

УДК 581.43

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ (*RHODIOLA ROSEA L.*)

© А.А. Шейченко*, А.Д. Бояринцева, К.И. Казанцева, Е.Г. Шаповалова, И.А. Курзина

Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050,
Россия, shey4enko@mail.ru

Одними из актуальных задач современной медицины и фармацевтики, а также химической промышленности являются поиск и исследование природных источников веществ, обладающих фармакологической активностью. В рамках данных задач наблюдается повышенный интерес к лекарственному растительному сырью, что связано с содержанием в нем богатого комплекса биологически активных веществ, многие из которых проявляют специфическую фармакологическую активность. Данная статья посвящена комплексному изучению свойств растительного сырья. В качестве объектов исследования использовали сухой капсулированный пищевой экстракт и сверхкритический флюидный CO_2 -экстракт родиолы розовой (*Rhodiola rosea L.*). Проведены исследования антирадикальной активности посредством свободного радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пирокрилгидразил), антибактериальной активности луночно-диффузионным методом в авторской модификации, анализ суммарного содержания полифенольных соединений и флавоноидов методом спектрофотометрии, оценка жизнеспособности мононуклеарных клеток с помощью резазурин-теста, качественный анализ образцов методом ВЭЖХ-МС и УФ-спектроскопии. Экспериментально выявлено, что экстракты родиолы розовой содержат в своем составе соединения класса полифенолов, флавоноидов, фенилпропаноидов, фитостероидов и терпеноидов. Наибольшим содержанием полифенольных соединений обладает CO_2 -экстракт, флавоноидов – сухой экстракт. Оба экстракта проявляют антирадикальную активность, однако сухой экстракт обладает ею в большей степени. Сверхкритический флюидный экстракт не оказывает негативного влияния на жизнеспособность мононуклеарных клеток. Антибактериальная активность экстрактов не установлена. Ценность работы заключается в обогащении базы знаний о свойствах экстрактов родиолы розовой, получении новых данных о ее сверхкритических флюидных CO_2 -экстрактах, не представленных на сегодняшний день среди научных работ. Основываясь на экспериментальных данных, можно отметить перспективность применения экстрактов родиолы в лечебных и профилактических препаратах широкого диапазона действия.

Ключевые слова: антирадикальная активность, антибактериальная активность, полифенольные соединения, флавоноиды, жизнеспособность клеток, сухой экстракт, *Rhodiola rosea L.*

Для цитирования: Шейченко А.А., Бояринцева А.Д., Казанцева К.И., Шаповалова Е.Г., Курзина И.А. Исследование антиоксидантной активности экстрактов родиолы розовой (*Rhodiola rosea L.*) // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 344–352. DOI: 10.14258/jcprm.20240415720.

Введение

На сегодняшний день в области фармацевтики прослеживается все большее распространение и предпочтение препаратов на основе лекарственного растительного сырья. Данная тенденция обусловлена тем, что растения являются источником множества биологически активных веществ, проявляющих целый ряд фармакологической активности, обеспечивая при этом более бережное и безопасное воздействие на организм, чем искусственно синтезированные препараты.

Одним из таковых растений, обладающим весомым потенциалом терапевтического действия, согласно литературным данным, является родиола розовая (*Rhodiola rosea L.*). Данное растение по эффективности и силе воздействия часто сравнивают с женшеньем – уникальным, легендарным и самым целительным из всех лекарственных растений, известным своими многочисленными лечебными свойствами.

Родиола розовая (золотой корень) – многолетнее двудомное травянистое растение из семейства толстянковые (*Crassulaceae*), которое внесено в Красную книгу РФ [1]. В корне растения содержится более 140 биологически активных соединений, среди них выявлены вещества следующих классов: фенольные соединения и их производные (*n*-тиrozол и салидрозид), фенолкарбоновые кислоты (галловая и др.), флавоноиды

* Автор, с которым следует вести переписку.

(гербацетин, кверцетин, кемпферол и их гликозиды), дубильные вещества, кумарины, терпеноиды, органические кислоты, углеводы, микроэлементы, эфирные масла (содержащие коричный альдегид и цитраль), стерины [1].

Родиола характеризуется многими уникальными и полезными свойствами, является эффективным адаптогеном и мощным антиоксидантом. Препараты на ее основе увеличивают степень сопротивляемости организма неблагоприятным факторам и условиям внешней среды, активируют иммунитет, оказывая общекрепляющее действие, стимулируют работу ЦНС, обладают противоопухолевым, противовоспалительным, бактерицидным, антисептическим эффектами. Также растение используется в народной и традиционной медицине для лечения воспалений, инфекционных заболеваний, усталости и депрессивных состояний, анемии, расстройств нервной системы, для повышения физической выносливости и производительности труда.

