

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2024.6.133>

Влияние термической обработки эхинацеи пурпурной травы на выход гидроксикоричных кислот при экстракции

Р.И. Лукашов, Н.С. Гурина

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2024. – Том 23, №6. – С. 133-140.

Effect of the purple coneflower herb heat pre-treatment on the yield of hydroxycinnamic acids during extraction

R.I. Lukashou, N.S. Gurina

Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2024;23(6):133-140.

Резюме.

Цель исследования – изучить влияние термической обработки эхинацеи пурпурной травы на выход гидроксикоричных кислот (ГКК) при экстракции.

Материал и методы. Объектом исследования служила эхинацея пурпурная трава. Количественное определение суммарного содержания ГКК выполняли методом спектрофотометрии. Качественный состав ГКК устанавливали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии путем сопоставления со стандартами. Термическую обработку травы проводили в стерилизаторе воздушном при разных температурах. Сопоставляли содержание ГКК с активностью полифенолоксидазы.

Результаты. Температура, продолжительность термической обработки, наличие упаковки, толщина слоя обрабатываемого сырья и степень измельчения сырья статистически значимо влияют на выход ГКК при экстракции. При температуре термической предобработки в упаковке – 60°C; продолжительности – 0,5-2 ч; толщине слоя обрабатываемого порошка сырья – 2-4 см выход ГКК при экстракции повышается в 2,8 раза, качественный состав и соотношение основных ГКК не изменяется. Активность полифенолоксидазы значимо влияет на выход ГКК при экстракции из сырья, подвергнувшегося термической обработке в диапазоне температур от 40 до 100°C. Выявлен разный характер температурной и временной зависимости выхода ГКК при экстракции для термически обработанного и нативного сырья; из термически обработанного сырья выход при экстракции на кипящей водяной бане в течение 1,5-2 ч практически в три раза больше ГКК.

Закключение. Экспериментально обоснованы и подобраны критерии проведения термообработки эхинацеи пурпурной травы, которые увеличивают выход ГКК при экстракции без изменения их качественного состава и соотношения. Эти параметры позволяют получить обогащенные ГКК извлечения из эхинацеи пурпурной травы.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, трава, гидроксикоричные кислоты, термическая обработка, повышение экстракции, полифенолоксидаза.

Abstract.

Objectives. To investigate the effect of heat pre-treatment of purple coneflower herb on the yield of hydroxycinnamic acids (HCAs) during extraction.

Material and methods. The object of the study was purple coneflower herb. The total HCAs content was determined quantitatively by spectrophotometry. The qualitative composition of HCAs was determined by high-performance liquid chromatography by comparing with standards. Heat pre-treatment of the herb was carried out in the air sterilizer at different temperatures. The HCAs content was compared with the activity of polyphenol oxidase.

Results. The temperature, duration of pre-treatment, presence of packaging, thickness of the processed medicinal plant raw material layer and degree of medicinal plant raw material grinding statistically significantly affect the HCAs yield during extraction. With 60°C pre-treatment temperature in the package, 0.5-2 h duration, 2-4 cm thickness of the layer of

processed medicinal plant raw material powder, the HCAs yield during extraction increases by 2.8 times, the qualitative composition and ratio of the main HCAs do not change. Polyphenol oxidase activity significantly influences the yield of HCAs during extraction from medicinal plant raw materials subjected to heat treatment in the temperature range from 40 to 100°C. A different nature of the temperature and time dependence of the of HCAs yield during extraction for thermally treated and native medicinal plant raw materials has been revealed; from heat pre-treated medicinal plant raw materials, the yield during extraction in a boiling water bath for 1.5-2 hours is almost three times greater than the HCAs.

Conclusions. The criteria for heat pre-treatment of purple coneflower herb have been experimentally substantiated and selected, which increase the yield of HCAs during extraction without changing their qualitative composition and ratio. These parameters allow obtaining HCAs -enriched extracts from purple coneflower herb.

Keywords: purple coneflower, herb, hydroxycinnamic acids, heat pre-treatment, increase of extraction, polyphenol oxidase.

