



Лукашов Р.И.✉, Гурина Н.С.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Эхинацеи пурпурной трава: выделение фракций биологически активных веществ при поэтапной обработке

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Лукашов Р.И. – выполнение экспериментальных работ, оформление результатов, написание текста рукописи; Гурина Н.С. – постановка цели работы, методическое руководство выполнением экспериментальной работы, обсуждение результатов.

Финансирование: работа выполнена в рамках задания 2.2.3 «Получить и стандартизировать экстракционные лекарственные формы с повышенным содержанием биологически активных веществ» в рамках государственной программы научных исследований 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорганомия» подпрограммы 2.2 «Синтез и направленное модифицирование регуляторов биопроцессов (Биорегуляторы)».

Подана: 02.09.2024

Принята: 17.10.2024

Контакты: r_lukashov@mail.ru

Резюме

Цель. Оценка возможности получения отдельных фракций биологически активных веществ (каротиноидов, гидроксикоричных кислот, полисахаридов) путем поэтапной обработки эхинацеи пурпурной травы.

Материалы и методы. Выполняли трехэтапную обработку: обезжиривание гептаном (экстракция каротиноидов), водно-органическая (выделение гидроксикоричных кислот) и водная экстракция (осаждение полисахаридов). Количественное определение каротиноидов и гидроксикоричных кислот выполняли спектрофотометрическим методом, полисахаридных фракций – гравиметрическим. После отгонки гептана получен твердый маслянистый остаток, который растворяли в масле для получения масляного экстракта.

Результаты. Максимальное содержание каротиноидов отмечено в липофильных извлечениях, полученных при обезжиривании термически обработанного сырья. Содержание каротиноидов в масляных экстрактах сопоставимо с исходным. Обезжиривание гептаном увеличивает выход гидроксикоричных кислот на 43,6% при водно-органической экстракции. С введением новых этапов обработки суммарное содержание и содержание отдельных полисахаридных фракций снижается с повышением степени их чистоты. Соотношение полисахаридных фракций не изменяется при использовании всех примененных способов обработки.

Заключение. Поэтапная обработка эхинацеи пурпурной травы позволяет в одном технологическом цикле выделить три фракции (каротиноиды, гидроксикоричные кислоты, полисахариды). Метод рекомендовано использовать для получения лекарственных средств, обогащенных конкретной группой биологически активных веществ или с меньшим содержанием примесей.

Ключевые слова: поэтапная обработка, эхинацеи пурпурной трава, каротиноиды, гидроксикоричные кислоты, полисахариды, фракции биологически активных веществ

Lukashou R.✉, Gurina N.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Purple Coneflower Herb: Stepwise Processing for Isolation of Biologically Active Substances Fractions

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Lukashou R. – conducted experiments, presented the results, and drafted the manuscript; Gurina N. – set the aim for the work, provided methodological guidance for the experiments, and participated in discussions of the results.

Financing: the work was carried out as part of Assignment No. 2.2.3 Production and Standardisation of Extracts with an Increased Content of Biologically Active Substances within the framework of State Research Programme No. 2 Chemical Processes, Reagents and Technologies, Bioregulators and Bioorganic Chemistry and Sub-programme No. 2.2 Synthesis and Targeted Modification of Bioprocess Regulators (Bioregulators).

Submitted: 02.09.2024

Accepted: 17.10.2024

Contacts: r_lukashov@mail.ru

Abstract

Purpose. Evaluation of the possibility of obtaining individual fractions of biologically active substances (carotenoids, hydroxycinnamic acids, polysaccharides) by stepwise processing of purple coneflower herb.

Materials and methods. Three-stage processing was performed: defatting with heptane (extraction of carotenoids), water-organic (isolation of hydroxycinnamic acids) and water extraction (precipitation of polysaccharides). Quantitative determination of carotenoids and hydroxycinnamic acids was performed spectrophotometrically, polysaccharide fractions – gravimetrically. After distillation of heptane, a solid oily residue was obtained, which was dissolved in oil to obtain an oil extract.

Results. The maximum content of carotenoids was noted in lipophilic extracts obtained by defatting heat-treated medicinal plant raw materials. The content of carotenoids in oil extracts is comparable to the original. Defatting with heptane increases the yield of hydroxycinnamic acids by 43.6% during aqueous-organic extraction. With the introduction of new processing stages, the total content and the content of individual polysaccharide fractions decrease with an increase in their purity. The ratio of polysaccharide fractions does not change when using all the applied processing methods.

Conclusion. The stepwise processing of purple coneflower herb allows one to isolate three fractions (carotenoids, hydroxycinnamic acids, polysaccharides) in one technological cycle. The method is recommended for use in obtaining medicinal products enriched with a specific group of biologically active substances, or with a lower content of impurities.

