

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

БАДРАКЕМИН И ОСТОЛ В КОРНЯХ *FERULA PERSICA* (APIACEAE), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

© 2023 г. Э. Г. Керимли^{1, 2, *}, С. Дж. Ибадуллаева¹, А. Н. Алескерова¹

¹Институт ботаники Национальной АН Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан

²Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

*e-mail: kelvin83@list.ru

Поступила в редакцию 28.11.2022 г.

После доработки 12.04.2023 г.

Принята к публикации 30.05.2023 г.

Обнаружены новые местонахождения популяций ферулы персидской (*Ferula persica* Wild.) (Apiaceae) в Гобустанском, Сиазанском и Апшеронском р-нах Азербайджанской Республики. Из смолы корней *F. persica* выделены и идентифицированы кумариновые соединения остол и бадракемин. Бадракемин из изучаемого сырья получен впервые.

Ключевые слова: *Ferula persica*, остол, бадракемин, Азербайджанская Республика

DOI: 10.31857/S0033994623030093, **EDN:** SIJXRS

Род *Ferula* L. (Apiaceae) насчитывает 130 видов, распространенных на Кавказе, в Средней Азии, Сибири, Китае (Синьцзяне), Афганистане, Иране и Северной Африке. В Азербайджанской Республике встречается 8 видов этого рода [1]. Надземная и подземная части представителей рода *Ferula* характеризуются наличием эфирного масла, кумаринов и сесквитерпеновых лактонов [2]. Корни ферулы персидской *Ferula persica* Wild., содержащие ценные биологически активные вещества, являются перспективным растительным сырьем для разработки фитопрепаратов. Основной субстанцией для получения биологически активных веществ является смола, содержащаяся в корнях.

В научной литературе имеются сведения об идентификации и выделении из подземных органов *F. persica* четырех кумаринов (фарнезиферол А, фарнезиферон А, бадракемон, гуммозин), а из надземных – бадракемона, фарнезиферона А и фарнезиферола А. Подтверждена также конфигурация бадракемина и гуммозина [3, 4]. Из образцов *F. persica*, произрастающих в Азербайджане, выделены остол, ситостерин, L-чимгин, L-чимганин [5]. В состав эфирного масла *F. persica* входит 61 компонент, основными являются укроп-апиол (57.3%) и элемицин (5.6%) [6]. Из *F. persica* и *F. latisepta* выделены сесквитерпеновые кумарины и полисульфиды [7–9]. Из надземной части *F. persica* выделены лютеолин, апигенин, цинарозид, космосинин [10]. Из корней *F. szovitsiana* получены умбеллипренин, гальбановая кислота, умбеллиферон, фарнезиферол С [11]. В плодах

F. caspica содержатся кумарины и сесквитерпены. Из корней *F. soongarica* получено эфирное масло (до 7.2%) [2].

Виды рода *Ferula* являются перспективным источником биологически активных веществ. Очищенный экстракт, а также сесквитерпеновые кумарины и полисульфиды, выделенные из *F. persica*, проявляют антибактериальную, противогрибковую, противолейшманиозную активность, оказывают цитотоксическое и химиопрофилактическое действие против некоторых видов рака и ингибирующее действие на липоксигеназу [9]. Разработана оптимальная технология получения суммы сложных эфиров и методика количественного определения ферулена из корней ферулы тонкорассеченной [12]. Водно-спиртовой экстракт *F. szovitsiana* эффективен для облегчения боли у крыс, поскольку воздействует на их опиоидные, каннабиноидные и аденозиновые рецепторы [13]. Установлено, что 75%-ный этанольный экстракт *F. persica*, содержащий свободные и связанные фенольные и флавоноидные соединения, проявляет высокую антиоксидантную активность и превосходит синтетические антиоксиданты, используемые в пищевой промышленности [14]. Показано, что синтезированные с использованием эфирного масла камеди *F. persica* в качестве восстановителя и стабилизатора наночастицы золота, проявляют цитотоксическое, апоптотическое и антипролиферативное действие *in vitro* в отношении клеток карциномы толстой кишки мыши (СТ26) [15].



Рис. 1. Места произрастания *Ferula persica* в Азербайджанской Республике.

Fig. 1. Distribution areas of *Ferula persica* in the Republic of Azerbaijan.

