

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
С ПОМОЩЬЮ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Н. В. Меньшутина¹, И. В. Казеев², А. И. Артемьев¹,
И. И. Худеев¹, П. А. Флегонтов³**

*Кафедра фармацевтического и химического инжиниринга (1),
wtukarb@gmail.com; Инжиниринговый центр «Продукты и технологии тонкого
органического синтеза» (3), ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университет им. Д. И. Менделеева», Москва, Россия;
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский
центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава РФ (2), Москва, Россия*

Ключевые слова: аралозиды; биологически активные вещества; высокоэффективная жидкостная хроматография; гинзенозиды; масс-спектрометрия; сапонины; сверхкритическая экстракция; флавоноиды.

Аннотация: Экспериментально изучен способ применения сверхкритических технологий для получения растительных экстрактов. Приведена принципиальная схема экспериментальной установки для исследования сверхкритической экстракции биологически активных веществ из растительного сырья. Представлены результаты исследования высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим детектированием для идентификации извлекаемых биологически активных веществ и их массового выхода.

Введение

Традиционно лекарственные растения используются как источник необходимых фитохимических и биологически активных веществ: флавоноидов, сапонинов, гликозидов, аминокислот, пигментов, жирных кислот и т.д. [1]. Многие фитохимические вещества применяются в качестве пищевых добавок, компонентов в фармакологических препаратах и косметических средствах.

Применение сверхкритических технологий для получения растительных экстрактов берет свое начало с конца 1970-х годов [2]. По сравнению с аналогичными способами экстрагирования, сверхкритическая экстракция проводится при невысоких температурах, что позволяет избежать деградации термолабильных биологически активных веществ, и при отсутствии токсичных растворителей, сохраняя биологическую активность целевых компонентов. Применение недорогих, экологичных и нетоксичных растворителей при сверхкритической экстракции (СКЭ) позволяет использовать получаемые экстракты в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [3]. При этом растворители в сверхкритическом состоянии обладают лучшей растворяющей способностью, благодаря высокому коэффициенту диффузии и способности сверхкритического растворителя проникать внутрь растительной клетки [4].

Сверхкритическая экстракция применяется в пищевой промышленности при декофеинизации кофе [5], для извлечения ценных биологически активных веществ из хмеля, ромашки, розмарина и т.д. [6 – 8]. В промышленном масштабе данный метод используется в таких странах, как Китай, США, Германия [9]. На рисунке 1 изображена промышленная установка СКЭ для получения растительных экстрактов [10]. В качестве исследуемого материала взяты аралия, женьшень и якорцы, которые содержат биологически активные вещества, входящие в состав биологически активных препаратов, внесенных в реестр лекарственных препаратов России [11, 12].

Основную часть биологически активных компонентов в аралии составляют тритерпеновые гликозиды олеаноловой кислоты – аралозиды А, В и С. Данные компоненты применяются для укрепления организма, повышения стрессоустойчивости и улучшения иммунной системы. Структурная формула аралозидов изображена на рис. 2 [13].

Основными биологически активными компонентами женьшеня являются гинзенозиды. Получаемый фитокомплекс из женьшеня применяется для лечения опухолей, рака, сердечно-сосудистых заболеваний и обладает успокаивающими и антиоксидантными свойствами. Всего из женьшеня выделено и охарактеризовано 38 гинзеноцидов. Основные из них (Rg1, Rb1 и Rf) представлены на рис. 3 [14].



Рис. 1. Промышленная установка сверхкритической экстракции растительного сырья [10]

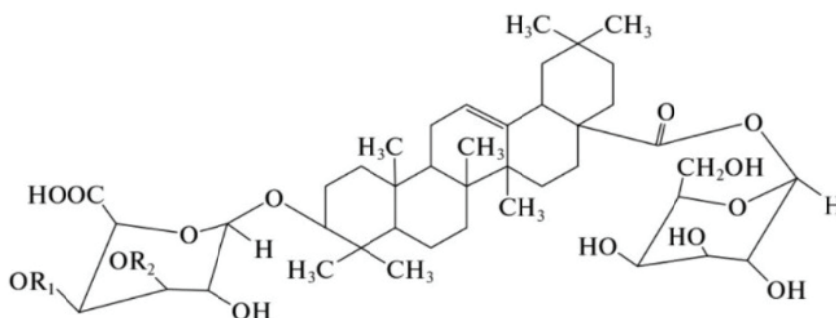


Рис. 2. Структурная формула аралозидов:

А – (R₁ = L-арабиноза, R₂ = H); В – (R₁ = L-арабиноза, R₂ = L-арабиноза);

С – (R₁ = D-галактоза, R₂ = D-ксилоза) [13]

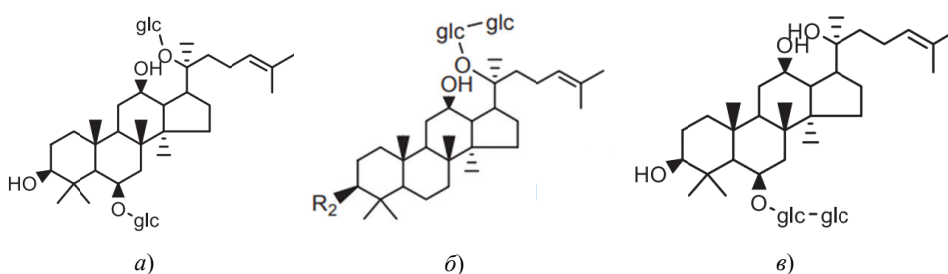


Рис. 3. Структурные формулы гинзенозидов [14]:
a – Rg1; *б* – Rb1; *в* – Rf

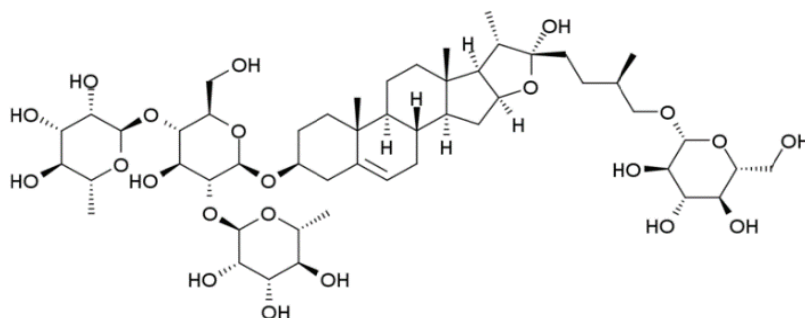


Рис. 4. Структурная формула протодиосцина [16]

Основными биологически активными компонентами якорцев являются сапонины, флавоноиды и алкалоиды. Экстракт якорцев проявляет антиоксидантные, актимикробные, противовоспалительные свойства и применяется при лечении заболеваний глаз и кожного зуда [15]. Структурная формула основного сапонина – протодиосцина – изображена на рис. 4 [16].

Получаемые растительные экстракты отличаются уникальными лечебными свойствами. Применяя при СКЭ в качестве экстрагента смесь сверхкритического диоксида углерода, этанола и воды, появляется возможность извлечения биологически активных веществ из растительного сырья, сохраняя его биологическую активность и фармакологические свойства.

Материалы и методы

Для приготовления экстрактов использовали сертифицированное сырье. В качестве исследуемого объекта использовались высушенные корни аралии маньчжурской и женьшеня и высушенная надземная часть якорцев. Экстракцию проводили этанолом (объемная доля 95 %), дистиллированной водой и диоксидом углерода (99,8 %).

Для проведения СКЭ требуется специальное оборудование, способное выдерживать повышенное давление. Благодаря техническому оформлению и использованию экологических растворителей, биологически активные вещества сохраняют свои активные свойства и в дальнейшем могут использоваться в качестве пищевых добавок и компонентов в фармацевтических препаратах. На рисунке 5 представлена лабораторная установка собственной конструкции, на которой проводился процесс СКЭ аралозидов из аралии, гинзенозидов из женьшеня и комплекса сапонинов из якорцев [17].

