

УДК 615.32

© Коллектив авторов, 2025

Лупанова И.А., Ферубко Е.В., Курманова Е.Н., Тимохина А.С., Дыдыкина А.А., Семкина О.А.**Трава топинамбура – перспективный источник биологически активных веществ**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), 117216, Россия, Москва, ул. Грина, д. 7, стр. 1

Введение. Статья посвящена экспериментальным исследованиям по изучению фармакологической активности сухого экстракта травы топинамбура. Трава топинамбура содержит биологически активные вещества (БАВ), включая фенольные соединения, которые обладают антиоксидантным, противовоспалительным и гепатопротекторным действием. Ранее нами было установлено, что экстракт травы топинамбура обладает гепатопротекторным действием, уменьшая отрицательное воздействие тетрахлорметана на печень лабораторных крыс, что подтверждено биохимическими и гистологическими исследованиями. **Цель работы:** выявление возможных механизмов гепатопротекторного действия экстракта, а также оценка его противовоспалительной активности *in vitro* и *in vivo*.

Методика. Объект исследования – сухой экстракт травы топинамбура, содержание суммы фенольных соединений в котором в пересчете на хлорогеновую кислоту составляет $5,13 \pm 0,44\%$, а также фракции БАВ различной полярности: этилацетатная, бутанольная, спиртовая и водная. Оценка возможных механизмов антиоксидантного и противовоспалительного действия БАВ травы топинамбура проводили с использованием специфических ферментных биотест-систем на основе цитохрома P450, глутатионтрансферазы и индуцибельной NO-синтазы, входящих в Биологическую коллекцию специфических ферментных биотест-систем ФГБНУ ВИЛАР. Изучение противовоспалительной активности *in vivo* проводили на модели формалинового отека лап мышей.

Результаты. В условиях данной модели экстракт уменьшает отек на 15%, оказывая тем самым достоверно выраженное противовоспалительное действие. В опытах *in vitro* активность экстракта проявляется через связывание БАВ с ферментами, что позволяет предположить возможные механизмы антиоксидантного и противовоспалительного действия этого растения.

Заключение. Таким образом, экстракт травы топинамбура по результатам проведенных исследований перспективен для создания новых эффективных лекарственных растительных препаратов.

Ключевые слова: биологическая активность; противовоспалительная активность; специфические ферментные биотест-системы; экстракт травы топинамбура.

Для цитирования: Лупанова И.А., Ферубко Е.В., Курманова Е.Н., Тимохина А.С., Дыдыкина А.А., Семкина О.А. Трава топинамбура – перспективный источник биологически активных веществ. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2025; 69(4): 196–205

DOI: 10.48612/pfiet/0031-2991.2025.04.196-205

Для корреспонденции: Лупанова Ирина Александровна, руководитель Центра доклинических исследований ФГБНУ ВИЛАР, доктор биол.наук, e-mail: lupanova@vilarnii.ru

Участие авторов: Концепция и дизайн исследования – Лупанова И.А., Ферубко Е.В.; сбор и обработка материала – Курманова Е.Н., Тимохина А.С., Дыдыкина А.А.; статистическая обработка – Курманова Е.Н., Лупанова И.А.; написание текста – Лупанова И.А., Курманова Е.Н.; редактирование текста – Лупанова И.А., Ферубко Е.В., Семкина О.А. Утверждение окончательного варианта статьи – все соавторы.

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки. Данная работа проведена согласно плану научно-исследовательской работы ФГБНУ ВИЛАР по теме: «Проведение доклинических исследований лекарственных средств растительного происхождения» (FGUU-2025-0003) и «Сохранение, развитие и изучение биокolleкций различного направления с целью проведения приоритетных фундаментальных и прикладных исследований» (FGUU-2025-0001).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Материалы статьи нигде ранее не публиковались.

Поступила 12.09.2025

Принята к печати 25.11.2025

Опубликована 30.12.2025

Lupanova I.A., Ferubko E.V., Kurmanova E.N., Timohina A.S., Didikina A.A., Semkina O.A.

Helianthus tuberosus aerial parts: An emerging source of bioactive constituents

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 7 Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation

Introduction. This study investigates the pharmacological properties of a dry extract obtained from *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) herb, a rich source of bioactive compounds (BAC), including phenolic derivatives with demonstrated antioxidant, anti-inflammatory, and hepatoprotective effects. Building upon prior findings confirming the extract's hepatoprotective efficacy-evidenced by its mitigation of carbon tetrachloride-induced hepatic damage in rats through biochemical and histopathological assessments. **The aim** of the work elucidates the mechanistic basis of such effects and evaluates its anti-inflammatory potential using *in vitro* and *in vivo* models.