Keywords: stepwise processing, purple coneflower herb, carotenoids, hydroxycinnamic acids, polysaccharides, fractions of biologically active substances

■ ВВЕДЕНИЕ

Трава эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench, Asteraceae Dumort.) относится к широко используемым видам лекарственного растительного сырья (ЛРС), на основе которого получают ряд лекарственных средств и биологически активных добавок к пище [1]. Основными показаниями к применению лекарственных

форм на основе эхинацеи являются кратковременная профилактика и лечение в составе комплексной терапии острых респираторных заболеваний (внутреннее применение) и лечение небольших поверхностных раневых повреждений (наружное применение). В доклинических исследованиях показано влияние на неспецифическую систему иммунитета (фагоцитоз макрофагами и активность естественных клеток-киллеров) [2, 3].

Эхинацея пурпурная в составе лекарственных средств популярна среди населения и находит клиническое применение. К основным показаниям к ее медицинскому применению в клинической практике относят при внутреннем применении профилактику и лечение (в составе комбинированной терапии) острых респираторных вирусных инфекций и острых респираторных заболеваний (ОРЗ); лечение (в составе комплексной терапии) инфекционных заболеваний дыхательного и мочевыводящего тракта; лечение инфекционно-воспалительных заболеваний носоглотки и ротовой полости, а также применение при язвенных поражениях желудка и двенадцатиперстной кишки и хронических инфекционных патологиях рецидивирующего течения мочевыводящего тракта; при наружном – терапию небольших поверхностных ран.

Терапию ОРЗ целесообразно начинать при первых признаках заболевания при длительности применения более 10 дней. Наружно применяют в виде примочек и компрессов в изотоническом растворе натрия хлорида, срок наружного применения не должен превышать 7 дней.

Эхинацея может вызвать развитие аллергических реакций у пациентов с атопией, с предрасположенностью к аллергическим реакциям на растения семейства астровых.

Учитывая влияние эхинацеи на систему иммунитета, к противопоказаниям при ее медицинском применении можно отнести прогрессирующие системные и аутоиммунные заболевания (туберкулез, ВИЧ-инфекция или СПИД, рассеянный склероз, распространенный атеросклероз, раковые заболевания, саркоидоз, коллагенозы), патологию лейкоцитов, прием иммунодепрессантов и склонность к аллергическим реакциям.

При передозировке лекарственных препаратов эхинацеи симптомами являются тошнота, рвота, повышенная возбудимость и бессонница. При появлении этих симптомов прекращают прием лекарственного препарата. При острой передозировке вызывают рвоту и проводят промывание желудка. В случае применения настоек эхинацеи, которые содержат спирт этиловый, следует обращать на это внимание водителей автотранспортных средств и учитывать индивидуальную непереносимость [1–5].

Химический состав травы эхинацеи пурпурной хорошо изучен и представлен следующими группами биологически активных веществ (БАВ): гидрофильные вещества (сахара и полисахариды (до 5,9%), фенольные соединения (ФС) (флавоноиды (в т. ч. антоцианины), фенольные кислоты, эхинакозиды, дубильные вещества), белки, гликопротеины, бетаин, алкалоиды пирролизидинового типа (примерно 0,006%), органические кислоты, аскорбиновая кислота) и липофильные вещества (компоненты эфирного масла (в т. ч. полиацетилены) менее 0,1%, эфиры сесквитерпеновых лактонов, сапонины, каротиноиды, алкиламиды ненасыщенных кислот 2,4-диенового типа, фитостеролы, жирные кислоты и их производные, смолистые вещества) [4].

К основным группам БАВ, проявляющим иммуномодулирующее, противовоспалительное и ранозаживляющее действие, относят полисахаридные фракции определенной молекулярной массы (гемицеллюлозы), гликопротеины специфической структуры (лектины), конъюгаты гидроксикоричных кислот (ГКК) с сахарами, винной, хинной кислотами, аскорбиновую кислоту, алкиламида ненасыщенных кислот и сапонины. При этом суммарные извлечения из эхинацеи, содержащие от 15% до 29% экстрактивных веществ, проявляют более выраженный фармакологический эффект, чем отдельные компоненты [5].

Водой из эхинацеи пурпурной извлекают водорастворимые фракции полисахаридов [6], водно-солевыми растворами – лектины [7, 8], водно-этанольными растворами – конъюгаты ГКК и алкиламида [9, 10], однако алкиламида в траве накапливаются в незначительном количестве (от 0,001% до 0,03%) по сравнению с корнями [11, 12]. При этом сложно судить о роли алкиламидов в реализации фармакологического действия, т. к. данная группа БАВ метаболизируется в печени путем микросомального окисления [13]. Поэтому в водно-этанольных извлечениях из травы эхинацеи пурпурной основной группой действующих веществ можно считать ГКК и их производные.

Из эхинацеи пурпурной выделены моносахариды (арабиноза, галактоза, глюкоза, ксилоза, манноза, рамноза, фруктоза, пентозаны), олигосахариды (сахароза) и полисахариды (крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, инулин, пектин) [4]. Большинство полисахаридов обладают выраженной иммуностимулирующей активностью [14–17].