Изучению свойств экстрактов родиолы розовой посвящено немало научных работ отечественных и зарубежных ученых (Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Саратиков А.С., Краснов Е.А., Темирбулатова А.М., Степанова Э.Ф., Евсеева С.Б., Соболева Л.В., Galambosi B., Chiang H.M., Chien Y.C., Chen H.C., Pu W.-L. и др.), однако исследования проводились в основном на водных и спиртовых экстрактах [2–22]. В то время как образцы родиолы, полученные методом сверхкритической флюидной CO_2 -экстракции, на сегодняшний день менее изучены. Хотя метод сверхкритической флюидной CO_2 -экстракции дает возможность наиболее эффективной и экспрессной вытяжки биологически активных веществ из компонентов растительного сырья, при этом практически все они (например, флавоноиды, алкалоиды, кумарины и др.) в конечном итоге экстракции могут быть сохранены в полном объеме, что в свою очередь может обеспечить совершенно иные экспериментальные результаты и показатели активности. Целью данной работы стало исследование состава, антирадикальной и антибактериальной активности, количественного содержания полифенольных соединений и флавоноидов на образцах экстрактов родиолы розовой, полученных спиртовой и сверхкритической флюидной CO_2 -экстракцией, их влияние на жизнеспособность мононуклеарных клеток. Сравнительная оценка показателей в зависимости от метода экстракции. Это позволит расширить базис знаний, необходимый при поиске новых лекарственных препаратов на основе природного сырья.

Экспериментальная часть

Объектами исследований выступили сухой капсулированный пищевой экстракт («PAPAUR», Россия) и сверхкритический флюидный CO_2 -экстракт родиолы розовой (*Rhodiola rosea*), который был получен в лаборатории НИ ТГУ (Томск). Для дальнейших исследований из капсулированного пищевого экстракта был приготовлен водно-этанольный раствор (соотношение сухого экстракта и растворителя – 1 : 10). Для удобства ввели условные обозначения: образец 1 – водно-этанольный раствор сухого экстракта; образец 2 – CO_2 -экстракт.

ВЭЖХ-МС. Качественный анализ образцов проводили на приборе HPLC 1260 Infinity с LC/MC Q-TOF: Funnel 6550 («Agilent Technologies», USA). Условия хроматографирования: детектор – ESI; режим ионизации – положительная/отрицательная; напряжение ионизации – 3500 В; диапазон m/z от 100 Да до 3000 Да; время анализа – 35 мин; колонка – Agilent Poroshell 120 EC C₁₈ 2,7 μm , (100 \times 2.1) мм; режим элюирования – градиентный; объемная скорость потока – 0.5 см³/мин; температура термостата колонки – плюс 40 °C; объем вводимой пробы – 0.5 мкл; подвижная фаза А – 0.1% р-р муравьиной кислоты в воде; подвижная фаза В – ацетонитрил. Установление структуры веществ проводили с использованием библиотек PhytoHub и HMDB.

Последующие исследования образцов осуществляли на приборе СФ-2000 в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм.

УФ-спектроскопия. Были зарегистрированы УФ-спектры исходных растворов образцов, разбавленных в 5, 10, 50 и 100 раз в диапазоне от 260 до 363 нм. Спектр с наиболее разделенными полосами получен при 100-кратном разбавлении.

Определение антирадикальной активности. Оценка антирадикальной активности экстрактов проводилась с помощью метода [23], основанного на взаимодействии антиоксидантов с стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ), обладающий темно-фиолетовым цветом. Радикал нейтрализуется путем принятия атома водорода или электрона от антиоксиданта (или восстановителя), затем происходит переход в восстановленную форму 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила желтого цвета. Для исследований была приготовлена серия растворов образцов с концентрациями 800, 400, 200, 100 и 50 мкг/мл путем

последовательного разбавления этанолом. Определение свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили при длине волны 517 нм. По формуле (1) рассчитали значения антирадикальной активности образцов и стандарта-антиоксиданта.

$$APA(\%) = \frac{A_0 - A}{A_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где A_0 – значения оптических плотностей раствора ДФПГ в этаноле; A – раствора образца с ДФПГ.

Определение суммарного содержания полифенольных соединений. Данный метод [24] определения суммарного содержания полифенолов основан на способности полифенолов реагировать с реагентом Фолина-Чокальтеу и образовывать окрашенный комплекс синего цвета (вольфрамовая синь) в щелочной среде. Интенсивность окраски этого комплекса пропорциональна содержанию полифенолов в образце. Измеряли оптическую плотность испытуемого раствора при длине волны 760 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Содержание суммы полифенольных соединений (X , мг/мл) в экстрактах определяли по формуле (2).

$$X(\text{мг / мл}) = \frac{A_x \cdot m_{\text{ст}} \cdot 2500}{A_{\text{ст}} \cdot V_x}, \quad (2)$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора; $A_{\text{ст}}$ – оптическая плотность стандартного раствора галловой кислоты; $m_{\text{ст}}$ – масса навески галловой кислоты (г), V_x – объем исследуемого экстракта (мл).