Methodology. The research focuses on a standardized dry extract containing $5.13 \pm 0.44\%$ total phenolics (expressed as chlorogenic acid equivalents), alongside fractionated BACs of differential polarity (ethyl acetate, butanol, alcoholic, and aqueous fractions). Mechanistic studies employed specialized enzymatic bioassay systems (cytochrome P450, glutathione transferase, and inducible NO synthase) from the VILAR Research Institute's Biological Collection to delineate the detoxification and anti-inflammatory pathways. *In vivo* anti-inflammatory activity was assessed via a formalin-induced murine paw edema model.

Results. In this model, the extract elicited a statistically significant 15% reduction in edema. Complementary *in vitro* analyses revealed enzyme-BAC interactions as a plausible molecular foundation for the observed bioactivity.

Summary. Collectively, these findings underscore the therapeutic potential of *H. tuberosus* extract as a candidate for developing novel plant-derived pharmaceuticals with hepatoprotective and anti-inflammatory applications.

Keywords: biological activity; anti-inflammatory activity; specific enzymatic bioassay systems; *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) herb extract

For citation: Lupanova I.A., Ferubko E.V., Kurmanova E.N., Timokhina A.S., Dydykina A.A., Semkina O.A. *Helianthus tuberosus* aerial parts: An emerging source of bioactive constituents. *Patologicheskaya Fiziologiya i Eksperimental'naya terapiya. (Pathological Physiology and Experimental Therapy, Russian Journal)*. 2025; 69(4): 196–205. (in Russian)

DOI: 10.48612/pfiet/0031-2991.2025.04.196-205

Author's contribution: concept and design of the study – Lupanova I.A., Ferubko E.V.; collection and processing of material – Timokhina A.S., Kurmanova E.N., Dydykina A.A.; statistical processing – Kurmanova E.N., Lupanova I.A. text writing – Lupanova I.A., Kurmanova E.N., editing – Lupanova I.A., Ferubko E.V., Semkina O.A. Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all authors.

For correspondence: *Irina A. Lupanova*, PhD (Biology), Head of the Preclinical Research Center, e-mail: lupanova@vilarnii.ru

Information about authors:

Irina A. Lupanova, <https://orcid.org/0000-0001-8183-2877>

Ekaterina V. Ferubko, <https://orcid.org/0000-0003-1949-2597>

Elena N. Kurmanova, <https://orcid.org/0000-0002-9243-5268>

Anna S. Timohina, <https://orcid.org/0000-0002-3658-5093>

Albina A. Didikina, <https://orcid.org/0009-0001-1449-9805>

Olga A. Semkina, <https://orcid.org/0000-0002-2611-4490>

Financing. This study received no external funding. The work was conducted as part of the state research projects of the VILAR Research Institute: «Preclinical studies of herbal medicinal products» (FGUU-2025-0003); «Preservation, development, and study of specialized biological collections for priority fundamental and applied research» (FGUU-2025-0001).

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest. The manuscript contains original, unpublished material.

Received 12.09.2025

Accepted 25.11.2025

Published 30.12.2025

Введение

Лекарственные средства растительного происхождения (ЛСРП) применяются в медицине для профилактики и лечения различных заболеваний по всему миру благодаря содержанию большого количества биологически активных веществ (БАВ) широкого спектра действия. Однако, одной из важных проблем использования растений как источника БАВ является доступность исходного материала. Во многих случаях, когда ЛСРП выводятся на рынок, популяции растений, входящих в его состав, оказываются под угрозой из-за обильного сбора [1]. Одним из решений данной проблемы является комплексная переработка растений в рамках использования ресурсосберегающих технологий с целью производства не только целевого продукта, но и продуктов на основе образующегося вторичного сырья.

Интересным объектом исследования с этой точки зрения является топинамбур (*Helianthus tuberosum* L.) – многолетнее травянистое растение семейства Астровые (*Asteraceae*), рода *Helianthus*. Он широко культивируется во многих странах при различных условиях окружающей среды и характеризуется хорошей устойчивостью к заморозкам, засухе и малому содержанию питательных веществ в почве. Выращивание топинамбура не требует слишком тщательного ухода и дополнительной защиты из-за его высокой устойчивости к вредителям и болезням растений [2]. Различные возможности использования топинамбура представлены в **таблице 1**.

Подземная часть топинамбура представлена клубнями, которые состоят из воды (75–79%), углеводов (15–16%), белков (2–3%) и жиров (2–3%). Кроме того, в них содержатся другие микроэлементы, такие как фосфор (P), калий (K), кальций (Ca), магний (Mg) и железо (Fe), составляющие около 0,5% от их свежей массы. Клубни также содержат такие витамины, как витамин С и витамин А [12]. Среди углеводов, содержащихся в клубнях, инулин может составлять до 80% и более. Остальные сахара представлены фруктозой, сахарозой и глюкозой [13]. Благодаря такому богатому составу клубней, топинамбур культивируется в основном для производства функциональных пищевых ингредиентов, таких как растворимая клетчатка (инулин), олигофруктоза (фруктоолигосахарид) и фруктоза [14].