В дозах 5, 40 и 120 мкг/кг/день цикориевая кислота оказывает иммуномодулирующее действие путем увеличения фагоцитарного индекса альвеолярных макрофагов крыс, усиления индуцированной липополисахаридом выработки фактора некроза опухолей α (ФНО- α), γ -интерферона (γ -ИФ) и интерлейкина-2 (ИЛ-2) *in vitro* [18], стимулирует фагоцитоз *in vitro* и *in vivo* [19, 20], инактивирует гиалуронидазу, защищает коллаген III типа от дегградации [21] и проявляет противовирусное в отношении вируса везикулярного стоматита и антиоксидантное действие [22].

Кофейная кислота проявляет иммуномодулирующие свойства, установленные в реакции бласттрансформации лимфоцитов человека *in vitro* в отсутствие митогена и с добавлением фитогемагглютина [23]. Хлорогеновая, галловая, эллаговая, кофейная, протокатеховая и салициловая кислоты стимулируют образование иммуноглобулинов класса G. Кофейная, хлорогеновая, изохлорогеновая и феруловая кислоты ингибируют активацию системы комплемента по классическому пути, а хлорогеновая и изохлорогеновая – дополнительно по альтернативному пути [24].

Каротиноиды обладают антиоксидантными, иммуномодулирующими, антиканцерогенными, антимуtagenными, антитоксическими свойствами [25–27].

Таким образом, действующим началом в эхинацее является не одна определенная группа БАВ, а несколько (в частности, каротиноиды, ГКК и полисахариды), что необходимо учитывать при получении лекарственных средств. Рациональным вариантом является получение отдельных фракций указанных групп БАВ при поэтапной обработке. При этом на каждом этапе такой обработки будет получена фракция с определенным видом фармакологической активности, что увеличит целевой подход к получению готовых продуктов.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка возможности получения отдельных фракций БАВ (каротиноидов, ГКК, полисахаридов) путем поэтапной обработки эхинацеи пурпурной травы.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись промышленные серии эхинацеи пурпурной травы производства ООО «НПК Биотест» (Республика Беларусь).

Этапы обработки сырья. Первым этапом обработки являлось обезжиривание гептаном (х. ч., ОДО «ХимХром») эхинацеи пурпурной травы. В полученных после экстракции гептаном извлечениях определяли содержание суммы каротиноидов. Для оценки возможности использования этих извлечений как источников указанной группы БАВ провели удаление гептана путем отгонки при температуре его кипения (98 °С) в роторном испарителе RV 3 есо с баней НВ есо (КА) и повторное определение каротиноидов, также установили их содержание в твердом маслянистом остатке – плотной массе зеленого цвета с каплями жирного масла.

Для оценки возможности получения из данного остатка масляных экстрактов вводили масло подсолнечное в объеме, эквивалентном первоначальному объему вытяжки, и контролировали полноту растворения визуальным и путем определения содержания каротиноидов. Процесс растворения проводили при комнатной температуре в течение 1 ч. при механическом перемешивании на орбитальном шейкере KS 130 basic Package (КА) при 240 об/мин.

Дополнительно до и после отгонки гептана проводили определение каротиноидов после различной предобработки: а) обезжиривание с последующей термообработкой; б) термообработка с последующим обезжириванием; в) только термообработка. Термическую обработку проводили при помощи стерилизатора воздушно-го «Витязь» ГП 10-3 (ОАО «Витязь», Республика Беларусь). Определяли содержание каротиноидов при повторном (двукратном) обезжиривании для оценки полноты их извлечения.

Вторым этапом обработки являлась водно-органическая экстракция ГКК из обезжиренного гептаном сырья (далее – этап «удаление ГКК»).

На третьем этапе выполняли водную экстракцию в режиме отвара.

Определение БАВ. В водно-органическом извлечении из ЛРС без предварительной обработки и предварительно обезжиренного сырья определяли содержание ГКК и каротиноидов. В водном извлечении определяли содержание водорастворимых полисахаридов (ВПС), ГКК и каротиноидов. В шроте, оставшемся после определения ВПС, устанавливали содержание других полисахаридных (ПС) фракций (пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГЦ) А и Б) для предварительно не обработанного ЛРС, для ЛРС после удаления ГКК и после предварительного обезжиривания гептаном с последующим удалением ГКК.

Определение содержания суммы каротиноидов выполняли методом прямой спектрофотометрии при длине волны 442 нм [28] на спектрофотометре Solar серии RB2201 (ЗАО «Солар», Республика Беларусь).

Определение содержания ГКК проводили по методике частной фармакопейной статьи 07/2016:1823 «Эхинацеи пурпурной трава» [29].

Определение содержания ПС фракций проводили гравиметрически [30].

Статистическую обработку проводили при помощи компьютерной программы Microsoft Office Excel 2016 (пакет «Анализ данных»). Каждое испытание проводили три раза ($n=3$). Результаты представляли в виде $\bar{X} \pm \Delta_{\bar{x}}$, где \bar{X} – среднее значение выборки; $\Delta_{\bar{x}}$ – полуширина доверительного интервала средней величины. Значения статистически значимо различались при p -значении (p) $< 0,05$. Сравнение вели с сырьем, не подвергавшимся предварительной обработке.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлены результаты определения каротиноидов, ГКК и ПС фракций эхинацеи пурпурной травы при поэтапной предварительной обработке.