Введение

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.) – травянистое растение семейства астровых (*Asteraceae*), которое культивируется рядом для заготовки лекарственного растительного сырья (ЛРС) – трава, которая используется фармацевтическими предприятиями для получения лекарственных препаратов [1].

Эхинацея пурпурная трава в Республики Беларусь используется как ЛРС для получения лекарственных препаратов в виде ЛРС (ангро в картонных пачках и фильтр-пакетах), жидких и твердых лекарственных форм, которые производятся ООО «НПК Биотест», ООО «Падис'С» и ЗАО «БелАсептика». Основными показаниями к применению являются кратковременная профилактика и лечение в составе комплексной терапии острых респираторных заболеваний при приеме внутрь и лечение небольших поверхностных раневых повреждений при наружном применении [2, 3, 4].

Рациональное использование природных ресурсов подразумевает не только ресурсосберегающие исследования, эффективную агротехнику возделывания для культивируемых растений, правильную заготовку и первичную обработку ЛРС, но и истощение ЛРС в ходе экстракции в отношении целевой группы биологически активных веществ (БАВ) [5, 6].

Для повышения экстракции гидроксикоричных кислот (ГКК), по которым проводят стандартизацию данного сырья, из эхинацеи пурпурной травы целесообразно предложить ее термическую обработку, во время которой инактивируются деструктурирующие ГКК ферменты и повышается микробиологическая стабильность сырья [7, 8, 9].

Цель исследования – изучить влияние термической обработки эхинацеи пурпурной травы на выход ГКК при экстракции.

Материал и методы

Объектом исследования являлась эхинацея пурпурная трава, которая произведена ООО «НПК Биотест» и ООО «Падис'С», а также та, которая заготовлена в фазу массового цветения в июле–августе в ботаническом саду БГМУ в д. Новое поле в 2021 и 2022 гг. и высушена воздушно-теневым методом. При расчете критерия Кохрейна ($g=4$; $v=2$) получили: $G_{\text{табл}}=0,7679$ и $G_{\text{эксп}}=0,4831$, что говорит о возможности объединения результатов, полученных на разных сериях и в разные годы заготовки [10].

Для термической обработки эхинацеи пурпурной траву взвешивали (точная навеска), помещали в фольгу (в упаковке) или в выпарительную чашу (без упаковки) и помещали в стерилизатор воздушный Витязь ГП 10-3 (ОАО «Витязь», Республика Беларусь) для воздействия температур: 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 и 180°C. После выбора оптимальной температуры устанавливали выход ГКК для различных промежутков времени – длительности (0,5; 1; 1,5; 2; 3 и 6 ч). Затем оценивали как толщину слоя обрабатываемого сырья: до 1; 1-2, 2-3, 3-4 и более 5 см и степень его измельчения (цельное, резанное (5600 мкм и менее), порошок с размером частиц 500 мкм и менее) влияли на выход ГКК при экстракции.

Количественное определение суммы производных ГКК в пересчете на цикориевую кислоту выполняли по хромато-спектрофотометрической методике из частной фармакопейной статьи 07/2016:1823 «Эхинацея пурпурная трава» [1]. Измерение оптической плотности осуществляли на спектрофотометре Solar серии PB2201 (ЗАО «Солар», Республика Беларусь).

Экстракция выполнена согласно фармакопейным условиям: экстрагент – 95% спирт этиловый, температура экстракции – кипящая водная

баня, продолжительность извлечения – 45 мин, соотношение сырья и экстрагента – 1 к 10, степень измельчения травы – 500 мкм и менее [1].

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) выполняли исследование по ВЭЖХ-методике из той же статьи [1]. Использовали для сравнения стандартные образцы хлорогеновой (кат. № 1115545), кофейной (кат. № 1084995), цикориевой (кат. № 1105315) и каftarовой кислот (кат. № 1086039). Подвижную фазу изготавливали из ацетонитрила (квалификация «for HPLC», Sigma-Aldrich, кат. № 34851), кислоты фосфорной (квалификация «for HPLC», Sigma-Aldrich, кат. № 04102) и воды деионированной.

