой, заготовленные в Уфимском районе Республики Башкортостан в 2023 г. Сырье собрали в фазу цветения, проводили первичную обработку, удаляя примеси и некондиционные части растений. Проводилась естественная сушка сырья в хорошо проветриваемом помещении без доступа света до воздушно-сухого состояния. Хранение сырья осуществляли в соответствии с требованиями ОФС 1.1.011 «Хранение лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» в сухом, защищенном от света месте [14].

Для проведения качественных реакций готовили водное извлечение 1 : 10 при кипячении на водяной бане 15 мин, фильтровали и проводили следующие реакции: реакция пенообразования, с раствором среднего ацетата свинца, со спиртовым раствором холестерина, реакции Лафона, Санье [15, 16].

Для проведения хроматографического анализа готовили спиртовое извлечение 1 : 10 на 70% спирте этиловом. Тонкослойную хроматографию осуществляли на пластинках «*Sorbfil* ПТСХ-П-А-УФ» в следующих системах растворителей: бензол – ацетон (3 : 1); хлороформ – этилацетат (9 : 1); *n*-бутанол – этанол – раствор аммиака 25% (7 : 2 : 5) [17]. В качестве детектирующего реагента использовали 20% раствор кислоты серной, после проявления хроматограммы нагревали в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С в течение 5–10 мин и просматривали в видимом свете в сравнении со стандартными образцами (СО) веществ-свидетелей: β-эсцином, олеанооловой и урсоловой кислотами.

Количественное определение сапонинов проводили спектрофотометрическим методом, в основе которого лежит реакция с кислотой серной концентрированной, образование окрашенных комплексов и измерение оптической плотности в интервале длин волн 250–450 нм [18–20]: аналитическую пробу сырья измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм. Около 1.0 г сырья (точная навеска) помещали в коническую колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляли 100 мл спирта этилового 70%. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на водяной бане в течение 60 мин. Колбу охлаждали до комнатной температуры и фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл, фильтр промывали 70% спиртом этиловым и доводили объем извлечения до метки тем же спиртом, перемешивали (раствор А). 5 мл раствора А помещали в выпарительную чашку и упаривали на кипящей водяной бане досуха. Затем сухой остаток дважды обрабатывали хлороформом по 5 мл. Хлороформ упаривали на водяной бане, остаток высушивали и к полученному сухому остатку добавляли 10 мл кислоты серной концентрированной, перемешивали и термостатировали при температуре 70 °С 30 мин, полученный раствор охлаждали (раствор Б). 1 мл раствора Б помещали в мерную колбу на 10 мл и доводили кислотой серной концентрированной до метки. Оптическую плотность полученного окрашенного раствора измеряли на спектрофотометре в кювете с толщиной слоя 10 мм при длине волны 322±3 нм. Раствор сравнения – кислота серная концентрированная. Параллельно измеряли оптическую плотность стандартного раствора β-эсцина, приготовленного в аналогичных условиях: 1 мл раствора Б СО β-эсцина помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 10 мл кислоты серной концентрированной и термостатировали.

Приготовление раствора СО β-эсцина (CAS №11072-93-8, производитель Santa Cruz Biotechnology, чистота 99%): около 0.05 г (точная навеска) β-эсцина помещали в мерную колбу на 100 мл, добавляли 80 мл спирта этилового 95%, перемешивали и доводили объем раствора спиртом до метки (раствор А). 1 мл раствора А переносили в мерную колбу на 10 мл и доводили спиртом этиловым 95% до метки (раствор Б). Срок годности раствора – 1 месяц.

Содержание суммы тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин в % рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{A_x \cdot m_0 \cdot V_1 \cdot 100 \cdot V_2 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 100}{A_0 \cdot m_x \cdot V_3 \cdot V_4 \cdot 100 \cdot 5 \cdot (100 - W)}$$

где A_x – оптическая плотность испытуемого раствора; A_0 – оптическая плотность стандартного образца; m_0 – масса стандартного образца, г; m_x – масса навески сырья, г; V_1 – объем аликвоты стандарта – 1 мл; V_2 – объем разведения исследуемого раствора – 10 мл; V_3 – объем аликвоты исследуемого раствора – 1 мл; V_4 – объем разведения стандарта – 10 мл; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили в соответствии с требованиями ГФ РФ XV издания, ОФС 1.1.0013 [14].