Содержание ГКК больше для ЛРС, прошедшего предварительное обезжиривание гептаном, на 43,6% (отн.) ($p=0,017$) по сравнению с нативным сырьем (см. таблицу), что подтверждается спектрами поглощения в ультрафиолетовой (УФ) и видимой областях (рис. 1).

ГКК присутствовали во всех водных извлечениях, полученных из нативного и предварительно обработанного сырья (рис. 2). Наиболее богато ГКК водное извлечение из нативного сырья; после предварительного удаления ГКК и его сочетания с обезжириванием гептаном содержание снижалось в три и шесть раз соответственно.

Содержание каротиноидов, гидроксикоричных кислот и полисахаридных фракций эхинацеи пурпурной травы при поэтапной предварительной обработке Carotenoids, hydroxycinnamic acids and polysaccharide fractions content of purple coneflower herb during stepwise pre-treatment

Исследуемый объект	Каротиноиды, %	Гидроксикоричные кислоты, %	Водорастворимые полисахариды, %	Пектиновые вещества, %	Сумма гемицеллюлоз А и Б, %
Нативное ЛРС					
Водное извлечение	не обнаружены	0,78±0,02	7,50±0,16	15,98±0,12	12,32±0,14
Надосадочная жидкость	–	0,71±0,01	–	–	–
Раствор водорастворимых полисахаридов	–	0,10±0,03	–	–	–
ЛРС после удаления ГКК					
Водно-органическое извлечение	не обнаружены	1,10±0,03	6,60±0,10	13,27±0,85	10,37±0,050
Водное извлечение	–	0,24±0,01	–	–	–
Надосадочная жидкость	–	0,19±0,02	–	–	–
Раствор водорастворимых полисахаридов	–	не обнаружены	–	–	–
ЛРС после предварительного обезжиривания гептаном и удаления ГКК					
Водно-органическое извлечение	не обнаружены	1,58±0,05	4,60±0,20	10,37±0,41	8,29±0,19
Водное извлечение	–	0,13±0,01	–	–	–
Надосадочная жидкость	–	не обнаружены	–	–	–
Раствор водорастворимых полисахаридов	–	–	–	–	–

Примечание: «–» – количественное определение для этих проб не проводили.

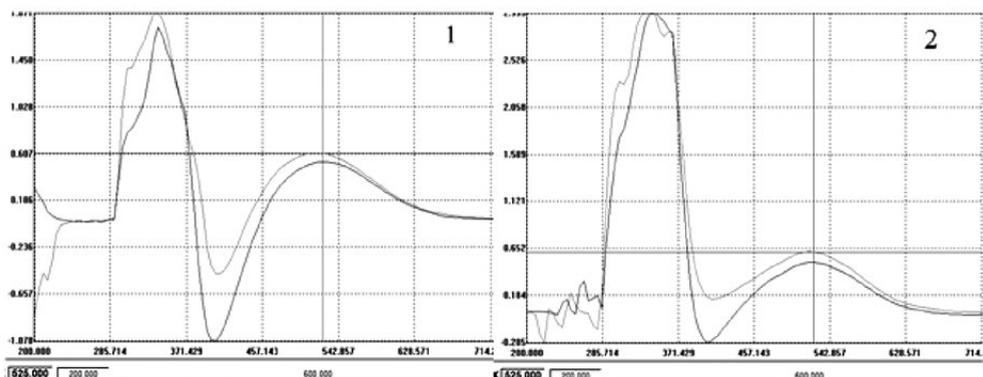


Рис. 1. Спектры поглощения, записанные при количественном определении гидроксикоричных кислот в водно-органическом извлечении из эхинацеи пурпурной травы; 1 – нативное сырье; 2 – сырье после предварительного обезжиривания гептаном
Fig. 1. Absorption spectra recorded during the quantification of hydroxycinnamic acids in extract of purple coneflower herb obtained using a water-organic solvent system: 1 – intact herbal drug; 2 – herbal after pre-extraction with heptane

ГКК определены в надосадочной жидкости для нативного сырья и ЛРС после удаления ГКК (рис. 2). Максимум поглощения при длине волны 525 нм, характерный для продукта химической реакции ГКК с реактивом Арнова, отсутствовал только в надосадочной жидкости после обезжиривания и удаления ГКК. При удалении ГКК содержание их в надосадочной жидкости снижалось в 3,7 раза по сравнению с нативным сырьем.

ГКК в растворе ВПС определены только для нативного сырья (рис. 2).

