

Научная статья
УДК 575.224.46.044
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.038

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭКСТРАКЦИИ НА ВЫХОД ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЭКСТРАКТАХ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Алена Алексеевна Койгерова^{1✉}, Никита Сергеевич Цветов²

^{1,2}Лаборатория медицинских и биологических технологий Центра наноматериаловедения
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

²Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

¹a.koygerova@ksc.ru[✉], <http://orcid.org/0000-0002-8843-0122>

²n.tsvetov@ksc.ru <http://orcid.org/0000-0003-1356-2259>

Аннотация

Целью настоящего исследования явилось определение зависимости выхода общего количества полифенольных компонентов от температурных условий экстракции из растения *Chamaenerion angustifolium* (L.). Scop. с использованием в качестве экстрагента глубокого эвтектического растворителя. Проведено сравнение эффективности трёх различных температур экстракции: 30, 45 и 60 °C с дополнительным шейкированием.

Ключевые слова:

биологически активные вещества, полифенолы, глубокие эвтектические растворители, фитохимия

Благодарности:

статья выполнена при поддержке федерального бюджета по теме государственного задания Кольского научного центра РАН № FMEZ-2023-0012.

Финансирование:

государственное задание по теме НИР № FMEZ-2023-0012.

Для цитирования:

Койгерова А. А., Цветов Н. С. Влияние температуры экстракции на выход полифенольных компонентов в экстрактах кипрея узколистного на основе глубоких эвтектических растворителей // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2024. Т. 15, № 1. С. 239–242. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.038.

Original article

THE EFFECT OF EXTRACTION TEMPERATURE ON THE YIELD OF POLYPHENOLIC COMPONENTS IN EXTRACTS OF CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM (L.) BASED ON DEEP EUTECTIC SOLVENTS

Alena A. Koygerova^{1✉}, Nikita S. Tsvetov².

^{1,2}Laboratory of Medical and Biological Technologies, Nanomaterial Research Centre of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia

²I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia

¹a.koygerova@ksc.ru[✉], <http://orcid.org/0000-0002-8843-0122>

²n.tsvetov@ksc.ru <http://orcid.org/0000-0003-1356-2259>

Abstract

The aim of the present study was to determine the dependence of the yield of total polyphenolic compounds on the temperature conditions of extraction from *Chamaenerion angustifolium* (L.). Scop.c, using a deep eutectic solvent as extractant. The work compared the efficiencies of three different extraction temperatures: 30°C, 45°C and 60°C with additional shaking.

Keywords:

biologically active substances, polyphenols, deep eutectic solvents, phytochemistry

Acknowledgments:

the article was carried out with the support of the federal budget on the topic of the state assignment of the Kola Science Centre of RAS No. FMEZ-2023-0012.

Funding:

state assignment on the topic of research No. FMEZ-2023-0012.

For citation:

Koygerova A. A., Tsvetov N. S. The effect of extraction temperature on the yield of polyphenolic components in extracts of *Chamaenerion Angustifolium* (L.) based on deep eutectic solvents // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 239–242. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.038.

Введение

Биологически активные компоненты, обнаруженные в растениях, уже довольно давно и широко используются в медицине и продемонстрировали своё преимущество за счёт широкого спектра действия. Однако исследователям приходится сталкиваться с рядом сложностей. Одна из них — выделение чистых веществ из растений в индивидуальном виде и их дальнейшее использование. Для того чтобы выделение отдельных компонентов, оказывающих непосредственное терапевтическое действие, происходило наиболее эффективно, необходимо изначально подобрать оптимальные условия для проведения экстракции. Применение стандартных и общеизвестных экстрагентов всё больше заставляет задумываться о применении новых растворителей, отвечающих принципам «зелёной химии» и не обладающих токсическими свойствами. К таким растворителям сейчас относят DES (Deep eutectic solvents) — глубокие эвтектические растворители, они определяются как смесь двух или более чистых соединений, которые при соединении в соответствующем соотношении дают эвтектическую смесь, отличающуюся от идеального термодинамического поведения. Это отклонение обусловлено сильными взаимодействиями между исходными компонентами, действующими как доноры водородных связей (HBD) и акцепторы водородных связей (HBA). HBD и HBAs взаимодействуют в DESs, образуя плотную молекулярную сеть, придающую им удивительно интересные физические и химические свойства, которые включают низкую температуру плавления, низкую летучесть, высокую термическую стабильность и высокую сольбилизирующую способность широкого спектра соединений, в частности, плохо растворимых в воде [1].

Глубокие эвтектические растворители представляют интерес для современных фармацевтических и косметологических технологий как альтернатива традиционным органическим экстрагентам [2].

Поиск перспективных и богатых на биологически активные соединения растений осложняется тем, что эта область уже достаточно широко изучена и требует от исследователей более комплексного подхода. Кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium*) не внесён в Государственную фармакопею РФ, вследствие чего мало изучен. С открытием всё новых полезных свойств кипрея доказывается перспективность его дальнейшего исследования.

