

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-3-173-179>
УДК 543.544.943.3.068.7:582.711.16:582.43(045)



Оригинальная статья / Research article

Исследование корневищ и корней родиолы розовой методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии

Н. В. Складневская✉, Ю. С. Алексеева, А. О. Понкраторова, Е. В. Жохова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СПбХФУ Минздрава России), 197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 14А

✉ Контактное лицо: Складневская Нелли Владимировна. E-mail: nelly.sklyarevskaya@pharminnotech.com

ORCID: Н. В. Складневская – <https://orcid.org/0000-0002-3735-4510>; Ю. С. Алексеева – <https://orcid.org/0000-0003-0780-9913>;
А. О. Понкраторова – <https://orcid.org/0000-0003-4879-9336>; Е. В. Жохова – <https://orcid.org/0000-0002-9763-096X>.

Статья поступила: 07.06.2022

Статья принята в печать: 16.08.2022

Статья опубликована: 25.08.2022

Резюме

Введение. В статье представлены результаты исследования с использованием метода высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) образцов разных сортов корневищ и корней родиолы розовой, выращиваемой в питомнике лекарственных растений Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета (СПХФУ).

Цель. Провести сравнительный анализ методом ВЭТСХ образцов подземных органов родиолы розовой, выращиваемой в питомнике лекарственных растений СПбХФУ.

Материалы и методы. ВЭТСХ анализ выполняли на приборе CAMAG (Швейцария) с использованием пластин MERCK HPTLC plates silica gel 60 F 254 размером 20 × 10 см. Извлечения из сырья получали, используя ультразвуковую ванну «Сапфир – 4,0 ТТЦ» (Россия). Корневища и корни *Rhodiola rosea* были заготовлены в августе 2019 г. в питомнике лекарственных растений СПбХФУ (Ленинградская обл., Всеволожский р-н, 38 км Приозерского шоссе).

Результаты и обсуждение. В ходе исследования из подземных органов родиолы розовой получали извлечения, используя в качестве экстрагентов спирты этиловый 70 % и метиловый. Полученные растворы изучали методом ВЭТСХ в системе растворителей этилацетат – метанол – вода – муравьиная кислота (77:13:10:2). После проведения сканирующей денситометрии при 254 нм было обнаружено, что разделение метанольных извлечений в данной системе растворителей осуществляется гораздо лучше, чем этанольных. Сравнивали денситограммы отдельных треков между собой для того, чтобы выявить образцы корневищ и корней родиолы розовой с большим содержанием биологически активных соединений. В результате сравнения треков 18 образцов подземных органов *Rhodiola rosea* (экстрагент – спирт этиловый 70 %), в числе перспективных для последующего исследования и культивирования были предложены образцы № 6 и 17.

Заключение. В результате анализа спиртовых извлечений из корневищ и корней родиолы розовой методом ВЭТСХ было установлено, что большим содержанием биологически активных соединений отличаются образцы 6 (Томск, Россия) и 17 (сорта Valla Di Aposta/Hirvos, страна происхождения – Италия/Финляндия).

Ключевые слова: *Rhodiola rosea*, родиола розовая, ВЭТСХ

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Ю. С. Алексеева, Н. В. Складневская и А. О. Понкраторова выполняли экспериментальную часть и интерпретировали результаты. Н. В. Складневская и Е. В. Жохова подготовили текст рукописи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

Финансирование. Результаты работы получены с использованием оборудования ЦКП «Аналитический центр ФГБОУ ВО СПбХФУ Минздрава России» в рамках соглашения № 075-15-2021-685 от 26 июля 2021 года при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Для цитирования: Складневская Н. В., Алексеева Ю. С., Понкраторова А. О., Жохова Е. В. Исследование корневищ и корней родиолы розовой методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(3):173–179. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-3-173-179>

Research of *Rhodiola rosea* Rhizomes and Roots Using High Performance Thin Layer Chromatography

Nelli V. Sklyarevskaya✉, Yulia S. Alexeeva, Anastasiia O. Ponkratova, Elena V. Zhokhova

St. Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, 14A, Prof. Popova str., Saint-Petersburg, 197022, Russia

✉ Corresponding author: Nelli V. Sklyarevskaya. E-mail: nelly.sklyarevskaya@pharminnotech.com

ORCID: Nelli V. Sklyarevskaya – <https://orcid.org/0000-0002-3735-4510>; Yulia S. Alexeeva – <https://orcid.org/0000-0003-0780-9913>;
Anastasiia O. Ponkratova – <https://orcid.org/0000-0003-4879-9336>; Elena V. Zhokhova – <https://orcid.org/0000-0002-9763-096X>.

Received: 07.06.2022

Revised: 16.08.2022

Published: 25.08.2022

Abstract

Introduction. The research results obtained through the analysis of different varieties of *Rhodiola rosea* rhizomes and roots using high-performance thin layer chromatography (HPTLC), grown in the Saint-Petersburg State Chemical-Pharmaceutical University (SPCPU) medicinal plants nursery garden, are represented.