Однако, с точки зрения ресурсосберегающих технологий, большой интерес также представляет и надземная часть данного растения, так как в ее составе присутствуют фенольные соединения (по некоторым данным, до 7,03% [15]), которые обладают антиоксидантным, противовоспалительным и гепатопротективным действием [16]. В листьях топинамбура также обнаружены полиацетиле-

ны и их производные, сесквитерпены [17]. Эти БАВ обладают противомикробной и противогрибковой активностью. Кроме того, недавние исследования показали, что сесквитерпеновые лактоны гермакранового типа, выделенные из топинамбура, обладают противоопухолевыми и цитотоксическими свойствами.

Целью данной работы являлась оценка биологической активности биоактивных веществ (БАВ) экстракта травы топинамбура в опытах *in vitro* и *in vivo*.

Методика

Объекты исследования получены из Центра химии и фармацевтической технологии ФГБНУ ВИЛАР:

- 1) сухой экстракт травы топинамбура, содержание суммы фенольных соединений в котором в пересчете на хлорогеновую кислоту в экстракте составляет $5,13 \pm 0,44$ %;
- 2) фракции БАВ различной полярности: этилацетатная (ЭА), бутанольная (Бут), спиртовая (СП) и водная (Вод).

В качестве препаратов сравнения использовали экстракт плодов расторопши пятнистой Силимар® (АО ФармЦентр ВИЛАР, Россия) и Бутадион® («Оболенское – фармацевтическое предприятие ЗАО», Россия).

Оценку возможных механизмов антиоксидантического и противовоспалительного действия БАВ травы топинамбура проводили с использованием специфических ферментных биотест-систем (СФБТС) на основе цитохрома P450 (цитP450), глутатионтрансферазы (ГТФ) [18] и индуцибельной NO-синтазы [19]. В работе использовали следующие реактивы фирмы «Merck» (Германия): дитиотреитол, дезоксихолат натрия, анилин, диметилаланин, НАДФН (β-никотинамидадениндинуклеотидфосфат восстановленный), 2,4-динитрохлорбензол, дитионит натрия, глутатион восстановленный, дитиотреитол, L-аргинин, 6,7-диметил-5,6,7,8-тетрагидроптерин (ДМТП). Данные исследования проводились с использованием биообъектов Уникальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР».

Дизайн эксперимента по изучению противовоспалительной активности *in vivo*: в эксперименте были задействованы белые нелинейные мыши массой 20–22 г в количестве 30 особей. Исследования одобрены биоэтической комиссией ФГБНУ ВИЛАР (протокол № 121 от 16.02.2024). Производитель животных – Филиал «Андреевка» ФГБУН «НЦБТ» ФМБА России (Московская область). Животные содержались в виварии ФГБНУ ВИЛАР на стандартном рационе.

Исследования выполняли согласно Решению Совета ЕЭК от 03.11.2016 № 81 «Об утверждении Пра-

вил надлежащей лабораторной практики ЕАЭС», Национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Исследования выполняли по согласованному письменному плану и в соответствии со Стандартными операционными процедурами исследователя (СОП), в соответствии с санитарными правилами по устройству, оборудованию и содержанию экспе-

риментально-биологических клиник (вивариев) и «Руководству по проведению доклинических исследований лекарственных средств» (2012 г.).

Фармакологические свойства объектов исследования изучали при их внутривенном введении в течение 4 дней. Опытные животные были разделены на 3 группы по 10 особей. Первая группа – контрольные животные. Вторая группа животных получала экстракт

Таблица 1 / Table 1

Варианты использования топинамбура в промышленности**Industrial applications of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke)**

