

УДК 615.322:577.1274+543.51

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2025.1.29 EDN: XCOAYY

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ФЛАВОНОИДНОГО СОСТАВА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *GLYCYRRHIZA GLABRA* L. С ПОМОЩЬЮ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

© Недилько О.В., Яницкая А.В., Гришанин Г.В.

*Волгоградский государственный медицинский университет, Россия, 400066, Волгоград, пл. Павших Борцов, 1**Резюме*

Цель. Изучение компонентного состава флавоноидов в спиртовых извлечениях из надземной части солодки голой.

Методика. Образцы сухих экстрактов из воздушно-сухого сырья (травы) солодки голой получали методом исчерпывающей перколяции. В качестве экстрагента использовали спирт этиловый концентрацией 70%. Изучение структурно-группового состава флавоноидной фракции проводили методом хромато-масс-спектропии с помощью масс-спектрометрического комплекса Q-Exactive, Waters UPLC.

Результаты. Выполнено хромато-масс-спектрометрическое исследование структурно-группового состава флавоноидов в спиртовых извлечениях из травы солодки голой. Идентифицировано 46 индивидуальных соединений флавоноидной природы, проведена их количественная оценка. Установлено, что основу флавоноидной фракции исследуемых экстрактов составляли пренилфлавоноиды (9,33 масс. % от экстракта) – глабранин, пренилнарингенин, флаваноны (6,14 масс. % от экстракта) – пиноцембрин, нарингенин, ликвиритигенин; флавонолы (4,11 масс. % от экстракта) – кверцетин, рутин, софорозиде и др. Кроме того обнаружены флавоны, дигидроксихалконы, ауроны, изофлавоноиды – 4,11%, 0,03%, 0,22% и 3,77% соответственно.

Заключение. Таким образом, впервые с помощью метода хромато-масс-спектрометрии дана качественная и количественная характеристика флавоноидов, выделенных из надземной части солодки голой.

Ключевые слова: солодка голая, *Glycyrrhiza glabra* L., трава, флавоноиды, хромато-масс-спектрометрия

ANALYSES OF THE FLAVONOID COMPOSITION OF THE ABOVE-GROUND PART OF *GLYCYRRHIZA GLABRA* L. BY CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY
Nedilko O.V., Yanitskaya A.V., Grishanin G.V.*Volgograd State Medical University, 1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400131, Russia**Abstract*

Objective. Study of the component composition of flavonoids in ethanol extracts from the above-ground part of *Glycyrrhiza glabra* L.

Methods. Samples of dry extracts from dried raw material (herb) of *Glycyrrhiza glabra* L. were obtained by the method of percolation. Ethyl alcohol with a concentration of 70% was used as an extractant. The structure-group composition of the flavonoid fraction was studied by chromatography-mass spectroscopy using the Q-Exactive mass spectrometric complex, Waters UPLC.

Results. A chromatographic-mass spectrometric study of the structure-group composition of flavonoids in alcoholic extracts from *Glycyrrhiza glabra* L. herb was performed. 46 individual compounds of flavonoid nature were identified and their quantitative evaluation was conducted. It was found that the basis of flavonoid fraction of the studied extracts were prenylflavonoids (9.33 wt. % of the extract) – glabranin, prenylnaringenin, flavanones (6.14 wt. % of the extract) – pinocembrin, naringenin, liquiritigenin; flavonols (4.11 wt. % of the extract) – quercetin, rutin, sophoroside and others. In addition, flavones, dihydroxychalcones, aurones, isoflavonoids were found – 4.11%, 0.03%, 0.22% and 3.77% respectively.

Conclusion. Therefore, qualitative and quiantitative characteristics of flavonoids obtained from the above-ground part of *Glycyrrhiza glabra* L. are assessed for the first time using chromate-mass-spectrometry.

Keywords: *Glycyrrhiza glabra* L., herb, flavonoids, chromatography-mass spectrometry

Введение

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) – одно из популярных лекарственных растений семейства Бобовые (*Fabaceae*), подземные органы которого пользуются большим спросом в медицине и различных отраслях промышленности [7, 9, 10]. Несмотря на то, что в медицине используются только корни солодки, надземная часть лекарственного растения также представляет научный интерес. Ряд исследований свидетельствует о присутствии в зеленых частях различных групп биологически активных соединений (сапонинов, фенольных соединений, аминокислот и др.) [3, 4, 14]. При этом отмечено высокое содержание флавоноидов 3-5%, обуславливающих противомикробное, противовоспалительное свойства травы солодки голой [6].

