

ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

УДК 615.322:582.991.1:544.57

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.3.13>

Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ ТРАВЫ НА ВЫХОД ГИДРОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ

Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Эхинацея пурпурная – культивируемое лекарственное растение, биологически активными веществами которого являются гидроксикоричные кислоты (ГКК). Заготавливают траву этого растения и стандартизируют по указанной группе действующих веществ. Для увеличения выхода действующих веществ при экстракции в представленном исследовании предложены два варианта: обработка ультразвуком сырья и ультразвуковая экстракция. Содержание ГКК определяли спектрофотометрическим методом, состав индивидуальных кислот – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Выход ГКК из эхинацеи пурпурной травы увеличивается за счет предварительной обработки самого сырья ультразвуком. Статистически значимый прирост выхода ГКК при экстракции из сырья, подвергнутого обработке ультразвуком, составил в среднем 36,4% по сравнению с необработанным сырьем. Максимальный выход отмечен при следующих критериях предобработки сырья ультразвуком: длительность ультразвукового воздействия – 45 мин; частота – 21 кГц; толщина слоя сырья – до 1 см и размер частиц сырья – 500 мкм и менее. Состав индивидуальных ГКК изучаемого сырья и их соотношение значимо не трансформировались до и после предобработки сырья ультразвуком. При ультразвуковой экстракции ГКК их выход возрастает в 2,7 и 1,7 раза при сопоставлении с экстракцией при механическом способе перемешивания и при воздействии температуры соответственно. Обобщая результаты выполненного исследования влияния предобработки эхинацеи пурпурной травы ультразвуком и ультразвука в жидкой среде экстрагента на выход ГКК, рационально предложить включить стадию предобработки в технологию получения лекарственных форм эхинацеи с целью их обогащения ГКК.

Ключевые слова: *предварительная обработка сырья, ультразвуковая обработка, эхинацея пурпурная, трава, ультразвуковая экстракция, гидроксикоричные кислоты, спектрофотометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография.*

ВВЕДЕНИЕ

Способы повышения эффективности переработки лекарственного растительного сырья (ЛРС) и рациональное использование флоры Республики Беларусь являются важными научно-прикладными задачами фармакогнозии и включают заготовку ЛРС от культивируемых растений, для которых ресурсный потенциал формируется за счет планирования человеком объема посадок и регулирования выращивания при помощи агротехники [1]. Таким лекарственным растением является эхинацея пурпурная, у которой ЛРС является трава [2]. Учитывая, что данное растение

относится к многолетним травам, заготовка травы считается ресурсосберегающей технологией, при которой подземная часть не повреждается и остается для возобновления, а надземная часть заготавливается и не увядает после сезона вегетации, переходя в категорию отходов [3].

Для увеличения эффективности использования самой эхинацеи пурпурной травы рационально увеличить выход из нее ГКК, по которым проводится стандартизация указанного сырья [2], что повысит истощаемость сырья в отношении целевой группы биологически активных веществ (БАВ). При этом важно рассмотреть аспект повышения эффективности

выхода БАВ из ЛРС за счет предварительной ультразвуковой обработки сырья, которая проводится до процесса экстрагирования [4, 5], так как само ЛРС содержит влагу в количестве 10–15%, в среде которой и действует разрывная сила ультразвуковой волны [6–9].

Влияние ультразвука на объект зависит от ряда факторов (длительность ультразвукового воздействия, его частота, а также толщина обрабатываемого слоя сырья и степень его измельчения). Длительность предобработки и частота ультразвуковых колебаний обуславливают длительность и мощность температурного воздействия на сырье соответственно. Размер частиц сырья и толщина его слоя при обработке характеризуют глубину проникновения ультразвуковой волны [6, 7]. Поэтому целесообразно экспериментально найти те величины этих факторов, при которых выход БАВ при экстракции будет максимален без негативных последствий.