Определение общего содержания флавоноидов. В основу количественного определения положен спектрофотометрический метод [25], основанный на реакции комплексообразования с алюминия хлоридом. Спектрофотометрическое измерение поглощения комплексов при длине волны 410 нм. Содержание суммы флавоноидов (X , мг/мл) в пересчете на рутин вычисляли по формуле (3).

$$X(\text{мг / мл}) = \frac{A_x \cdot C_{\text{ст}} \cdot 5000}{A_{\text{ст}} \cdot V_x}, \quad (3)$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора; $A_{\text{ст}}$ – оптическая плотность стандартного раствора рутина; $C_{\text{ст}}$ – концентрация стандартного раствора рутина (%); V_x – объем исследуемого экстракта (мл).

Определение антибактериальной активности. Определение антибактериальной активности осуществляли стандартным луночно-диффузионным методом в авторской модификации [26]. Для изучения влияния образцов на микрофлору в качестве тест-объекта использован штамм Кишечной палочки (*Escherichia coli*) ATCC 25922 (American Type Culture Collection). Измеряли зону подавления роста бактерий с точностью до 0.1 мм. Чем больше зона ингибирования роста бактерий, тем выше антибактериальная активность образца.

Оценка жизнеспособности мононуклеарных клеток. Моноциты выделяли из лейкотромбослоя человека методом двойной магнитной сепарации [27]. В качестве контроля применяли клетки, посевные на пластике. Клетки инкубировали при температуре 37 °C и 7.5% CO₂ в течение 6 дней. Оценку жизнеспособности осуществляли посредством резазурин-теста. Оптическую плотность измеряли на микроридере Tecan Infinite F50 при длинах волн 570 нм и 620 нм.

Обсуждение результатов

Методом УФ-спектроскопии были зарегистрированы спектры экстрактов родиолы розовой, представленные на рисунке 1.

Полученные спектры сравнивали с литературными данными [28], которые приведены в таблице.

Так, по результатам УФ-спектроскопии и ВЭЖХ-МС в составе образцов обнаружены полифенольные соединения, флавоноиды, фенилпропаноиды (розавин и др.), фитостериоиды и терпеноиды. Установлено, что наблюдаются полосы, которые относятся к кемпферолу, розину, розавину, розарину, коричному спирту, салидрозиду и галловой кислоте.

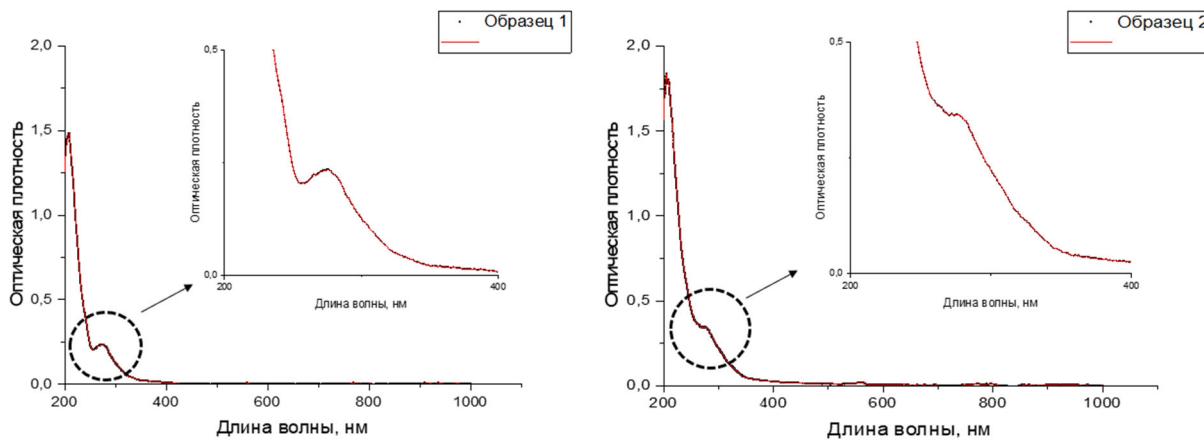


Рис. 1. УФ-спектры образцов

Сравнительный анализ спектров с литературными данными

Соединения	Кемпферол	Розин, розавин, розарин	Салидрозид	Галловая кислота
Литературные данные, нм	268.0; 362.0	252.0	224.0; 279.0	276.0
Образец 1, нм	362.4	253.8	274.0	274.0
Образец 2, нм	268.4; 361.8	251.8	279.0	277.0

Исследование антирадикальной активности показало, что при увеличении концентрации образцов в растворе от 50 до 800 мкг/мл происходит увеличение относительной антиоксидантной активности с 60% до 91% (рис. 2). Наивысшей антиоксидантной активностью (91%) обладает водно-этанольный раствор сухого экстракта (образец 1) концентрации 800 мкг/мл.