Среди метаболитов флавоноидной природы в надземных частях лекарственного растения обнаружены пиноцембрин, нарингенин, витексин, а также типичные для многих растений кемпферол, кверцетин, изорафнетин, рутин [5, 17]. Группой ученых впервые установлена структура изофлавона – глабризофлавона, выделенного из травы солодки голой [12]. Научный интерес также представляют обнаруженные в данном растительном объекте пренилфлавоноиды, которые совсем недавно выделены в самостоятельную подгруппу ввиду особенностей их строения и связанной с этим высокой биологической активностью [11].

Однако более подробные данные о структурно-групповом составе соединений флавоноидной природы, количестве отдельных флавоноидов в траве солодки голой на сегодняшний день отсутствуют. Поэтому становится актуальным его детальное изучение посредством точных и современных методов, одним из которых является хромато-масс-спектрометрия. Сочетание хроматографического разделения смеси веществ с их масс-спектрометрическим анализом позволяет с высокой достоверностью дать их количественную оценку [2]. Этот метод находит широкое применение в фармакогностическом анализе для изучения индивидуальных компонентов химического состава лекарственных растений [8].

Цель данного исследования – углубить и детализировать сведения о компонентном составе флавоноидов надземной части солодки голой методом хромато-масс-спектрометрии и определить количественное содержание идентифицированных в извлечениях из растительного сырья соединений данной группы биологически активных соединений.

Методика

Объектом исследования являлись этанольные вытяжки из надземной части солодки голой, заготовленной на территории Кумылженского (вблизи ст. Букановская), Иловлинского (окр. с.п. Ольховка), Среднеахтубинского районов (окр. с.п. Фрунзенское) Волгоградской области в период массового цветения дикорастущих популяций лекарственного растения. Цветущие облиственные верхушки длиной 25-35 см (без одревесневших частей побега) срезали и сушили воздушно-тенивым способом. Для наиболее полного выделения флавоноидной фракции в качестве экстрагента использовали спирт этиловый 70% ввиду его наибольшего сродства. Измельченное до размера частиц 2 мм растительное сырье экстрагировали методом перколяции до его истощения. Полученный жидкий экстракт сгущали под вакуумом в испарителе ротационном UL-1100, затем досушивали в сушильном шкафу при температуре 50-55°C.

Эксперименты выполнены с использованием оборудования ЦКП передовой масс-спектрометрии Сколковского института науки и технологий. Навеску образцов сухого экстракта (примерно по 15 мг) переносили в полипропиленовые пробирки на 2 мл и добавляли 100% метанол (HPLC-grade, J.T. Baker) из расчета 1 мл на 10 мг сухого вещества. Для анализа использовали систему ВЭЖХ с последовательно соединенным с масс-спектрометрическим детектором Q-Exactive HF-X (ThermoScientific) с электроспрейным источником ионизации. Хроматографический анализ проводили в следующих условиях: колонка WatersAcquityUPLCBEH18, 1,7 мкм, 2,1 x 100 мм с

предколонкой Waters Acquity UPLCBEHC18 VanGuard 1,7 мкм 2,1 x 5 мм; подвижная фаза А – вода (очищена в системе Milli-QIntegral 3) с 0,1% муравьиной кислотой, подвижная фаза Б – 100% ацетонитрил (Fisher Scientific) с 0,1% муравьиной кислотой. Градиентный режим элюирования при скорости потока 0,4 мл/мин. Промывали колонку 5 мин при 5% фазы Б, линейно увеличивали концентрацию фазы Б до 70% с 5 до 45 мин, затем линейно увеличивали концентрацию фазы Б до 99% с 45 до 48 мин, после 6 минутной промывки при 99% буфера Б, концентрацию этого буфера линейно снижали до исходных 5% за 1 мин, промывали колонку 5 минуты при концентрации буфера Б 5%. Общая длительность анализа составляла 60 мин. Объем наносимой пробы 3 мкл. Температура колонки: 60 °С.