В ряде работ показано, что ультразвуковая экстракция положительно влияла на выход действующих веществ из эхинацеи пурпурной в водный или водно-этанольный раствор [10–12]. Поэтому целесообразно также рассмотреть влияние ультразвука в жидкой среде (ультраультовая экстракция) на извлечение ГКК из эхинацеи пурпурной травы.

Цель исследования – изучение влияния ультразвука на выход ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – промышленные серии эхинацеи пурпурной травы, выпущенные ООО «НПК Биотест» и ООО «Падис'С», и ЛРС, собранное в фазу массового цветения от культивируемых форм в июле–августе на территории ботанического сада БГМУ в д. Новое поле в 2021 и 2022 гг. Заготовленное ЛРС подвергли воздушно-теневого сушке.

В данном исследовании поэтапно изучали воздействие следующих критериев предобработки ультразвуком на выход ГКК: длительность предобработки (15, 30, 45 и 60 мин), частота ультразвуковых колебаний (15, 21, 25 и 31 кГц), толщина слоя (до 1, 1–2, 2–4 и 4–6 см) и размер частиц сырья (резаное (5600), измельченное (500)). Для выполнения предварительной

обработки ультразвуком использовали экстрактор модели НО-455.00 ПС (производитель ООО «Александра-плюс»).

Дополнительно исследовали воздействие длительности ультразвуковой экстракции (15, 30, 45 и 60 мин) на выход ГКК по сравнению с экстракцией при механическом перемешивании (механическая экстракция) и экстракцией при воздействии температуры (температурная экстракция). Механическая экстракция осуществлялась на орбитальном шейкере KS 130 basic Package (ИКА, Германия) при комнатной температуре при 240 об/мин в течение 60 мин. Температурная экстракция реализована при ранее подобранных условиях: экстрагент – 70% ацетон; температура – 100 °С, кипящая водяная баня; длительность – 1,5 ч; соотношение массы сырья (в г) и объема экстрагента (в мл) – 1 к 5; кратность – однократная и размер частиц сырья – (500) [13].

По методике частной фармакопейной статьи 07/2016:1823 «Эхинацеи пурпурной трава» проводили количественное определение суммы производных ГКК в пересчете на цикориевую кислоту [2]. Измерения оптической плотности выполнены на спектрофотометре Solar серии РВ2201 (ЗАО «Солар», Республика Беларусь).

Состав основных индивидуальных ГКК исследовали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по методике из той же статьи [2]. Для сравнения брали стандартные образцы хлорогеновой (кат. № 1115545), кофейной (кат. № 1084995), цикориевой (кат. № 1105315) и кафтаровой (кат. № 1086039) кислот. Подвижную фазу получали с использованием ацетонитрила (квалификация «for HPLC», Sigma-Aldrich, кат. № 34851), кислоты фосфорной (квалификация «for HPLC», Sigma-Aldrich, кат. № 04102) и воды деионированной.

Центрифугирование извлечений осуществляли перед ВЭЖХ-анализом на центрифуге СМ-70М.07 (ELMI, Латвийская Республика) при 7000 об/мин в течение 5 мин и проводили забор надосадочной жидкости. Деионизацию воды очищенной проводили на деионизаторе ДВ-1 (ООО «ЦветХром», Российская Федерация).

Качественный анализ выполнен на жидкостном хроматографе Ultimate 3000 (Ultimate, Германия) с насосом на четыре

растворителя и устройством для вакуумной дегазации элюента, автосамплером с термостатом, термостатом для колонок с краном переключения, диодно-матричным и флуоресцентным детекторами. Обработку хроматограмм и спектров поглощения осуществляли при помощи программы Chromeleon 7. Идентификацию проводили, сопоставляя времена удерживания и спектры поглощения веществ в извлечении с аналогичными характеристиками стандартных образцов. Относительное содержание основных ГКК в сырье высчитывали внутренней нормализацией.