© Складневская Н. В., Алексеева Ю. С., Понкраторова А. О., Жохова Е. В., 2022

© Sklyarevskaya N. V., Alexeeva Yu. S., Ponkratova A. O., Zhokhova E. V., 2022

Aim. To carry out a comparative analysis of *Rhodiola rosea* rhizomes and roots samples, grown in the SPCPU medicinal plants nursery using HPTLC.

Materials and methods. HPTLC analysis was performed on a CAMAG device (Switzerland), using MERCK HPTLC silica gel 60 F 254, 20 × 10 cm plates. Extracts were obtained from raw materials using an ultrasonic bath "Sapphire-4.0 TTC" (Russia). The *Rhodiola rosea* rhizomes and roots were harvested in the SPCPU medicinal plants nursery garden (Leningrad Region, Vsevolozhsk district, Priozerskoe Highway, 38 km) in August 2019.

Results and discussion. In the course of the research, extracts from *Rhodiola rosea* rhizomes and roots were obtained using 70 % ethyl alcohol and methyl alcohol as extractants. The extracts were investigated by HPTLC in ethyl acetate – methanol – water – formic acid (77:13:10:2) solvent system. After scanning densitometric analysis at 254 nm, the much better separation of methanol extracts in this solvent system was found than ethanol extracts. The densitograms of individual tracks were compared with each other in order to identify samples of *Rhodiola rosea* rhizomes and roots with a higher biologically active compounds content. As a result of the comparison of 18 samples tracks of the *Rhodiola rosea* rhizomes and roots (the extractant was ethyl alcohol 70 %), samples № 6 and 17 have been proposed as promising for further research and cultivation.

Conclusion. As a result of the analysis of alcohol extracts from *Rhodiola rosea* rhizomes and roots by HPTLC, the samples 6 (Tomsk, Russia) and 17 (Valla Di Aposta/Hirvos varieties, country of origin – Italy/Finland) were found to have a higher content of biologically active compounds.

Keywords: *Rhodiola rosea*, roseroot, HPTLC

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Yulia S. Alexeeva, Nelli V. Sklyarevskaya and Anastasiia O. Ponkratova performed the experimental part and interpreted the results. Nelli V. Sklyarevskaya and Elena V. Zhokhova took part in preparing of the article text. All authors took part in the discussion of the results.

Funding. Research results were obtained using the equipment of the Center for Collective Use "Analytical Center of Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University" within the framework of agreement No. 075-15-2021-685 dated July 26, 2021 with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russia.

For citation: Sklyarevskaya N. V., Alexeeva Yu. S., Ponkratova A. O., Zhokhova E. V. Research of *Rhodiola rosea* rhizomes and roots Using High Performance Thin Layer Chromatography. *Drug development & registration*. 2022;11(3):173–179. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-3-173-179>

ВВЕДЕНИЕ

Родиола розовая – *Rhodiola rosea* L. – представитель сем. толстянковых – *Crassulaceae*, корневища и корни которого используются в официальной медицине в качестве адаптогенного средства. Также выявлены антиоксидантная, анксиолитическая, антидепрессантная, ноотропная, иммуномодулирующая, противоопухолевая и другие виды активности [1, 2–10]. Химический состав вторичных метаболитов подземных органов *R. rosea* очень разнообразен. Основными действующими компонентами, обуславливающими адаптогенную активность лекарственного растительного сырья этого растения, являются фенолпропаноиды (розавин, розарин, розин) и простые фенольные соединения (тирозол, салидрозид) [1, 2, 11–14]. *R. rosea* встречается в России, арктической и горной Европе, Монголии, Китае, Северной Америке [1, 2]. Природные запасы родиолы розовой в Российской Федерации существенно сократились ввиду практически нерегулируемых заготовок подземных органов растения [1]. Поэтому расширение сырьевой базы за счет интродукции *R. rosea* является важным направлением для сохранения этого вида.

Цель исследования – сравнительный анализ методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) образцов подземных органов родиолы розовой, выращиваемой в питомнике лекарственных растений Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета (СПХФУ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были 18 образцов корневищ и корней родиолы розовой разных сортов. Подземные органы *R. rosea* заготовили в фазу плодоношения в августе 2019 г. в питомнике лекарственных растений СПХФУ.

ВЭТСХ анализ выполняли на приборе CAMAG (Швейцария) с использованием пластин MERCK HPTLC plates silica gel 60 F 254 размером 20 × 10 см. Образцы наносили на пластины методом распыления в виде полос длиной 8 мм с отступом справа 20 и 8 мм от нижнего края с помощью полуавтоматического аппликатора Linomat 5. Элюирование проводили в вертикальной автоматической камере с двумя желобками Twin Trough Chamber CAMAG ADC 2 с насыщением 20 мин (с фильтровальной бумагой). Изображения получали с помощью CAMAG® TLC Visualizer 2.