Для масс-спектрометрического анализа были установлены следующие параметры настроек: напряжение на эмиттере 4,5 кВ, температура капилляра 320 °С. Панорамное сканирование проводили в режиме измерения положительных ионов в диапазоне масс от 100 m/z до 1500 m/z , при разрешении 70,000. При tandemном сканировании разрешение устанавливали 17500 в диапазоне масс от 50 m/z до верхней границы, которая определяется автоматически исходя из массы прекурсора. Изоляцию прекурсорных ионов проводили в окне $\pm 1,2$ m/z . Полученные спектры визуализированы в программе XcaliburQualBrowser (ThermoScientific). Идентификация метаболитов проводилась с помощью программного обеспечения MS-DIAL (CompMS, RIKEN) по базе данных MSMS_Public_ExpBioInsilico_Pos_VS17_1.msp (CompMS, RIKEN) с точностью $m/z = 0,001$ Da (MS) и $m/z = 0,01$ Da (MS2).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате биоинформатической идентификации субстанций в MS-DIAL в спиртовых извлечениях (в сухих экстрактах) из травы солодки голой обнаружено 295 наиболее вероятных метаболитов и их фрагментов по измеренной точной массе (m/z) веществ, среди которых 46 имели флавоноидную природу (табл. 1).

Хроматографический профиль исследуемых образцов экстракта из надземной части солодки голой представлен на рис. 1.

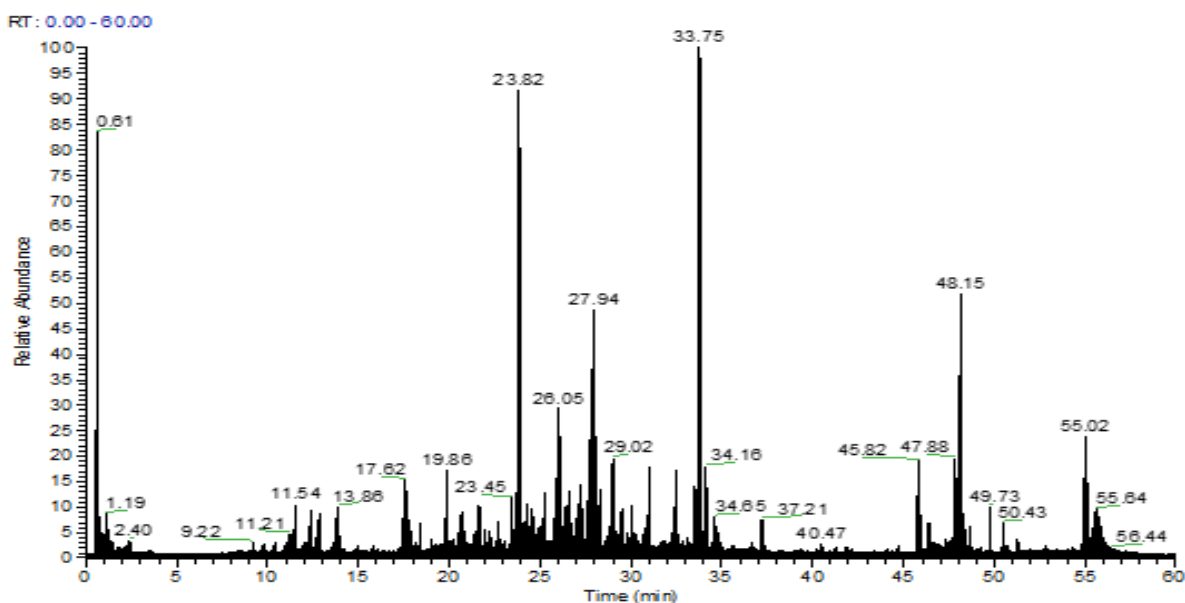


Рис. 1. Хроматографический профиль масс-спектрометрического детектирования полного ионного тока (TIC) для образца этанольного экстракта из надземной части солодки голой

Изучение структурно-группового состава показало присутствие в надземной части солодки голой таких групп флавоноидов, как флавонов, флаванонов, ауранов, флавонолов, халконов, изофлавонов, а также их гликозидов (рис. 2).