Полифенольные соединения играют важную роль в качестве антиоксидантов, защищая клетки от повреждений, вызванных свободными радикалами. Они способны элиминировать радикалы или восстанавливать их до менее реакционноспособных форм, тем самым снижая вредное воздействие на клетки. Было определено, что исследуемые экстракты родиолы розовой содержат полифенольные соединения, при этом самое большое содержание – 641.133 мг/мл наблюдается у экстракта, полученного сверхкритическим методом (образец 2). Водно-этанольный раствор сухого экстракта (образец 1) при этом содержит меньшее число суммы полифенольных соединений – 365.307 мг/мл.

Флавоноиды являются неотъемлемой частью растительного метаболизма, многие из которых распространены, как пигменты. Высоким содержанием суммы флавоноидов обладает образец 1, содержащий 81.134 мг/мл, что превышает в 11.5 раза содержания в экстракте, полученным сверхкритическим методом – 7.034 мг/мл.

Схематично результаты определения суммарного содержания полифенольных соединений и флавоноидов представлены на рисунке 3.

Проявление антибактериальной активности экстрактами родиолы розовой не обнаружено.

Влияние экстрактов родиолы розовой на жизнеспособность клеток проводится для определения потенциального влияния исследуемого растения на клеточные процессы в организме человека, что используется для определения токсичности экстрактов родиолы и изучения потенциальных лечебных свойств [27]. В исследовании оценивали жизнеспособность моноцитов, которые относятся к системе мононуклеарных макрофагов (размер 18–20 мкм) и являются одними из ключевых клеток иммунной системы. Было установлено, что экстракт, полученный сверхкритической флюидной экстракцией (образец 2), не оказывает негативного влияния после 6 суток инкубирования – жизнеспособность клеток составляет 75–90% относительно контроля (рис. 4).