Процесс СКЭ проводится в несколько этапов: подготовка сырья, его термическая обработка, СКЭ в статическом режиме, СКЭ при постоянном расходе сверхкритического диоксида углерода, вакуумное испарение. Перед проведением процесса СКЭ сырье предварительно подготавливали: сушили, измельчали, про-

сеивали через сито и помещали в водный раствор этанола. Полученную смесь термостатировали и выдерживали в определенный промежуток времени. Термически обработанную смесь помещали в экстрактор. После герметизации экстрактора в него подавали диоксид углерода и устанавливали технологические параметры. Смесь выдерживали при сверхкритических условиях в экстракторе в течение определенного промежутка времени. Затем в экстрактор подавали сверхкритический диоксид углерода при постоянном расходе в течение определенного времени. В ходе процесса СКЭ экстракт собирали в сепараторе. После проведения процесса экстракции изотермически понижали давление в экстракторе до атмосферного. Собранный экстракт подвергали вакуумному испарению в целях определения целевых компонентов. Для подтверждения сходимости результатов для каждого эксперимента по извлечению целевых компонентов методом СКЭ проводили по серии из трех опытов.

Анализ образцов полученных экстрактов проводили с использованием масс-спектрометра модели LCMS-8040, соединенного с высокоэффективным жидкостным хроматографом Shimadzu Nexera XR спектрофотометрическим детектором на диодной матрице SPD-M20A. Выход определяли через процентное содержание БАВ в исследуемых экстрактах.

Кроме того, для сравнения выхода целевых компонентов при СКЭ проводили в несколько этапов классическую жидкостную экстракцию: подготовка сырья, его термическая обработка, вакуумное фильтрование. Перед термостатированием сырья измельчали, сушили, просеивали через сито и добавляли в 33%-й этиловый спирт. Полученную смесь термически обрабатывали в термостате при заданной температуре в определенный промежуток времени. Затем экстракт получали путем вакуумного фильтрования, после которого он не требовал дополнительных очисток. Для вакуумного фильтрования использовали воронку Бюхнера и колбу Бунзена.

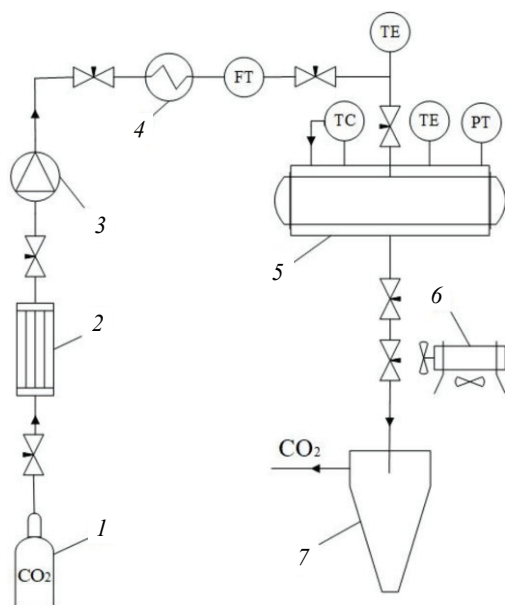


Рис. 5. Принципиальная схема установки для извлечения биологически активных веществ СКЭ [17]:

1 – баллон CO₂; 2 – конденсатор; 3 – насос для подачи CO₂; 4 – теплообменник; 5 – экстрактор; 6 – нагревательный элемент; 7 – сепаратор; TC – регулятор температуры; FT – расходомер; PT – датчик давления

Экспериментальная часть

На основании результатов аналитических исследований представлен массовый выход аралозидов А и С, полученных методами СКЭ и жидкостной экстракцией (рис. 6, а). Состав экстракта аралии соответствует данным, представленным