Примечание: местонахождения, их географические координаты и высота над уровнем моря.
Notes: locations, their coordinates (C – North; B – East) and elevation above mean sea level, m (M).

- 1 – Пирекешкюль/Pirrekeshkul – 40°33'45.04" N 49°31'33.17" E; 48 м
- 2 – Бешбармаг/Beshbarmaq – 41°04'00.77" N 49°07'25.93" E; 330 м
- 3 – Джанги/Dzhangi – 40°30'03.04" N 49°15'33.11" E; 356 м
- 4 – Гюздек/Gyuzdek – 40°21'20.42" N 49°33'32.92" E; 72 м
- 5 – гора Боянат/mt. Batyanata – 40°25'57.67" N 49°18'25.11" E; 211 м
- 6 – Джейранкечмез/Dzheyrankechmaz – 40°28'42.37" N 49°01'32.87" E; 583 м
- 7 – Мараза/Maraza – 40°32'00.04" N 48°55'30.15" E; 760 м
- 8 – Ханабад/Khanabad – 39°58'02.48" N 46°48'60.60" E; 673 м

Цель настоящего исследования – выявить новые местонахождения *F. persica* в пределах Азербайджанской Республики для сбора сырья и изучить компонентный состав смолы корней исследуемого вида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ферула персидская – многолетнее травянистое растение. Согласно данным гербарного фонда Института ботаники АН Азербайджанской Республики, на исследуемой территории *F. persica* встречается на Апшероне, Гобустане и редко в Нахичевани. Предпочитает сухие глинистые и каменистые места в нижнем горном поясе. Мы провели ресурсно-рекогносцировочный маршрут по административному району Гобустан (рис. 1). Маршрут пролегал через населенные пункты Джанги, Джейранкечмез и окрестности Гобустанского государственного историко-художественного заповедника. Корни *F. persica* для изучения заготавливали в окрестности с. Джанги Гобу-

станского р-на в фазе полного созревания семян (20.07.2021).

Экстракцию высушенных и измельченных корней (2 кг) проводили трижды этанолом (≥99% Merck KGaA, EMD Millipore Corporation); продолжительность каждой экстракции – 72 ч. Получено 146 г суммы экстрактивных веществ (выход – 7.3% от массы сырья), из которых 60 г подвергали хроматографическому разделению на колонке с нейтральной окисью алюминия II степени. Объем собранных фракций составлял 150 мл. Элюирование проводилось гексаном (20 фракций), смесью гексана и бензола (51 фракция), бензолом (44 фракций), смесью бензола с этилацетатом (30 фракций), этилацетатом (15 фракций) и смесью этилацетата с этиловым спиртом (8 фракций).

Индивидуальность выделенных соединений определяли на пластинках “Silufol UV-254”, температуру плавления – на приборе Stuart SMP10. Для проявления пластинок использовали пары йода, УФ-свет при 254 нм и 365 нм. УФ-спектры регистрировали на спектрофотометре “Varian

Таблица 1. Химические сдвиги ^1H (300 МГц) и ^{13}C (75 МГц) ЯМР соединения 1 (CDCl_3 , м. д., J/Гц) и данные эксперимента НМРС, HSQC
Table 1. ^1H (300 MHz) and ^{13}C (75 MHz) NMR chemical shifts of compound 1 (CDCl_3 , ppm, J/ Hz) and НМРС, HSQC experimental data

Атом C Atom C	НМРС, HSQC		Атом C Atom C	НМРС, HSQC	
	δ_{C} , м. д. δ_{C} , ppm	δ_{H} , м. д.; J/Гц δ_{H} , ppm; J/Hz		δ_{C} , м. д. δ_{C} , ppm	δ_{H} , м. д.: J/Гц δ_{H} , ppm; J/Hz
2	161.43 (C=O)		9	112.97 (с)	
3	112.97 (д)	6.25 (1H, д, J = 9.6)	10	132.66 (с)	
4	143.80 (д)	7.63 (1H, д, J = 9.6)	1'	21.92 (т)	3.55 (2H, д, J = 7.2)
5	126.23 (д)	7.31 (1H, д, J = 8.7)	2'	121.12 (д)	5.25 (1H, т, J ₁ = J ₂ = 7.3)
6	107.35 (д)	6.85 (1H, д, J = 8.7)	3'	152.80 (с)	
7	160.21 (с)	—	4'	17.94 (к)	1.84 (3H, с)
8	117.93 (с)	—	5'	25.81 (к)	1.67 (3H, с)
			6'-OCH ₃	56.05 (к)	3.92 (3H, с)

