Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 155–165.
Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2026, no. 3, pp. 155–165.
DOI: 10.14258/jcprm.20260317951

УДК 615.322

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭКСТРАКТА ТРАВЫ ХРИЗАНТЕМЫ УВЕНЧАННОЙ И ЕГО АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

© ***О.Л. Сайбель[1*], Л.И. Магомедова[1], А.И. Радимич[1], А.Н. Цицилин[1], Т.Д. Даргаева[1], К.А. Пупыкина[2], А.Н. Кузовлев[3], А.В. Самородов[1]***

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, ул. Грина, 7, Москва, 117216, Россия, saybel@vilarnii.ru
[2] Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Россия
[3] Научно-исследовательский институт общей реаниматологии им. В.А. Неговского Федерального научно-клинического центра интенсивной терапии и реабилитологии, ул. Петровка, 25/2, Москва, 107031, Россия

Исследования последних лет свидетельствуют о перспективности применения фенольных соединений растений в качестве эффективных антиоксидантных средств для снижения возможных рисков развития различных патологий и поддержания активного долголетия людей.

Источником получения таких средств может служить хризантема увенчанная *Glebionis coronaria* L. Cass. ex Spach. (*Chrysanthemum coronarium* L.).

Целью нашего исследования явилось изучение качественного состава фенольных соединений и антиоксидантных свойств экстракта травы хризантемы увенчанной для оценки перспективы ее дальнейшего изучения в качестве субстанции для получения лечебных и профилактических средств.

Исследование состава фенольных соединений проводили методом ВЭЖХ-МС. Оценку антиоксидантной активности осуществляли на модельных системах, имитирующих реакции образования активных форм кислорода (АФК) и перекисного окисления липидов (ПОЛ).

В результате проведенного исследования в составе изучаемого экстракта идентифицированы флавоноиды (лютеолин, цинарозид, лютеолин-глюкуронид, лютеолин-малонилглюкуронид, рутин, кверцетин-глюкорамнозид), кофеоилхинные кислоты (хлорогеновая кислота и ее изомеры, дикофеоилхинная кислота и ее изомер, сукцинил-дикофеоилхинная кислота и ее изомер, дисукцинил-дикофеоилхинная кислота), амидные производные кофейной кислоты (кофеоил-лейцин, кофеоил-фенилаланин и их изомеры), а также органические кислоты (хинная и малоновая кислоты).

Экстракт травы хризантемы увенчанной уменьшал генерацию АФК на 17.8% и снижал скорость ПОЛ на 15.9%, тем самым проявляя антиоксидантные свойства, предположительно за счет содержащихся в нем флавоноидов и кофеоилхинных кислот.

Дальнейшее исследование экстракта травы хризантемы увенчанной в направлении разработки лечебных и профилактических средств представляет интерес.

Ключевые слова: хризантема увенчанная, флавоноиды, кофеоилхинные кислоты, ВЭЖХ-МС, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Сайбель О.Л., Магомедова Л.И., Радимич А.И., Цицилин А.Н., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А., Кузовлев А.Н., Самородов А.В. Фенольные соединения экстракта травы хризантемы увенчанной и его антиоксидантная активность // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 155–165. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317951.

Введение

В настоящее время разработка лекарственных средств и внедрение их в медицинскую практику является одним из основных направлений реализации программы развития фармацевтической отрасли Российской Федерации. Среди источников получения новых препаратов особое место занимают растения.

Природное сочетание различных биологически активных веществ (БАВ) обеспечивает наименьшую токсичность и хорошую переносимость растительных лекарственных средств, что обусловливает их

* Автор, с которым следует вести переписку.

широкое применение наряду с синтетическими препаратами преимущественно для комплексной коррекции хронических патологий, а также в профилактических целях.

В этом отношении перспективными объектами исследования являются растения одного из крупнейших семейств цветковых растений – Астровых (Asteraceae) [1, 2]. Благодаря разнообразному составу вторичных метаболитов и их биологической активности представители данного семейства проявляют широкий спектр фармакологической активности [3]. Семейство Астровых включает более 1900 родов, к числу которых относится род Хризантема (*Chrysanthemum*). Среди представителей этого рода в странах Азии широко применяются с лечебной целью хризантема шелковицелистная (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) и хризантема индийская (*Chrysanthemum indicum* L.). Они описаны в фармакопеях Китая и Японии [3, 4]. Опубликованные данные свидетельствуют о проявлении противовирусной [5, 6], противомикробной [7], антиоксидантной [7, 8] и гепатопротекторной [8–10] активностей у экстрактов, полученных из различных частей этих растений.

Наряду с этим интерес, на наш взгляд, представляет хризантема увенчанная (или хризантема овощная) – *Chrysanthemum coronarium* L., в настоящее время отнесенная к роду Златоцвет – *Glebionis* Cass. и, согласно современной систематике, имеющая официальное название – *Glebionis coronaria* L. Cass. ex Spach. [11]. Родиной данного растения является Средиземноморский регион, при этом в настоящее время его активно выращивают в Восточной Азии и в отдельных районах Северной Америки [12]. На территории нашей страны хризантема увенчанная культивируется в качестве пищевой культуры. Вместе с тем она имеет потенциал для исследования в качестве источника получения БАВ, проявляющих противомикробную, противовоспалительную, антиоксидантную и антимутагенную активности [13].

Согласно данным литературы и результатам предварительных фитохимическим исследований, основной группой вторичных метаболитов хризантемы увенчанной являются вещества фенольного характера, представленные флавоноидами и производными фенолкарбоновых кислот [14–16].

В последнее время все больше внимания ученых уделяется изучению фенольных соединений благодаря их высокой способности проявлять антиоксидантную и антирадикальную активность [17, 18]. Исследования показывают, что свободные радикалы, включая активные формы кислорода (АФК) и активные формы азота (АФА), участвуют во многих физиологических и патологических процессах в организме человека, включая пролиферацию клеток, их дифференциацию, развитие, старение и апоптоз. Баланс между генерацией свободных радикалов и антиоксидантной защитой необходим для нормального функционирования органов и систем [18]. Однако, когда организм подвергается потенциально вредным стимулам, вырабатывается значительное количество АФК или АФА, что приводит к дисбалансу между генерацией и удалением свободных радикалов и, следовательно, вызывает окислительное повреждение биомолекул – окислительный стресс. Его возникновение приводит к ускорению процесса старения организма и проявлению или обострению заболеваний, связанных с нарушением функций нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной и других систем [19, 20].