Таблица 1. Флавоноидные соединения, идентифицированные в экстрактах из надземной части солодки голой

Время удерживания, мин.	m/z	Соединение	Группа БАС	S пика, %
9,22	595,16	w/o MS2: apigenin 6,8-digalactoside	Flavonoid 8-C-glycosides	0,39
9,79	503,07	w/o MS2: Myricetin, 3-Galactopyranoside	Flavonoid-3-O-glycosides	0,02
10,44	565,15	w/o MS2: Isoshaftoside	Flavonoid 8-C-glycosides	0,54
11,23	303,05	w/o MS2: 5,7-dihydroxy-2-(3,4,5-trihydroxyphenyl)-4H-chromen-4-one	Flavones	0,68
11,38	633,14	w/o MS2: RUTOSIDE (rutin)	Flavonols	1,18
11,50	433,11	w/o MS2: Isovitetxin	Flavonoid C-glycosides	0,04
11,55	303,05	quercetin	Flavonols	0,87
11,81	433,11	Sophoricoside	Isoflavonoid O-glycosides	0,01
12,35	573,08	w/o MS2: Quercetin 3-O-malonylglucoside	Flavonols	0,09
12,87	449,10	w/o MS2: luteolin 4'-O-glucoside	Flavones	1,08
12,88	287,05	w/o MS2: Luteolin	Flavones	0,86
12,89	471,08	w/o MS2: Kaempferol-4'-glucoside	Flavonols	0,31
13,35	501,10	w/o MS2: Isorhamnetin-3-O-beta-D-Glucoside	Flavonols	0,01
14,89	287,05	w/o MS2: Kaempferol	Flavonols	0,12
15,48	271,06	Apigenin	Flavones	0,06
15,49	433,11	w/o MS2: Apigenin-7-O-glucoside	Flavones	0,03
15,66	417,11	w/o MS2: Puerarin	Isoflavonoid C-glycosides	0,01
15,84	303,05	w/o MS2: Morin	Flavonols	0,10
17,06	257,08	w/o MS2: Isoliquiritigenin	2'-Hydroxychalcones	0,01
17,62	271,05	Genistein	Isoflavonones	3,05
17,80	273,07	w/o MS2: Naringenin	Flavanones	0,98
17,83	279,06	w/o MS2: Liquiritigenin	Flavanones	0,01
17,88	441,11	w/o MS2: liquiritin	2'-Hydroxychalcones	0,01
18,34	275,09	Phloretin	2'-Hydroxy-dihydrochalcones	0,01
18,42	301,07	w/o MS2: (2Z)-4,6-dihydroxy-2-[(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)methylidene]-1-benzofuran-3-one	Aurone flavonoids	0,22
18,79	321,07	w/o MS2: 2'-Methoxyformonetin	4'-O-methylisoflavones	0,01
19,03	301,07	w/o MS2: 3'-hydroxygenkwanin	7-O-methylated flavonoids	0,25
19,17	317,06	w/o MS2: isorhamnetin	Flavonols	0,17
20,10	257,08	w/o MS2: (2E)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3-(4-hydroxyphenyl)-2-propen-1-one	2'-Hydroxychalcones	0,04
20,81	291,06	w/o MS2: Formononetin	4'-O-methylisoflavones	0,05
23,45	255,06	w/o MS2: Chrysin	Flavones	0,18
23,53	357,13	w/o MS2: (2S,3S)-3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-8-(3-methylbut-2-enyl)-2,3-dihydrochromen-4-one	8-prenylated flavanones	1,85
23,67	287,09	w/o MS2: Sakuranetin	7-O-methylated flavonoids	0,95
23,78	375,10	w/o MS2: Casticin	7-O-methylated flavonoids	0,01
23,82	257,08	5,7-dihydroxy-2-phenyl-2,3-dihydrochromen-4-one	Flavanones	4,16
24,29	271,05	Galangin	Flavonols	1,88
24,46	315,08	w/o MS2: 3,7-Dihydroxy-3',4'-dimethoxyflavone	Flavonols	0,01
24,52	307,05	w/o MS2: Glycitein	Isoflavones	0,02
25,43	243,10	w/o MS2: Equol	Isoflavanols	0,03
26,00	341,13	w/o MS2: 8-Prenylnaringenin	8-prenylated flavanones	2,47
26,34	425,19	w/o MS2: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-6-[(2E)-3,7-dimethylocta-2,6-dienyl]-5,7-dihydroxy-2,3-dihydrochromen-4-one	6-prenylated flavanones	0,10
26,93	241,08	w/o MS2: 6-Hydroxyflavanone	Flavanones	0,01
30,03	271,09	Alpinetin	5-O-methylated flavonoids	0,04
35,67	425,19	w/o MS2: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-6-[(2E)-3,7-dimethylocta-2,6-dienyl]-5,7-dihydroxy-2,3-dihydrochromen-4-one	6-prenylated flavanones	0,05
33,75	325,14	5,7-dihydroxy-8-(3-methylbut-2-enyl)-2-phenyl-2,3-dihydrochromen-4-one	8-prenylated flavanones	5,01