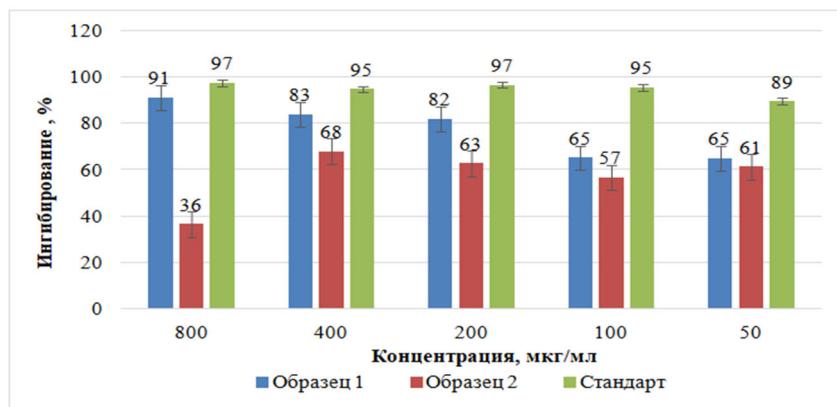


Рис. 2. Исследование антирадикальной активности

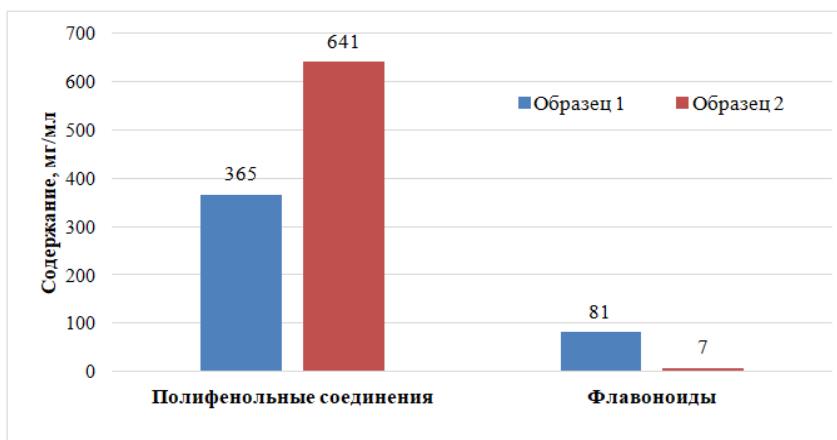


Рис. 3. Суммарное содержание полифенольных соединений и флавоноидов

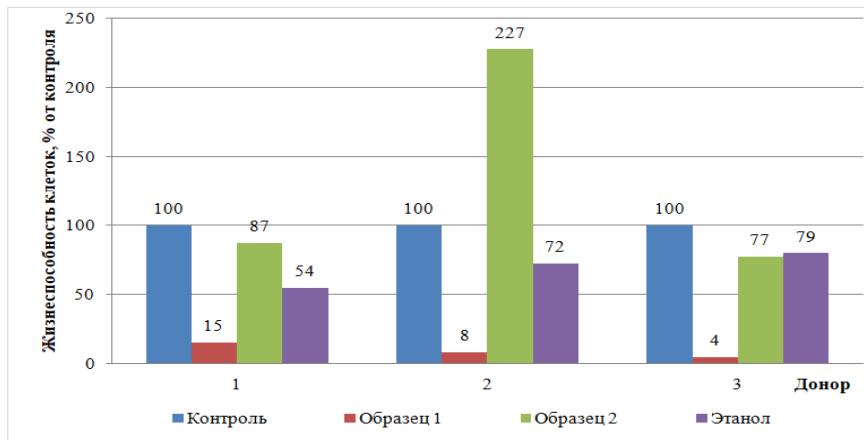


Рис. 4. Влияние образцов родиолы розовой на жизнеспособность клеток

Заключение

Экстракты родиолы розовой в действительности обладают ценными биологическими свойствами и эффектами, проявляя антирадикальную активность, не оказывая негативного влияния на выживаемость клеток при определенном методе экстракции, включая в своем составе ряд биологически активных веществ и значительное количество антиоксидантов нескольких классов, основными среди которых являются полифенольные соединения, флавоноиды и терпеноиды.

Исследование антирадикальной активности показало, что восстанавливающая способность экстрактов по отношению к ДФПГ-радикалу варьируется от 60 до 91% относительно стандарта-антиоксиданта – аскорбиновой кислоты. Оптимальный результат продемонстрировал сухой экстракт концентрацией 800 мкг/мл (90.9%). Прослеживается прямая зависимость между показателем антирадикальной активности и концентрацией экстракта.

Оценка влияния экстрактов на жизнеспособность макрофагов показала отсутствие негативного воздействия в случае сверхкритического флюидного СО₂-экстракта, показатели жизнеспособности составляют 75–90% относительно контроля.

Наибольшим содержанием полифенольных соединений обладает сверхкритический флюидный СО₂-экстракт (641.133 мг/мл), однако сухой экстракт в несколько раз превосходит его содержанием флавоноидов (81.134 мг/мл).

Проводя сравнительную оценку свойств и характеристик экстрактов, сложно выделить один, обладающий большим потенциалом биологической активности. Оба экстракта представляют интерес и заслуживают внимания при разработке новых лекарственных препаратов, профилактике и лечении заболеваний.

Финансирование

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № FSWM-2024-0009.

Соблюдение этических стандартов

Исследование жизнеспособности мононуклеарных клеток проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено Комитетом по биоэтике научных исследований Томского государственного университета (Томск), протокол № 10 от 20 ноября 2023 г.

Конфликт интересов

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

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Калинкина Г.И., Сальникова Е.Н., Тихонов В.Н. Лекарственные растения, сырье и фитопрепараты: учебное пособие. Томск, 2004. Т. 2. 136 с.
2. Быков В.А., Запесочная Г.Г., Куркин В.А. Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.), традиционные и биотехнологические аспекты получения лекарственных средств // Химико-фармацевтический журнал. 1999. Т. 33, №1. С. 28–39.
3. Запесочная Г.Г., Куркин В.А. Фенилпропаноиды в стандартизации лекарственных растений // III Международная конференция «Экологическая патология и ее фармакоррекция»: тезисы докладов. Чита, 1991. Т. 2.
4. Запесочная Г.Г., Куркин В.А., Щавлинский А.Н. К вопросу о подлинности и качестве корневищ родиолы розовой // Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока: тезисы докладов конференции. Томск, 1986. С. 37.
5. Краснов Е.А., Вейц Л.А. Исследование эфирного масла родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) // Стимуляторы центральной нервной системы. Томск, 1968. Т. 2. С. 18–21.
6. Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Авдеева Е.В. и др. Перспективы использования новых лекарственных средств на основе корневищ родиолы розовой для профилактики и лечения экологически обусловленных заболеваний // Экология и здоровье человека: тезисы докладов VI Международного конгресса. Самара, 1999. С. 122–123.
7. Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Авдеева Е.В., Ежков В.Н. Фенилпропаноиды как самостоятельный класс биологически активных соединений. Самара, 2005. 128 с.
8. Куркин В.А., Куркина Т.А., Запесочная Г.Г. и др. Изучение динамики накопления действующих веществ в корневищах родиолы розовой, интродуцированной в Самарской области // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы научной конференции. СПб, 1995.
9. Куркин В.А. Родиола розовая (золотой корень): стандартизация и создание лекарственных препаратов. Самара, 2015. 240 с.
10. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара, 2004. 1180 с.
11. Патент №2133620 (РФ). Способ получения средства, обладающего иммуномодулирующей активностью / В.А. Куркин, Г.Г. Запесочная, Е.В. Авдеева, Г.А. Маковецкая, В.Н. Ежков, В.А. Егоров, Н.В. Русакова, И.Г. Абрамочкина. – 1997.