Многочисленные научные исследования последних лет свидетельствуют о том, что природные антиоксиданты могут служить эффективными средствами нейтрализации окислительного стресса и нивелирования его последствий, тем самым способствовать снижению возможных рисков развития различных патологий и поддержанию активного долголетия людей [18, 19].

В связи с этим цель нашего исследования – изучение качественного состава фенольных соединений и антиоксидантных свойств экстракта травы хризантемы увенчанной для оценки перспективы ее дальнейшего изучения в качестве субстанции для получения лечебных и профилактических средств.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служил сухой экстракт травы хризантемы увенчанной, полученный путем трехкратной экстракции сырья 50% спиртом этиловым в соотношении 1 : 15 при температуре 60±2 °С, последующим объединением и концентрированием водно-спиртовых извлечений на роторном испарителе до водно-кубового остатка, обработкой дихлорэтаном (трехкратно в соотношении 1 : 2) и сушкой в вакуум-сушильном шкафу при температуре 60±2 °С. Данные условия были нами экспериментально подобраны в результате ранее проведенных исследований и являются оптимальными для получения сухого экстракта из травы хризантемы увенчанной.

В качестве сырья использовали траву хризантемы увенчанной сорта Мираж, заготовленную в фазу массового цветения на опытном поле Ботанического сада ФГБНУ ВИЛАР в сентябре 2024 г. Воздушно-сухое сырье из свежесобранной травы получали методом воздушно-теневой сушки.

Для исследования качественного состава фенольных соединений с целью более достоверной идентификации и минимизации наложения пиков веществ концентрированное водно-спиртовое извлечение после очистки дихлорэтаном фракционировали, последовательно обрабатывая этилацетатом, а затем н-бутанолом. Полученные этилацетатные и *н*-бутанольные извлечения концентрировали досуха, растворяли в метаноле и использовали для ВЭЖХ-МС анализа.

Хроматографирование проводили на жидкостном хромато-масс-спектрометре LCMC-8040 (Shimadzu, Япония). Тип ионизация – электрораспыление (ESI). Сканирование масс в режиме регистрации положительных и отрицательных ионов в диапазоне m/z 100–2000, напряжение на капилляре источника ионизации – 5 кВ, температура нагревательного блока – 400 °С, поток азота (газа-осушителя) – 20 л/мин. Колонка – Luna 5µm C18 100 Å (250 × 4.6 мм). Температура термостатирования колонки – 30 °С. Скорость потока подвижной фазы – 1 мл/мин. Объем вводимой пробы – 10 мкл. В качестве подвижной фазы использовали системы растворителей – 0.2% раствор муравьиной кислоты в воде (А) и 0.2% раствор муравьиной кислоты в ацетонитриле (В) в градиентном режиме элюирования: (0–3 мин – 10%, В, 4–20 мин – 25% В, 21–30 мин – 40% В, 31–40 мин – 60% В, 41–46 мин – 80% В, 47–49 мин – 100% В, 49.5–54 мин – 10% В).

Идентификацию фенольных соединений проводили по пику молекулярного иона, характерным фрагментам ионного распада, максимумам поглощения УФ-спектров и их сопоставлением с данными литературы, а также с аналогичными характеристиками аутентичных образцов фенольных соединений.

Для исследования антиоксидантной активности сухой экстракт травы хризантемы увенчанной растворяли в воде в соотношении 1 : 10 и оценивали ее на модельных системах, имитирующих наиболее распространенные реакции свободно-радикального окисления в организме, в которых инициировали образование АФК и реакции перекисного окисления липидов (ПОЛ). Регистрацию свечения проводили на хемилюминомере «ХЛМ-003» (Россия). Антиоксидантную активность определяли по степени угнетения хемилюминесценции и пересчитывали в процентах от контроля. В качестве препарата сравнения использовали аскорбиновую кислоту (фармацевтическая фабрика Шандонг Ксинхуа Фармасьютикал Ко, ЛТД, Китай). Исследование проводили на двух моделях:

Модель I. К 20 мл фосфатного буфера (2.72 г калия дигидрофлсфата, 7.82 г калия хлорида, 1.5 г натрия цитрата на 1 л воды очищенной) с pH 7.45 добавляли 0.2 мл маточного раствора люминола (10^{-5} М). Образование АФК инициировали введением 1 мл 50 мМ раствора железа сульфата.

Модель II. Куриный желток смешивали с фосфатным буфером в соотношении 1 : 5, затем гомогенизировали. ПОЛ инициировали добавлением 1 мл 50 мМ раствора железа сульфата, запускавшего процесс окисления ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов.

Результаты исследования обрабатывали с применением статистического пакета Statistica 10.0 (StatSoft Inc, США). Проверку на нормальность распределения фактических данных выполняли с помощью критерия Шапиро-Улика. Учитывая, что вид распределения полученных данных отличался от нормального, при дальнейшей работе использовались непараметрические методы. Данные представлены в виде медианы, 25 и 75 процентилей. Дисперсионный анализ проводили с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Критический уровень значимости для статистических критериев принимали p=0.05.

Обсуждение результатов

В результате изучения УФ- и масс-спектров метаболитов фракций в составе экстракта травы хризантемы увенчанной установлено наличие более 77 веществ, из которых идентифицировано 20 соединений фенольного характера, относящихся к кофеоилхинным и органическим кислотам, амидным производным и флавоноидам (рис. 1, 2).

Вещество 20 с временем удерживания 31.15 имеет пик молекулярного иона с m/z 287 и характерный УФ-спектр с максимумом поглощения при 347 нм. С помощью аутентичного образца данное соединение было идентифицировано как лютеолин. Вещества 12, 14 и 15 имели фрагменты ионного распада с m/z 287 и схожий с лютеолином УФ-спектр, позволившие отнести эти соединения к его производным. Вещество 12 с помощью стандартного образца идентифицировано как цинарозид (лютеолин-7-глюкозид); вещество 14 с молекулярной массой 462 Da – лютеолин-глюкуронид. Вещество 15 с молекулярной массой 534 Da и характерными

фрагментами в режиме отрицательной ионизации с m/z 447 [M-малонил]$^-$ и 489 [M-HCOO]$^-$ предположительно определено как лютеолин-малонилглюкозид [21]. Следует отметить, что аналогичный состав производных лютеолина был идентифицирован в цветках хризантемы шелковицелистной [21–23]. Наличие лютеолина, его глюкозида и глюкуронида также установлено в цветках хризантемы индийской [24, 25].