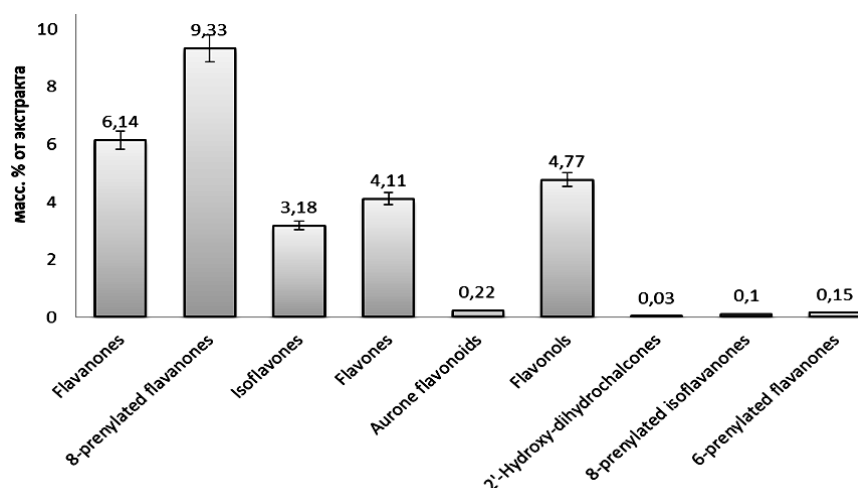


Рис. 2. Структурно-групповой состав флавоноидов, идентифицированных в спиртовых экстрактах из надземной части солодки голой

В ходе анализа установлено, что более 9% от суммы площади всех зарегистрированных пиков, идентифицированных в исследуемых экстрактах соединений, приходится на пренилфлавоноиды. При этом доминирующим среди данных соединений являлся 5,7-дигидрокси-8-(3-метилбутил-2-енил)-2-фенил-2,3-дигидрохромен-4-он (глабринин) (рис. 3), пик которого был зарегистрирован на хроматограмме 33,75 минуте. Точно измеренная молекулярная масса данного соединения составила 325,1432.