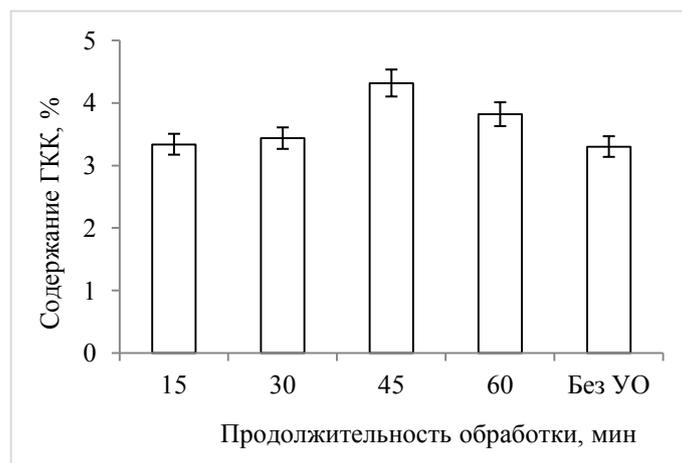
Статистическая обработка реализована в программе Microsoft Office Excel 2016 (пакет «Анализ данных»). Итоговые данные ($P = 0,95$; $n = 3$) приведены как $X_{cp} \pm \Delta X_{cp}$, где X_{cp} – среднее значение; ΔX_{cp} – полуширина доверительного интервала. Выполнили дисперсионный анализ с целью установления статистической значимости

влияния факторов предобработки на выход ГКК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1–4 приведены графические изображения зависимостей выхода ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы от длительности предобработки ультразвуком, частоты ультразвуковых колебаний, толщины слоя и размера частиц сырья соответственно.

Предобработка ультразвуком продолжительностью от 15 до 60 мин приводила к повышению выхода ГКК при экстракции с формированием максимального выхода на 45 минуте, что на 30,8% (отн.) ($p = 0,0037$) выше в сравнении с необработанной травой. Предобработка ультразвуком на 60 минуте также приводила к статистически значимому ($p = 0,025$) повышению выхода ГКК (рисунок 1).



Без УО – ЛРС в отсутствие ультразвуковой обработки (нативное, или необработанное ЛРС)
Рисунок 1. – Зависимость выхода ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы от длительности предобработки ультразвуком

Длительность в 45 мин использована далее для изучения частоты ультразвуковых колебаний. Максимальный выход ГКК при экстракции отмечен для частоты колебаний в 21 кГц, что на 22,2% (отн.) ($p = 0,034$) и на 20,9% ($p = 0,037$) больше, чем при 25 и 31 кГц. Последние частоты формировали плато выхода ГКК при экстракции ($p = 0,46$) (рисунок 2).

Увеличение толщины слоя обрабатываемой ультразвуком травы сопровождалось снижением выхода ГКК ($R^2 = -0,7866$). Максимум приходился на толщину до 1 см, что на 49,1% (отн.)

($p = 0,0057$) больше, чем при толщине в 1–2 см (рисунок 3).

Максимальный выход ГКК выявлен для сырья с размером частиц (500), что на 77,9% (отн.) ($p = 2,7 \cdot 10^{-4}$) больше в сравнении с резаным сырьем (5600) (рисунок 4).

В результате дисперсионного анализа установлено, что длительность предобработки ультразвуком ($p = 0,029$), частота ультразвуковых колебаний ($p = 0,024$), толщина слоя ($p = 0,028$) и размер частиц сырья ($p = 0,0061$) значимо влияли на выход ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы.

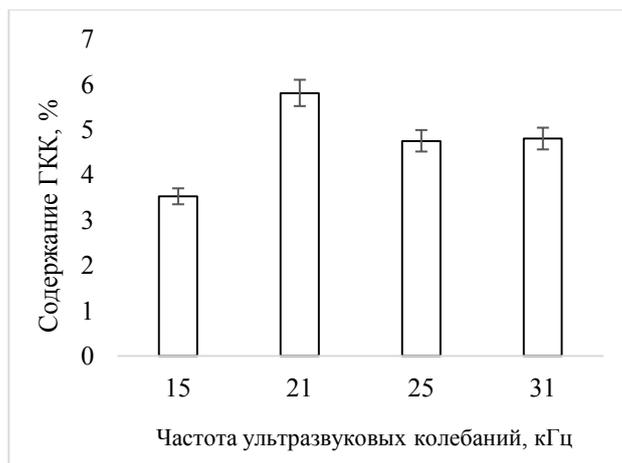


Рисунок 2. – Зависимость выхода ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы от частоты ультразвуковых колебаний