Среди флавоноидов в экстракте травы хризантемы увенчанной также подтверждено наличие рутина (кверцетин-3-глюкорамнозида) – вещество 11 с временем удерживания 20.32 мин, а также кверцетин-глюкорамнозида – вещество 10 с временем удерживания 19.91 мин [21, 23, 26].

Пики веществ 7 (12.06 мин.), 8 (12.86 мин.), 9 (16.86 мин.), 13 (24.73 мин.), 16 (25.86 мин.), 17 (26.14 мин), 18 (27.76 мин.), 19 (28.85 мин) преобладали по интенсивности над другими пиками на хроматограмме бутанольной фракции и имели аналогичный характер УФ-спектра с максимумами поглощения от 326 до 331 нм, что позволило предположить, что данные соединения относятся к производным кофеоилхинных (хлорогеновых) кислот (рис. 3).

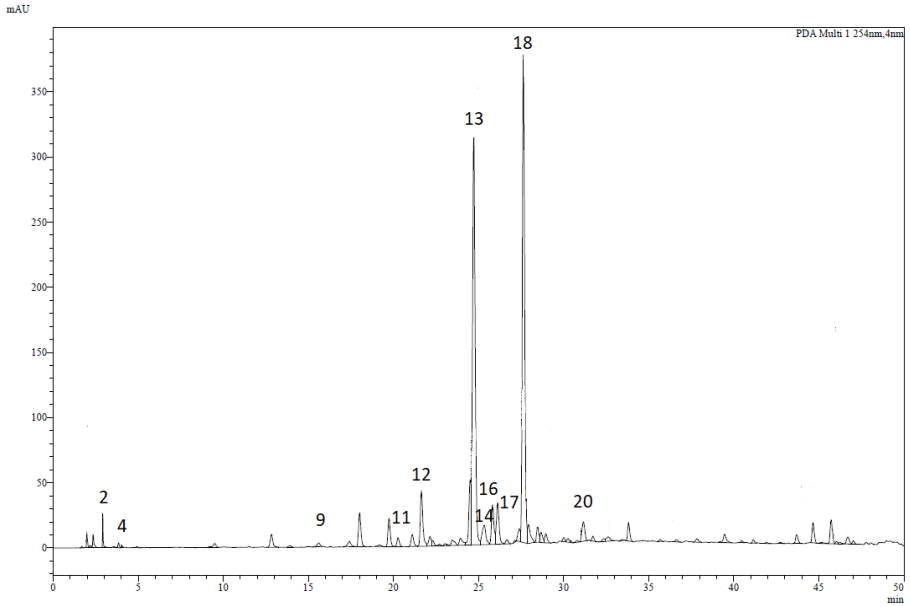


Рис. 1. ВЭЖХ-хроматограммы этилацетатной фракций экстракта травы хризантемы увенчанной

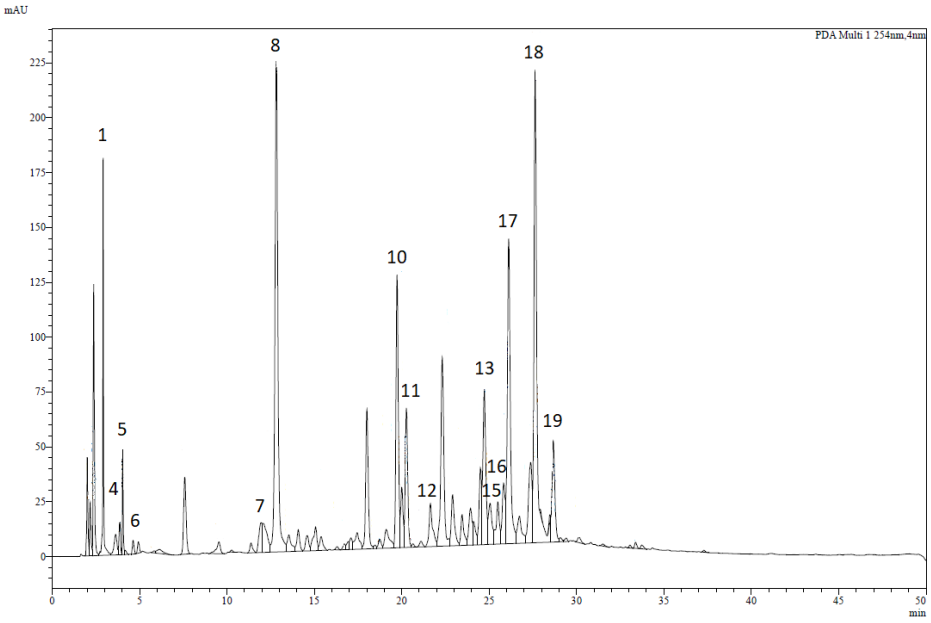
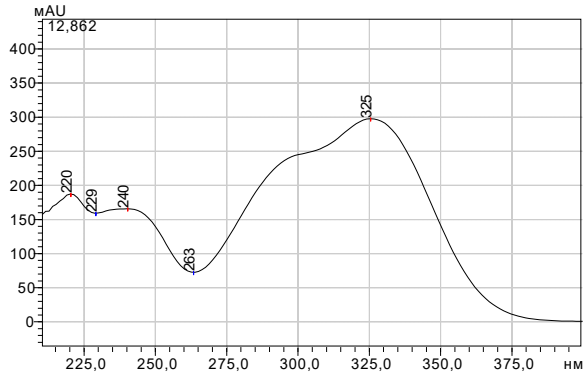
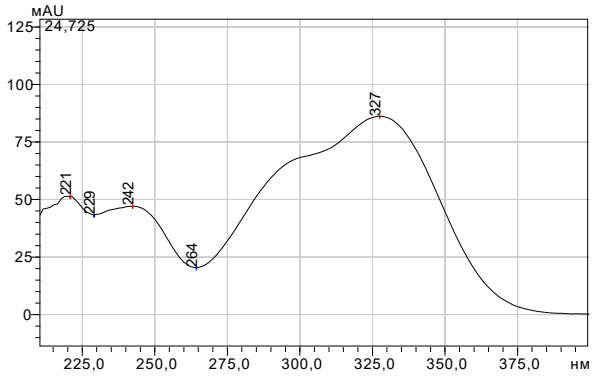