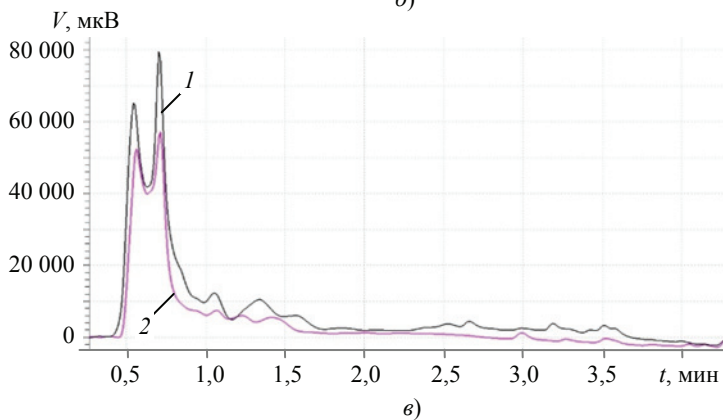
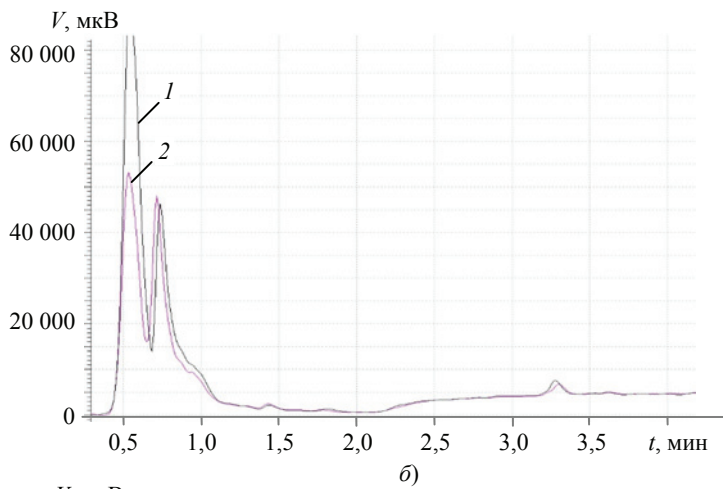
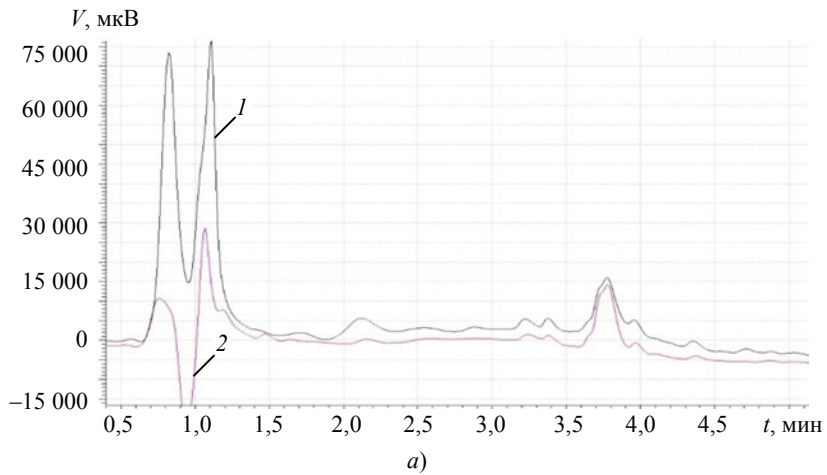


Рис. 6. Качественные анализы аралозидов (а), гинзенозидов (б) и сапонинов (в) в экстрактах, полученных методами СКЭ (1) и жидкостной экстракцией (2)

в [13, 18, 19]. При хроматографировании время удерживания аралозидов составило 3,9; 4; 4,6 и 4,8 мин для аралозидов А и его изомеров; 3,7 мин для аралозидов С и его изомера. С помощью разработанной методики высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемной масс-спектрометрией (**ВЭЖХ-МС**) установлено, что содержание аралозидов в 1,5 раза выше в экстракте, полученном методом СКЭ, чем жидкостной экстракцией.