В спектрах всех растворов ВПС наблюдали максимумы поглощения при 285 и 325 нм, характерные для ФС, ароматических аминокислот или белков (рис. 3). Спектры поглощения растворов ВПС не соответствовали спектру кофейной кислоты,

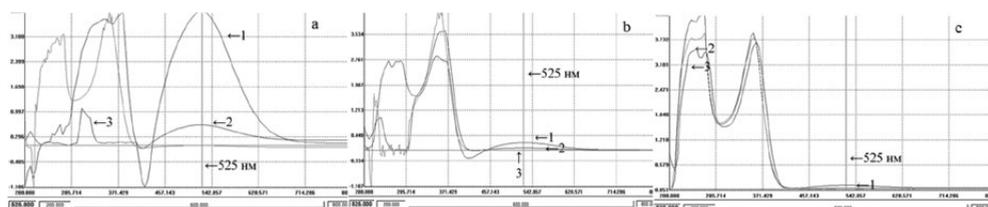


Рис. 2. Спектры поглощения, записанные при количественном определении гидроксикоричных кислот в: а – водном извлечении, б – надосадочной жидкости, с – растворе водорастворимых полисахаридов эхинацеи пурпурной травы; 1 – без предварительной обработки; 2 – после удаления гидроксикоричных кислот; 3 – после экстракции гептаном и удаления гидроксикоричных кислот
Fig. 2. Absorption spectra recorded during the quantification of hydroxycinnamic acids in: а – aqueous extract, б – supernatant fluid, с – water-soluble polysaccharide solution of purple coneflower herb; 1 – without pretreatment; 2 – after removal of hydroxycinnamic acids; 3 – after defatting with heptane and removal of hydroxycinnamic acids

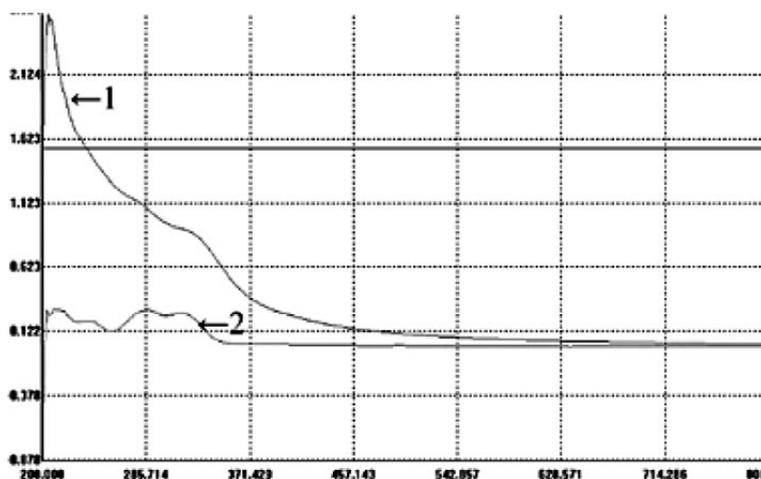


Рис. 3. Спектры поглощения: 1 – раствора водорастворимых полисахаридов из сырья после обезжиривания гептаном и удаления гидроксикоричных кислот; 2 – раствора кислоты кофейной
Fig. 3. Absorption spectra: 1 – solutions of water-soluble polysaccharides from purple coneflower herb after extraction with heptane and removal of hydroxycinnamic acids; 2 – caffeic acid solution

что говорило об удалении ГКК из осадка ВПС во время обезжиривания и водно-органической экстракции, однако не исключало абсорбцию на осадке других БАВ, поглощающих в УФ-области.

С увеличением этапов предварительной обработки содержание ГКК увеличивалось при водно-органической экстракции и снижалось при водной экстракции, в надосадочной жидкости и растворе ВПС, что указывало на повышение степени чистоты выделяемых ВПС. Это подтверждается тем, что с прибавлением этапа обработки ЛРС масса ВПС снижалась по сравнению с нативным сырьем на 13,3% (отн.) ($p=0,055$) и 63,0% (отн.) ($p=0,016$) при удалении ГКК и его комбинировании с обезжириванием гептаном соответственно.

На рис. 4 представлено содержание каротиноидов в липофильном извлечении до и после отгонки гептана и в маслянистых остатках, масляных остатках соответственно.

Термическая обработка позволила извлечь больше каротиноидов на 22,1% ($p=0,040$) в сравнении с обезжириванием. Обезжиривание и его комбинация в двух вариантах с термической обработкой не влияли на содержание каротиноидов ($p=0,39$). Отгонка гептана не влияла на содержание каротиноидов ($p=0,51$). Двукратное обезжиривание гептаном во всех изученных вариантах предобработки извлекало меньше каротиноидов в два раза и более по сравнению с однократным (рис. 4).

Наибольшее содержание каротиноидов в твердом маслянистом остатке и масляном экстракте отмечено при термической обработке: на 63,3% (отн.) ($p=0,038$) и 54,9% (отн.) ($p=0,029$) больше, чем при обезжиривании соответственно. Значимое на около 50% (отн.) ($p\approx 0,025$) снижение отмечено в остальных вариантах предобработки (рис. 4).