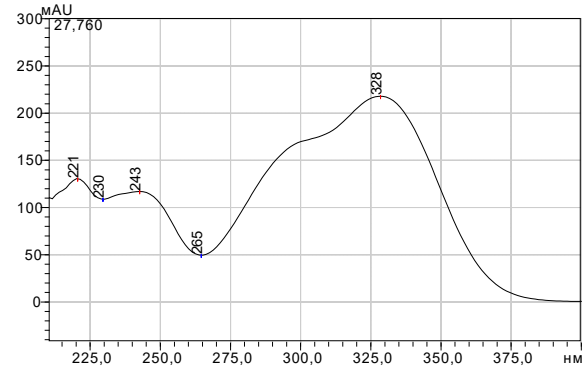
Рис. 2. ВЭЖХ-хроматограммы бутанольной фракций экстракта травы хризантемы увенчанной



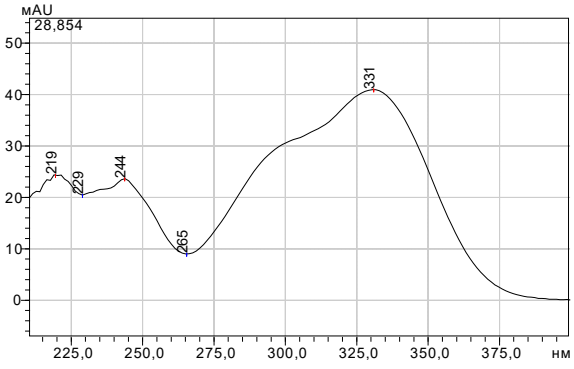
Кофеоилхинная кислота
(время удерживания – 12.86 мин)



Дикофеоилхинная кислота
(время удерживания – 24.73 мин)



Сукцинилдикофеоилхинная кислота
(время удерживания – 27.76 мин)



Дисукцинилдикофеоилхинная кислота
(время удерживания – 28.85 мин)

Рис. 3. Характерные УФ-спектры кофеоилхинных кислот, идентифицированных в экстракте травы хризантемы увенчанной

При анализе масс-спектров веществ 7, 8 и 9 было установлено, что их молекулярная масса составляет 354 Da, а также в режиме отрицательной ионизации обнаруживаются фрагмент с m/z 181, соответствующий потере молекулой остатка кофейной кислоты и в положительной ионизации фрагмент [кофейная-H_2O]$^-$ с m/z 163. По описанным характеристикам, а также с использованием аутентичного образца вещество 8 было идентифицировано как хлорогеновая кислота, соответственно, вещества 7 и 9 – как ее изомеры [21, 24].

Вещество 13 имело молекулярную массу 516 Da, отличающуюся от хлорогеновой кислоты на 162 Da, что соответствует остатку кофейной кислоты. Его распад характеризовался наличием ионов [М-кофейная]$^-$ с m/z 353 в режиме отрицательной ионизации, кофейной кислоты с m/z 181 и ее фрагмента [кофейная-H_2O]$^-$ с m/z 163 в режиме положительной ионизации. В связи с этим данное вещество интерпретировано как дикофеоилхинная кислота, а вещество 16 – как его изомер [22, 27].

Соединение 18 с молекулярной массой 616 Da определено как сукцинил-дикофеоилхинная кислота по характерным ионам с m/z 437, 455, 499, 355, соответствующим фрагментам отщепления кофейной и янтарных кислот, а вещество 17 по схожим характеристикам отнесено к его изомеру [28, 29]. Наряду с этим на масс-спектре соединения 19 наблюдался схожий распад, однако его молекулярная масса составила 716 Da, что позволило предположить наличие дисукцинил-дикофеоилхинной кислоты [30].

Вещества 1, 3, 5, 6 имели нечетное значение молекулярных масс и предположительно были отнесены к амидным производным кофейной кислоты. Масс-спектры имели ионы, соответствующие фрагментам отщепления остатка кофейной кислоты и равные по массе аминокислотам: лейцину (для соединений 1 и 5) и фенилаланину (для соединений 3 и 6). Соответственно, вещества 1 и 5 идентифицированы как изомеры кофеоил-лейцина, а вещества 3 и 6 – изомеры кофеоил-фенилаланина. Данные производные не были описаны ранее для хризантемы увенчанной и ее близкородственных видов, однако их структуры были установлены для других растений [31].

Обобщенные данные по указанным соединениям исследуемых фракций представлены в таблице 1.

При исследовании антиоксидантной активности было установлено, что экстракт хризантемы увенчанной проявляет ингибирующее действие на генерацию АФК (I) и ПОЛ (II) (табл. 2).

Аскорбиновая кислота уменьшала генерацию АФК на 84.5% и снижала скорость ПОЛ на 78.1%. В свою очередь, экстракт хризантемы увенчанной уменьшал генерацию АФК на 17.8% и снижал скорость ПОЛ на 15.9%, тем самым проявляя антиоксидантную активность.

Таблица 1. Фенольные соединения, идентифицированные в экстракте травы хризантемы увенчанной

№ п/п	Время удерживания, мин	Название	Молекулярная масса, Da	Положительная ионизация, m/z фрагментов	Отрицательная ионизация, m/z фрагментов	Фракция
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	2.94	Кофеоил-лейцин *(изомер 1)*	293	132 [лейцин]$^-$ 294 [M+H]$^-$	130 [лейцин]$^-$ 292 [M-H]$^-$ 585 [2M-H]$^-$	БУ
2	2.96	Лимонная кислота	192	193 [M+H]$^-$ 210 [M+ H_2O]$^-$	–	ЭА
3	3.25	Кофеоил-фенилаланин	327	166 [фенилаланин]$^-$ 328 [M+H]$^-$	164 [фенилаланин]$^-$ 326 [M-H]$^-$	БУ
4	4.05	Хинная кислота	192	193 [M+H]$^-$ 210 [M+H_2O]$^-$ 215 [M+Na]$^-$ 385 [2M+H]$^-$	191 [M-H]$^-$	ЭА БУ
5	4.07	Кофеоил-лейцин *(изомер 2)*	293	132 [лейцин]$^-$ 294 [M+H]$^-$	130 [лейцин]- 292 [M-H]$^-$ 585 [2M-H]$^-$	БУ
6	4.68	Кофеоил-фенилаланин	327	166 [фенилаланин]$^-$ 328 [M+H]$^-$	164 [фенилаланин]$^-$ 326 [M-H]$^-$	БУ
7	12.06	Кофеоилхинная кислота *(изомер 1)*	354	163 [КК-H_2O]$^-$ 355 [M+H]$^-$ 372 [M+H_2O]$^-$ 377 [M+Na]$^-$	191 [M-КК]$^-$ 353[M-H]$^-$ 707 [2M-H]$^-$	БУ
8	12.86	Кофеоилхинная кислота (хлорогеновая кислота) *(изомер 2)*	354	163 [КК-H_2O]$^-$ 181 [КК]$^-$ 355 [M+H]$^-$ 372 [M+ H_2O]$^-$ 377 [M+Na]$^-$	191 [M-КК]$^-$ 353 [M-H]$^-$ 707 [2M+H]$^-$	БУ
9	16.86	Кофеоилхинная (*изомер 3)*	354	355[M+H]$^-$	353 [M-H]$^-$	ЭА
10	19.91	Кверцетин-глюкорамнозид	610	303 [кверцетин]$^-$ 465 [M-рамноза]$^-$ 611 [M+H]$^-$ 633 [M+Na]$^-$	609 [M-H]$^-$ 1219 [2M-H]$^-$	БУ
11	20.32	Кверцетин-глюкорамнозид (рутин)	610	303 [кверцетин]$^-$ 465 [M-рамноза]$^-$ 611 [M+H]$^-$ 633 [M+Na]$^-$	609 [M-H]$^-$	ЭА БУ
12	21.65	Лютеолин-7-глюкозид (цинарозид)	448	287 [лютеолин]$^-$ 449 [M+H]$^-$	447 [M-H]$^-$ 895 [2M-H]$^-$	ЭА БУ
13	24.73	Дикофеоилхинная *(изомер 1)*	516	163 [кофейная-H_2O]$^-$ 181 [КК]$^-$ 517 [M+H]$^-$ 499 [M-H_2O]$^-$	353 [M-КК]$^-$ 515 [M-H]$^-$ 1031 [2M-H]$^-$	ЭА БУ
14	25.32	Лютеолин-глюкуронид	462	287 [лютеолин]- 463 [M+H]- 481 [M+ H2O]- 486 [M+Na]- 925 [2M+H]-	461 [M-H]-	ЭА