Промышленность Industry	Применение Application	Комментарии Remarks
Химическая и пищевая Chemical and food	Производство этанола Ethanol production	Благодаря высокому содержанию инулина, топинамбур является одним из наиболее перспективных растений для производства таких продуктов, как биоэтанол, биобутанол и биодизель [3]. Thanks to its substantial inulin content, Topinambur is considered one of the most promising plant sources for the production of bioethanol, biobutanol, and biodiesel [3].
	Производство бутанола Butanol production	
	Производство биотоплива Biofuel production	
	Производство пребиотиков Prebiotic production	Инулин является одним из наиболее распространенных природных пребиотиков, используемых в качестве пищевой добавки, а топинамбур – одним из основных источников инулина среди высших растений [4]. Разными учеными показано положительное влияние топинамбура на микробиом кишечника различных животных, а также на усвоение ими различных микроэлементов и на содержание лакто- и бифидобактерий [5, 6]. Inulin occupies a prominent position among natural prebiotics utilised as food additives, and Jerusalem artichoke stands out as one of the principal sources of inulin derived from higher plants [4]. The positive impact of Jerusalem artichoke on the gut microbiome of various animals, as well as on the absorption of different micronutrients and the levels of lacto- and bifidobacteria [5, 6].
	Производство молочной и масляной кислоты Production of lactic and butyric acid	Впервые процесс производства L-молочной кислоты был предложен в 1942 году [7], и выход продукта при развитии промышленности постоянно увеличивается с использованием различных методов. The initial proposal for the production of L-lactic acid dates back to 1942 [7]. As the industry has evolved, continuous efforts have been made to enhance product yield through the application of various methods.
	В качестве пищевой добавки As a food additive	Продукты, содержащие инулин для диетического и лечебно-профилактического питания (сиропы, порошки для производства на их основе кондитерских, хлебобулочных, молочных изделий и безалкогольных напитков) [8]. Inulin-containing dietary and лечебно-профилактические (therapeutic and prophylactic) products (syrops, powders for the production of confectionery, bakery, dairy products, and soft drinks) [8].
Пищевой ингредиент Food ingredient	Клубни можно употреблять в сыром виде (сладкие, с хрустящей текстурой) или в приготовленном виде (в салатах и супах, во фритюре, запеченные, вареные или в виде пюре) [9]. The tubers can be consumed either raw (sweet, with a crisp texture) or cooked (in salads, soups, deep-fried, baked, boiled, or mashed) [9].	

Промышленность Industry	Применение Application	Комментарии Remarks
Сельское хозяйство Agricultural industry	Кормовая добавка Feed additives	Богатый источник углеводов, белка, клетчатки и других важных компонентов, полезных для домашнего скота. Укрепляет иммунную и пищеварительную систему животных [10]. A rich source of carbohydrates, proteins, fibre, and other essential components beneficial for livestock, strengthening the animals' immune and digestive systems [10]
Фармацевтическая Pharmaceutical industry	Потенциальный источник различных БАВ A prospective source of diverse bioactive substances	Помимо широкого использования клубней топинамбура как источника инулина, в народной медицине различных стран мира используют и надземную часть растения при переломах, отеках и в качестве жаропонижающего средства [2, 9]. Кроме того, БАВ надземной части (стебли, листья) обладают антимикробной, противогрибковой, антиоксидантной и противоопухолевой активностью [11]. Топинамбур является потенциальным источником лимонной и янтарной кислот, а также сорбитола [3]. In addition to the widespread use of Jerusalem artichoke tubers as an inulin source, the aerial parts of the plant are employed in traditional medicine worldwide for treating fractures, oedemas, and as an antipyretic [2, 9]. The bioactive compounds (stems and leaves) exhibit antimicrobial, antifungal, antioxidant, and antitumour activities [11]. Jerusalem artichoke is a potential source of citric and succinic acids, as well as sorbitol [3].

сухого топинамбура в дозе 500 мг/кг, третья группа – препарат сравнения бутадион в изоэффективной дозе 20 мг/кг. Все вещества суспендировали в 1% крахмальном геле. Контрольным животным вводили в эквивалентном объеме 1% крахмальный гель также в течение 4 дней до введения формалина, через 1 час после.

Формалиновый отёк вызывали однократным субплантарным введением под апоневроз задней правой лапки мыши через час после последнего введения препаратов – 0,05 мл 1% формалина. Через 3 часа после этого, на пике воспаления, животных подвергли эвтаназии с помощью углекислого газа и регистрировали массу ампутированных конечностей мышей с развитием отёка и здоровых конечностей, а также рассчитали прирост объёма экссудата (мг).

О развитии отёка судили по разнице в массе лапок контрольных и опытных животных и рассчитывали противозксудативный эффект по формуле:

$$\% \text{ угнетение отека} = \frac{P_o - P_k}{P_k} \cdot 100,$$

где P_k – разность масс лапок с отёком и без отёка у животных контрольной группы; P_o – разность масс лапок с отёком и без отёка у животных опытной группы.

Статистические данные обрабатывали с помощью лицензионной программы «Statistica version 13» (ТВСО Software Inc, США). Для оценки значимости различий выборок, имеющих нормальное распределение, применяли параметрический t-критерий Стьюдента. Для оценки значимости различий в трех экспериментальных

группах применяли метод однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) с последующим апостериорным анализом (post-hoc analysis). Достоверность различий с контролем считали при $p < 0,05$.

Результаты

Согласно последним исследованиям, экстракты из травы топинамбура оказывают антиоксическое действие: они выводят токсины из организма (например, алкоголь, тяжелые металлы, радионуклиды и др.) [20]. Ранее нашими исследованиями также было установлено, что экстракт травы топинамбура в дозе 500 мг/кг обладает гепатопротекторным действием, уменьшая отрицательное воздействие тетрахлорметана на печень лабораторных животных (крыс), что подтверждено биохимическими и гистологическими исследованиями [21].