Трава кипрея содержит фенольные соединения: простые фенолы (эллаговая и галловая кислоты), фенилпропаноиды, кумарины, флавоноиды (ауроновой группы: миквелианин — производное кверцетина, афцелин и кемпферол-3-О-глюкуронид — производные кемпферола, мирицитрин и др.), танины, слизистые вещества (до 15 %), сахара, витамин С [3]. Содержание данных соединений лежит в основе выраженного иммуномодулирующего эффекта кипрея узколистного. Экстракты кипрея узколистного малотоксичны, в них не содержится сильнодействующих и ядовитых веществ [4].

Целью настоящего исследования явилось определение влияния температуры экстракции на суммарное количество полифенольных веществ в растительных экстрактах кипрея узколистного.

Сбор растительного материала

Сбор *C. angustifolium* проводился на экспериментальной площадке ПАБСИ имени Н.А. Аврорина г. Кировск (67°36'53" с. ш., 33°40'21" в. д.).

Сбор, сушка, и хранение растительного материала проводились в соответствии с ГОСТ 59425-2021. Далее растительный материал был высушен до постоянной массы и измельчён при помощи мельницы. После этого дополнительно просеян через сито, диаметр ячеек которого составил 1 мм.

Экстракция

В качестве экстрагента был синтезирован DES, состоящий из хлорида холина (ChCl) и глицерина (Gly) в соотношении 2 ChCl:1 Gly и 50 массовых долей H₂O. Для экстракции было выбрано соотношение массы сухой навески к объёму экстрагента — 1 к 10. Масса навески растительного материала — 0,1 г, объём экстрагента — 1 мл. Каждый экстракт получали в трёхкратной повторности. Экстракция проводилась при помощи ультразвуковой ванны ВИЛИТЕК VBS-3DP мощностью 100 %, продолжительность — 60 мин, нагрев — 30, 45 и 60 °C соответственно. Криопробирки с растительным

материалом дополнительно шейкировали каждые 5 мин на протяжении всей экстракции в соответствии с ранее полученными данными [5]. После экстракт центрифугировали в течение 5 мин 5000 об/мин в центрифуге ELMi Multi CM 6. Для проведения химических анализов полученный экстракт разбавляли в 100 раз в 90 % EtOH.

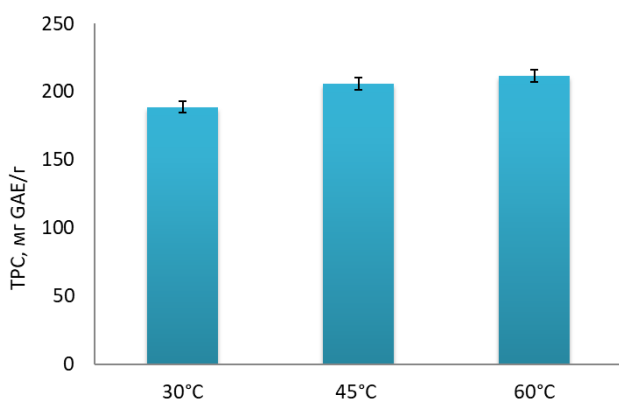
Общее количество полифенольных веществ в растительных экстрактах определяли при помощи реакции с реактивом Фолина — Чиоколтеу и карбонатом натрия (NaCO_3) [6]. В виалах с завинчивающейся крышкой к 1 мл раствора Фолина — Чиоколтеу добавляли 200 мкл предварительно разбавленного в 100 раз экстракта, а затем 800 мкл NaCO_3 [7]. Полученную смесь инкубировали в термостате при постоянной температуре 25 °C в течение 60 мин, после чего измеряли оптическую плотность (A) раствора при длине волны 765 нм с помощью фотоколориметра КФК-3-01 (ЗОМЗ, Россия, 2010 г.) Калибровка была проведена с использованием растворов галловой кислоты в диапазоне концентраций 100–1000 мкг/мл. Общее содержание полифенольных веществ в полученном экстракте выражается в миллиграммах-эквивалентах галловой кислоты (GAE) на 1 г растительного материала:

$$\text{TPC} = \frac{D(A_{765} - b)V_{\text{ext}}}{a \cdot m_{\text{plant}}}, \text{ мг GAE/г}$$

где A_{765} — оптическая плотность при длине волны 765 нм; D — коэффициент разбавления; a и b — коэффициенты линейного уравнения градуировочного графика (наклон и сдвиг соответственно), V_{ext} — объем экстрагента; m_{plant} — масса растительного материала.

Каждый экстракт был получен и проанализирован в трёхкратной повторности [5].

Результаты и обсуждение



Сравнение общего содержания полифенольных компонентов (TPC) при разных температурах

В результате сравнения общего содержания полифенольных компонентов в полученных при разных температурах экстрактах видно, что выход полифенолов незначительно изменялся с повышением температуры (рис.). Максимальное значение $211,6 \pm 4,6$ мг GAE/г наблюдалось при 60 °C. Для температур 30 и 45 °C выход полифенолов составил $205,9 \pm 4,3$ и $188,6 \pm 4,1$ мг GAE/г соответственно.