На основании результатов ВЭЖХ-МС на рис. 6, б, представлен массовый выход гинзенозидов, полученных методом СКЭ. Состав экстракта женьшеня соответствует данным, представленным в литературе [20]. При хроматографировании время удерживания гинзенозидов составило 0,8; 2,1; 3,1; 3,4; 3,6; 4,5; 4,7; 5,8; 6,4; 6,9 и 7,3 мин. Массовый выход гинзенозидов в экстрактах СКЭ более чем в 1,2 раза превысил массовый выход методом жидкостной экстракции.

На основании результатов ВЭЖХ-МС на рис. 6, в, показан массовый выход сапонинов, полученных жидкостной экстракцией. Состав экстракта якорцев соответствует данным, представленным в литературе [21]. При хроматографировании время удерживания составило 2,66 мин для протодинина в экстракте, полученном жидкостной экстракцией. Также при анализе экстракта обнаружен гликозидный остаток соланина. В экстракте, полученном СКЭ, обнаружены следы сапонинов (агликон) и гликозидный остаток соланина.

Выводы

Данные результаты позволяют утверждать целесообразность применения сверхкритических технологий для извлечения биологически активных веществ из растительного сырья. В качестве экстрагента использована смесь диоксида углерода, этилового спирта и воды. Процесс СКЭ является перспективным методом извлечения аралозидов из аралии маньчжурской и гинзенозидов из женьшеня. Применение сверхкритических технологий позволяет извлечь из якорцев агликон и гликозидный остаток соланина. Кроме того, получаемые экстракты возможно использовать в качестве пищевых добавок и компонентов к фармацевтическим препаратам.

Список литературы

1. Кафаров, В. В. Исследование и оптимизация процесса твердофазной экстракции биологически активных веществ из растительного сырья / В. В. Кафаров // Тр. Моск. хим.-технол. ин-та им. Д. И. Менделеева. – 1979. – № 106. – С. 48 – 53.
2. King, J. W. Modern Supercritical Fluid Technology for Food Applications / J. W. King // Annual Review of Food Science and Technology. – 2014. – No. 5. – P. 215 – 238. doi: 10.1146/annurev-food-030713-092447
3. Techno-Economic and Profitability Analysis of Extraction of Patchouli Oil Using Supercritical Carbon Dioxide / S. H. Soh, A. Jain, L. Y. Lee [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 297. – P. 126661. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126661
4. Dias, A. L. B. Extraction of Natural Products Using Supercritical Fluids and Pressurized Liquids Assisted by Ultrasound: Current Status and Trends / A. L. B. Dias, A. C. de Aguiar, M. A. Rostagno // Ultrasonics Sonochemistry. – 2021. – Vol. 74. – P. 105584. doi: 10.1016/j.ultsonch.2021.105584
5. Пат. US3806619А США, НКИ 426/478. Process for Recovering Caffeine / Zosel K. – Опубл. 1974.
6. Универсальная установка для экстракции двуокисью углерода / Е. П. Кошевой, Х. Р. Блягоз, Х. Р. Суюхов [и др.] // Известия высш. учеб. заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 4. – С. 67 – 69.