Для выявления возможных механизмов антиоксического действия БАВ экстракта травы топинамбура использовали СФБТС на основе ключевых ферментов системы биотрансформации-детоксикации: цитохрома P450 (цитP450) и глутатионтрансферазы (ГТФ). Мы изучали непосредственное влияние экстракта и фракций БАВ экстракта травы топинамбура в условиях опытов *in vitro*. Для удобства оценки влияния образцов на скорость ферментативных реакций *in vitro* результаты представлены в **таблице 2** в процентах от контроля.

Из **таблицы 2** видно, что спиртовая и водная фракции при внесении в инкубационную среду ускоряли ско-

Таблица 2 / Table 2

Результаты влияния объектов исследования на скорость цитохрома P₄₅₀ и глутатионтрансферазы в опытах *in vitro*
Results of the effect of study objects on the activity of cytochrome P₄₅₀ and glutathione S-transferase in *in vitro* experiments

Вариант опыта Variant of the experiment	Скорость реакций, цитохром P ₄₅₀ , M ± m Reaction rate, cytochrome P ₄₅₀ , M ± m				Скорость реакций, глутатион- трансфераза, M ± m Rate of reaction catalysed by glutathione S-transferase, M ± m	
	Анилингидроксилаза Aniline hydroxylase		Деметилаза Demethylase			
	нмоль/мин·мг белка nmol/min·mg protein	%	нмоль/мин·мг белка nmol/min·mg protein	%	нмоль/мин·мг белка nmol/min·mg protein	%
Контроль Control	6,9 ± 0,36	100	7,8 ± 0,4	100	56,4 ± 0,38	100
Экстракт травы топинамбура Extract of <i>Helianthus tuberosus</i> herb	13,1 ± 0,35	190	9,39 ± 0,43	120	64,5 ± 0,41*	114
Спиртовая фракция Ethanollic fraction	12,1 ± 0,38*	176	12,6 ± 0,37*	162	70,3 ± 0,36*	125
Водная фракция Water extract fraction	11,3 ± 0,38*	165	13,4 ± 0,46*	171	65,2 ± 0,42*	116
Бутанольная фракция Butanolic fraction	8,53 ± 0,35*	124	7,9 ± 0,41	102	50,5 ± 0,48*	90
Этилацетатная фракция Ethyl acetate fraction	6,7 ± 0,44	97	7,8 ± 0,39	101	37,4 ± 0,41*	66
Силимар® Silimar®	5,95 ± 0,46*	142	5,47 ± 0,48*	142	220,1 ± 0,32*	131

Примечание. * – далее и везде, статистическая значимость отличий от контроля при $p < 0,05$

Note. * – hereinafter, statistical significance relative to control ($p < 0.05$).

рость ферментативных реакций цитохрома P₄₅₀ и глутатионтрансферазы.

Согласно литературным данным, гепатопротекторное действие многих лекарственных средств связано с их антиоксидантной и противовоспалительной активностью [22]. Как известно, воспаление – важный патогенетический компонент многих заболеваний различной этиологии, в том числе при различных заболеваниях гепатобилиарной системы. Воспаление возникает как реакция организма на патогенный раздражитель и вызываемое им повреждение [23].

В этой связи на втором этапе наших исследований было проведено изучение противовоспалительной активности экстракта травы топинамбура на модели 1% формалинового отека при четырёхдневном введении мышам. Результаты представлены в **таблице 3**.

По результатам проведенных исследований установлено, что экстракт травы топинамбура оказывает неболь-

шое, но статистически значимое противовоспалительное действие: экстракт травы топинамбура достоверно уменьшает формалиновый отек на 15%.

Для выявления возможных механизмов противовоспалительного действия БАВ экстракта травы топинамбура изучали влияние самого экстракта и фракций БАВ различной полярности на активность индуцибельной NO-синтазы с использованием специфической ферментной биотест-системы *in vitro* на ее основе [19], так как iNOS является маркером воспалительного процесса в организме. Результаты исследования представлены в **таблице 4**.

С применением СФБТС на основе индуцибельной NO-синтазы подтверждена противовоспалительная активность бутанольной и водной фракций экстракта. Внесение их в инкубационную среду снижало активность фермента на 67 и 19 % по отношению к контролю.