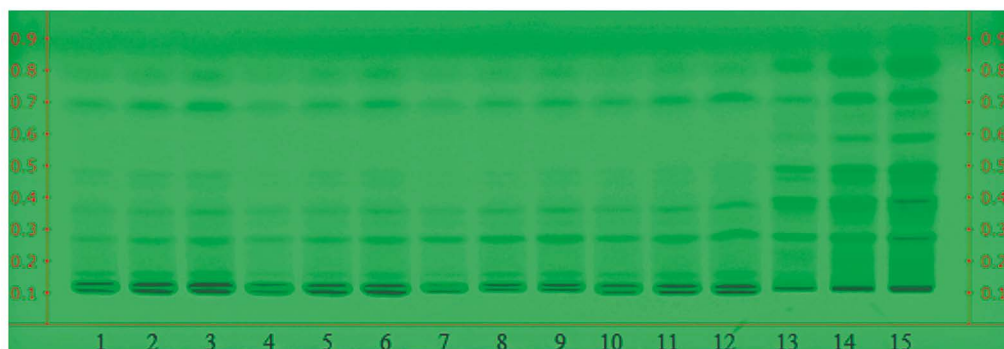


Рисунок 1. Хроматограмма образцов 1–4 (фотография при 254 нм)

Figure 1. Chromatogram of samples 1–4 (picture at 254 nm)

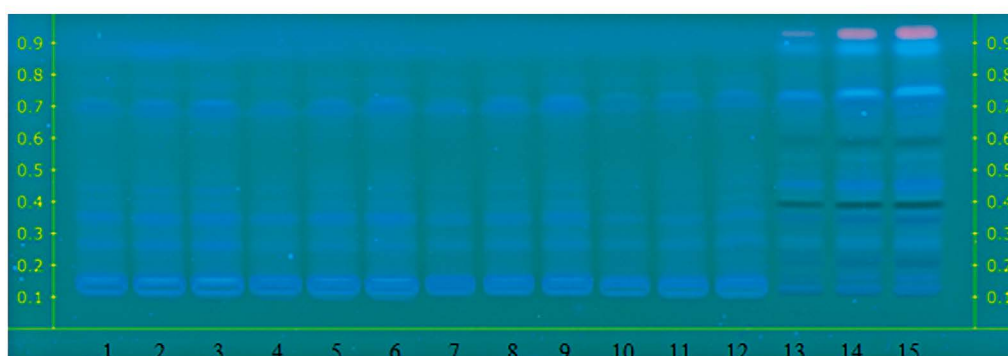


Рисунок 2. Хроматограмма образцов 1–4 (фотография при 366 нм)

Figure 2. Chromatogram of samples 1–4 (picture at 366 nm)

Сканирующую денситометрию проводили на спектроденситометре CAMAG® Scanner 3. Обработку результатов осуществляли с помощью программного обеспечения VisionCATS¹ [15–18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Образцы корневищ и корней родиолы розовой сушили при 70 °С методом инфракрасной сушки. Высушенное сырье измельчали на электрорезке ТУ 37-53 тип 622-1-М, просеивали через сито с отверстиями размером 0,25 мм. Извлечения из сырья с использованием в качестве экстрагента спирта этилового 70 % получали по методике Государственной фармакопеи Российской Федерации 14 издания с применением ультразвуковой ванны «Сапфир – 4,0 ТТЦ» (Россия)².

На первом этапе спиртовые растворы наносили на пластины для ВЭТСХ по 15, 20, 25 мкл (образцы 1–4, треки 1–12) (рисунки 1, 2). Образцы 5, 7–12 по

20 мкл (треки 1, 4–9, рисунок 3), 6 по 15 и 20 мкл (треки 2,3, рисунок 3), 13–18 по 20 мкл (треки 1–7, рисунок 4).

Для сравнения некоторые образцы экстрагировали метанолом. Метанольные извлечения получали по следующей методике: точную навеску (0,5 г) измельченного до размера частиц 0,25 мм сырья, помещали в колбу со шлифом, прибавляли 5 мл метанола. Колбы помещали в ультразвуковую ванну на 10 мин при температуре 60 °С. Полученное извлечение фильтровали через бумажный фильтр³. Растворы наносили на ВЭТСХ-пластины в объеме 5, 10, 15 мкл (образец 1, треки 13–15) (рисунки 1, 2). Образцы 2–4 (треки 10–15, рисунок 3), 5, 6 (треки 8–11, рисунок 4) по 10 и 15 мкл.

Затем пластины помещали в автоматическую камеру с системой растворителей этилацетат – метанол – вода – муравьиная кислота (77:13:10:2). Элюирование прекращалось автоматически, когда фронт растворителей достигал 70 мм от линии старта. Изображение пластин получали с помощью CAMAG® TLC Visualizer 2 в видимом и УФ-свете при длинах волн 254 и 366 нм (рисунки 1–4).