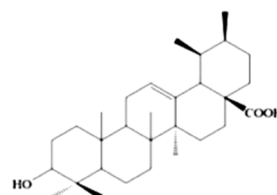
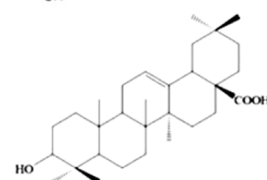
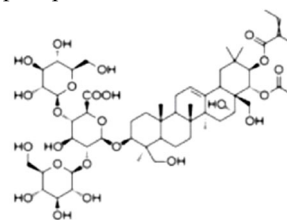
Обсуждение результатов

При проведении качественных реакций для обнаружения сапонинов наблюдали образование устойчивой и равной по объему пены при добавлении раствора кислоты хлористоводородной (0.1 моль/л) и при добавлении раствора натрия гидроксида (0.1 моль/л), что свидетельствовало о присутствии тритерпеновых сапонинов. Образование творожистого осадка при взаимодействии с раствором ацетата свинца, появление сине-зеленого окрашивания при проведении реакции Лафона, красного окрашивания – реакция Санье также указывает на наличие сапонинов тритерпеновой группы.

Хроматографический анализ спиртового извлечения травы ярутки полевой позволил выявить, что наилучшее разделение сапонинов наблюдалось в системе *n*-бутанол – этанол – раствор аммиака 25% (7 : 2 : 5). После проявления хроматограммы наблюдали появление 5 зон адсорбции при разделении исследуемого раствора: $R_f = 0.42 \pm 0.01$, $R_f = 0.54 \pm 0.02$, $R_f = 0.65 \pm 0.03$, $R_f = 0.78 \pm 0.02$, $R_f = 0.90 \pm 0.03$. При сопоставлении окраски и значений R_f зон адсорбции веществ-свидетелей и зон адсорбции исследуемого извлечения было установлено присутствие тритерпеновых сапонинов в экстракте из травы ярутки полевой: одна зона адсорбции ($R_f 0.42 \pm 0.01$) совпадала с β -эсцином, вторая ($R_f 0.90 \pm 0.03$) – с олеаноловой кислотой (табл. 1).

Таблица 1. Результаты хроматографического поведения сапонинов травы ярутки полевой

№ зоны адсорбции	Значение R_f	Окраска зоны адсорбции после обработки 20% раствором кислоты серной и нагревания	Вещество
1	0.42 ± 0.01	темно-фиолетовая	идентифицировано с β -эсцином
2	0.54 ± 0.02	коричневая	не идентифицировано
3	0.65 ± 0.03	желтая	не идентифицировано
4	0.78 ± 0.02	светло-коричневая	не идентифицировано
5	0.91 ± 0.03	фиолетовая	идентифицировано с олеаноловой кислотой
β -эсцин	0.42 ± 0.01	темно-фиолетовая	
Олеаноловая кислота	0.90 ± 0.01	фиолетовая	
Урсоловая кислота	0.86 ± 0.01	малиновая	



Для полноты извлечения сапонинов из травы ярутки полевой были изучены условия экстракции и установлены оптимальные параметры: степень измельченности сырья – 2 мм; экстрагент – спирт этиловый 70%; соотношение навески сырья и объема экстрагента 1 : 100; время экстракции – 60 мин; температура экстракции – 100 °С; время образования окрашенного продукта взаимодействия сапонинов с кислотой серной концентрированной – 30 мин. Оптическую плотность полученного раствора измеряли на спектрофотометре *Shimadzu UV-1800* в области 250–450 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм, раствор сравнения – кислота серная концентрированная. В результате исследования установлено наличие двух максимумов поглощения $\lambda_{\text{max}} = 251 \pm 2$ нм и $\lambda_{\text{max}} = 322 \pm 2$ нм, которые совпадали с таковыми значениями стандартного образца β -эсцина, измеренными в аналогичных условиях (рис. 1).

Результаты количественного определения тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин пяти параллельных измерений в траве ярутки полевой представлены в таблице 2.

Таким образом, в результате обработки данных количественного определения сапонинов установлено, что содержание суммы тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин в траве ярутки полевой составило $1.53 \pm 0.05\%$ при относительной ошибке 3.27% с доверительной вероятностью 95%.