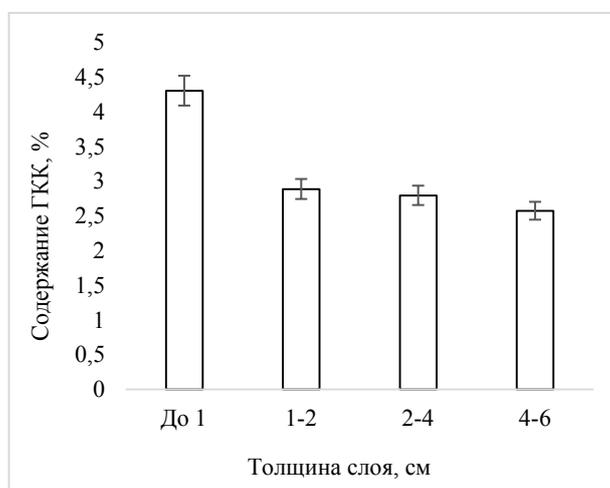


Рисунок 3. – Зависимость выхода ГКК при экстракции от толщины слоя обрабатываемой ультразвуком эхинацеи пурпурной травы

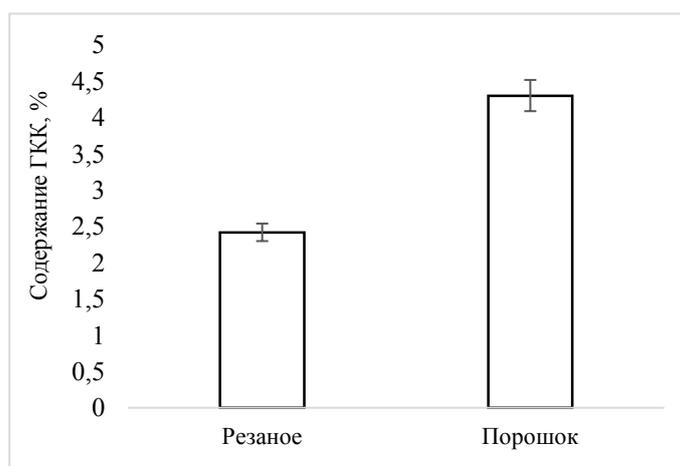


Рисунок 4. – Зависимость выхода ГКК при экстракции от размера частиц эхинацеи пурпурной травы

Для эхинацеи пурпурной травы с учетом вышеуказанных критериев, значимо влияющих на выход ГКК, целесообразно предложить следующий способ предобработки ультразвуком:

эхинацеи пурпурной траву измельчают до размера частиц (500), что соответствует степени измельчения ЛРС – порошок. Помещают его в установку на расстоянии около 1 см от источника ультразвуковых колебаний, формируя слой порошка толщиной до 1 см, включают прибор на 45 мин, выставив частоту ультразвуковых колебаний в 21 кГц. После истечения указанного промежутка времени эхинацею выгружают и

используют для дальнейшей экстракции.

Предложенный способ предобработки ультразвуком повышает выход ГКК при экстракции из эхинацеи пурпурной травы на 36,4% (отн.) ($p = 0,0026$) по сравнению с необработанным ЛРС (рисунок 5).

Относительное содержание основных индивидуальных ГКК до и после предобработки ультразвуком представлено в таблице 1. Относительное содержание индивидуальных ГКК (кафтаровая, хлорогеновая, кофейная, цикориевая кислоты) и их соотношение до и после предобработки ультразвуком эхинацеи пурпурной травы значимо не изменялось.