этом положении из-за сопряжения с C=O-группой α -пиренового цикла электронная плотность меньше, чем в 6-положении [16]. Синглетный сигнал с площадью 3H и химическим сдвигом δ_{H} 3.92 в спектре свидетельствует о наличии в структуре вещества метоксигруппы (OCH₃). Это указывает на то, что соединение представляет собой 7,8-замещенный кумарин.

В ^{13}C ЯМР-спектре, снятом с полным подавлением спин-спиновой взаимодействия с протонами, обнаруживаются 15 синглетных сигналов, что соответствует числу атомов углерода в элементарном составе соединения.

В НМРС спектре H-3 с C-2, H-4 с C-2, H-5 с C-7, H-6 с C-8, H-1' с C-10, H-2' с C-5', C-10, H-4' с C-2', H-5' с C-2', H-6' с C-7 дают корреляцию (рис. 2).

Для определения корреляции близких взаимодействий сигналов протона и атома углерода, соединений использовали двумерные спектры HSQC и НМРС (табл. 1).

Анализ полученных спектральных данных позволяет сделать вывод, что исследуемое соединение 1 имеет строение, идентичное остолу [17].

Вещество 2. Из фракций 40–45, при элюировании смесью гексана и бензола (в соотношении 1 : 1), получили белое кристаллическое вещество состава $\text{C}_{24}\text{H}_{30}\text{O}_4$, т. пл. 198–199 °C (из этанола).

В ИК-спектре вещества найдены полосы поглощения (ν_{max} см⁻¹) 3600 (ОН-группа), 1725 (СО- δ -лактонного цикла), 1650, 1615, 1557, 1508 см⁻¹ (ароматическое ядро). В слабом магнитном поле ^1H ЯМР спектре сигналы ядра кумарина, площадь каждого равна 1 протонной единице, обнаруживается в интервале δ_{H} 6.26–7.64 м. д. Нали-

чие пятипротонного сигнала указывает на 7-оксизамещенный кумарин. В сильном магнитном поле спектра обнаруживаются δ_{H} 0.88, 0.93, 1.00 синглетные сигналы метильных групп площадью равной 3H единицам, которые относятся к C₄' и C₁₀' соответственно. Два синглетных сигнала в области δ_{H} 4.54 и 4.90 м. д. спектра указывают на присутствие в соединении экзометиленовой группы. В центре двухпротонный δ_{H} 4.21 м. д. мультиплетный сигнал указывает на то, что кумариновое ядро связано с терпеноидной частью группой (CH₂O-). Обнаруженный в спектре уширенный синглетный сигнал 3.49 м. д. характеризует протон гидроксильной (H-C-OH) группы.

^{13}C ЯМР-спектр, снятый с полным подавлением спин-спиновой взаимодействия с протонами обнаруживает 24 синглетных сигнала, что соответствует числу атомов углерода в соединении. Для определения количества метильных, метиленовых, метиновых групп протонированных атомов углерода использовали спектр ^{13}C DEPT 135.

В спектре НМРС H-3 с C-9, H-4 с C-9, C-2, H-5 с C-9, C-7, H-6 с C-8, C-9, H-13 с C-3', H-14 с C-3', H-15 с C-10, также химический сдвиг протона экзометиленовой группы δ_{H} 4.54 и 4.90 м. д. коррелирует с атомами углерода δ_{C} 54.70 (C-9), δ_{C} 37.54 (C-7') и δ_{C} 37.74 (C-4') (рис. 2.). Данные спектров ЯМР и HSQC корреляции этого соединения представлены в табл. 2.

На основании физико-химических и спектральных литературных данных [4, 18] соединение идентифицировали как сесквитерпеновый кумарин – бадракемин.