На основании разработанной методики были проведены исследования по определению сапонинов в различных морфологических частях исследуемого сырья. Результаты исследования представлены на рисунке 2 и в таблице 3.

В результате исследования установлено, что несколько большее количество тритерпеновых сапонинов содержится в траве ярутки полевой ($1.53 \pm 0.05\%$), в отличие от других морфологических групп сырья. Затем, по убыванию, количественное содержание сапонинов можно расположить в следующей последовательности: в листьях содержание сапонинов составляет – $0.91 \pm 0.03\%$, в плодах – $0.67 \pm 0.02\%$, в цветках – $0.42 \pm 0.01\%$.

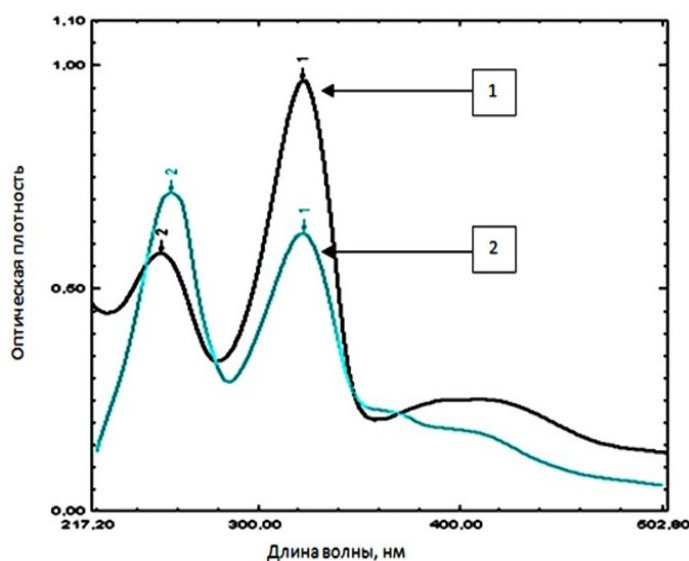


Рис. 1. Спектры поглощения продуктов реакции сапонинов с кислотой серной концентрированной:
1 – СО β -эсцина, 2 – сапонины травы ярутки полевой

Таблица 2. Метрологические характеристики методики количественного определения тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин в траве ярутки полевой

n	F	X (%)	(X _{ср.} - X _i) ²	S ²	S	t(P,f) (P=95%)	ΔX	E, %
1	4	1.58	0.0025	0.000275	0.01658	2.78	0.05	3.27
2		1.55	0.0004					
3		1.49	0.0016					
4		1.52	0.0001					
5		1.50	0.0009					
		X _{ср} = 1.53	Σ = 0.0055					

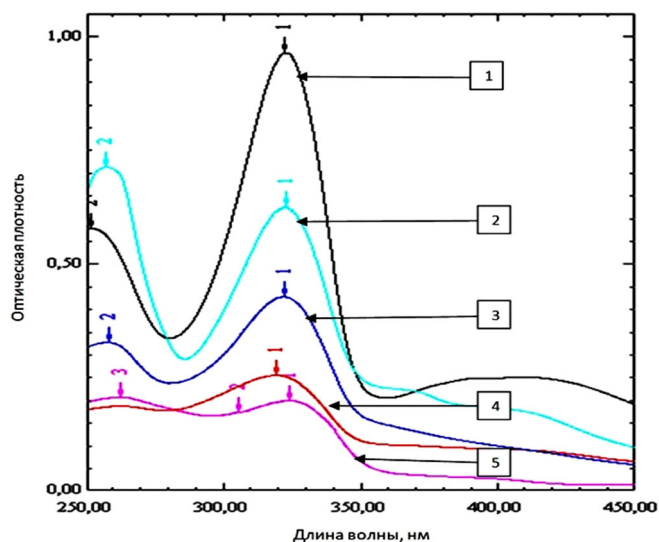


Рис. 2. Спектры поглощения продуктов реакции сапонинов с кислотой серной концентрированной: 1 – СО β -эсцина, 2 – травы, 3 – листьев, 4 – плодов, 5 – цветков ярутки полевой

Таблица 3. Результаты количественного определения тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин в разных морфологических группах ярутки полевой