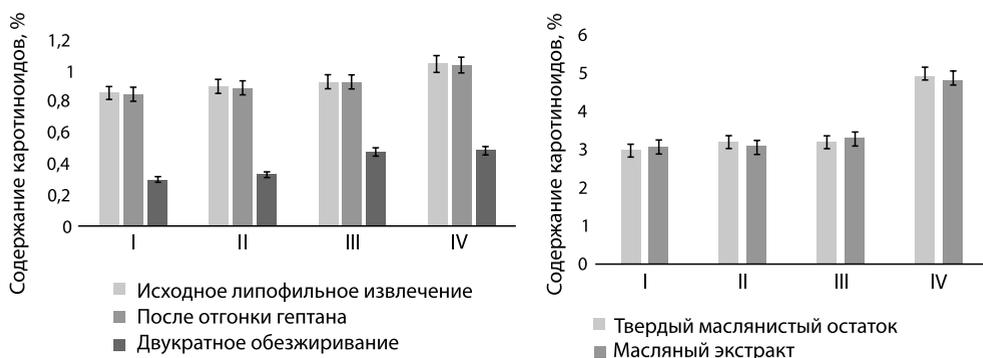


Рис. 4. Содержание каротиноидов в липофильном извлечении, твердых маслянистых остатках и масляных экстрактах. Предварительная обработка сырья: I – обезжиривание гептаном; II – обезжиривание гептаном, затем термическая обработка; III – термическая обработка, затем обезжиривание гептаном; IV – термическая обработка
Fig. 4. Content of carotenoids in lipophilic extract, solid oily residues and oil extracts. Herbal drug pretreatment: I – heptane defatting; II – heptane defatting followed by heating; III – heating followed by heptane defatting; IV – heating

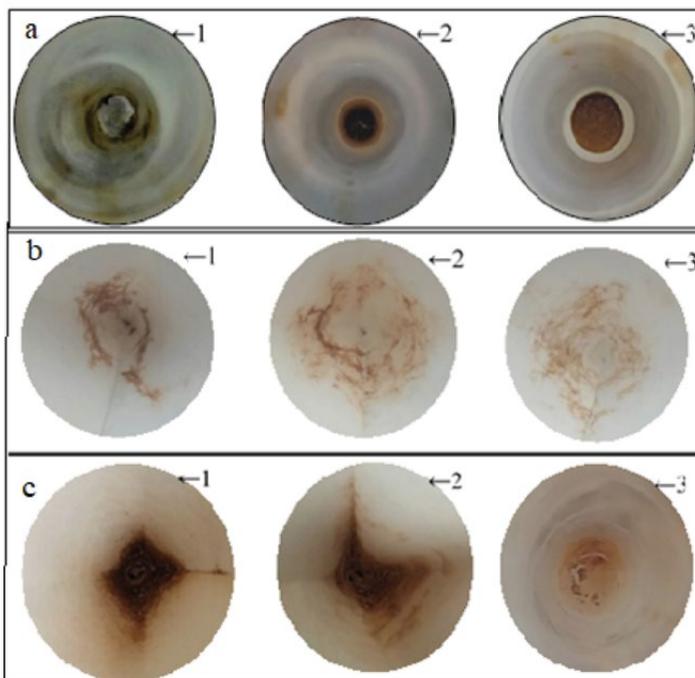


Рис. 5. Внешний вид образцов: а – водорастворимых полисахаридов, б – пектиновых веществ, с – гемицеллюлоз А и Б, выделенных из эхинацеи пурпурной травы; 1 – без предварительной обработки; 2 – после удаления гидроксикоричных кислот; 3 – после обезжиривания гептаном и удаления гидроксикоричных кислот
Fig. 5. Appearance of: а – water-soluble polysaccharides, б – pectic substance, с – hemicelluloses А and В samples isolated from purple coneflower herb; 1 – without pre-treatment; 2 – after removing hydroxycinnamic acids; 3 – after degfatting with heptane and removing hydroxycinnamic acids



Для ВПС, полученных из нативной эхинацеи пурпурной травы, характерно темно-коричневое окрашивание; для ВПС после удаления ГКК, обезжиривания и удаления ГКК характерны светло-коричневые цвета (рис. 5).

Окрашивание ПВ в зависимости от способа предобработки не различалось и было светло-коричневым (рис. 5). Содержание ПВ снижалось при удалении ГКК и его комбинировании с обезжириванием гептаном на 20,4% (отн.) ($p=0,048$) и 54,1% (отн.) ($p=0,029$) соответственно по сравнению с нативным сырьем.

В спектре поглощения раствора ПВ отмечены два максимума при длинах волн 285 и 325 нм (рис. 6), такие же максимумы выявлены у раствора ВПС (рис. 3).

Окрашивание суммы ГЦ А и Б из нативного сырья было темно-коричневым, с увеличением количества стадий предобработки наблюдали светло-коричневые цвета (рис. 5).

Содержание суммы ГЦ А и Б снижалось при удалении ГКК и его комбинировании с обезжириванием гептаном на 18,8% (отн.) ($p=0,035$) и 48,6% (отн.) ($p=0,024$) соответственно по сравнению с нативным сырьем.