Окончание таблицы 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
15	25.59	Лютеолин-малонилглюкозид	534	535 $[M+H]^-$	447 $[M\text{-малонил}]^-$ 489 $[M\text{-HCOO}]^-$ 533 $[M-H]^-$ 695 $[2M+H]^-$	БУ
16	25.86	Дикофеоилхинная кислота *(изомер 2)*	516	163 $[КК\text{-}H_2O]^-$ 181 $[КК]^-$ 499 $[M\text{-}H_2O]^-$ 517 $[M+H]^-$	515 $[M-H]^-$	ЭА БУ
17	26.14	Сукцинил-дикофеоилхинная кислота *(изомер 1)*	616	437$[M\text{-КК-}H_2O]^-$ 617 $[M+H]^-$ 634 $[M+H_2O]^-$ 639 $[M+Na]^-$ 1250 $[2M+H_2O]^-$	615 $[M-H]^-$	ЭА БУ
18	27.76	Сукцинил-дикофеоилхинная кислота *(изомер 2)*	616	163 $[КК\text{-}H_2O]^-$ 181 $[КК]^-$ 355 $[M\text{-сукцинил-КК}]^-$ 437 $[M\text{-КК-}H_2O]^-$ 455 $[M\text{-КК}]^-$ 499 $[M\text{-сукцинил-}H_2O]^-$ 617 $[M+H]^-$ 635 $[M+H_2O]^-$ 639 $[M+Na]^-$ 1250 $[2M+H_2O]^-$	615 $[M-H]^-$ 1233 $[2M-H]^-$	ЭА БУ
19	28.85	Дисукцинил-дикофеоилхинная кислота	716	537 $[M\text{-КК}]^-$ 555$[M\text{-КК}]^-$ 717 $[M+H]^-$ 734 $[M+ H_2O]^-$ 739 $[M+Na]^-$ 1451$[2M+H_2O]^-$	715 $[M-H]^-$	БУ
20	31.15	Лютеолин	286	287 $[M+H]^-$	285 $[M-H]^-$	ЭА

Примечание: КК – кофейная кислота, ЭА – этилацетатная фракция, БУ – *н*-бутанольная фракция.

Таблица 2. Показатели хемилюминесценции на модельных системах генерации АФК (I) и ПОЛ (II) при добавлении экстракта, % к контролю

Название образца	Модель	Светосумма	Максимальная интенсивность свечения
Экстракт травы хризантемы увенчанной	I	17.8 (19.6–23.8)*. $^{\alpha}$	13.5 (10.1–15.2)*. $^{\alpha}$
	II	15.9 (14.8–23.1)*. $^{\alpha}$	11.6 (9.8–16.4)*. $^{\alpha}$
Аскорбиновая кислота	I	84.5 (79.3–87.1)*	91.7 (82.3–95.2)*
	II	78.1 (70.4–82.4)*	86.8 (80.3–92.1)*

Примечание: приведены медиана и межквартильный интервал по результатам 6 измерений. *$p<0.05$ – в сравнении с контролем. $^{\alpha}p<0.05$ – в сравнении с аскорбиновой кислотой.

Учитывая свойства идентифицированных фенольных соединений, можно предположить, что именно они вносят существенный вклад в антиоксидантный эффект исследуемого экстракта. Так, в работе Sung M.J. et al. было показано, что экстракт хризантемы увенчанной, полученный 70% спиртом, ингибирует преждевременное старение эндотелиальных клеток пупочной вены человека, вызванное окислительным стрессом, регулируя сигнальные пути за счет экспрессии эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS), что в конечном итоге приводит к увеличению продукции эндотелиального оксида азота (NO). Данный эффект, по мнению авторов, обусловлен наличием в составе экстракта хлорогеновой, дикофеоилхинной, сукцинил-дикофеоилхинной кислот и рутина [28]. В другом исследовании хлорогеновая, 3,5-дикофеилхинная кислоты и 4-сукцинил-3,5-дикофеилхинная кислоты также рассматривались в качестве основных компонентов экстракта хризантемы увенчанной, определяющих его антиоксидантные свойства [29]. Китайскими учеными с использованием DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил)-теста было показано, что экстракт надземной части хризантемы увенчанной обладает выраженной антиоксидантной активностью [8].

Выводы

В результате проведенного исследования в составе экстракта травы хризантемы увенчанной идентифицированы основные фенольные соединения, представленные флавоноидами, кофеоилхинными кислотами, амидными производными кофейной кислоты и органическими кислотами.

Предположительно, именно комплекс данных соединений определяет его антиоксидантные свойства.