Исследуемое сырье	Метрологические характеристики						
	F	X_{cp}	S^2	S	$t(P,f)$ ($P=95\%$)	ΔX	$E, \%$
Трава	4	1.53	0.000275	0.01658	2.78	0.05	3.27
Листья	4	0.91	0.000116	0.01077	2.78	0.03	3.29
Цветки	4	0.42	0.000013	0.00360	2.78	0.01	2.38
Плоды	4	0.67	0.000052	0.00721	2.78	0.02	2.98

Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что в траве ярутки полевой содержатся сапонины тритерпеновой природы. В результате хроматографического анализа спиртового извлечения ярутки полевой установлено наличие 5 зон адсорбции, две из которых идентифицированы как сапонины, совпадающие по хроматографическому поведению со стандартными образцами β -эсцина и олеаноловой кислоты. Однако в результате спектрального анализа, проведенного при выполнении методики количественного определения, выявлено совпадение максимумов поглощения с β -эсцином, на который в дальнейшем вели пересчет. Количественное определение суммы сапонинов в сырье ярутки полевой проводили спектрофотометрическим методом, основанным на способности к поглощению продуктами взаимодействия сапонинов с кислотой серной концентрированной при длине волны 322 ± 2 нм. В результате было установлено, что содержание суммы тритерпеновых сапонинов в пересчете на β -эсцин было несколько больше в траве – $1.53 \pm 0.05\%$, затем в листьях – $0.91 \pm 0.03\%$, в плодах – $0.67 \pm 0.02\%$ и в цветках – $0.42 \pm 0.01\%$. Таким образом, полученные данные могут быть использованы при разработке нормативной документации на лекарственное растительное сырье – «Ярутки полевой трава».

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Башкирского государственного медицинского университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование,

распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажите, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Анисимов М.М., Чирва В.Я. О биологической роли тритерпеновых гликозидов // Успехи современной биологии. 1980. Т. 6, №3. С. 351–364.
2. Деканосидзе Г.Е., Чирва В.Я., Сергиенко Т.В. Биологическая роль, распространение и химическое строение тритерпеновых гликозидов. Тбилиси, 1984. 349 с.
3. Ершова Ю.А., Дамдинова Ю.П., Свирина М.М. Сапонины – биологически активные соединения гераниевых // Природные соединения и здоровье человека: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 2021. С. 73–75.
4. Отраслевой классификатор сорных растений: информационное издание. М., 2018. 52 с.
5. Фаттахова Г.А., Канарский А.В. Сапонины как биологически активные вещества растительного происхождения // Вестник Казанского технологического университета. Фундаментальная медицина. 2014. Т. 17, №3. С. 196–202.
6. Дорофеев В.И. Крестоцветные (Cruciferae Juss.) Европейской России // Turczaninowia. 2002. Т. 5, №3. С. 5–114.
7. Ярутка полевая [Электронный ресурс]. URL: <https://www.syngenta.ru/target/thlaspi-arvense>.
8. Nunn A. et al. Chromosome – level *Thlaspi arvense* genome provides new tools for translational research and for a newly domesticated cash cover crop of the cooler climates // Plant Biotechnology Journal. 2022. Vol. 20, no. 5. Pp. 944–963. <https://doi.org/10.1111/pbi.13775>.
9. Андрияненко А.В. Изучение фармакологической эффективности густых экстрактов ярутки полевой и эспарцета песчаного на модели доброкачественной гиперплазии предстательной железы у крыс // ScienceRise. 2015. №4. С. 46–51. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2015.5226>.
10. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2: Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб, 2009. С. 129.
11. Семенова В.В., Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Изучение жизненного цикла *Thlaspi arvense* L. в Центральной Якутии // Юг России: Экология, развитие. 2019. Т. 14, №2. С. 180–188. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-2-180-188>.
12. Walter N.S. et al. Exploring the antiplasmodial efficacy of erucic acid and its derivative isolated from *Thlaspi arvense* D.C. (Brassicaceae) // South African Journal of Botany. 2021. Vol. 139. Pp. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.032>.
13. Hojilla-Evangelista M.P. et al. Extraction, Composition and Functional Properties of Pennycress (*Thlaspi arvense* L.) Press Cake Protein // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2015. Vol. 92, no. 6. Pp. 905–914. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2653-0>.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации XV изд. М., 2023. [Электронный ресурс]. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>.
15. Кудашкина Н.В., Хасанова С.Р., Мещерякова С.А. Фитохимический анализ. Уфа, 2019. 192 с.
16. МIRONENKO H.B., СЕЛЕМЕНЕВ В.Ф. Разработка способов идентификации и количественного определения сапонинов *Sapindus mukorossi* // Эпистемологические основания современного образования: актуальные вопросы продвижения фундаментального знания в учебный процесс: материалы Международной научно-практической конференции Борисоглебского филиала ФГБОУ ВО «ВГУ». М., 2020. С. 377–382.
17. Позднякова Т.А. Тритерпеновые соединения герани сибирской (*Geranium sibiricum* L.) // Материалы Евразийского конгресса с международным участием «Медицина, фармация и общественное здоровье». Екатеринбург, 2013. С. 113–117.
18. Эль М.Х., Каухова И.Е., Сорокин В.В., Минина С.А. Разработка методики количественного определения сапонинов в траве грыжника голого *Herniaria glabra* L. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2014. №24 (195). С. 235–238.
19. Jiang L., Zhang J., Wang F., Zou Y., Che X. Isolation and characterization of new minor triterpenoid saponins from the buds of *Lonicera macranthoides* // Carbohydr Res. 2013. Vol. 370. Pp. 76–81.
20. Sharma P., Tyagi A., Bhansali P., Pareek S., Singh V., Ilyas A., Mishra R., Poddar N.K. Saponins: Extraction, bio-medicinal properties and way forward to anti-viral representatives // Food Chem. Toxicol. 2021. Vol. 150. 112075. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112075>.