Соотношение ПС фракций (ВПС : ПВ : сумма ГЦ А и Б) следующее:

- нативное ЛРС – 1,00 : 2,23 : 1,72 (суммарное содержание ПС фракций – $35,48 \pm 0,45\%$);
- ЛРС после удаления ГКК – 1,00 : 2,01 : 1,57 (суммарное содержание ПС фракций – $30,24 \pm 1,00\%$);
- ЛРС после обезжиривания и удаления ГКК – 1,00 : 2,25 : 1,80 (суммарное содержание ПС фракций – $26,26 \pm 1,30\%$).

Соотношение ПС фракций имеет схожий профиль при разных способах предобработки ($p=0,19$); наименьшее количество при любом способе обработки ЛРС характерно для фракции ВПС, наибольшее – для фракции ПВ.

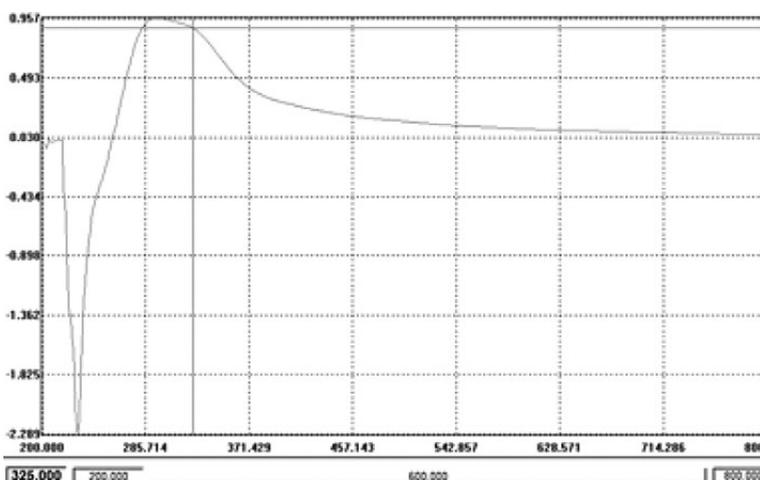


Рис. 6. Спектр поглощения пектиновых веществ из эхинацеи пурпурной травы после обезжиривания и удаления гидроксикоричных кислот

Fig. 6. Absorption spectrum of pectic substances from purple coneflower herb after defatting with heptane and removing hydroxycinnamic acids

Суммарное содержание ПС фракций снижалось при удалении ГКК и его комбинировании с обезжириванием гептаном на 17,3% (отн.) ($p=0,045$) и 35,1% (отн.) ($p=0,040$) соответственно по сравнению с нативным сырьем.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан способ поэтапной обработки эхинацеи пурпурной травы, позволяющий получить фракции, обогащенные конкретной группой БАВ. Предварительное обезжиривание гептаном позволяет по сравнению с нативным сырьем повысить выход ГКК на 43,6% при водно-органической экстракции (при водной экстракции в надосадочной жидкости и растворе водорастворимых полисахаридов ГКК практически не обнаруживаются), повышает чистоту выделенных полисахаридных фракций: водорастворимых полисахаридов на 63,0%, пектиновых веществ на 54,1% и гемицеллюлоз А и Б на 48,6%. Липофильные вытяжки могут быть использованы для получения масляных экстрактов, в которых содержание каротиноидов сопоставимо с исходным. Соотношение полисахаридных фракций не меняется при всех примененных способах обработки.

Таким образом, для повышения эффективности использования ЛРС и получения нескольких продуктов с разными фармакологическими свойствами можно предложить следующий способ поэтапной обработки эхинацеи пурпурной травы: обезжиривание сырья гептаном с получением липофильных извлечений, обогащенных каротиноидами; водно-органическая экстракция с получением извлечений, обогащенных ГКК, и водная экстракция, дающая возможность получить полисахариды высокой степени чистоты.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lukashou R., Veremchuk O., Moiseeva A. Overview of the market for herbal medicines based on plants of the genus Echinacea in the Republic of Belarus. *Journal of Pharmacy*. 2015;3(69):31–39. (in Russian)
2. Capasso F. *Phytotherapy. A Quick Reference to Herbal Medicine*. Berlin: Springer-Verlag; 2003. 424 p.
3. State Register of Medicines of the Republic of Belarus [Internet]. Minsk: UP «Center for Expertise and Testing in Healthcare». 2024. Available at: <https://www.rceth.by> (in Russian)
4. Samorodov V., Pospelov S., Moiseeva G., Sereda A. Phytochemical composition of representatives of the genus Echinacea (Echinacea Moench.) and its pharmacological properties (review). *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 1996;4:245–51. (in Russian)
5. Wagner H. Leading structures of plant origin for drug development. *Journal of Ethnopharmacology*. 1993;38:105–12. Available at: [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90004-o](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90004-o)
6. Proksch A., Wagner H. Structural Analysis of a 4-O-Methylglucuronarabinoxylan with Immuno-Stimulating Activity from Echinacea purpurea. *Phytochemistry*. 1987;26:1989–93. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81744-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81744-6)
7. Pospelov S. Lectins from representatives of the Echinacea genus (Echinacea Moench.). 1. Methodological aspects of activity assessment. *Chemistry of plant raw materials*. 2012;3:143–148. (in Russian)
8. Pogorelaja N. Lectins – biologically active substances of Echinacea purpurea. *Pharmazeutisches Journal*. 1997;4:80–3.
9. Bauer R., Remiger P., Wagner H. Echinacea – Vergleichende DC- und HPLC-Analyse der Herba-Drogen von Echinacea purpurea, E. pallida und E. angustifolia. *Deutsche Apotheker-Zeitung*. 1988;128:174–80.
10. Becker H., Hsieh W. Chicoree-Saure und deren Derivate aus Echinacea-Arten. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*. 1985;40:585–7.
11. Bauer R., Remiger P. TLC and HPLC analysis of alkalimides in Echinacea drugs. *Planta medica*. 1989;55:367–371. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2006-962030>
12. Bauer R. Standardisierung von Echinacea purpurea-PreBsaft auf Cichoriensäuure und Alkamide. *Zeitschrift Phytotherapy*. 1997;18:270–276.
13. Matthias A., Gillam E.M.J., Penman K.G., Matovi N.J., Bone K.M., De Voss J.J., Lehmann R.P. Cytochrome P450 enzyme-mediated degradation of Echinacea alkylamides in human liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions*. 2005;155:62–70. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.04.003>
14. Burick J. Medicinal properties of Echinacea. *Pharmacist*. 1998;4:12–15. (in Russian)
15. Razina T., Lopatina K., Zueva E., Gur'ev A., Krylova S., Amosova E. The influence of Echinacea purpurea L. tincture and its polysaccharide complex on the effectiveness of cytostatic therapy for transplantable tumors. *Experimental and clinical pharmacology*. 2007;20(3):33–5. (in Russian)
16. Kucyk R., Zuzuk B., Rybak O. Immunocorrective and anti-inflammatory properties of biologically active substances of plants of the genus Echinacea Moench. *Pharmacist*. 1999;4:24–6. (in Russian)