Окислительные процессы, провоцирующие генерацию АФК и ПОЛ, сопровождают многие патологические процессы в организме человека. В связи с этим дальнейшее исследование экстракта травы хризантемы увенчанной в направлении разработки лечебных и профилактических средств представляет интерес.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет бюджета ФГБНУ ВИЛАР (FGUU-2025-0002 «Разработка технологий рационального использования растительного сырья при создании новых лекарственных средств и функциональных пищевых продуктов»). 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 предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Nikolić M., Stevović S. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas // Urban Forestry & Urban Greening. 2015. Vol. 14(4). Pp. 782–789.
2. Rolnik A., Olas B. The plants of the Asteraceae family as agents in the protection of human health // International journal of molecular sciences. 2021. Vol. 22, no. 6. 3009. https://doi.org/10.3390/ijms22063009.
3. Shao Y., Sun Y., Li D., Chen Y. *Chrysanthemum indicum* L.: A Comprehensive Review of its Botany, Phytochemistry and Pharmacology // Am. J. Chin. Med. 2020. Vol. 48(4). Pp. 871–897. https://doi.org/10.1142/S0192415X20500421.
4. Hao D.C., Song Y., Xiao P., Zhong Y., Wu P., Xu L. The genus Chrysanthemum: Phylogeny, biodiversity, phytometabolites, and chemodiversity // Front Plant Sci. 2022. Vol. 13. 973197. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.973197.
5. Liu L.L., Ha T.K.Q., Ha W., Oh W.K., Yang J.L., Shi Y.P. Sesquiterpenoids with various carbocyclic skeletons from the flowers of Chrysanthemum indicum // J. Nat. Prod. 2017. Vol. 80. Pp. 298–307. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b00694.
6. Youssef F.S., Eid S.Y., Alshammari E., Ashour M.L., Wink M., El-Readi M.Z. Chrysanthemum indicum and Chrysanthemum morifolium: Chemical Composition of Their Essential Oils and Their Potential Use as Natural Preservatives with Antimicrobial and Antioxidant Activities // Foods. 2020. Vol. 9(10). 1460. https://doi.org/10.3390/foods9101460.
7. Jeong Y.H., Kim T.I., Oh Y.C., Ma J.Y. Chrysanthemum indicum Prevents Hydrogen Peroxide-Induced Neurotoxicity by Activating the TrkB/Akt Signaling Pathway in Hippocampal Neuronal Cells // Nutrients. 2021. Vol. 13(11). 3690. https://doi.org/10.3390/nu13113690.
8. Donia M., Raheim Abd El. Biological Activity of Chrysanthemum Coronarium L. Extracts // Annual Research & Review in Biology. 2014. Vol. 4 (16). Pp. 2617–2627. https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/10112.
9. Liu Y., Zhou F., Shu H.Z., Lin L.G., Zhang Q.W. Germacrane-type sesquiterpenoids from the flowers of Chrysanthemum indicum with hepatoprotective activity // Food Chem Toxicol. 2023. Vol. 177. 113850. https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113850.
10. Qiu T., Shi Y., Wang R., Wang J., Wang W., Zhu J., Wang W., Wu Y., Li K., Liu J. Treatment effects of phosphorylated Chrysanthemum indicum polysacharides on duck viral hepatitis by protecting mitochondrial function from oxidative damage // Vet. Microbiol. 2022. Vol. 275. 109600. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2022.109600.
11. WFO (2025): *Glebionis coronaria* (L.) Cass. ex Spach. [Электронный ресурс]. URL: http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000072121.
12. Кононков П.Ф., Гинс М.С. Тришин М.Е., Велиева Р.Г. Перспективы выращивания хризантемы съедобной сорта Узорчатая // Овощи России. 2011. №4. С. 46–49.
13. Магомедова Л.И., Сайбель О.Л., Цицилин А.Н., Даргаева Т.Д. Перспективы использования некоторых видов хризантем в качестве источника получения биологически активных веществ // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2025. Т. 28, №1. С. 12–22. https://doi.org/10.29296/25877313-2025-01-02.
14. Ibrahim L.F., El-Senousy W.M., Hawas U.W. NMR spectral analysis of flavonoids from Chrysanthemum coronarium // Chem. Nat. Compd. 2007. Vol. 43. Pp. 659–662. https://doi.org/10.1007/s10600-007-0222-y.