12. Саратиков А.С., Краснов Е.А. Родиола розовая (золотой корень): 4-е изд., перераб. и доп. Томск, 2004. 292 с.
13. Саратиков А.С., Марина Т.Ф., Калико И.М. Стимулирующее влияние золотого корня на высшие отделы головного мозга // Известия Сибирского отделения АН СССР. Сер.: биолог.-мед. науки. 1965. Т. 8, №2. С. 120–125.
14. Саратиков А.С. и др. Выделение и исследование индивидуальных биологически активных веществ из родиолы розовой и четырехлепестной // Известия Сибирского отделения АН СССР. 1967. Т. 5, №1. С. 54–60.
15. Соболева Л.В. Анксиолитическая активность сухого экстракта родиолы розовой // Сборник научных статей Международной междисциплинарной научно-практической конференции. Самара, 2021. С. 97–105.
16. Степанова Э.Ф., Ширзад Баракат, Евсеева С.Б. Родиола розовая: состояние исследований и возможности создания косметических и дерматологических средств // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, №5. С. 36–62. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2016-4-5-36-62>.
17. Темирбулатова А.М., Лежнева Л.П., Хаджиева З.Д. и др. Фармакологические исследования экстракта родиолы розовой // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, №5. С. 219–223.
18. Chiang H.M., Chen H.C. et al. Rhodiola plants: chemistry and biological activity // Food and Drug Analysis. 2015. Vol. 23, no. 3. Pp. 359–369.
19. Chiang H.M., Chien Y.C., Wu C.H. et al. Hydroalcoholic extract of *Rhodiola rosea* L. (Crassulaceae) and its hydrolysate inhibit melanogenesis in B16F0 cells by regulating the CREB/MITF/tyrosinase pathway // Food and Chemical Toxicology. 2014. Vol. 65, no. 3. Pp. 129–139.
20. Galambosi B. *Rhodiola rosea* L. from wild collection to field production // Medicinal Plant Conservation. 2005. Vol. 11, no. 1. Pp. 31–35.
21. Pu W.-L., Zhang M.-Y., Bai R.-Y. et al. Anti-inflammatory effects of *Rhodiola rosea* L.: A review // Biomedicine and Pharmacotherapy. 2020. Vol. 121. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109552>.
22. Zaushintsena A.V., Bruhachev E.N., Belashova O.V. et al. Extracts of *Rhodiola rosea* L. and *Scutellaria galericulata* L. in functional dairy products // Foods and Raw Materials. 2020. Vol. 8, no. 1. Pp. 163–170. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-163-17>.
23. Balyan S., Mukherjee R., Priyadarshini A. et al. Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa* // Molecules. 2022. Vol. 27, no. 4. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>.
24. Мальцева Е.М., Егорова Н.О., Егорова И.Н., Мухамадиев Р.А. Антиоксидантная и антирадикальная активность *in vitro* экстрактов травы *Sanguisorba Officinalis* L., собранной в различные фазы развития // Медицина в Кузбассе. 2017. Т. 16, №2. С. 32–38.
25. Бубенчиков Р.А. Спектрофотометрический метод определения содержания суммы флавоноидов в надземной части *Viola odorata* // Научные ведомости. 2011. №9. С. 192–195.
26. Church D. et al. Burn wound infections // Clinical Microbiology Reviews. 2006. Vol. 19, no. 2. Pp. 403–434.
27. Popova A., Kzhyshkowska J., Nurgazieva D. et al. Pro- and anti-inflammatory control of M-CSF-mediated macrophage differentiation // Immunobiology. 2011. Vol. 216, no. 1-2. Pp. 164–172.
28. Куркин В.А. Химическое изучение родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.): дис. ... канд. фарм. наук. М., 1985. 165 с.

Поступила в редакцию 27 августа 2024 г.

После переработки 29 октября 2024 г.

Принята к публикации 26 ноября 2024 г.

Sheychenko A.A.*¹, Boyarintseva A.D.¹, Kazantseva K.I.¹, Shapovalova Ye.G.¹, Kurzina I.A. STUDY OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF RHODIOLA ROSEA EXTRACTS (RHODIOLA ROSEA L.)