17. Borsuk O., Masnaya N., Sherstoboev E., Isajkina N., Kalinkina G., Rejhart D. Study of the influence of herbal preparations on the development of the immune response. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2011;2(2):157–9. (in Russian)
18. Goel V., Chang C., Slama J.V., Barton R., Bauer R., Gahler R., Basu T.K. Alkylamides of Echinacea purpurea stimulate alveolar macrophage function in normal rats. *International Immunopharmacology*. 2002;2:381–7. Available at: [https://doi.org/10.1016/s1567-5769\(01\)00163-1](https://doi.org/10.1016/s1567-5769(01)00163-1)
19. Bauer R. Beeinflussung der Phagozytose-Aktivität durch Echinacea-Extrakte. *Zeitschrift Phytotherapy*. 1988;10:43–48.
20. Facino R.M., Carini M., Aldini G., Marinello C., Arlandini E., Franzoi L., Colombo M., Pietta P., Mauri P. Direct characterization of caffeoyl esters with antihyaluronidase activity in crude extracts from Echinacea angustifolia roots by fast atom bombardment tandem mass spectrometry. *Farmacologia*. 1993;48:1447–61.
21. Facino R.M., Carini M., Aldini G., Saibene L., Pietta P., Mauri P. Echinacoside and caffeoyl conjugates protect collagen from free radical-induced degradation: A potential use of Echinacea extracts in the prevention of skin photodamage. *Planta medica*. 1997;61:510–4. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2006-959359>
22. Wagner H. *Immunomodulatory Agents from Plants*. Basel: Springer, 1998; 365 p.
23. Lukashou R., Moiseev D., Stolyarova V., Makarenko M. Pharmacological activity of caffeic acid. *Bulletin of Pharmacy*. 2012;3(57):61–65. (in Russian)
24. Barcz E., Rogala E., Glinkowska G., Strzelecka H., Sikorska E., Sokolnicka I., Skopinska-Rozewska E. Immunotropic activity of plant extracts. IV. The effects of phenolic compounds of poplar leaves. *Herba Polonica*. 1998;44:45–51.
25. Sergeev A., Vakulova L., Shashkina M., Zhidkova T. Medical and biological aspects of carotenoids. *Questions of medical chemistry*. 1992;38(6):8–12. (in Russian)
26. Shashkina M., Shashkin P., Sergeev A. The role of carotenoids in the prevention of the most common diseases. *Russian Biotherapeutic Journal*. 2010;9(2):77–86. (in Russian)
27. Shashkina M., Shashkin P., Sergeev A. Carotenoids as a basis for the creation of therapeutic and prophylactic agents. *Russian Biotherapeutic Journal*. 2009;8(4):91–8. (in Russian)
28. Trineeva O., Slivkin A., Safonova E. Determination of hydroxycinnamic acids, carotenoids and chlorophyll in leaves of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *Chemistry of Plant Raw Material*. 2015;3:105–10. (in Russian)
29. *State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: in 2 volumes. V. 2: Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal plant raw materials*. Molodechno: Pobeda, 2016; 1368 p. (in Russian)
30. Bubenchikov R. Phenolic compounds and polysaccharides of *Viola canina*. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2004;1:156–9. (in Russian)