¹ CAMAG: World Leader in Planar Chromatography. Available at: <https://www.camag.com>. Accessed: 25.02.2022.

² Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Т. 4. ФС.2.5.0036.15 «Родиолы розовой корневища и корни». Доступно по: <http://femb.ru/record/pharmacopeia14>. Ссылка активна на 25.02.2022.

³ HPTLC Association. Available at: <https://www.hptlc-association.org>. Accessed: 25.02.2022.

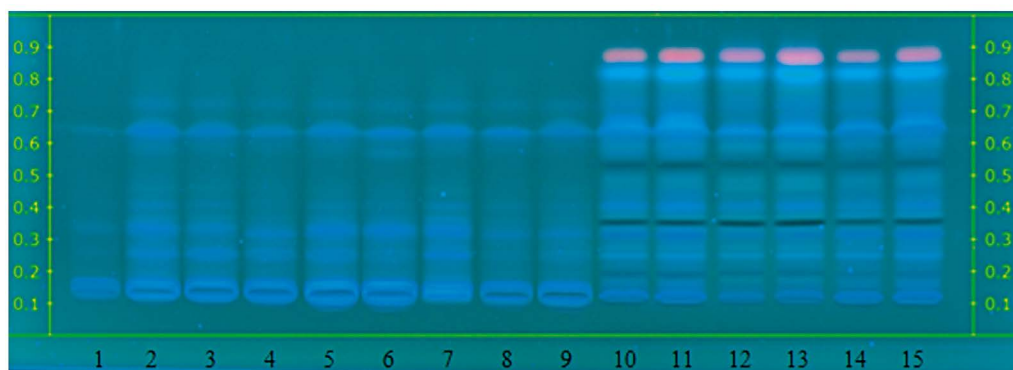


Рисунок 3. Хроматограмма образцов 5–12 (Э) и 2–4 (М) (фотография при 366 нм).

Примечание. Э – экстрагент этанол 70 %; М – экстрагент метанол

Figure 3. Chromatogram of samples 5–12 (E) and 2–4 (M) (picture at 254 nm).

Note. E – extractant ethanol 70 %; M – extractant methanol

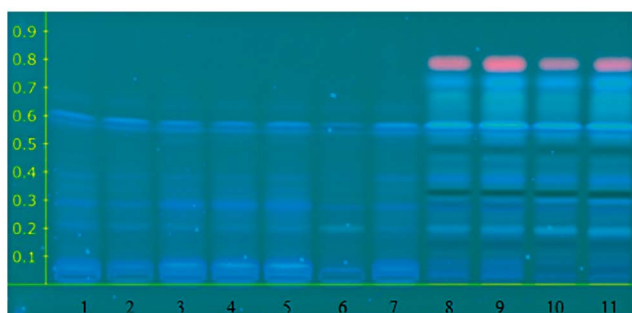


Рисунок 4. Хроматограмма образцов 13–18 (Э) и 5,6 (М) (фотография при 366 нм).

Примечание. Э – экстрагент этанол 70 %; М – экстрагент метанол

Figure 4. Chromatogram of samples 13–18 (E) and 5,6 (M) (picture at 254 nm).

Note. E – extractant ethanol 70 %; M – extractant methanol

На примере приведенных изображений (рисунки 1–4) видно, что разделение метанольных извлечений в данной системе растворителей осуществляется гораздо лучше, чем этанольных. Визуально на хроматограмме можно наблюдать большее количество пятен. Это подтверждают денситограммы треков, полученные с помощью спектроденситометра CAMAG® Scanner 3 (рисунки 5, 6). Таким образом, для проведения анализа корневищ и корней родиолы розовой гораздо целесообразнее использовать в качестве экстрагента спирт метиловый.

Сканирующую денситометрию проводили при 254 нм (рисунок 7). Сравнивали денситограммы отдельных треков между собой для того, чтобы выявить образцы с большим количеством соединений.

При визуальном сравнении треков 18 образцов корневищ и корней родиолы розовой (экстра-