Tomsk State University, Lenina ave., 36, Tomsk, 634050, Russia, shey4enko@mail.ru

Some of one of the urgent tasks of modern medicine and pharmaceuticals, as well as the chemical industry, is the search for and research of natural sources of substances possessing pharmacological activity. Within the framework of these tasks, there is increased interest in medicinal plant raw materials, which is associated with the content of a rich complex of biologically active substances, many of which exhibit specific pharmacological activity. This article is devoted to a comprehensive study of the properties of plant raw materials. As objects of research we used dry encapsulated food extract and supercritical fluid CO₂-extract of Rhodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.). The following studies were carried out: studies of antiradical activity by means of free radical DPPH (2,2-diphenyl-1-propylpropylhydrazyl), antibacterial activity by the hole-diffusion method in the author's modification, analysis of the total content of polyphenolic compounds and flavonoids by spectrophotometry, assessment of mononuclear cell viability using the resazurin test, qualitative analysis of samples by HPLC-MS and UV spectroscopy. It was experimentally revealed that extracts of Rhodiola rosea contain in their composition compounds of the class of polyphenols, flavonoids, phenylpropanoids, phytosteroids and terpenoids. CO₂-extract has the highest content of polyphenolic compounds, flavonoids - dry extract. Both extracts show antiradical activity, but the dry extract has it to a greater extent. The supercritical fluid extract does not adversely affect the viability of mononuclear cells. The antibacterial activity of the extracts has not been established. The value of the work is to enrich the knowledge base on the properties of Rhodiola rosea extracts, obtaining new data on its supercritical fluid CO₂-extracts, not presented to date among scientific papers. Based on experimental data, it is possible to note the prospective application of Rhodiola extracts in therapeutic and prophylactic treatment of a wide range of action.

Keywords: antiradical activity, antibacterial activity, polyphenolic compounds, flavonoids, cell viability, dry extract, CO₂ extract, *Rhodiola rosea* L.

For citing: Sheychenko A.A., Boyarintseva A.D., Kazantseva K.I., Shapovalova Ye.G., Kurzina I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 344–352. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240415720.

References

1. Kalinkina G.I., Sal'nikova Ye.N., Tikhonov V.N. *Lekarstvennye rasteniya, syr'ye i fitopreparaty: uchebnoye posobiye*. [Medicinal plants, raw materials and herbal preparations: a textbook]. Tomsk, 2004, vol. 2, 136 p. (in Russ.).
2. Bykov V.A., Zapesochnaya G.G., Kurkin V.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 1999, vol. 33, no. 1, pp. 28–39. (in Russ.).
3. Zapesochnaya G.G., Kurkin V.A. *III Mezhdunarodnaya konferentsiya «Ekologicheskaya patologiya i yeye farmakorreksiya»: tezisy dokladov*. [III International Conference "Ecological pathology and its pharmacorerection": abstracts of reports]. Chita, 1991, vol. 2. (in Russ.).
4. Zapesochnaya G.G., Kurkin V.A., Shchavinskii A.N. *Novyye lekarstvennye preparaty iz rasteniy Sibiri i Dal'nego Vostoka: Tezisy dokladov konferentsii*. [New medicinal preparations from plants of Siberia and the Far East: Abstracts of conference reports]. Tomsk, 1986, p. 37. (in Russ.).
5. Krasnov Ye.A., Veyts L.A. *Stimulyatory tsentral'noy nervnoy sistemy*. [Stimulants of the central nervous system]. Tomsk, 1968, vol. 2, pp. 18–21. (in Russ.).
6. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Avdeyeva Ye.V. i dr. *Ekologiya i zdorov'ye cheloveka: tezisy dokladov VI Mezhdunarodnogo kongressa*. [Ecology and human health: abstracts of reports of the VI International Congress]. Samara, 1999, pp. 122–123. (in Russ.).
7. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Avdeyeva Ye.V., Yezhkov V.N. *Fenilpropanoidy kak samostoyatel'nyy klass biologicheski aktivnykh soyedineniy*. [Phenylpropanoids as an independent class of biologically active compounds]. Samara, 2005, 128 p. (in Russ.).
8. Kurkin V.A., Kurkina T.A., Zapesochnaya G.G. i dr. *Biologicheskoye raznoobrazie. Introduksiya rasteniy: materialy nauchnoy konferentsii*. [Biological diversity. Introduction of plants: Materials of a scientific conference]. St. Petersburg, 1995. (in Russ.).
9. Kurkin V.A. *Rodiola rozovaya (zolotoy koren')*: standartizatsiya i sozdaniye lekarstvennykh preparatov. [Rhodiola rosea (golden root): standardization and creation of medicinal preparations]. Samara, 2015, 240 p. (in Russ.).
10. Kurkin V.A. *Farmakognosiya*. [Pharmacognosy]. Samara, 2004, 1180 p. (in Russ.).
11. Patent 2133620 (RU). 1997. (in Russ.).
12. Saratikov A.S., Krasnov Ye.A. *Rodiola rozovaya (zolotoy koren')*: 4-ye izd., pererab. i dop. [Rhodiola rosea (golden root): 4th ed., revised and enlarged]. Tomsk, 2004, 292 p. (in Russ.).
13. Saratikov A.S., Marina T.F., Kaliko I.M. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya AN SSSR. Ser.: biologo-med. nauki*, 1965, vol. 8, no. 2, pp. 120–125. (in Russ.).
14. Saratikov A.S. i dr. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya AN SSSR*, 1967, vol. 5, no. 1, pp. 54–60. (in Russ.).
15. Soboleva L.V. *Sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy mezhdisciplinarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Collection of scientific articles of the International interdisciplinary scientific and practical conference]. Samara, 2021, pp. 97–105. (in Russ.).
16. Stepanova E.F., Shirzad Barakat, Yevseyeva S.B. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2016, vol. 4, no. 5, pp. 36–62. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2016-4-5-36-62>. (in Russ.).