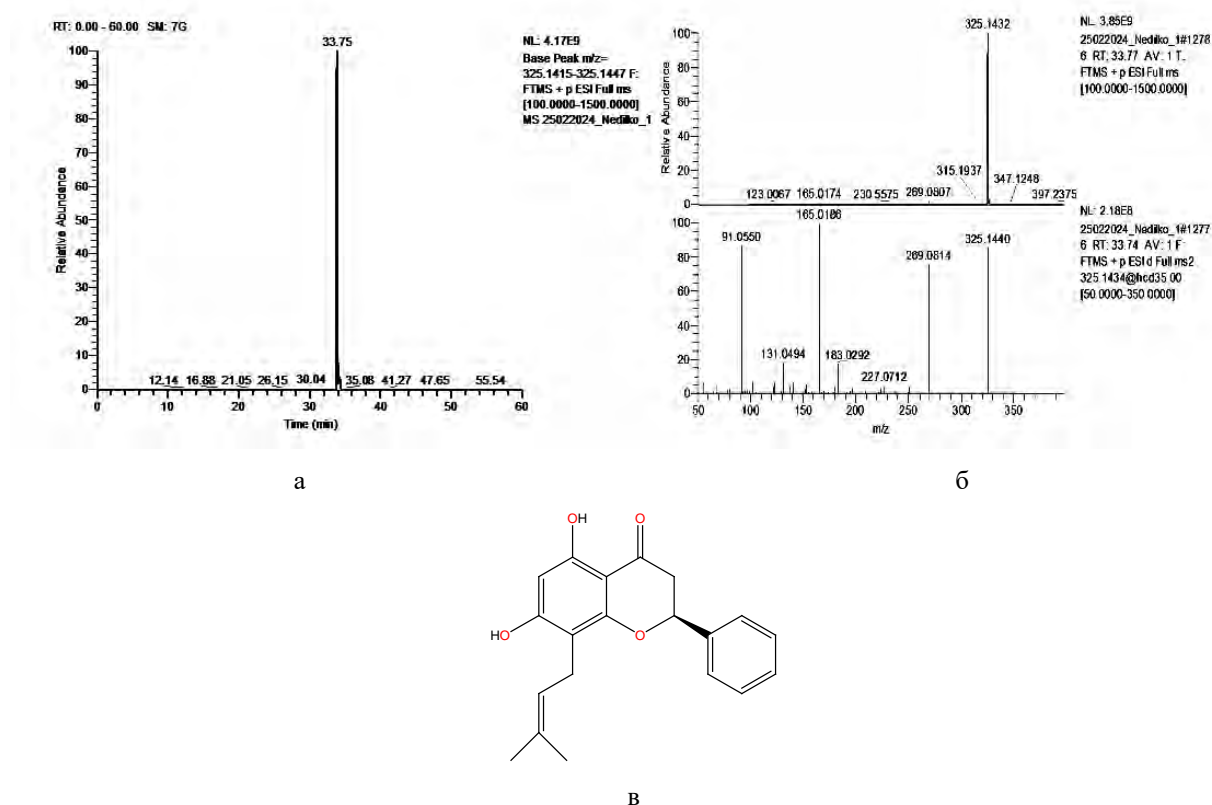


Рис. 3. Хромато-масс-спектроскопический профиль идентифицированного в траве солодки голой глабринина: а – экстрагированная ионная хроматограмма; б – масс-спектр идентифицированного соединения в RT=33,75 его фрагментарных ионов от $m/z = 325.1432$; в – структурная формула

При этом на долю глабринина в исследуемых образцах экстрактов приходится $5,01 \pm 0,02\%$ от общей площади, зарегистрированных на хроматограмме пиков и 18% от пиков, обнаруженных

флавоноидов. Также отмечено высокое содержание таких пренилфлавоноидов, как (2S,3S)-3,5,7-тригидроксис-2-(4-гидроксифенил)-8-(3-метилбут-2-енил)-2,3-дигидрохромен-4-она ($1,85 \pm 0,01\%$) и 8-пренилнарингенина ($2,47 \pm 0,02\%$), идентифицированных на 26 и 23,53 минутах.

Важным в составе выделенных из надземной части солодки голой соединений флавоноидной природы является наличие флаванонов. На 23,82 минуте наблюдался пик, соответствующий 5,7-дигидроксис-2-фенил-2,3-дигидрохромен-4-ону, по своей структуре являющийся пиноцембрином. Процентное содержание данного флавоноида в исследуемых экстрактах составило $4,16 \pm 0,01\%$. С присутствием пиноцембрина связывают способность извлечений из травы солодки голой оказывать противовоспалительное действие [6]. Доказано, что в дозе 25 мг/кг пиноцембрин уменьшает формалиновое воспаление на 40,3%, и превосходит по своей активности индометацин [1]. Среди флаванонов также были обнаружены нарингенин, и типичный для подземных органов лекарственного растения ликвиритигенин.

Наиболее разнообразными в плане компонентного состава надземной части солодки голой оказались флавоны и флавонолы. Среди последних в извлечениях из травы солодки голой идентифицированы кверцетин и его гликозиды – рутин, кверцетин 3-О-магнийглюкозид, содержание которых составило $0,87 \pm 0,01\%$, $1,18 \pm 0,01\%$, $0,09 \pm 0,0\%$ соответственно. В меньшем количестве обнаружены кемпферол ($0,12 \pm 0,01\%$), кемпферол-4-глюкозид ($0,31 \pm 0,01\%$), изорамнетин ($0,17 \pm 0,01\%$) и другие флавонолы. Флавоны представлены лютеолином, апигенином и их гликозидами, а также хризином.

В спиртовом извлечении из надземной части солодки голой обнаружены характерные для подземных органов данного вида халконы ликвиритин и изоликвиритигенин. Однако в количественном плане их значительно меньше (по 0,001% от площади всех пиков на хроматограмме) по сравнению с официальным сырьем.