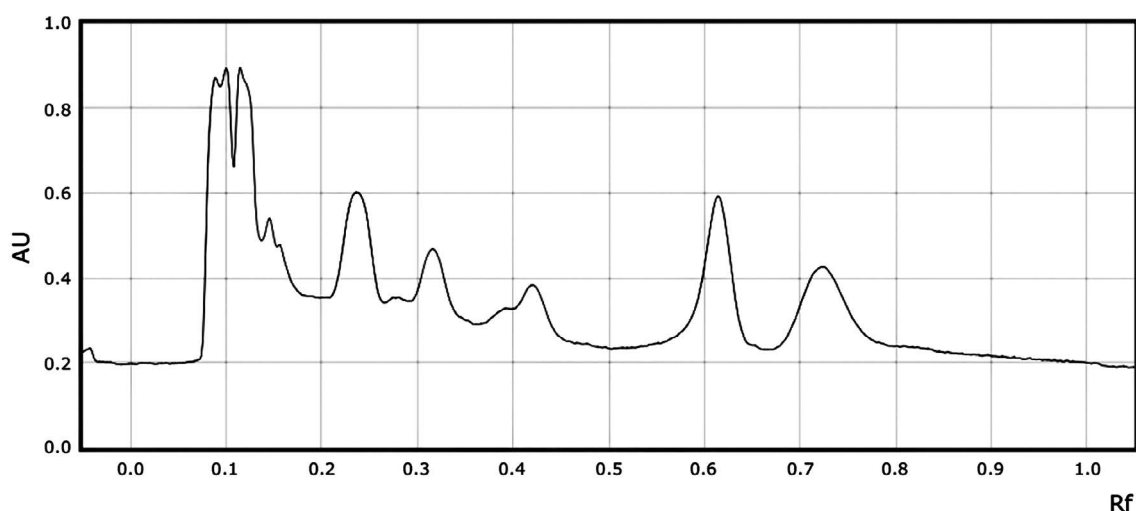


Рисунок 5. Денситограмма трека № 2 (рисунок 3) (образец 6, экстрагент – спирт этиловый 70 %)

Figure 5. Densitogram of the track № 2 (figure 3) (sample 6, extractant – ethyl alcohol 70 %)

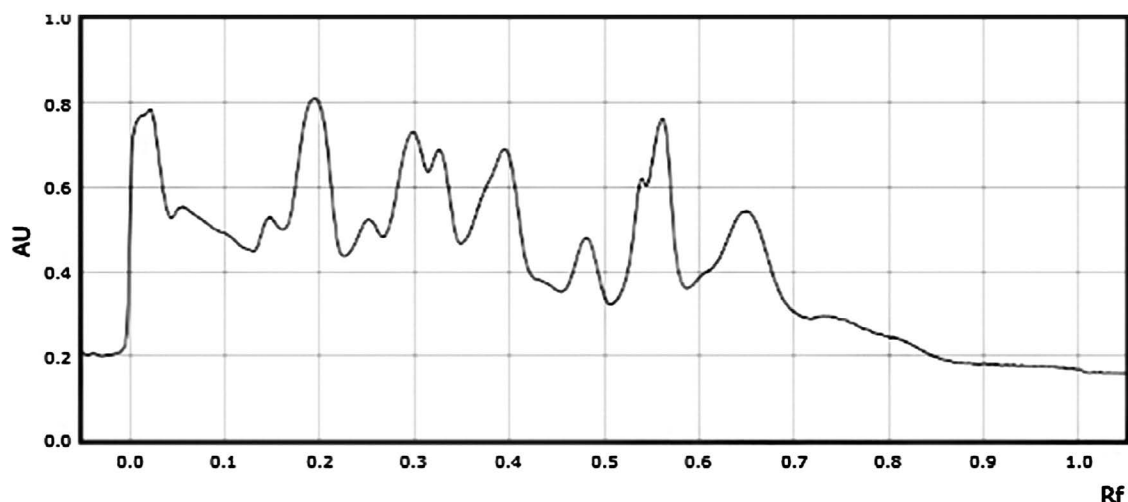


Рисунок 6. Денситограмма трека № 11 (рисунок 4) (образец 6, экстрагент – спирт метиловый)

Figure 6. Densitogram of the track № 11 (figure 4) (sample 6, extractant – methyl alcohol)