Поступила в редакцию 2 февраля 2024 г.

После переработки 21 марта 2024 г.

Принята к публикации 13 мая 2024 г.

Pupykina K.A.*, Koroleva E.F. THE STUDY OF SAPONINS OF *THLASPI ARVENSE* L.

Bashkir State Medical University, Lenina st., 3, Ufa, 450008, Russia, pupykinaka@gmail.com

Thlaspi arvense L., family (Brassicaceae) is a promising medicinal plant distributed throughout the Russian Federation. It is widely used in folk medicine as a hemostatic, anti-inflammatory, antibacterial, antispasmodic, hypotensive, diuretic, wound healing, restorative, increasing libido, potency, regulating the menstrual cycle in women, the positive effect of using *Thlaspi arvense* L. in prostatic hyperplasia has been experimentally established, but it is not an official plant, since the chemical composition has not been sufficiently studied and the problems have not been solved issues of standardization of medicinal plant raw materials.

The purpose of the study is to study the qualitative composition and quantitative content of saponins in the herba of *Thlaspi arvense* L.

As a result of the study, it was found that herba of *Thlaspi arvense* L. contains saponins of triterpene nature, which coincide in chromatographic behavior with standard samples of β -escin and oleanolic acid. As a result of the spectral analysis carried out during the quantitative determination procedure, the presence of two absorption maxima $\lambda_{\max} = 251 \pm 2$ nm and $\lambda_{\max} = 322 \pm 2$ nm was revealed, which coincided with those values of the standard sample of β -escin. The quantitative determination of the amount of saponins in the raw materials of *Thlaspi arvense* L. was carried out by a spectrophotometric method based on the ability to absorb products of the interaction of saponins with concentrated sulfuric acid at a wavelength of 322 ± 2 nm. As a result, it was found that the amount of triterpene saponins in terms of β -escin was slightly higher in herb – $1.53 \pm 0.05\%$, then in leaves – $0.91 \pm 0.03\%$, in fruits – $0.67 \pm 0.02\%$ and in flowers – $0.42 \pm 0.01\%$. Thus, the data obtained can be used in the development of regulatory documentation for medicinal plant raw materials – "*Thlaspi arvense* L. herb".

Keywords: *Thlaspi arvense* L., saponins, qualitative composition, quantitative determination.

For citing: Pupykina K.A., Koroleva E.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 224–231. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.20240414783.