Центрифугирование извлечений, полученных после фармакопейной экстракции, осуществляли в течение 5 мин на центрифуге CM-70M.07 (ELMI, Республика Латвия) при 7000 об/мин. Для анализа методом ВЭЖХ забирали надосадочную жидкость. Деионизация воды очищенной выполнена на деионизаторе ДВ-1 (ООО «ЦветХром», Российская Федерация).

ВЭЖХ проведено на жидкостном хроматографе Ultimate 3000 (Ultimate, Германия) с насосом на четыре растворителя и устройством для вакуумной дегазации элюента, автосамплером, термостатом для колонок, диодно-матричным детектором. Хроматограммы и спектры поглощения обработаны при помощи компьютерной программы Chromeleon 7. Методом внутренней нормализации провели расчет относительного содержания ГКК.

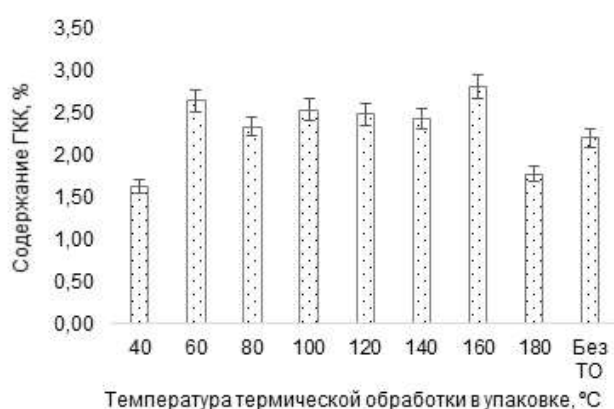


Рисунок 1 – Зависимость выхода гидроксибензойных кислот при экстракции от температуры термообработки в упаковке из фольги: Без ТО – лекарственное растительное сырье, которое не было подвержено термообработке (нативное ЛРС)

Активность полифенолоксидазы определяли по методике Бояркина [11].

Компьютерная программа Microsoft Office Excel 2016 (пакет «Анализ данных») использована для статистической обработки испытаний, каждое из которых дублировали три раза ($n=3$). Их представление осуществлено в виде $\bar{X} \pm \Delta_{\bar{x}}$, где $\bar{X}$ – среднее значение выборки; $\Delta_{\bar{x}}$ – полуширина доверительного интервала. Дисперсионный анализ выполнен для установления статистически значимого влияния факторов термообработки на выход ГКК при экстракции. При $p < 0,05$ значения считались статистически значимо различными.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1-5 показаны зависимости выхода ГКК при экстракции из эхинацеи от температуры термообработки в присутствии и без упаковки из фольги, длительности предобработки, толщины обрабатываемого слоя ЛРС и степени его измельчения соответственно.

Термообработка эхинацеи пурпурной травы в упаковке в диапазоне температур от 60 до 160 °C повышала выход ГКК при экстракции или не влияла на его величину. Значимое увеличение выхода произошло при 60 °C (на 20,0% (отн.), $p=0,016$); 100 °C (на 15,1% (отн.), $p=0,043$) и 160 °C (на 27,6% (отн.), $p=0,0086$). При 60 и 160 °C выход значимо не различался (на 6,3% (отн.), $p=0,064$), поэтому для экономии электроэнергии при нагре-

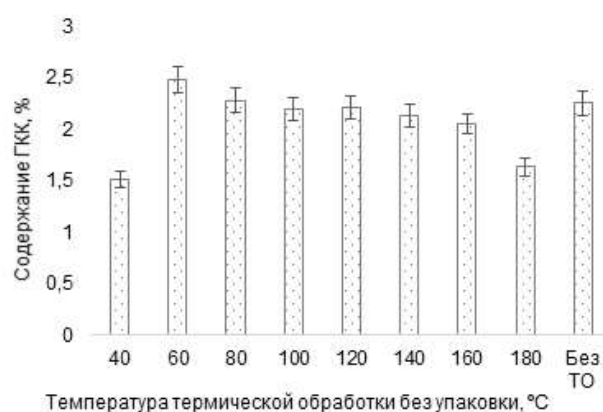


Рисунок 2 – Зависимость выхода гидроксибензойных кислот при экстракции от температуры термообработки в отсутствие упаковки: Без ТО – лекарственное растительное сырье, которое не было подвержено термообработке (нативное ЛРС)