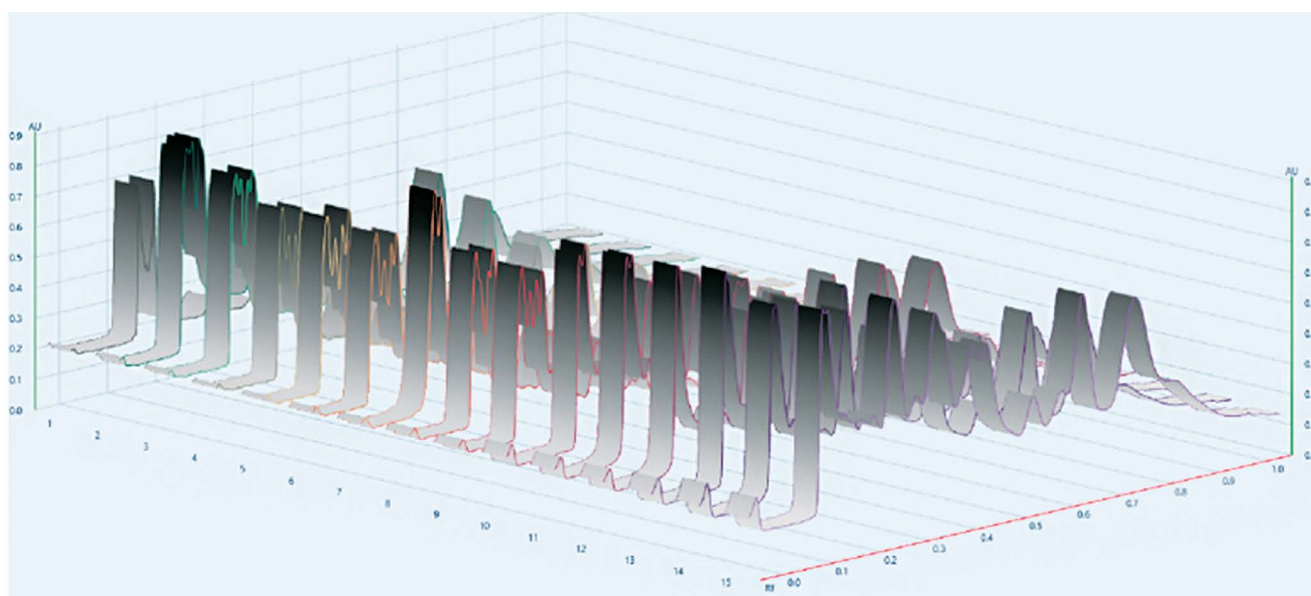


Рисунок 7. 3D денситограмма (254 нм) хроматограммы образцов 5–12

Figure 7. 3D densitogram (254 nm) chromatograms of samples 5–12

гент – спирт этиловый 70 %), было установлено, что перспективными для последующего исследования и культивирования являются образцы № 6, 17 (рисунки 5, 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа спиртовых извлечений из корневищ и корней родиолы розовой методом ВЭТСХ было установлено, что большим содержанием биологически активных веществ отличаются образцы 6 (Томск, Россия) и 17 (сорта Valla Di Aposta/Hirvos, страна происхождения – Италия/Финляндия).

ЛИТЕРАТУРА

1. Куркин В. А. Родиола розовая (золотой корень): стандартизация и создание лекарственных препаратов: монография. Самара: ООО «Офорт»; ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России. 2020. 240 с.
2. Буданцев А. Л., ред. Семейства *Actinidaceae* – *Malvaceae*, *Euphorbiaceae* – *Haloragaceae*. В кн.: Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2009. С. 168–171.
3. Amsterdam J. D., Panossian A. G. *Rhodiola rosea* L. as a putative botanical antidepressant. *Phytomedicine*. 2016;23(7):770–783. DOI: 10.1016/j.phymed.2016.02.009.
4. Angheliescu I. G., Edwards D., Seifritz E., Kasper S. Stress management and the role of *Rhodiola rosea*: a review. *International Jour-*

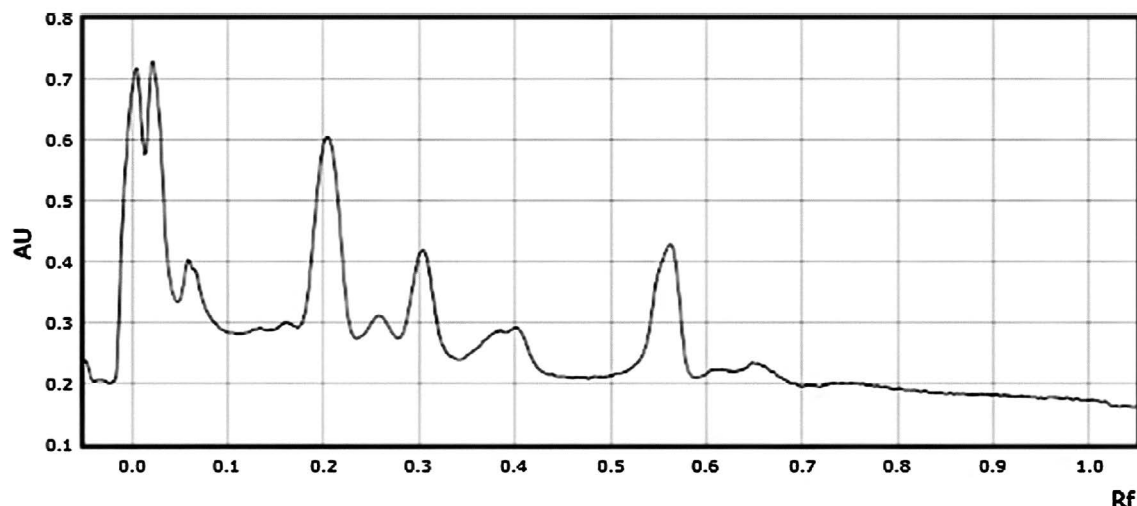


Рисунок 8. Денситограмма трека № 6 (рисунок 4) (образец 17, экстрагент – спирт этиловый 70 %)

Figure 8. Densitogram of the track № 6 (figure 4) (sample 17, extractant – ethyl alcohol 70 %)