15. Abd-Alla H.I., Albalawy M.A., Aly H.F., Shalaby N.M., Shaker K.H. Flavone composition and antihypercholesterolemic and antihyperglycemic activities of Chrysanthemum coronarium L. // Z. Naturforsch. C. 2014. Vol. 69(5-6). Pp. 199–208. https://doi.org/10.5560/znc.2013-0115.
16. Kim Y.S., Lee A.S., Hur H.J., Lee S.H., Na H.J., Sung M.J. Renoprotective Effect of Chrysanthemum coronarium L. Extract on Adenine-Induced Chronic Kidney Disease in Mice // Pharmaceuticals. 2023. Vol. 16(7). 1048. https://doi.org/10.3390/ph16071048.
17. Zhang Z., Zhang Y., Wang L., Cui T., Wang Y., Chen J., Li W. On-line screening of natural antioxidants and the antioxidant activity prediction for the extracts from flowers of Chrysanthemum morifolium ramat // J. Ethnopharmacol. 2022. Vol. 10(294). 115336. https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115336.
18. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view // Nutr. Rev. 2012. Vol. 70(5). Pp. 257–265. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00476.x.
19. Li H., Ma X., Dong J., Qian W. Development of methodology based on the formation process of gold nanoshells for detecting hydrogen peroxide scavenging activity // Anal. Chem. 2009. Vol. 81(21). Pp. 8916–8922. https://doi.org/10.1021/ac901534b.
20. Różyło R., Szymańska-Chargot M., Gawlik-Dziki U., Dziki D. Spectroscopic, mineral, and antioxidant characteristics of blue colored powders prepared from cornflower aqueous extracts // Food Chem. 2021. Vol. 346. 128889. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128889.
21. Chen S., Liu J., Dong G., Zhang X., Liu Y., Sun W., Liu A. Flavonoids and caffeoylquinic acids in Chrysanthemum morifolium Ramat flowers: A potentially rich source of bioactive compounds // Food Chem. 2021. Vol. 344. 128733. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128733.
22. Choi K.T., Kim J.H., Cho H.T., Lim S.S., Kwak S.S., Kim Y.J. Dermatologic evaluation of cosmetic formulations containing Chrysanthemum indicum extract // J. Cosmet. Dermatol. 2016. Vol. 15(2). Pp. 162–168. https://doi.org/10.1111/jocd.12211.
23. Wang Y.J., Yang X.W., Guo Q.S. Studies on chemical constituents in Huangjuhua (flowers of Chrysanthemum morifolium) // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2008. Vol. 33(5). Pp. 526–530.
24. Lai J.P., Lim Y.H., Su J., Shen H.M., Ong C.N. Identification and characterization of major flavonoids and caffeoylquinic acids in three Compositae plants by LC/DAD-APCI/MS // J. Chromatogr. B. 2007. Vol. 848(2). Pp. 215–225. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2006.10.028.
25. Matsuda H., Morikawa T., Toguchida I., Harima S., Yoshikawa M. Medicinal flowers. VI. Absolute stereostructures of two new flavanone glycosides and a phenylbutanoid glycoside from the flowers of *Chrysanthemum indicum* L.: Their inhibitory activities for rat lens aldose reductase // Chem. Pharm. Bull. 2002. Vol. 50. Pp. 972–975.
26. Miyazawa M., Hisama M. Antimutagenic activity of flavonoids from Chrysanthemum morifolium // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2003. Vol. 67(10). Pp. 2091–2099. https://doi.org/10.1271/bbb.67.2091.
27. Luyen B.T., Tai B.H., Thao N.P., Cha J.Y., Lee H.Y., Lee Y.M., Kim Y.H. Anti-inflammatory components of Chrysanthemum indicum flowers // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2015. Vol. 25(2). Pp. 266–269. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.11.054.
28. Sung M.J., Lee A.S. Chrysanthemum coronarium L. Protects against Premature Senescence in Human Endothelial Cells // Curr. Issues Mol. Biol. 2022. Vol. 44(12). Pp. 5839–5847. https://doi.org/10.3390/cimb44120397.
29. Takenaka M., Nagata T., Yoshida M. Stability and Bioavailability of Antioxidants in Garland (Chrysanthemum coronarium L.) // Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 2000. Vol. 64(12). Pp. 2689–2691. https://doi.org/10.1271/bbb.64.2689.
30. Jaiswal R., Kuhnert N. Identification and characterization of five new classes of chlorogenic acids in burdock (*Arctium lappa* L.) roots by liquid chromatography/tandem mass spectrometry // Food & function. 2011. Vol. 2. Pp. 63–71. https://doi.org/10.1039/c0fo00125b.
31. Yu J., Xie J., Sun M., Xiong S., Xu C., Zhang Z., Li M., Li C., Lin L. Plant-Derived Caffeic Acid and Its Derivatives: An Overview of Their NMR Data and Biosynthetic Pathways // Molecules. 2024. Vol. 29. 1625. https://doi.org/10.3390/molecules29071625.

Поступила в редакцию 26 сентября 2025 г.

После переработки 20 февраля 2026 г.

Принята к публикации 9 апреля 2026 г.

Saybel' O.L.[1], Magomedova L.I.[1], Radimich A.I.[1], Tsitsilin A.N.[1], Dargayeva T.D.[1], Pupykina K.A.[2], Kuzovlev A.N.[3], Samorodov A.V.[1]* PHENOLIC COMPOUNDS OF *GLEBIONIS CORONARIA* HERB EXTRACT AND ITS ANTIOXIDANT ACTIVITY

[1] All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, st. Grina, 7, Moscow, 117216, Russia, saybel@vilarnii.ru

[2] Bashkir State Medical University, st. Lenina, 3, Ufa, 450008, Russia

[3] V.A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, st. Petrovka, 25/2, Moscow, 107031, Russia

Recent studies have shown the potential of using plant phenolic compounds as effective antioxidants to reduce the possible risks of developing various pathologies and to maintain active longevity in people.

The source of such agents can be the *Glebionis coronaria* L. Cass. ex Spach. (*Chrysanthemum coronarium* L.).

The aim of our study was to examine the qualitative composition of phenolic compounds and the antioxidant properties of the *Glebionis coronaria* herb extract to assess the prospects for its further study as a substance for obtaining therapeutic and prophylactic agents.

The composition of phenolic compounds was studied using HPLC-MS. The antioxidant activity was assessed using model systems simulating the reactions of reactive oxygen species (ROS) and lipid peroxidation (LPO) formation.

As a result of the study, flavonoids (luteolin, cynaroside, luteolin-glucuronide, luteolin-malonylglucuronide, rutin and quercetin-glucorhamnoside), caffeoylquinic acids (chlorogenic acid and its isomers, dicaffeoylquinic acid and its isomer, succinyl-dicaffeoylquinic acid and its isomer, disuccinyl-dicaffeoylquinic acid), amide derivatives of caffeic acid (caffeoyl-leucine, caffeoyl-phenylalanine and their isomers), organic acids (quinic and malonic acids) were identified in the extract. The extract of the *Glebionis coronaria* herb decreased the generation of ROS by 17.8% and decreased the rate of lipid peroxidation by 15.9%, thereby demonstrating antioxidant properties, presumably due to the flavonoids and caffeoylquinic acids contained in it.

Further research of *Glebionis coronaria* herbs in the direction of developing therapeutic and prophylactic agents is of interest.

Keywords: *Glebionis coronaria*, flavonoids, caffeoylquinic acids, HPLC-MS, antioxidant activity.

For citing: Saybel' O.L., Magomedova L.I., Radimich A.I., Tsitsilin A.N., Dargayeva T.D., Pupykina K.A., Kuzovlev A.N., Samorodov A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 155–165. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317951.