7. Горбунова, Е. В. Сравнение сверхкритических (СК) и других экстрактов / Е. В. Горбунова, Т. Е. Бережная // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет. Серия: Технические науки». – 2011. – № 135. – С. 91 – 96.
8. Зилфикаров, И. Н. Обработка лекарственного растительного сырья сжиженными газами и сверхкритическими флюидами / И. Н. Зилфикаров, В. А. Челомбитько, А. М. Алиев. – Пятигорск : Пятигорская гос. фармацевтическая академия, 2007. – 244 с.
9. Суб- и сверхкритические флюидные среды в пищевой, парфюмерной и фармацевтической отраслях промышленности / Ф. М. Гумеров, Л. Ю. Яруллин, Hung Truong Nam [и др.] // Вестн. технол. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 8. – С. 30 – 35.
10. Сравнение докритической и сверхкритической CO₂-экстракции. – Текст электронный // Биоцевтика. – URL : <http://www.biocevtika.ru/co2-extractions-supercritical-undercritical-comparision/> (дата обращения: 20.01.2022).
11. Medicinal Plants of the Russian Pharmacopoeia; their History and Applications / A. N. Shikov, O. N. Pozharitskaya, V. G. Makarov [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2014. – Vol. 154, No. 3. – P. 481 – 536. doi: 10.1016/j.jep.2014.04.007
12. Государственный реестр лекарственных средств. – URL : <https://grls.rosminzdrav.ru/> (дата обращения: 26.07.2021).
13. Получение олеаноловой кислоты и ее производных гидролизом аралозидов аралии маньчжурской в субкритической воде / О. В. Филонова, А. В. Лекарь, С. Н. Борисенко [и др.] // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. – 2015. – Т. 10, № 2. – С. 31 – 39.
14. Characterizing a Full Spectrum of Physico-Chemical Properties of (20S)-and (20R)-Ginsenoside Rg3 to be Proposed as Standard Reference Materials / I. W. Kim, W. S. Sun, B. S. Yun [et al.] // Journal of Ginseng Research. – 2013. – Vol. 37, No. 1. – P. 124 – 134. doi: 10.5142/jgr.2013.37.124
15. Extraction Technology, Component Analysis, Antioxidant, Antibacterial, Analgesic and Anti-Inflammatory Activities of Flavonoids Fraction from *Tribulus Terrestris* L. leaves / C. Tian, Y. Chang, Z. Zhang [et al.] // Heliyon. – 2019. – Vol. 5, No. 8. – P. e02234. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02234
16. Tribulus Terrestris and Female Reproductive System Health: A Comprehensive Review / A. Ghanbari, N. Akhshi, S. E. Nedaei [et al.] // Phytomedicine. – 2021. – Vol. 84. – P. 153462. doi: 10.1016/j.phymed.2021.153462
17. Применение сверхкритической экстракции для выделения химических соединений / Н. В. Меньшутина, И. В. Казеев, А. И. Артемьев [и др.] // Известия высш. учеб. заведений. Химия и хим. технология. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 4 – 19. doi: 10.6060/ivkkt.20216406.6405
18. Тандемная масс-спектрометрия в технологии определения аралозидов композиции фитоадаптогенов / И. В. Казеев, О. А. Бочарова, В. Е. Шевченко [и др.] // Теорет. основы хим. технологии. – 2020. – Т. 54, № 6. – С. 733 – 737. doi: 10.31857/S0040357120050085
19. «One-pote»-методика получения олеаноловой кислоты из корней аралии маньчжурской в среде субкритической воды / А. В. Лекарь, Е. В. Максименко, С. Н. Борисенко [и др.] // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2019. – Т. 14, № 2. – С. 14 – 22.
20. Characterization of Korean Red Ginseng (*Panax ginseng* Meyer): History, Preparation Method, and Chemical Composition / S. M. Lee, B. S. Bae, H. W. Park [et al.] // Journal of Ginseng Research. – 2015. – Vol. 39, No. 4. – P. 384 – 391. doi: 10.1016/j.jgr.2015.04.009

A Study of the Extraction of Biologically Active Substances Using Supercritical Technologies from Plant Raw Materials

N. V. Menshutina¹, I. V. Kazeev², A. I. Artemiev¹, I. I. Khudeev¹, P. A. Flegontov³

Department of Pharmaceutical and Chemical Engineering (1), wtykapb@gmail.com, Engineering Center "Products and Technologies of Fine Organic Synthesis" (3), Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia; N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center (2), Moscow, Russia

Keywords: aralosides; biologically active substances; high performance liquid chromatography; ginsenosides; mass spectrometry; saponins; supercritical extraction; flavonoids.

Abstract: A method of using supercritical technologies to obtain plant extracts has been experimentally studied. A schematic diagram of an experimental setup for the study of supercritical extraction of biologically active substances from plant materials is presented. The results of an HPLC-MS study of the identification of extracted biologically active substances and their mass yield are presented.