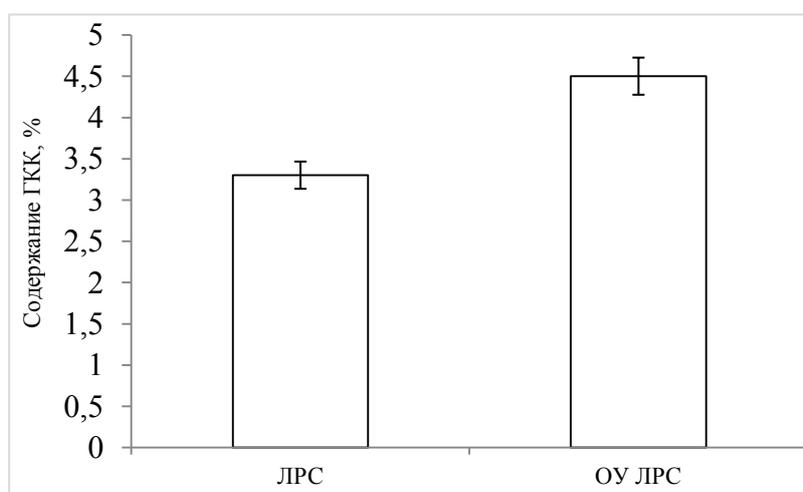


Рисунок 5. – Выход ГКК при экстракции из обработанной ультразвуком (ОУ ЛРС) и нативной эхинацеи пурпурной травы (ЛРС)

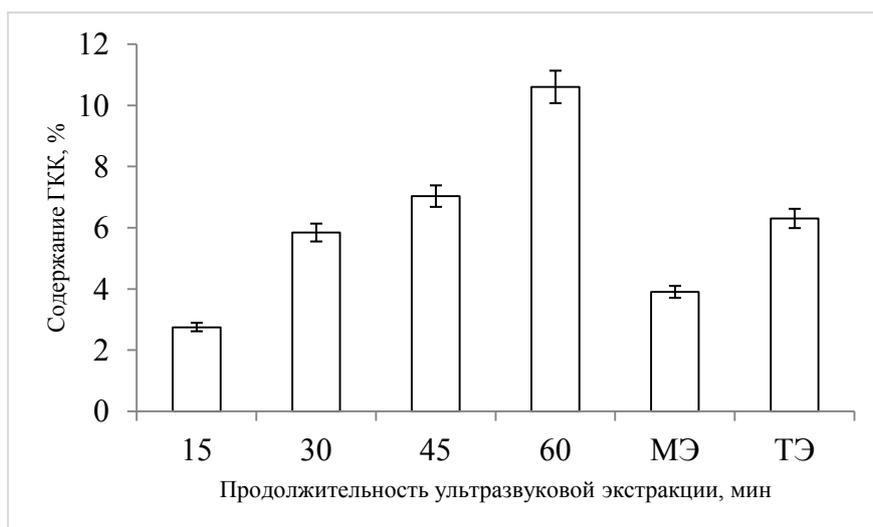
Таблица 1. – Состав основных индивидуальных ГКК обработанной ультразвуком и необработанной эхинацеи пурпурной травы

Название ГКК	Обработанное ультразвуком ЛРС, %	Необработанное ЛРС, %	Значение p
Кафтаровая кислота	23,4 ± 1,3	24,2 ± 1,0	0,44
Хлорогеновая кислота	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,3	0,29
Кофейная кислота	4,9 ± 0,3	4,7 ± 0,5	0,30
Цикориевая кислота	69,0 ± 2,4	69,1 ± 3,6	0,69

Влияние длительности экстракции ультразвуком в среде 70% ацетона на выход ГКК представлено на рисунке 6.