В исследуемых экстрактах отмечено достаточно высокое содержание изофлавоноидов – $3,18 \pm 0,03\%$. Они представлены такими соединениями, как генистеин, глицитеин, формонетин, метоксиформонетин. Изофлавоноиды во многом представлены в надземных и подземных органах различных видов семейства *Fabaceae*. В последние годы появляется все больше доказательств того, что изофлавоноиды обладают выраженной противораковой активностью, модулируют углеводный обмен, регулируют гипергликемию, вызывают дислипидемию, уменьшают инсулинорезистентность, что, в свою очередь, способствует замедлению прогрессирования долгосрочных осложнений диабета, включая сердечно-сосудистые заболевания, нефропатию, нейропатию и ретинопатию [13, 15, 16, 18]. Таким образом, идентифицированные в траве солодки голой изофлавоноиды также могут вносить свой вклад в формирование фармакологической активности и обуславливать ее широкий спектр.

Заключение

Методом хромато-масс-спектрометрии изучен компонентный состав флавоноидов, входящих в состав спиртовых извлечений из надземной части солодки голой. Идентифицировано 46 соединений флавоноидной природы, а также дана их количественная оценка. Установлено, что основу флавоноидной фракции составляют пренилфлавоноиды, флаваноны, флавонолы, флавоны и изофлавоноиды. В небольших количествах в извлечениях обнаружены аураны, халконы, а также пренилированные формы изофлавоноидов. Из индивидуальных соединений флавоноидной природы отмечено высокое содержание глабранина, доля которого составила $5,01 \pm 0,02\%$ от общей площади, зарегистрированных на хроматограмме пиков, пиноцембрина – $4,16 \pm 0,01\%$, 8 – пренилнарингенина – 2,47%, генистеина – 3,05%, рутина – $1,18 \pm 0,01\%$ и др.

Таким образом, структурное разнообразие обнаруженных в спиртовых извлечениях из травы солодки голой флавоноидов характеризует высокую биологическую активность данного растительного сырья и обуславливает возможность его использования в качестве перспективного источника при разработке новых лекарственных средств.

Литература (references)

1. Абдурахманов Б.А., Сотимов Г.Б., Халилов Р.М., Маматханов А.У. Технология получения субстанции на основе флавоноидов надземной части *Glycyrrhiza glabra* // Химико-фармацевтический журнал. – 2021. –