Таблица 2. Химические сдвиги ^1H (300 МГц) и ^{13}C (75 МГц) ЯМР (CDCl_3 , м. д., J/Гц) соединений 2 и данные эксперимента HSQC
Table 2. ^1H (300 MHz) and ^{13}C (75 MHz) NMR chemical shifts of compound 2 (CDCl_3 , ppm, J/Hz) and HSQC experimental data

HSQC					
Атом С Atom C C	δ_{C} , м. д. δ_{C} , ppm	δ_{H} , м. д.; J/Гц δ_{H} , ppm; J/Hz	Атом С Atom C C	δ_{C} , м. д. δ_{C} , ppm	δ_{H} , м. д.; J/Гц δ_{H} , ppm; J/Hz
2	161.33 (–C=O)		4'	37.74 (–C–)	
3	112.91 (–CH=)	6.25 (1H, д, J = 9.6)	5'	48.10 (–CH–)	1.70 (1H, м)
4	143.53 (–CH=)	7.64 (1H, д, J = 9.3)	6'	23.44 (–CH ₂ –)	2.14 (1H, м) 1.70 (1H, м)
5	128.73 (–CH=)	7.36 (1H, д, J = 8.7)	7'	37.54 (–CH ₂ –)	2.45 (1H, уш. д, J = 12) 2.15 (1H, м)
6	113.22 (–CH=)	6.85 (1H, к, J _{ал} = 2.4)	8'	146.74 (>C=)	
7	162.35 (>C=)		9'	54.70 (–CH–)	2.34 (1H, уш. с.)
8	101.35 (–CH=)	6.82 (1H, с)	10'	38.81 (–C–)	
9	155.90 (>C=)		11	65.71 (–CH ₂ O–)	4.21 (2H, м)
10	112.40 (>C=)		12	107.59 (CH ₂ =)	4.54 (1H, с) 4.91 (1H, с)
1'	31.80 (–CH ₂ –)	1.50 (1H, м) 1.80 (1H, м)	13'	22.37 (–CH ₃)	0.93 (3H, с)
2'	25.76 (–CH ₂ –)	2.14 (1H, м) 1.70 (1H, м)	14'	28.60 (–CH ₃)	1.00 (3H, с)
3'	75.74 (–CH–)	3.49 (1H, уш. с) 1.98 (уш. с, OH)	15'	15.29 (–CH ₃)	0.88 (3H, с)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных маршрутных исследований, в Гобустанском, Сиазанском и Апшеронском р-нах Азербайджанской Республики обнаружены новые местонахождения ферулы персидской (*Ferula persica* Wild.), в корнях которой содержится смола, являющаяся источником ценных биологически активных веществ. Из этанольного экстракта корней *F. persica* путем препаративной колоночной хроматографии получены два вещества кумариновой природы, которые по

результатам спектроскопического анализа идентифицированы как бадракемин и остол. Бадракемин из растительного сырья (корней) *F. persica* получен впервые.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность администрации Института нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана за возможность использования спектроскопических приборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Флора Азербайджана*. 1955. Баку. Т. 6. С. 478–483.
2. *Дикорастущие полезные растения России*. 2001. СПб. 663 с.
3. *Iranshahi M., Amin Gh., Shafiee A.* 2004. A new coumarin from *Ferula persica*. – *Pharm. Biol.* 42(6): 440–442. <https://doi.org/10.1080/13880200490886102>
4. *Саиджоджаев А.И., Никонов Г.К.* 1974. Подтверждение конфигурации бадракемина и гуммозина. – *Хим. природ. соедин.* 1: 15–18.
5. *Kerimov Yu.B., Abyshev A.Z., Serkerov S.V., Isaev D.I., Bairamov P.B.* 1992. Phenol derivatives from the roots of *Ferula persica*. – *Chem. Nat. Compd.* 28(5): 506. <https://doi.org/10.1007/BF00630666>