- nal of Psychiatry in Clinical Practice. 2018;22(4):242–252. DOI: 10.1080/13651501.2017.1417442.
- Bai X. L., Deng X. L., Wu G. J., Li W. J., Jin S. *Rhodiola* and salidroside in the treatment of metabolic disorders. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2019; 19(19): 1611–1626. DOI: 10.2174/1389557519666190903115424.
 - Kosakowska O., Bączek K., Przybył J. L., Pióro-Jabrucka E., Czupa W., Synowiec A., Gniewosz M., Costa R., Mondello L., Węglarz Z. Antioxidant and Antibacterial Activity of Roseroot (*Rhodiola rosea* L.) Dry Extracts. *Molecules*. 2018;23(7):1767. DOI: 10.3390/molecules23071767.
 - Li Y., Pham V., Bui M., Song L., Wu C., Walia A., Uchio E., Smith-Liu F., Zi X. *Rhodiola rosea* L.: an herb with anti-stress, anti-aging, and immuno-stimulating properties for cancer chemoprevention. *Current Pharmacology Reports*. 2017; 3(6):384–395. DOI: 10.1007/s40495-017-0106-1.
 - Cui Q., Du R., Anantpadma M., Schafer A., Hou L., Tian J., Davey R., Cheng H., Rong L. Identification of ellagic acid from plant *Rhodiola rosea* L. as an Anti-Ebola Virus entry inhibitor. *Viruses*. 2018;10(4):152. DOI: 10.3390/v10040152.
 - Todorova V., Ivanova S., Delattre C., Nalbantova V., Karcheva-Bahchevanska D., Ivanova S. Plant Adaptogens – History and Future Perspectives. *Nutrients*. 2021;13(8):2861. DOI: 10.3390/nu13082861.
 - Кукина Т. П., Щербаков Д. Н., Зыбкина А. В., Елшин И. А., Корсаков В. О., Сальникова О. И., Колосов П. В., Сандаг Ц., Каракай Д. А., Мордвинова Е. Д. Влияние экстрагента на состав липофильных компонентов экстрактов корневища *Rhodiola rosea* L. и активность экстрактов. *Химия растительного сырья*. 2021;4:307–317. DOI: 10.14258/jcprm.2021049872.
 - Куркин В. А., Рязанова Т. К. Вопросы стандартизации лекарственных препаратов родиолы розовой. *Фармация и фармакология*. 2021;9(3):185–194. DOI: 10.190163/2307-9266-2021-9-3-185-194.
 - Elameen A., Kosman V. M., Thomsen M., Pozharitskaya I. N., Shikov A. N. Variability of Major Phenyletanes and Phenylpropanoids in 16-Year-Old *Rhodiola rosea* L. Clones in Norway. *Molecules*. 2020;25(15):3463. DOI: 10.3390/molecules25153463.
 - Panossian A., Wikman G., Sarris J. Rosenroot (*Rhodiola rosea*): traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy. *Phytomedicine*. 2010;17(7):481–493. DOI: 10.1016/j.phymed.2010.02.002.
 - Marchev A. S., Ivanka K., Koycheva, Ina Y., Aneva, Milen I., Georgiev Authenticity and quality evaluation of different *Rhodiola* species and commercial products based on NMR-spectroscopy and HPLC. *Phytochemical Analysis*. 2020;31(6):756–769. DOI: 10.1002/pca.2940.
 - Понкратова А. О., Уэйли А. К., Лужанин В. Г., Жохова Е. В. Использование метода высокоэффективной тонкослойной хроматографии для обнаружения фармакологически активных вторичных метаболитов в водянике черной *Empetrum nigrum* L. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2021;10(4):129–137. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-129-137.
 - Cañigüeral S., Frommenwiler D., Reich E., Vila R. High performance thin-layer chromatography (HPTLC) in the quality control of herbal products. *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences*. 2018;8:119–136.
 - Dimpfel W., Schombert L., Panossian A. G. Assessing the Quality and Potential Efficacy of Commercial Extracts of *Rhodiola rosea* L. by Analyzing the Salidroside and Rosavin Content and the Electrophysiological Activity in Hippocampal Long-Term Potentiation, a Synaptic Model of Memory. *Front. Pharmacol.* 2018;9:425. DOI: 10.3389/fphar.2018.00425.
 - Khokhlova K., Zdoryk O. Authentication of *Rhodiola rosea*, *Rhodiola quadrifida* and *Rhodiola rosea* liquid extract from the Ukrainian market using HPTLC chromatographic profiles. *Natural Product Research*. 2020;34(19):2842–2846. DOI: 10.1080/14786419.2019.1591398.

REFERENCES

- Kurkin V. A. *Rhodiola rosea* (golden root): standardization and development of drugs: monograph. 2nd ed., revised. and additional. Samara: LLC «Etching»; FSBEI HE Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 2020. 240 p. (In Russ.)
- Budancev A. L., editor. Families *Actinidaceae* – *Malvaceae*, *Euphorbiaceae* – *Haloragaceae*. In: Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their composition and biological activity. V. 2. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2009. P. 168–171. (In Russ.)
- Amsterdam J. D., Panossian A. G. *Rhodiola rosea* L. as a putative botanical antidepressant. *Phytomedicine*. 2016;23(7):770–783. DOI: 10.1016/j.phymed.2016.02.009.
- Anghelescu I. G., Edwards D., Seifritz E., Kasper S. Stress management and the role of *Rhodiola rosea*: a review. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*. 2018;22(4):242–252. DOI: 10.1080/13651501.2017.1417442.