Наибольшее содержание ГКК в извлечениях выявлено при 60 мин экстракции, что на 50,8% (отн.) ($p = 2,7 \cdot 10^{-4}$) больше, чем при 45 мин. При этом длительность ультразвуковой экстракции в диапазоне от 15 до 60 мин прямо пропорциональна содержанию ГКК ($R^2 = 0,9844$). Экстракция ультразвуком в

2,7 ($p = 2,7 \cdot 10^{-7}$) и 1,7 ($p = 2,7 \cdot 10^{-5}$) раза эффективнее, чем экстракция при механическом перемешивании и температурном воздействии соответственно. Поэтому экстракцию ультразвуком можно считать более эффективным методом интенсификации выхода ГКК из эхинацеи пурпурной травы по сравнению с механическим перемешиванием и температурной экстракцией, что согласуется с литературными данными [10–12].



МЭ – механическая экстракция; ТЭ – температурная экстракция
 Рисунок 6. – Зависимость выхода ГКК при ультразвуковой экстракции от ее длительности

ВЫВОДЫ

Предобработка эхинацеи пурпурной травы ультразвуком повышает выход ГКК при экстракции. Статистически значимый прирост выхода ГКК в среднем на 36,4% по сравнению с необработанным сырьем отмечен при воздействии ультразвука при: его длительности 45 мин и частоте 21 кГц в слое порошка сырья (500) толщиной до 1 см. Дисперсионный анализ показал значимое влияние на выход ГКК длительности предобработки ультразвуком, частоты ультразвуковых колебаний, толщины слоя и размера частиц сырья. Предобработка ультразвуком значимо не меняет состав основных индивидуальных ГКК.

Экстракция ультразвуком увеличивает выход ГКК в 2,7 и 1,7 раза по сравнению с экстракцией при механическом перемешивании и температурном воздействии соответственно.

Рационально предложить для включения в технологию получения лекарственных форм эхинацеи пурпурной травы стадию предобработки ультразвуком для повышения выхода ГКК при экстракции.

Исследование выполнено 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, ре-

агенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» подпрограммы 2.2 «Синтез и направленное модифицирование регуляторов биопроцессов (Биорегуляторы)».

SUMMARY

R. I. Lukashou, N. S. Gurina
 ULTRASONIC TREATMENT EFFECT
 OF *ECHINACEA PURPUREA* HERB
 ON HYDROXYCINNAMIC ACIDS YIELD
 DURING EXTRACTION

Echinacea Purpurea is a cultivated medicinal plant which biologically active substances are hydroxycinnamic acids (HCAs). The herb of this plant is procured and standardized according to the specified group of active substances. To increase the yield of active substances during extraction two options are proposed in the given study: ultrasound treatment of the raw material and ultrasonic extraction. The HCAs content was determined spectrophotometrically, the composition of individual acids – by high-performance liquid chromatography. The HCAs yield from *Echinacea purpurea* herb increases due to pre-treatment of the plant raw material itself with ultrasound. A statistically significant increase in the HCAs yield during extraction from medicinal plant raw material having undergone ultrasound treatment averaged 36.4% compared to untreated plant raw material. Maximum yield was noted with the following criteria of raw material pre-treatment with ultrasound: duration of ultrasonic exposure –

45 min; frequency – 21 kHz; the thickness of raw material layer – up to 1 cm and medicinal plant raw material particle size – 500 µm or less. The composition of individual HCAs of the raw material studied and their ratio did not significantly transform before and after raw material pre-treatment with ultrasound. During ultrasonic extraction of HCAs their yield increases by 2.7 and 1.7 times compared to extraction using a mechanical method of mixing and under the influence of temperature, respectively. Summarizing the results of the conducted study of the *Echinacea Purpurea* herb pre-treatment effect with ultrasound and the ultrasound effect in liquid medium of the extractant on the yield of HCAs it is rational proposing to include the pre-treatment stage into the technology of obtaining medicinal forms of *Echinacea Purpurea* in order to enrich them with HCAs.

Keywords: pre-treatment of raw material, ultrasonic treatment, *Echinacea Purpurea*, herb, ultrasonic extraction, hydroxycinnamic acids, spectrophotometry, high-performance liquid chromatography.