6. Javidnia K., Miri R., Kamalinejad M., Edraki N. 2005. Chemical composition of *Ferula persica* Wild. essential oil from Iran. — Flavor Fragr. J. 20(6): 605–606.
<https://doi.org/10.1002/ffj.1496>
7. Iranshahi M., Amin Gh.R., Amini M., Shafiee A. 2003. Sulfur containing compounds from *Feurla persica* var. *latisecta*. — Phytochemistry 63(8): 965–966.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00296-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00296-6)
8. Iranshahi M., Noroozi S., Behravan J., Karimi Gh., Schneider B. 2009. Persicasulphide C, a new sulphur-containing derivative from *Ferula persica*. — Nat. Prod. Res. 23(17): 1584–15888.
<https://doi.org/10.1080/14786410802393571>
9. Sattar Z., Iranshahi M. 2017. Phytochemistry and pharmacology of *Ferula persica* Boiss.: A review. — Iran J. Basic. Med. Sci. 20(1): 1–8.
<https://doi.org/10.22038/ijbms.2017.8085>
10. Стецков В.В., Луговской А.И., Баньковский А.И., Пакалн Д.Н. 1980. *Ferula persica* flavonoids. — Хим. природ. со-един. 3: 415.
11. Багиров Ю.В., Гасанова Р.Ю., Бурма О.И., Баньковский А.И. 1977. Кумарины *Ferulas zovitsiana* и *F. persica*. — Хим. природ. соедин. 2: 279–280.
12. Халилов Р.М., Маматханов А.У., Котенко Л.Д. 2009. Технология выделения экстрогенного препарата Ферулен из корней ферулы тонкорассеченной. — Химико-фарм. журн. 43(10): 40–43.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23152542>
13. Rabani N., Tehranipour M., Mahdavi Shahri N. 2018. Effect of hydroalcoholic extract of *Ferula persica* resin on induced rheumatoid arthritis by Freund's complete adjuvant in rat. — J. Gorgan Univ. Med. Sci. 20(3): 24–30.
<http://goums.ac.ir/journal/article-1-3452-en.html>
14. Taghinia P., Haddad Khodaparast M.H., Ahmadi M. Free and bound phenolic and flavonoid compounds of *Ferula persica* obtained by different extraction methods and their antioxidant effects on stabilization of soybean oil. — J. Food Meas. Charact. 13(4): 2980–2987.
<https://doi.org/10.1007/s11694-019-00218-0>
15. Hosseinzadeh N., Shomali T., Hosseinzadeh S., Raouf Fard F., Pourmontaseri M., Fazeli M. 2020. Green synthesis of gold nanoparticles by using *Ferula persica* Willd. gum essential oil: production, characterization and *in vitro* anti-cancer effects. — J. Pharm. Pharmacol. 72(8): 1013–1025.
<https://doi.org/10.1111/jphp.13274>
16. Кузнецова Г.А. 1967. Природные кумарины и фурукумарины. М. 244 с.
17. Серкерова С.В., Алескерова А.Н. 2006. Инфракрасные спектры и строение сесквитерпеновых лактонов и кумаринов. Баку. 223 с.
18. Asghari J., Atabaki V., Baher E., Mazaheritehrani M. 2016. Identification of sesquiterpene coumarins of oleo-gum resin of *Ferula assa-foetida* L. from the Yasuj region. — Nat. Prod. Res. 30(3): 350–353.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1050669>

Badrakemin and Ostol in the Roots of *Ferula persica* (Apiaceae) Growing in Azerbaijan

E. G. Kerimli^{a, b, *}, S. J. Ibadullayeva^a, A. N. Aleskerova^a

^a*Institute of Botany of the National Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

^b*Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan*

^{*}*e-mail: kelvin83@list.ru*

Abstract—New localities of *Ferula persica* Wild. (Apiaceae) populations in the Gobustan, Siazan and Absher-on regions of the Azerbaijan were found. The coumarin compounds osthole and badrakemin were isolated and identified from the resin of *F. persica* roots. Badrakemin was obtained from the studied raw materials for the first time.

Keywords: *Ferula persica*, osthole, badrakemin, Gobustan, Azerbaijan

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude to the administration of the Institute of Petrochemical Processes named after Yu.G. Mammadaliyev of the National Academy of Sciences of Azerbaijan for the possibility of using spectroscopic instruments.