References

1. Kafarov V.V. [Research and optimization of the process of solid-phase extraction of biologically active substances from plant raw materials], *Trudy Moskovskogo khimiko-tekhnologicheskogo instituta im. D. I. Mendeleeva* [Proceedings of the Moscow Institute of Chemical Technology. D. I. Mendeleev], 1979, no. 106, pp. 48-53. (In Russ.)
2. King J.W. Modern Supercritical Fluid Technology for Food Applications, *Annual Review of Food Science and Technology*, 2014, no. 5, pp. 215-238, doi: 10.1146/annurev-food-030713-092447
3. Soh S.H., Jain A., Lee L.Y., Chin S.K., Yin C.Y., Jayaraman S. Techno-Economic and Profitability Analysis of Extraction of Patchouli Oil Using Supercritical Carbon Dioxide, *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 297, p. 126661, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126661
4. Dias A.L.B., de Aguiar A.C., Rostagno M.A. Extraction of Natural Products Using Supercritical Fluids and Pressurized Liquids Assisted by Ultrasound: Current Status and Trends, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2021, vol. 74, p. 105584, doi: 10.1016/j.ultsonch.2021.105584
5. Zosel K. Process for Recovering Caffeine, U.S., 1974, pat. US3806619A.
6. Koshevoy Ye.P., Blyagoz Kh.R., Siyukhov Kh.R., Skhalyakhov A.A., Chundyshko V.Yu. [Universal installation for carbon dioxide extraction], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 1999, no. 4, pp. 67-69. (In Russ.)
7. Gorbunova Ye.V., Berezhnaya T.Ye. [Comparison of supercritical (SC) and other extracts], *Nauchnyye trudy Yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy «Krymskiy agrotekhnologicheskii universitet. Seriya: Tekhnicheskije nauki»* [Scientific works of the Southern Branch

of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine “Crimean Agrotechnological University. Series: Engineering Sciences”, 2011, no. 135, pp. 91-96. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Zilfikarov I.N., Chelombit'ko V.A., Aliyev A.M. *Obrabotka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya szhizhennymi gazami i sverkhkriticheskimi flyuidami* [Treatment of medicinal plant raw materials with liquefied gases and supercritical fluids], Pyatigorsk: Pyatigorskaya gosudarstvennaya farmatsevticheskaya akademiya, 2007, 244 p. (In Russ.)

9. Gumerov F.M., Yarullin L.Yu., Hung Truong Nam, Sagdeyev A.A., Gabitov F.R., Kayumova V.A. [Sub- and supercritical fluids in the food, perfume and pharmaceutical industries], *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2017, vol. 20, no. 8, pp. 30-35. (In Russ.)

10. <http://www.biozevtika.ru/co2-extractions-supercritical-undercritical-comparison/> (accessed 20 January 2022).

11. Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Makarov V.G., Wagner H., Verpoorte R., Heinrich M. Medicinal Plants of the Russian Pharmacopoeia; their History and Applications, *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, vol. 154, no. 3, pp. 481-536, doi: 10.1016/j.jep.2014.04.007

12. <https://grls.rosminzdrav.ru/> (accessed 26 July 2021).

13. Filonova O.V., Lekar' A.V., Borisenko S.N. [et al.] [Obtaining oleanolic acid and its derivatives by hydrolysis of aralosides of Manchurian aralia in subcritical water], *Sverkhkriticheskiye flyuidy: Teoriya i praktika* [Supercritical fluids: Theory and practice], 2015, vol. 10, no. 2, pp. 31-39. (In Russ., abstract in Eng.)

14. Kim I.W., Sun W.S., Yun B.S., Kim N.R., Min D., Kim S.K. Characterizing a Full Spectrum of Physico-Chemical Properties of (20S)-and (20R)-Ginsenoside Rg3 to be Proposed as Standard Reference Materials, *Journal of Ginseng Research*, 2013, vol. 37, no. 1, pp. 124-134, doi: 10.5142/jgr.2013.37.124

15. Tian C., Chang Y., Zhang Z. [et al.] Extraction Technology, Component Analysis, Antioxidant, Antibacterial, Analgesic and Anti-Inflammatory Activities of Flavonoids Fraction from *Tribulus Terrestris* L. leaves, *Heliyon*, 2019, vol. 5, no. 8, p. e02234, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02234