* Corresponding author.

17. Temirbulatova A.M., Lezhneva L.P., Khadzhiyeva Z.D. i dr. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, vol. 17, no. 5, pp. 219–223. (in Russ.).
18. Chiang H.M., Chen H.C. et al. *Food and Drug Analysis*, 2015, vol. 23, no. 3, pp. 359–369.
19. Chiang H.M., Chien Y.C., Wu C.H. et al. *Food and Chemical Toxicology*, 2014, vol. 65, no. 3, pp. 129–139.
20. Galambosi B. *Medicinal Plant Conservation*, 2005, vol. 11, no. 1, pp. 31–35.
21. Pu W.-L., Zhang M.-Y., Bai R.-Y. et al. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 2020, vol. 121. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109552>.
22. Zaushintseva A.V., Bruhachev E.N., Belashova O.V. et al. *Foods and Raw Materials*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 163–170. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-163-17>.
23. Balyan S., Mukherjee R., Priyadarshini A. et al. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 4. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>.
24. Mal'tseva Ye.M., Yegorova N.O., Yegorova I.N., Mukhamadiyarov R.A. *Meditrina v Kuzbasse*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 32–38. (in Russ.).
25. Bubenchikov R.A. *Nauchnyye vedomosti*, 2011, no. 9, pp. 192–195. (in Russ.).
26. Church D. et al. *Clinical Microbiology Reviews*, 2006, vol. 19, no. 2, pp. 403–434.
27. Popova A., Kzhyshkowska J., Nurgazieva D. et al. *Immunobiology*, 2011, vol. 216, no. 1-2, pp. 164–172.
28. Kurkin V.A. *Khimicheskoye izuchenie rodioly rozovoy (Rhodiola rosea L.): dis. ... kand. farm. nauk.* [Chemical study of Rhodiola rosea L.: diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Moscow, 1985, 165 p. (in Russ.).

Received August 27, 2024

Revised October 29, 2024

Accepted November 26, 2024

Сведения об авторах

Шейченко Ангелина Антоновна – магистрант, лаборант лаборатории исследования и применения сверхкритических флюидных технологий в агропищевых биотехнологиях, shey4enko@mail.ru

Бояринцева Анжела Дмитриевна – студент, лаборант лаборатории исследования и применения сверхкритических флюидных технологий в агропищевых биотехнологиях, anzhela.boyarinceva@gmail.com

Казанцева Ксения Игоревна – аспирант, лаборант лаборатории исследования и применения сверхкритических флюидных технологий в агропищевых биотехнологиях, xenia.caz@yandex.ru

Шаповалова Елена Григорьевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры природных соединений, фармацевтической и медицинской химии, egshapovalova@yandex.ru

Курзина Ирина Александровна – доктор физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии, kurzina99@mail.ru

Information about authors

Sheychenko Angelina Antonovna – postgraduate student, laboratory assistant of the laboratory of research and application of supercritical fluid technologies in agro-food biotechnology, shey4enko@mail.ru

Boyarintseva Angela Dmitrievna – student, laboratory assistant of the laboratory of research and application of supercritical fluid technologies in agro-food biotechnology, anzhela.boyarinceva@gmail.com

Kazantseva Ksenia Igorevna – graduate student, laboratory assistant of the laboratory of research and application of supercritical fluid technologies in agro-food biotechnology, xenia.caz@yandex.ru

Shapovalova Elena Grigorievna – candidate of technical sciences, senior lecturer of the department of natural compounds, pharmaceutical and medical chemistry, egshapovalova@yandex.ru

Kurzina Irina Alexandrovna – doctor of physical and mathematical sciences, associate professor, head of the department of natural compounds, pharmaceutical and medical chemistry, kurzina99@mail.ru