Таблица 3 / Table 3

Результаты изучения противовоспалительной активности топинамбура травы экстракта сухого на модели 1% формалинового отека при четырёхдневном введении мышам

Results of the study on the anti-inflammatory activity of dry *Helianthus tuberosum* herb extract, evaluated using a mouse model of 1% formalin-induced paw edema after four days of administration

Группы животных, n = 10 Groups of animals, n = 10	Прирост объема экссудата на пике воспаления, мг Peak inflammation exudate volume increment, mg	% угнетения отека % inhibition of edema
Контроль Control	115,3 ± 8,2	-
Экстракт топинамбура, 500 мг/кг <i>Topinambur</i> extract 500 mg/kg	100,1 ± 4,5*	15
Бутадион®, 20 мг/кг Butadion® 20 mg/kg	84,7 ± 10,3	27

Обсуждение

Как показали проведенные нами исследования и результаты наших коллег в России и за рубежом, трава топинамбура является перспективным источником большого количества биологически активных веществ широкого

спектра действия [24–27]. Однако необходимы дополнительные исследования, чтобы идентифицировать все БАВ, которые отвечают за фармакологические свойства и механизм их действия.

Так, полученные нами данные о влиянии БАВ травы топинамбура на активность ключевых ферментов био-

Таблица 4 / Table 4

Результаты влияния объектов исследования на скорость индуцибельной NO-синтазы в опытах *in vitro*

The effect of test subjects on inducible NO-synthase activity *in vitro*

Вариант опыта Experiment variant	Скорость реакции, нмоль/мин*мг белка Reaction rate, nmol/min*mg protein	Активность, % Activity, %
Контроль (без препарата) Control (no treatment)	6,12 ± 0,29	100
Экстракт Extract	5,2 ± 0,22	93
Спиртовая фракция Alcohol fraction	7,26 ± 0,31*	130
Бутанольная фракция Butanol fraction	2,01 ± 0,10*	33
Этилацетатная фракция Ethyl acetate fraction	7,95 ± 0,39*	142
Водная фракция Water fraction	4,93 ± 0,21*	81

трансформации позволяют предположить один из возможных механизмов их антигепатотоксического действия за счет связывания с цитохромом P450 и глутатионтрансферазой. Спиртовая и водная фракции исследованного нами экстракта активировали данные ферменты и содержат в своем составе в преобладающем количестве сумму фенольных соединений, в том числе гидроксикоричные кислоты, что может свидетельствовать об их доминирующей роли в антиоксидантном эффекте указанных фракций, а также суммарного экстракта в целом.

Полученные нами результаты противовоспалительной активности экстракта подтверждаются данными учеными из Китая, согласно которым БАВ травы топинамбура оказывали противовоспалительное действие на модели ксилон-индуцированного отека уха у мышей BALB / С и каррагинан-индуцированного отека лапы у крыс SD [28]. Она и соавт. оценивали противовоспалительное действие метанолового экстракта листьев *H. tuberosus* на модели отека лап крыс, вызванного введением яичного альбумина. Противовоспалительный эффект растительного экстракта зависел от дозы. Введение 300 мг/кг экстракта вызывало уменьшение воспаления на 33,33%, в то время как у животных контрольной группы (вводили ацетилсалициловую кислоту) происходило уменьшение воспаления на 36,36% [29].

Ученые из Японии проводили скрининг БАВ из листьев топинамбура, обладающих противовоспалительной активностью, и установили, что гелиагнин ингибирует продукцию NO в клетках мышинных макрофагов RAW 264.7 в условиях опытов *in vitro* [30]. В связи с этим мы также провели исследование по определению возможного механизма противовоспалительного действия травы топинамбура, основанного только на уменьшении уровня оксида азота (NO), оценивая ингибирование индцибель-

ной NO-синтазы путем связывания содержащихся в ней БАВ с данным ферментом. В результате опытов *in vitro* показано, что наиболее выраженное снижение активности фермента происходило при внесении в инкубационную среду бутанольной и водной фракций экстракта, что позволяет предположить наличие в них БАВ с противовоспалительным действием, но требует дальнейших исследований в этом направлении и может помочь нам лучше понять весь потенциал растения и его безопасность для здоровья человека.

Заключение

Таким образом, результаты проведенного нами исследования в условиях опытов *in vitro* и *in vivo* показали, что БАВ экстракта травы топинамбура обладают антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Трава топинамбура является перспективным источником биологически активных веществ, таких как кемпферол-3-О-гликозид, кверцетин-3-О-гликозид, бетеин, кофейная, феруловая и другие гидроксикоричные кислоты, которые обладают широким спектром фармакологического действия, что особенно важно при разработке лекарственных средств растительного происхождения в рамках ресурсосберегающих технологий, способствующих улучшению качества и повышению экономической эффективности готовой продукции.

Данная работа проведена согласно плану научно-исследовательской работы ФГБНУ ВИЛАР по теме: «Проведение доклинических исследований лекарственных средств растительного происхождения» (FGUU-2025-0003) и «Сохранение, развитие и изучение биокolleкций различного направления с целью проведения приоритетных фундаментальных и прикладных исследований» (FGUU-2025-0001).