References

1. Nikolić M., Stevović S. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, vol. 14(4), pp. 782–789.
2. Rolnik A., Olas B. *International journal of molecular sciences*, 2021, vol. 22, no. 6, 3009. https://doi.org/10.3390/ijms22063009.
3. Shao Y., Sun Y., Li D., Chen Y. *Am. J. Chin. Med*., 2020, vol. 48(4), pp. 871–897. https://doi.org/10.1142/S0192415X20500421.
4. Hao D.C., Song Y., Xiao P., Zhong Y., Wu P., Xu L. *Front Plant Sci*., 2022, vol. 13, 973197. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.973197.
5. Liu L.L., Ha T.K.Q., Ha W., Oh W.K., Yang J.L., Shi Y.P. *J. Nat. Prod*., 2017, vol. 80, pp. 298–307. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b00694.
6. Youssef F.S., Eid S.Y., Alshammari E., Ashour M.L., Wink M., El-Readi M.Z. *Foods*, 2020, vol. 9(10), 1460. https://doi.org/10.3390/foods9101460.
7. Jeong Y.H., Kim T.I., Oh Y.C., Ma J.Y. *Nutrients*, 2021, vol. 13(11), 3690. https://doi.org/10.3390/nu13113690.
8. Donia M., Raheim Abd El. *Annual Research & Review in Biology*, 2014, vol. 4 (16), pp. 2617–2627. https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/10112.
9. Liu Y., Zhou F., Shu H.Z., Lin L.G., Zhang Q.W. *Food Chem. Toxicol*., 2023, vol. 177, 113850. https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113850.
10. Qiu T., Shi Y., Wang R., Wang J., Wang W., Zhu J., Wang W., Wu Y., Li K., Liu J. *Vet. Microbiol*., 2022, vol. 275, 109600. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2022.109600.
11. *WFO (2025): Glebionis coronaria (L.) Cass. ex Spach*. URL: http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000072121.
12. Kononkov P.F., Gins M.S. Trishin M.Ye., Veliyeva R.G. *Ovoshchi Rossii*, 2011, no. 4, pp. 46–49. (in Russ.).
13. Magomedova L.I., Saybel' O.L., Tsitsilin A.N., Dargayeva T.D. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2025, vol. 28, no. 1, pp. 12–22. https://doi.org/10.29296/25877313-2025-01-02. (in Russ.).
14. Ibrahim L.F., El-Senousy W.M., Hawas U.W. *Chem. Nat. Compd*., 2007, vol. 43, pp. 659–662. https://doi.org/10.1007/s10600-007-0222-y.
15. Abd-Alla H.I., Albalawy M.A., Aly H.F., Shalaby N.M., Shaker K.H. *Z. Naturforsch. C*, 2014, vol. 69(5-6), pp. 199–208. https://doi.org/10.5560/znc.2013-0115.
16. Kim Y.S., Lee A.S., Hur H.J., Lee S.H., Na H.J., Sung M.J. *Pharmaceuticals*, 2023, vol. 16(7), 1048. https://doi.org/10.3390/ph16071048.
17. Zhang Z., Zhang Y., Wang L., Cui T., Wang Y., Chen J., Li W. *J. Ethnopharmacol*., 2022, vol. 10(294), 115336. https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115336.
18. Halliwell B. *Nutr. Rev*., 2012, vol. 70(5), pp. 257–265. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00476.x.

* Corresponding author.

19. Li H., Ma X., Dong J., Qian W. *Anal. Chem*., 2009, vol. 81(21), pp. 8916–8922. https://doi.org/10.1021/ac901534b.
20. Różyło R., Szymańska-Chargot M., Gawlik-Dziki U., Dziki D. *Food Chem*., 2021, vol. 346, 128889. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128889.
21. Chen S., Liu J., Dong G., Zhang X., Liu Y., Sun W., Liu A. *Food Chem*., 2021, vol. 344, 128733. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128733.
22. Choi K.T., Kim J.H., Cho H.T., Lim S.S., Kwak S.S., Kim Y.J. *J. Cosmet. Dermatol*., 2016, vol. 15(2), pp. 162–168. https://doi.org/10.1111/jocd.12211.
23. Wang Y.J., Yang X.W., Guo Q.S. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2008, vol. 33(5), pp. 526–530.
24. Lai J.P., Lim Y.H., Su J., Shen H.M., Ong C.N. *J. Chromatogr. B*, 2007, vol. 848(2), pp. 215–225. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2006.10.028.
25. Matsuda H., Morikawa T., Toguchida I., Harima S., Yoshikawa M. *Chem. Pharm. Bull*., 2002, vol. 50, pp. 972–975.
26. Miyazawa M., Hisama M. *Biosci. Biotechnol. Biochem*., 2003, vol. 67(10), pp. 2091–2099. https://doi.org/10.1271/bbb.67.2091.
27. Luyen B.T., Tai B.H., Thao N.P., Cha J.Y., Lee H.Y., Lee Y.M., Kim Y.H. *Bioorg. Med. Chem. Lett*., 2015, vol. 25(2), pp. 266–269. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.11.054.
28. Sung M.J., Lee A.S. *Curr. Issues Mol. Biol*., 2022, vol. 44(12), pp. 5839–5847. https://doi.org/10.3390/cimb44120397.
29. Takenaka M., Nagata T., Yoshida M. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 2000, vol. 64(12), pp. 2689–2691. https://doi.org/10.1271/bbb.64.2689.
30. Jaiswal R., Kuhnert N. *Food & function*, 2011, vol. 2, pp. 63–71. https://doi.org/10.1039/c0fo00125b.
31. Yu J., Xie J., Sun M., Xiong S., Xu C., Zhang Z., Li M., Li C., Lin L. *Molecules*, 2024, vol. 29, 1625. https://doi.org/10.3390/molecules29071625.

Received September 26, 2025

Revised February 20, 2026

Accepted April 9, 2026

Сведения об авторах

Сайбель Ольга Леонидовна – доктор фармацевтических наук, руководитель Центра химии и фармацевтической технологии, saybel@vilarnii.ru

Магомедова Лиана Исрапиловна – аспирант, младший научный сотрудник отдела химии и технологии природных соединений, e.liaa@bk.ru

Радимич Андрей Иванович – старший научный сотрудник отдела химии и технологии природных соединений, vilarnii.radimich@mail.ru

Цицилин Андрей Николаевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Ботанический сад, fitovit@gmail.com

Даргаева Тамара Дарижаповна – доктор фармацевтических наук, профессор, главный сотрудник отдела химии и технологии природных соединений, saybel@vilarnii.ru

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

Кузовлев Артем Николаевич – доктор медицинских наук, заместитель директора, artem_kuzovlev@fnkcrr.ru

Самородов Александр Владимирович – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией трансляционных исследований биологически активных веществ, AVSamorodov@gmail.com

Information about authors

Saybel Olga Leonidovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Head of the Center for Chemistry and Pharmaceutical Technology, saybel@vilarnii.ru

Magomedova Liana Israpilovna – Postgraduate Student, Junior Researcher at the Department of Chemistry and Technology of Natural Compounds, e.liaa@bk.ru

Radimich Andrey Ivanovich – Senior Researcher at the Department of Chemistry and Technology of Natural Compounds, vilarnii.radimich@mail.ru

Tsitsilin Andrey Nikolaevich – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Botanical Garden Laboratory, fitovit@gmail.com

Dargaeva Tamara Darizhapovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Department of Chemistry and Technology of Natural Compounds, saybel@vilarnii.ru

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

Kuzovlev Artem Nikolaevich – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director, artem_kuzovlev@fnkcrr.ru

Samorodov Alexander Vladimirovich – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Translational Research on Biologically Active Substances, AVSamorodov@gmail.com