16. Ghanbari A., Akhshi N., Nedaei S.E. [et al.] *Tribulus Terrestris* and Female Reproductive System Health: A Comprehensive Review, *Phytomedicine*, 2021, vol. 84, p. 153462, doi: 10.1016/j.phymed.2021.153462

17. Men'shutina N.V., Kazeyev I.V., Artem'yev A.I., Bocharova O.A., Khudeyev I.I. [Application of supercritical extraction for isolation of chemical compounds], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology], 2021, vol. 64, no. 6, pp. 4-19, doi: 10.6060/ivkkt.20216406.6405 (In Russ., abstract in Eng.)

18. Kazeyev I.V., Bocharova O.A., Shevchenko V.Ye. [et al.] [Tandem mass spectrometry in the technology of determination of aralosides in the composition of phytoadaptogens], *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical foundations of chemical technology], 2020, vol. 54, no. 6, pp. 733-737, doi: 10.31857/S0040357120050085 (In Russ., abstract in Eng.)

19. Lekar' A.V., Maksimenko Ye.V., Borisenko S.N. [et al.] [One-pote method for obtaining oleanolic acid from Manchurian Aralia roots in subcritical water], *Sverkhkriticheskiye flyuidy: teoriya i praktika* [Supercritical fluids: Theory and practice], 2019, vol. 14, no. 2, pp. 14-22. (In Russ., abstract in Eng.)

20. Lee S.M., Bae B.S., Park H.W. [et al.] Characterization of Korean Red Ginseng (*Panax ginseng* Meyer): History, Preparation Method, and Chemical Composition, *Journal of Ginseng Research*, 2015, vol. 39, no. 4, pp. 384-391, doi: 10.1016/j.jgr.2015.04.009

21. Affaf A., Karpenko Yu.N., Gulyaev D.K. [et al.] Phytochemical Study of Tribulus Terrestris L., *Farmatsiya i farmakologiya* [Pharmacy and pharmacology], 2019, vol. 7, no. 6, pp. 346-355, doi: 10.19163/2307-9266-2019-7-6-279-290 (In Eng., abstract in Russ.)

Extraktionsforschung der biologisch aktiven Stoffe aus pflanzlichen Rohstoffen mit Hilfe der überkritischen Technologien

Zusammenfassung: Es ist das Verfahren zur Verwendung überkritischer Technologien zur Gewinnung von Pflanzenextrakten experimentell untersucht. Ein schematisches Diagramm der Versuchsanlage zur Untersuchung der überkritischen Extraktion biologisch aktiver Substanzen aus Pflanzenmaterialien ist vorgestellt. Die Ergebnisse der Studie zur Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit Tandem-Massen-Spektrometer-Detektion zur Identifizierung von extrahierten biologisch aktiven Substanzen und deren Massenausbeute sind vorgestellt.

Étude d'extraction des substances biologiquement actives provenant des matières premières végétales à l'aide des technologies supercritiques

Résumé: Est expérimentalement étudiée la méthode de l'application des technologies supercritiques pour la production des extraits de plantes. Est présenté le schéma de principe de l'installation expérimentale pour l'étude de l'extraction supercritique des substances biologiquement actives à partir des matières premières végétales. Sont présentés les résultats de l'étude de chromatographie en phase liquide à haute efficacité avec la détection par spectrométrie de masse en tandem pour identifier les substances bioactives récupérables et leur sortie de masse.

Авторы: *Меньшутина Наталья Васильевна* – доктор технических наук, профессор, руководитель Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», Москва, Россия; *Казеев Илья Владимирович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава РФ, Москва, Россия; *Артемьев Артем Ильич* – ведущий инженер, Международный учебно-научный центр трансфера фармацевтических и биотехнологий; *Худеев Илларион Игоревич* – ведущий инженер, Международный учебно-научный центр трансфера фармацевтических и биотехнологий; *Флегонтов Павел Алексеевич* – кандидат биологических наук, инженер, инжиниринговый центр «Продукты и технологии тонкого органического синтеза», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», Москва, Россия.