References

1. Anisimov M.M., Chirva V.Ya. *Uspekhi sovremennoy biologii*, 1980, vol. 6, no. 3, pp. 351–364. (in Russ.).
2. Dekanosidze G.Ye., Chirva V.Ya., Sergiyenko T.V. *Biologicheskaya rol', rasprostraneniye i khimicheskoye stroyeniye triterpenovykh glikozidov*. [Biological role, distribution and chemical structure of triterpene glycosides]. Tbilisi, 1984, 349 p. (in Russ.).
3. Yershova Yu.A., Damdinova Yu.P., Svirina M.M. *Prirodnyye soyedineniya i zdorov'ye cheloveka: sbornik nauchnykh statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Natural compounds and human health: collection of scientific articles of the All-Russian scientific and practical conference]. Irkutsk, 2021, pp. 73–75. (in Russ.).
4. *Otraslevoyy klassifikator sornykh rasteniy: informatsionnoye izdaniye*. [Industry classifier of weeds: information publication]. Moscow, 2018, 52 p. (in Russ.).
5. Fattakhova G.A., Kanarskiy A.V. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. Fundamental'naya meditsina*, 2014, vol. 17, no. 3, pp. 196–202. (in Russ.).
6. Dorofeyev V.I. *Turczaninowia*, 2002, vol. 5, no. 3, pp. 5–114. (in Russ.).
7. *Yarutka polevaya* [Field pennycress]. URL: <https://www.syngenta.ru/target/thlaspi-arvense>. (in Russ.).
8. Nunn A. et al. *Plant Biotechnology Journal*, 2022, vol. 20, no. 5, pp. 944–963. <https://doi.org/10.1111/pbi.13775>.
9. Andriyanenkov A.V. *ScienceRise*, 2015, no. 4, pp. 46–51. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2015.5226>. (in Russ.).
10. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. T. 2: Semeystva Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Vol. 2: Families Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg, 2009, p. 129. (in Russ.).
11. Semenova V.V., Androsova D.N., Danilova N.S. *Yug Rossii: Ekologiya, razvitiye*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 180–188. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-2-180-188>. (in Russ.).
12. Walter N.S. et al. *South African Journal of Botany*, 2021, vol. 139, pp. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.032>.
13. Hojilla-Evangelista M.P. et al. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2015, vol. 92, no. 6, pp. 905–914. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2653-0>.
14. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XV edition]. Moscow, 2023. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>. (in Russ.).
15. Kudashkina N.V., Khasanova S.R., Meshcheryakova S.A. *Fitokhimicheskiy analiz*. [Phytochemical analysis]. Ufa, 2019, 192 p. (in Russ.).
16. Mironenko N.V., Selemenov V.F. *Epistemologicheskiye osnovaniya sovremennogo obrazovaniya: aktual'nyye voprosy prodvizheniya fundamental'nogo znaniya v uchebnyy protsess: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoprakticheskoy konferentsii Borisoglebskogo filiala FGBOU VO «VGU»*. [Epistemological foundations of modern education: topical issues of promoting fundamental knowledge in the educational process: materials of the International scientific-practical conference of the Borisoglebsk branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University"]. Moscow, 2020, pp. 377–382. (in Russ.).

* Corresponding author.

17. Pozdnyakova T.A. *Materialy Yevraziyskogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiyem «Meditsina, farmatsiya i obshchestvennoye zdorov'ye»*. [Proceedings of the Eurasian Congress with international participation "Medicine, Pharmacy and Public Health"]. Ekaterinburg, 2013, pp. 113–117. (in Russ.).
18. El' M.Kh., Kaukhova I.Ye., Sorokin V.V., Minina S.A. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2014, no. 24 (195), pp. 235–238. (in Russ.).
19. Jiang L., Zhang J., Wang F., Zou Y., Che X. *Carbohydr Res.*, 2013, vol. 370, pp. 76–81.
20. Sharma P., Tyagi A., Bhansali P., Pareek S., Singh V., Ilyas A., Mishra R., Poddar N.K. *Food Chem. Toxicol.*, 2021, vol. 150, 112075. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112075>.

Received February 2, 2024

Revised March 21, 2024

Accepted May 13, 2024

Сведения об авторах

Пупыкина Кира Александровна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармакогнозии и ботаники, pupykinaka@gmail.com

Королева Екатерина Фаридовна – ассистент кафедры фармакологии и клинической фармакологии, koroleva.ekaterina.2015@mail.ru

Information about authors

Pupykina Kira Aleksandrovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Pharmacognosy and Botany, pupykinaka@gmail.com

Koroleva Ekaterina Faridovna – Assistant of the Department of Pharmacology and Clinical Pharmacology, koroleva.ekaterina.2015@mail.ru