- T.55, №10. – С. 18-22. [Abdurakhmanov B.A., Sotimov G.B., Khalilov R.M., Mamatkhanov A.U. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*. Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2021. – V.55, N10. – P. 18-22. (in Russian)]
2. Заикин В.Г. Хромато-масс-спектрометрия в России // Журнал аналитической химии. – 2011. – Т.66, №11. – С. 1205-1209. [Zaikin V.G. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. Journal of Analytical Chemistry. – 2011. – V.66, N11. – P. 1205-1209. (in Russian)]
 3. Недилько О.В., Яницкая А.В. Изучение аминокислотного состава надземной и подземной частей солодки голой // Химия растительного сырья. – 2020. – №1. – С. 251-256. [Nedil'ko O.V., Yanitskaya A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. – 2020. – N1. – P. 251-256. (in Russian)]
 4. Недилько О.В., Яницкая А.В., Оганесян С.В., Петришина А.В. Идентификация тритерпеновых соединений в водно-спиртовом извлечении из надземной части *Glycyrrhiza glabra* L. Методом хромато-масс-спектрометрии // Лекарственный вестник. – 2024. – Т.25, №2(94). – С. 30-35. [Nedil'ko O.V., Yanitskaya A.V., Oganesyanyan S.V., Petrishchshina A.V. *Lekarstvennyi vestnik*. Drugs Bellutin. – 2024. – V.25, N2(94). – P. 30-35. (in Russian)]
 5. Недилько О.В., Яницкая А.В., Смирнова Л.А. и др. Определение содержания рутина в надземной части *Glycyrrhiza glabra* L. методом ВЭЖХ // Химико-фармацевтический журнал. – 2024. – Т.58, №8. – С. 44-47. [Nedil'ko O.V., Yanitskaya A.V., Smirnova L.A. i dr. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*. Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2024. – V.58, N8. – P. 44-47. (in Russian)]
 6. Маматханова М.А., Абдурахманов Б.А., Нигматуллаев Б.А. и др. Изучение надземной части *Glycyrrhiza glabra* в качестве перспективного сырья для производства препаратов на основе флавоноидов // Химия растительного сырья. – 2016. – №1. – С. 171-176. [Mamatkhanova M.A., Abdurakhmanov B.A., Nigmatullaev B.A. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. – 2016. – N1. – P. 171-176. (in Russian)]
 7. Платонов В.В., Хадарцев А.А., Сухих Г.Т. и др. Хромато-масс-спектрометрия этанольного экстракта корней солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L., семейство бобовые) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2020. – №3. – С. 137-142. [Platonov V.V., Khadartsev A.A., Sukhikh G.T. i dr. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*. Journal of New Medical Technologies, eEdition. – 2020. – N 3. – P. 137-142. (in Russian)]
 8. Савельева Е.И. Сферы применения биоаналитической хромато-масс-спектрометрии // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т.76, №10. – С. 937-951. [Savel'eva E.I. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. Journal of Analytical Chemistry. – 2021. – V.76, N10. – P. 937-951. (in Russian)]
 9. Сабырхан А.Б., Ордабаева С.К. Исследование корня солодки: современное состояние и перспективы // Фармация Казахстана. – 2020. – №2. – С. 33-42. [Sabyrkhan A.B., Ordabaeva S.K. *Farmatsiya Kazakhstan*. Pharmacy of Kazakhstan – 2020. – N2. – P. 33-42. (in Russian)]
 10. Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Гранкина В.П. и др. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине. – Новосибирск, 2006. – 312 с. [Tolstikov G.A., Baltina L.A., Grankina V.P. i dr. *Solodka: bioraznoobrazie, khimiya, primenenie v meditsine*. Licorice: biodiversity, chemistry, medical applications. – Novosibirsk, 2006. – 312 p. (in Russian)]
 11. Чеснокова А. Н. Пренилхалконы хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.): выделение, строение, перспективы использования // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2008. – Т.1, №2. – С. 94-96. [Chesnokova A.N. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya*. The Bulletin of Irkutsk State University». Series «Biology. Ecology. – 2008. – V.1, N2. – P. 94-96. (in Russian)]
 12. Юлдашев М. П., Ботиров Э. Х., Вдовин А. Д. и др. Глабризофлавоны – новый изофлавоны из *Glycyrrhiza glabra* L. // Биоорганическая химия. – 2000 – Т.26, №11 – С. 873-876. [Yuldashev M.P., Botirov E.Kh., Vdovin A.D. i dr. *Bioorganicheskaya khimiya*. Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2000 – V.26, N11 – P. 873-876. (in Russian)]
 13. Ahmed Q.U., Ali A.H.M., Mukhtar S. et al. Medicinal potential of isoflavonoids: Polyphenols that may cure diabetes // *Molecules*. – 2020. – V.25, N23. – P. 5491.
 14. Rasha H. B., Zeinat K., Ahmed M. et al. Antimicrobial potential of licorice: Leaves versus roots // *African Journal of Microbiology Research*. – 2012. – V.6, N49. – С. 7485-7493.
 15. Benedec D., Vlase L., Oniga I. et al. Isoflavonoids from *Glycyrrhiza* sp. and *Ononis spinosa* // *Farmacologia*. – 2012. – V.60, N5. – P. 615-620.
 16. Kaur R., Kaur H., Dhindsa A.S. *Glycyrrhiza glabra*: a phytopharmacological review // *International journal of pharmaceutical Sciences and Research*. – 2013. – V.4, N7. – P. 2470.
 17. Khalik Z. M.A., Mutar S.S., Hammed S. M. Comparison between rutin and kaempferol contain in root and lea of *Glycyrrhiza glabra* // *European journal of pharmaceutical and medical research*. – 2018. – V.5, N10. P. – 73-82.
 18. Tay K.C., Tan L.T., Chan C.K. et al. Formononetin: a review of its anticancer potentials and mechanisms // *Frontiers in pharmacology*. – 2019. – V.10. – P. 820.

Информация об авторах

Недилько Ольга Викторовна – старший преподаватель кафедры фармацевтической, токсикологической химии, фармакогнозии и ботаники ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: letneva@list.ru

Яницкая Алефтина Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической, токсикологической химии, фармакогнозии и ботаники ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: a.yanitskaya@yandex.ru

Гришанин Григорий Владиславович – студент фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: ggrishanin@mail.ru

Благодарности. Эксперименты выполнены с использованием оборудования ЦКП передовой масс-спектрометрии Сколковского института науки и технологий.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 17.01.2025

Принята к печати 20.03.2025