ЛИТЕРАТУРА

1. Культивирование лекарственных растений в агроклиматических условиях Республики Беларусь: уч.-метод. пособие / Н. П. Лукашевич, Н. П. Кузнецова, И. В. Ковалева [и др.]. – Витебск: Витебская гос. акад. ветеринарной медицины, 2018. – 75 с.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II) : разработ. на основе Европ. Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 июля 2016 г. приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.03.2016 г. № 270. – Т. 2: Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении ; [под общ. ред. С. И. Марченко]. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.
3. Сайбель, О. Л. Принцип комплексного использования растительного сырья как инструмент ресурсосберегающих технологий получения лечебных и профилактических средств / О. Л. Сайбель // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. – Т. 24, № 12. – С. 3–10.
4. Лукашов, Р. И. Влияние ультразвука на экстракцию флавоноидов из календулы цветков / Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. сб. науч. трудов / редкол.: С. П. Рубникович, В. Я. Хрыщанович. – Минск: Белорус. гос. мед. ун-т, 2020. – Вып. 10. – С. 440–445.
5. Лукашов, Р. И. Использование ультразвуковой обработки травы золотарника канадского (*Solidago canadensis* L., *Asteraceae*) для повышения экстракции флавоноидов / Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сб. материалов IX Междунар. науч. конф. молодых учёных, г. Москва, 16–17 дек. 2021 г. / под ред. Н. И. Сидельникова [и др.]. – Москва: Всерос. науч.-исслед. ин-т лекарств. и ароматических растений, 2021. – С. 301–308.
6. Елапов, А. А. Применение ультразвука в экстракции биологически активных соединений из растительного сырья, применяемого или перспективного для применения в медицине (обзор) / А. А. Елапов, Н. Н. Кузнецов, А. И. Марахова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – Т. 10, № 4. – С. 96–116.
7. Смотраева, И. И. Применение ультразвука при переработке растительного сырья / И. В. Смотраева, П. Е. Баланов, Н. А. Третьяков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 37. – С. 264–267.
8. Применение альтернативного метода определения влажности в лекарственных растительных препаратах / Н. П. Антонова, И. М. Моргунов, С. С. Прохвятилова [и др.] // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2017. – Т. 7, № 3. – С. 182–185.
9. Особенности экспертизы качества лекарственных растительных препаратов с примерами типичных замечаний при их лабораторной экспертизе / Н. П. Антонова, С. С. Прохвятилова, Е. П. Шефер, А. М. Калинин // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2015. – № 3. – С. 18–22.
10. Белый, А. В. Влияние ультразвука на процесс экстракции фенольных соединений из корневищ эхинацеи пурпурной / А. В. Белый, Н. И. Белая, К. А. Литвяк // Вісник Донецького національного університету. – 2010. – № 2. – С. 178–182.
11. Патент RU200412677615A. Способ получения настойки эхинацеи пурпурной *Echinacea purpurea* L. (варианты) : заявлено 07.09.2004 : опубл. 27.09.2005 / Макаров И. Ю ; заявитель Макаров И.Ю.
12. Веницкая, Е. А. Идентификация и хроматографическое определение фитокомпонентов фенольной природы в экстрактах некоторых лекарственных растений семейств зверобойные (*Hypericaceae*), астровые (*Asteraceae*) и бобовые (*Fabaceae*) : автореф. дисс. ... канд. хим. наук. 1.4.2 / Веницкая Елена Алексан-

дровна. – Краснодар, 2022. – 24 с.

13. Лукашов, Р. И. Влияние обезжиривания эхинацеи пурпурной травы на экстракцию гидроксикоричных кислот / Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина // Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 207–216.

REFERENCES

1. Lukashovich NP, Kuznetsova NP, Kovalova IV, Shloma TM, Shimko II. Cultivation of medicinal plants in the agroclimatic conditions of the Republic of Belarus: ucheb-metod posobie. Vitebsk, RB: Vitebskaia gos akad veterinarnoi meditsiny; 2018. 75 s. (In Russ.)

2. Ministerstvo zdravookhraneniia Respubliki Belarus', Tsentr ekspertiz i ispytani v zdravookhraneni. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2016. 1368 s. (In Russ.)