REFERENCES

1. [*Flora of Azerbaijan*]. 1955. Baku. V. 6. P. 478–483. (In Russian)
2. [*Wild useful plants of Russia*]. 2001. St. Petersburg. 663 p. (In Russian)
3. *Iranshahi M., Amin Gh., Shafiee A.* 2004. A new coumarin from *Ferula persica*. – *Pharm. Biol.* 42(6): 440–442. <https://doi.org/10.1080/13880200490886102>
4. *Saidzhodzhaev A.I., Nikonov G.K.* 1974. Conformation of the configuration of badrakemin and gummosin. – *Chem. Nat. Copmd.* 10(1): 12–14. <https://doi.org/10.1007/BF00568210>
5. *Kerimov Yu.B., Abyshv A.Z., Serkerov S.V., Isaev D.I., Bairamov P.B.* 1992. Phenol derivatives from the roots of *Ferula persica*. – *Chem. Nat. Compd.* 28(5): 506. <https://doi.org/10.1007/BF00630666>
6. *Javidnia K., Miri R., Kamalinejad M., Edraki N.* 2005. Chemical composition of *Ferula persica* Wild. essential oil from Iran. – *Flavor Fragr. J.* 20(6): 605–606. <https://doi.org/10.1002/ffj.1496>
7. *Iranshahi M., Amin Gh.R., Amini M., Shafiee A.* 2003. Sulfur containing compounds from *Ferula persica* var. *latisecta*. – *Phytochemistry* 63(8): 965–966. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00296-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00296-6)
8. *Iranshahia M., Noroozi S., Behravan J., Karimi Gh., Schneider B.* 2009. Persicasulphide C, a new sulphur-containing derivative from *Ferula persica*. – *Nat. Prod. Res.* 23(17): 1584–15888. <https://doi.org/10.1080/14786410802393571>
9. *Sattar Z., Iranshahi M.* 2017. Phytochemistry and pharmacology of *Ferula persica* Boiss.: A review. – *Iran J Basic Med Sci.* 20(1): 1–8. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2017.8085>
10. *Stetskoy V.V., Lugovskoy A.I., Bankovsky A.I., Pakaln D.N.* 1980. *Ferula persica* flavonoids. – *Khimiya Prirodnikh Soedineniy.* 3: 415. (In Russian)
11. *Bagirov Yu.V., Gasanova R.Yu., Burma O.I., Ban'kovskii A.I.* 1977. Coumarins of *Ferula szovitsiana* and *F. persica*. – *Chem. Nat. Compd.* 13(2): 240–241. <https://doi.org/10.1007/BF00563961>
12. *Khalilov R.M., Mamatkhanov A.U., Kotenko L.D.* 2009. Technology for isolating estrogen preparation Ferulen from *Ferula tenuisecta* roots. – *Pharm. Chem. J.* 43(10): 575–578. <https://doi.org/10.1007/s11094-010-0353-5>
13. *Rabani N., Tehranipour M., Mahdavi Shahri N.* 2018. Effect of hydroalcoholic extract of *Ferula persica* resin on induced rheumatoid arthritis by Freund's complete adjuvant in rat. – *J. Gorgan Univ. Med. Sci.* 20(3): 24–30. <http://goums.ac.ir/journal/article-1-3452-en.html>
14. *Taghinia P., Haddad Khodaparast M.H., Ahmadi M.* Free and bound phenolic and flavonoid compounds of *Ferula persica* obtained by different extraction methods and their antioxidant effects on stabilization of soybean oil. – *J. Food Meas. Charact.* 13(4): 2980–2987. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00218-0>
15. *Hosseinzadeh N., Shomali T., Hosseinzadeh S., Raouf Fard F., Pourmontaseri M., Fazeli M.* 2020. Green synthesis of gold nanoparticles by using *Ferula persica* Willd. gum essential oil: production, characterization and *in vitro* anti-cancer effects. – *J. Pharm. Pharmacol.* 72(8): 1013–1025. <https://doi.org/10.1111/jphp.13274>
16. *Kuznetsova G.A.* 1967. Natural coumarins and furocoumarins. Moscow. 244 p. (In Russian)
17. *Serkerov S.V., Aleskerova A.N.* 2006. Infrared spectra and structure of sesquiterpene lactones and coumarins. Baku. 223 p. (In Russian)
18. *Asghari J., Atabaki V., Baher E., Mazaheritehrani M.* 2016. Identification of sesquiterpene coumarins of oleo-gum resin of *Ferula assa-foetida* L. from the Yasuj region. – *Nat. Prod. Res.* 30(3): 350–353. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1050669>