5. Bai X. L., Deng X. L., Wu G. J., Li W. J., Jin S. *Rhodiola* and salidroside in the treatment of metabolic disorders. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2019; 19(19): 1611-1626. DOI: 10.2174/1389557519666190903115424.
6. Kosakowska O., Bączek K., Przybył J. L., Pióro-Jabrucka E., Czupa W., Synowiec A., Gniewosz M., Costa R., Mondello L., Węglarz Z. Antioxidant and Antibacterial Activity of Roseroot (*Rhodiola rosea* L.) Dry Extracts. *Molecules*. 2018;23(7):1767. DOI: 10.3390/molecules23071767.
7. Li Y., Pham V., Bui M., Song L., Wu C., Walia A., Uchio E., Smith-Liu F., Zi X. *Rhodiola rosea* L.: an herb with anti-stress, anti-aging, and immuno-stimulating properties for cancer chemoprevention. *Current Pharmacology Reports*. 2017; 3(6):384–395. DOI: 10.1007/s40495-017-0106-1.
8. Cui Q., Du R., Anantpadma M., Schafer A., Hou L., Tian J., Davey R., Cheng H., Rong L. Identification of ellagic acid from plant *Rhodiola rosea* L. as an Anti-Ebola Virus entry inhibitor. *Viruses*. 2018;10 (4):152. DOI: 10.3390/v10040152.
9. Todorova V., Ivanov K., Delattre C., Nalbantova V., Karcheva-Bahchevanska D., Ivanova S. Plant Adaptogens – History and Future Perspectives. *Nutrients*. 2021;13(8):2861. DOI: 10.3390/nu13082861.
10. Kukina T. P., Shcherbakov D. N., Zybina A. V., Elshin I. A., Korsakov V. O., Salnikova O. I., Kolosov P. V., Sandag Ts., Karakay D. A., Mordvinova E. D. Influence of extractant on the composition of lipophilic components of *Rhodiola rosea* L. rhizome extracts and activity of extracts. *Chemistry of plant raw materials*. 2021;4:307–317. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2021049872.
11. Kurkin V. A., Ryazanova T. K. Standardization problems of medicinal preparations from *Rhodiola rosea* L. *Pharmacy & Pharmacology*. 2021;9(3):185–194. (In Russ.) DOI: 10.190163/2307-9266-2021-9-3-185-194.
12. Elameen A., Kosman V. M., Thomsen M., Pozharitskaya I. N., Shikov A. N. Variability of Major Phenyletanes and Phenylpropanoids in 16-Year-Old *Rhodiola rosea* L. Clones in Norway. *Molecules*. 2020;25(15):3463. DOI: 10.3390/molecules25153463.
13. Panossian A., Wikman G., Sarris J. Rosenroot (*Rhodiola rosea*): traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy. *Phytomedicine*. 2010;17(7):481–493. DOI: 10.1016/j.phymed.2010.02.002.
14. Marchev A. S., Ivanka K. Koycheva, Ina Y. Aneva, Milen I. Georgiev Authenticity and quality evaluation of different *Rhodiola* species and commercial products based on NMR-spectroscopy and HPLC. *Phytochemical Analysis*. 2020;31(6):756–769. DOI: 10.1002/pca.2940.
15. Ponkratova A. O., Whaley A. K., Luzhanin V. G., Zhokhova E. V. Using high performance thin layer chromatography for the detection of pharmacologically active secondary metabolites in *Empetrum nigrum* L. *Drug development & registration*. 2021;10(4):129-137. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-129-137.
16. Cañigueral S., Frommenwiler D., Reich E., Vila R. High performance thin-layer chromatography (HPTLC) in the quality control of herbal products. *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences*. 2018; VIII:119-136.
17. Dimpfel W., Schombert L., Panossian A. G. Assessing the Quality and Potential Efficacy of Commercial Extracts of *Rhodiola rosea* L. by Analyzing the Salidroside and Rosavin Content and the Electrophysiological Activity in Hippocampal Long-Term Potentiation, a Synaptic Model of Memory. *Front. Pharmacol*. 2018; 9: 425. DOI: 10.3389/fphar.2018.00425.
18. Khokhlova K., Zdoryk O. Authentication of *Rhodiola rosea*, *Rhodiola quadrifida* and *Rhodiola rosea* liquid extract from the Ukrainian market using HPTLC chromatographic profiles. *Natural Product Research*. 2020; 34(19): 2842-2846. DOI: 10.1080/14786419.2019.1591398.