3. Saibel' OL. The principle of complex use of plant raw materials as a tool for resource-saving technologies for obtaining therapeutic and prophylactic agents. Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii. 2021;24(12):3–10. doi: 10.29296/25877313-2021-12-01. (In Russ.)

4. Lukashov RI, Gurina NS. Effect of ultrasound on the extraction of flavonoids from calendula flowers. V: Rubnikovich SP, Khryshchanovich VIa, redaktsionnaia kollegiia. BGMU v avangarde meditsinskoi nauki i praktiki: retsenzir sb nach trudov. Minsk, RB: Belorus gos med un-t; 2020. Vyp. 10. s. 440–5. (In Russ.)

5. Lukashov RI, Gurina NS. Using Ultrasonic Treatment of Canadian Goldenrod Herb (*Solidago canadensis* L., *Asteraceae*) to Enhance Flavonoid Extraction. V: Sidel'nikov NI, Mizina PG, Morozov AI, Adamov GV, Babaeva Elu, Babenko AN i dr, redaktory. Sovremennye tendentsii razvitiia tekhnologii zdorov'esberezeniia: sb materialov IX Mezhdunar nauch konf molodykh uchenykh; 2021 Dek 16–17; Moskva. Moskva, RF: Vseros nauch-issled in-t lekarstv i aromaticeskikh rastenii; 2021. s. 301–8. (In Russ.)

6. Elapov AA, Kuznetsov NN, Marakhova AI. Application of ultrasound in the extraction of biologically active compounds from plant raw materials used or promising for use in medicine (review). Razrabotka i registratsiia lekarstvennykh sredstv. 2021;10(4):96–116. doi: 10.33380/2305-2066-2021-10-4-96-116. (In Russ.)

7. Smotraeva IV, Balanov PE, Tret'iakov NA.

Application of ultrasound in processing plant materials. Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014;(37):264–7. (In Russ.)

8. Antonova NP, Morgunov IM, Prokhvatilova SS, Shefer EP, Kalinin AM. Application of an alternative method for determining moisture in herbal medicines. Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniia. Regulatornye issledovaniia i ekspertiza lekarstvennykh sredstv. 2017;7(3):182–5. (In Russ.)

9. Antonova NP, Prokhvatilova SS, Shefer EP, Kalinin AM. Features of quality examination of herbal medicinal products with examples of typical comments during their laboratory examination. Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniia. Regulatornye issledovaniia i ekspertiza lekarstvennykh sredstv. 2015;(3):18–22. (In Russ.)

10. Belyi AV, Belaia NI, Litviak KA. Effect of ultrasound on the extraction process of phenolic compounds from *Echinacea purpurea* rhizomes. Visnik Donets'kogo natsional'nogo universitetu. 2010;(2):178–82. (In Russ.)

11. Makarov Iu, izobretatel'; Makarov Iu, pravopreemnik. Method for obtaining tincture of purple echinacea *Echinacea purpurea* L. (variants). Patent RU200412677615A. 2004 Sent 7. (In Russ.)

12. Vinitskaia EA. Identification and chromatographic determination of phytochemicals of phenolic nature in extracts of some medicinal plants of the families St. John's wort (*Hypericaceae*), asteraceae (*Asteraceae*) and legumes (*Fabaceae*): avtoref diss ... kand khim nauk. 1.4.2. Krasnodar, RF; 2022. 24 s. (In Russ.)

13. Lukashov RI, Gurina NS. Effect of defatting of purple echinacea herb on the extraction of hydroxycinnamic acids. Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniia. Regulatornye issledovaniia i ekspertiza lekarstvennykh sredstv. 2024;14(2):207–16. doi: 10.30895/1991-2919-2024-14-2-207-216. (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

220083, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83,
лабораторный корпус, 15,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
кафедра фармацевтической химии
с курсом повышения квалификации
и переподготовки,
тел. 8(017) 2794218,
e mail: pharmtic@bsmu.by,
Лукашов Р. И.

Поступила 28.08.2024 г.