Литература

(п.п. 1–15; 22–30 см. References)

16. *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Часть первая /* Под ред. А.Н. Миронова. Москва; Гриф и К; 2012.
17. Сернов Л.Н., Гацура В.В. *Элементы экспериментальной фармакологии* Москва; Медицина; 2000.
18. Лупанова И.А., Стрелкова Л.Б., Савина Т.А., Ферубко Е.В. Исследование биологической активности экстракта из клеточной культуры родиолы розовой (*Rhodiola Rosea* L.) с применением специфических ферментных биотест-систем в условиях *in vitro*. *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2017; 3 (17): 9–15.
19. Лупанова И.А., Цыбулько Н.С., Савина Т.А., Ферубко Е.В. Исследование биологической активности экстракта из биомассы женьшеня обыкновенного (*Panax Ginseng* s.a. Mey) с применением специфических ферментных биотест-систем *in vitro*. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017; 3 (20): 104–6.
20. Куркин В.А. Фенилпропаноиды как важнейшая группа биологически активных соединений лекарственных растений. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; 12 (7): 1338–42.
21. Макаренко А.Н., Карандеева Ю.К. Адаптация к гипоксии как защитный механизм при патологических состояниях. *Вестник проблем биологии и медицины*. 2013; 2 (100): 27–32.