Заключение

В работе получены данные об общем содержании полифенолов в экстрактах иван-чая на основе DES. Выяснили, что повышение температуры экстракции незначительно улучшало выход полифенольных компонентов,

при этом разница в значениях при температурах 45 и 60 °C менее выражена. Вероятно, что для более эффективной экстракции необходимо проводить оптимизацию в каждом конкретном случае, то есть учитывать дополнительные параметры: степень измельчения растительного материала, соотношение экстрагента и сухого вещества, мощность ультразвуковой ванны. Полученные данные могут быть полезны для дальнейших разработок технологий извлечения биологически активных веществ из растительного материала с помощью DES.

Список источников

1. Ferreira C., Sarraguça M. A. Comprehensive Review on Deep Eutectic Solvents and Its Use to Extract Bioactive Compounds of Pharmaceutical Interest // *Pharmaceuticals*. 2024. Vol. 17. P. 124.
2. Dzhavakhyan M. A., Pavelieva O. K. Modern trends in the development of pharmaceutical technology in the production of extraction drugs (review) // *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2021. Vol. 24, No. 6. P. 11–19. doi:0.29296/25877313-2021-06-02.

3. Валов Р. И. Фармакогностическое исследование надземной части *Chamerion angustifolium* (L.) Scop.: автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук: 14.04.02. Улан-Уде, 2012. 22 с.
4. Царёв В. Н., Базарнова Н. Г., Дубенский М. М. Кипрей узколистый (*Chamaenerion Angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность // *Химия растительного сырья*. 2016. № 4. С. 15–26. doi:10.14258/jcprm.2016041549.
5. A Extraction of bioactive components from *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. With choline chloride and organic acids natural deep eutectic solvents / N. Tsvetov [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27 (13). P. 4216. doi:10.3390/molecules27134216.
6. Кипрей узколистый — перспективный источник биологически активных соединений / Г. Р. Бушуева [и др.] // *Микроэлементы в медицине*. 2016. Т. 17, № 2. С. 15–23. doi:10.19112/2413-6174-2016-17-2-15-23.
7. Цветов Н. С., Коровкина А. В., Паукшта О. И. Экстракция флавоноидов из *Koenigia weyrichii* с помощью глубокой эвтектической смеси хлорид холина + глицерин // *Химия растительного сырья*. 2021. № 4. С. 199–206. doi:10.14258/jcprm.2021049530.

References

1. Ferreira C., Sarraguça M. A Comprehensive Review on Deep Eutectic Solvents and Its Use to Extract Bioactive Compounds of Pharmaceutical Interest. *Pharmaceutics*, 2024, Vol. 17, pp. 124.
2. Dzhavakhyan M. A., Pavelieva O. K. Modern trends in the development of pharmaceutical technology in the production of extraction drugs (review). *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*, 2021, Vol. 24, No. 6, pp. 11–19. doi:10.29296/25877313-2021-06-02.
3. Valov R. I. *Farmakognosticheskoe issledovanie nadzemnoj chasti Chamerion angustifolium* (L.) Scop. Avtoref. diss. kand. farmacevt. nauk. [Pharmacognostic study of the aboveground part of *Chamerion angustifolium* (L.) Scop. PhD (Pharmacology) diss.]. Ulan-Ude, 2012, 22 p.
4. Tsaryov V. N., Bazarnova N. G., Dubenskij M. M. Kiprej uzkolistnyj (*Chamaenerion Angustifolium* L.) himicheskij sostav, biologicheskaya aktivnost' [Narrow-leaved cypress (*Chamaenerion Angustifolium* L.) chemical composition, biological activity]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2016, Vol. 4, pp. 15–26. doi:10.14258/jcprm.2016041549. (In Russ.).
5. Tsvetov N., Pasichnik E., Korovkina A., Gosteva A. A Extraction of bioactive components from *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. With choline chloride and organic acids natural deep eutectic solvents. *Molecules*, 2022, Vol. 27 (13), pp. 4216. doi:10.3390/molecules27134216.
6. Bushueva G. R., Syroeshkin A. V., Maksimova T. V., Skal'nyj A. V. Kiprej uzkolistnyj — perspektivnyj istochnik biologicheskij aktivnyh soedinenij [Narrow — leaved cypress is a promising source of biologically active compounds]. *Mikroelementy v medicine* [Trace elements in medicine], 2016, Vol. 17 (2), pp. 15–23. doi:10.19112/2413-6174-2016-17-2-15-2 (In Russ.).
7. Tsvetov N. S., Korovkina A. V., Paukshta O. I. Ekstrakciya flavonoidov iz *Koenigia weyrichii* s pomoshch'yu glubokoj evteticheskoy smesi Cholina chlorid + glycerol [Extraction of flavonoids from *Koenigia weyrichii* using a deep eutectic mixture of choline chloride + glycerin]. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of vegetable raw materials], 2021, Vol. 4, pp. 199–206. doi:10.14258/jcprm.2021049530. (In Russ.).

Информация об авторах

А. А. Койгерова — научный сотрудник;

Н. С. Цветов — кандидат химических наук, научный сотрудник;

Information about the authors

A. A. Koygerova — Researcher;

N. S. Tsvetov — PhD (Chemistry), Researcher.

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 12.04.2024.
The article was submitted 08.04.2024; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 12.04.2024.