References

- Wagner H., Nigg H., Winterhoff H. Plant adaptogens. *Phytomedicine*. 1994; 1 (1): 63–76. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(11\)80025-5](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(11)80025-5)
- Panossian A., Wikman G., Wagner H. Plant adaptogens III. Earlier and more recent aspects and concepts on their mode of action. *Phytomedicine*. 1999; 6 (4): 287–300. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(99\)80023-3](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(99)80023-3)
- Cordell G.A. Sustainable medicines and global health care. *Planta Med*. 2011; 77 (11):1129–38. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1270731>
- Zenk M.H. The impact of plant cell culture on industry. In *Frontiers of Plant Tissue Culture*. International Association for Plant Tissue Culture. 1978; 1–13.
- Liberti L. E., Der Mardersian A. Evaluation of commercial ginseng products. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 1978; 10: 1487–89.
- Murthy H.N., Georgiev M.I., Kim Y.S., Jeong C.S., Kim S.J., Park S.Y., et al. Ginsenosides: prospective for sustainable biotechnological production. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2014; 98(14): 6243–54. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5801-9>
- Jeziorek M., Sykłowska-Baranek K., Pietrosiuk A. Hairy Root Cultures for the Production of Anti-cancer Naphthoquinone Compounds. *Current Medicinal Chemistry*. 2018; 25(36): 4718–39. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170821161844>
- Esmaealzadeh N., Iranpanah A., Sarris J., Rahimi R. A literature review of the studies concerning selected plant-derived adaptogens and their general function in body with a focus on animal studies *Phytomedicine*. 2022; 105: 1543–54. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154354>
- Murthy H.N., Dandin V.S., Park S.-Y., Paek K.-Y. Quality, safety and efficacy profiling of ginseng adventitious roots produced in vitro. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018; 102(17): 7309–17. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9188-x>
- Pu W.-L., Zhang M.-Y., Bai R.-Y., Sun L.-K., Li W.-H., Yu Y.-L., et al. Anti-inflammatory effects of *Rhodiola rosea* L.: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2020; 121: 109552. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109552>
- Marchev A., Dinkova-Kostova A., György Z., Mirmazloum I., Aneva I., Georgiev M. *Rhodiola rosea* L.: from golden root to green cell factories. *Phytochemistry Reviews*. 2016; 15: 515–36. <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9453-5>
- Phillipson J.D., Anderson L.A. Ginseng-quality, safety and efficacy? *Pharm J*. 1984; 232:161–5.
- Paek K.Y., Murthy H.N., Hahn E.J., Zhong J.J. Large scale culture of ginseng adventitious roots for production of ginsenosides. *Advances in Biochemical Engineering /biotechnology*. 2009; 113:151–76. https://doi.org/10.1007/10_2008_31
- Asyakina L., Sukhikh S., Ivanova S., Prosekov A., Ulrikh E., Chupahin E., Babich O. Determination of the Qualitative Composition of Biologically-Active Substances of Extracts of In Vitro Callus, Cell Suspension, and Root Cultures of the Medicinal Plant *Rhodiola rosea*. *Biomolecules*. 2021; 11:365. <https://doi.org/10.3390/biom11030365>
- Wu S., Zu Y., Wu M. High yield production of salidroside in the suspension culture of *Rhodiola sachalinensis*. *J. Biotechnol*. 2003; 106(1): 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2003.07.009>
- Nonclinical Drug Study Guidelines. Part one. [Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv. *CHast' pervaya*]. Ed. A.N. Mironov. Moscow; Vulture and K; 2012. (in Russian)
- Sernov L.N., Gatsura V.V. *Elements of experimental pharmacology. [Elementy eksperimental'noj farmakologii]*. Moscow; Medicine; 2000. (in Russian)
- Lupanova I.A., Strelkova L.B., Savina T.A., Ferubko E.V. Study of biological activity of *Rhodiola rosea* L. extract from cell culture using specific enzyme biotest systems in vitro. *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv*. 2017; 3 (17): 9–15. (in Russian)
- Lupanova I.A., Tsybulko N.C., Savina T.A., Ferubko E.V. Study of the biological activity of an extract from the biomass of common ginseng (*Panax Ginseng* c.a. Mey) using specific enzyme biotest systems in vitro. *Razrabotka i registraciya lekarstvennykh sredstv*. 2017; 3 (20): 104–106. (in Russian)
- Kurkin V.A. Phenylpropanoids as the most important group of biologically active compounds of medicinal plants. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*. 2015; 12 (7): 1338–42. (in Russian)
- Makarenko A.N., Karandeeva Yu. K. Adaptation to hypoxia as a protective mechanism in pathological states. *Vestnik problem biologii i mediciny*. 2013; 2 (100): 27–32. (in Russian)
- Lagunin A., Povydysh M., Ivkin D., Luzhanin V. et al. Antihypoxic Action of *Panax Japonicus*, *Tribulus Terrestris* and *Dioscorea Deltoidea* Cell Cultures: In Silico and Animal Studies. *Molecular Informatics*. 2020; 39(11): e2000093. <https://doi.org/10.1002/minf.202000093>
- Ali M.B., Hahn E.J., Paek K.-Y. Protective role of *Panax ginseng* extract on lipid peroxidation and antioxidant status in polyethylene glycol induced *Spathiphyllum* leaves. *Biochem. Eng. J*. 2006; 32(3): 143–8. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2006.09.013>
- Lim H.K., Kim Y.W., Lee D.H., Cho S.K., Cho M. The antifibrotic and antioxidant activities of hot water extract of adventitious root culture of *Panax ginseng* (ARCP). *J. Appl. Biol Chem*. 2007; 50(2): 78–84.
- Murthy H.N., Dandin V.S., Lee E.J., Paek K.Y. Efficacy of ginseng adventitious root extract on hyperglycemia in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Ethnopharmacol*. 2014; 153(3): 917–21. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.062>
- Hong M.H., Lim H.K., Park J.E., Jun N.J., Lee Y.J., Cho M., et al. The antihypertensive and vasodilating effects of adventitious root extracts of wild ginseng. *J. Korean. Soc. Appl. Biol. Chem*. 2008; 51(2): 102–7.
- Yu G.J., Choi I.W., Kim G.Y., Kim B.W., Park C., Hong S.H., et al. Antiinflammatory potential of saponins derived from cultured wild ginseng root in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Int. J. Mol. Med*. 2015; 35(6): 1690–8. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2015.2165>
- Lee I.S., Kim S.K., Jeon M.H., Jeon W.K. Ethyl acetate extract from tissue-cultured mountain ginseng adventitious roots inhibits in vitro platelet aggregation in whole human blood and augments peripheral blood flow in mice. *J Ginseng Res*. 2011; 35(4): 442–8. <https://doi.org/10.5142/jgr.2011.35.4.442>
- Murthy H.N., Dandin V.S., Paek K.Y. Hepatoprotective activity of ginsenosides from *Panax ginseng* adventitious roots against carbon tetrachloride treated hepatic injury in rats. *J. Ethnopharmacol*, 2014; 158(A): 442–6. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.10.047>
- Oh C.H., Kang P.S., Kim J.W., Kwon J., Oh S.H. Water extracts of cultured mountain ginseng stimulate immune cells and inhibit cancer cell proliferation. *Food Sci. Biotechnol*. 2006; 15(3): 369–73.

Сведения об авторах:

Лупанова Ирина Александровна, доктор биол. наук, рук. Центра доклинических исследований, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: lupanova@vilarnii.ru

Ферубко Екатерина Владимировна, доктор мед. наук, зав. отд. экспериментальной фармакологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: eferubko@yandex.ru

Курманова Елена Николаевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. экспериментальной фармакологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: kurmanova1968@yandex.ru

Тимохина Анна Сергеевна, аспирант, науч. сотр. лаб. микробиологических исследований, Центра доклинических исследований, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: mail.t.a.s.77777@mail.ru

Дыдыкина Альбина Александровна, мл. науч. сотр. лаб. микробиологических исследований, Центра доклинических исследований, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: marketing_dmk@mail.ru

Семкина Ольга Александровна, канд. фарм. наук, вед. науч. сотр. отд. химии и технологии природных соединений Центра химии и фармацевтической технологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», e-mail: semkina@vilarnii.ru