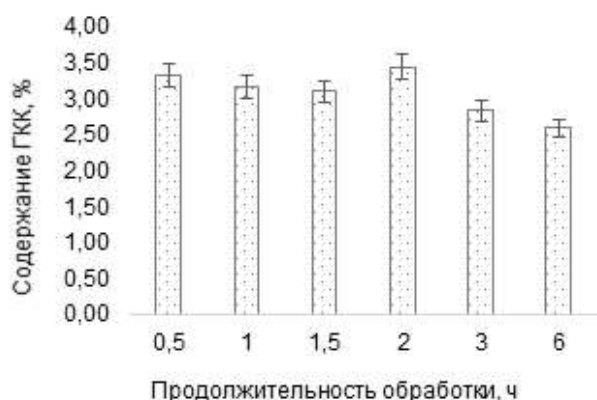


Рисунок 3 – Зависимость выхода гидроксикоричных кислот при экстракции от длительности термообработки

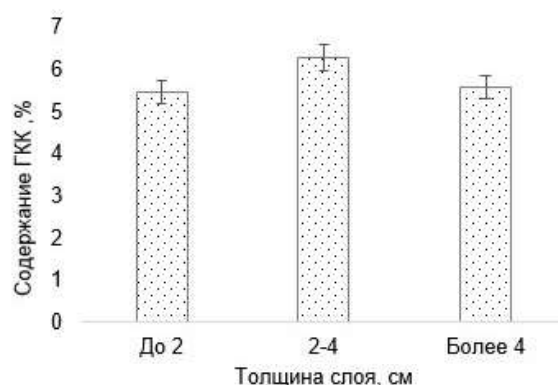


Рисунок 4 – Зависимость выхода гидроксикоричных кислот при экстракции от толщины обрабатываемого слоя лекарственного растительного сырья

вания целесообразна более низкая температура – 60°C (рис. 1).

Обработка эхинацеи пурпурной травы в отсутствие упаковки в изучаемом диапазоне температур снижала выход ГКК при экстракции или не влияла на него величину (при 60 и 80°C) (рис. 2).

В диапазоне от 0,5 до 2 ч выход ГКК при экстракции изменялся не значимо ($p=0,061$). Дальнейшее увеличение продолжительности приводило к значимому снижению выхода ГКК ($p=0,0074$) – рисунок 3. Максимальный выход при экстракции приходился на слой 2–4 см, дальнейшее увеличение толщины слоя приводило к значимому снижению на 12,3% ($p=0,039$) – рисунок 4.

Для измельченного в порошок 500 мкм и менее и резанного 5600 и менее ЛРС ($p=0,26$) отмечен наибольший выход ГКК, который на 19,0% (отн.) ($p=0,018$) больше в сравнении с цельным ЛРС (рис. 5).

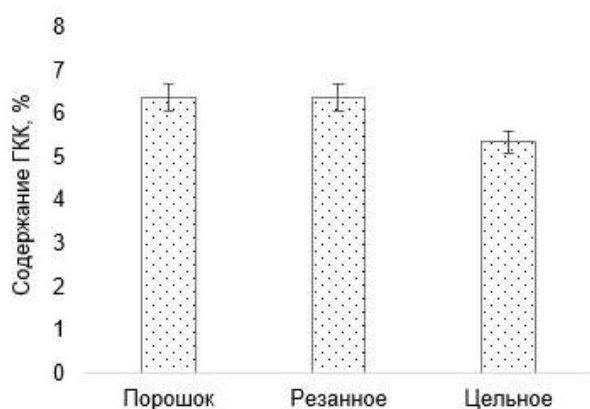


Рисунок 5 – Зависимость выхода гидроксикоричных кислот при экстракции от размера частиц сырья при термообработке

Эхинацеи пурпурной трава имела невысокую активность полифенолоксидазы, однако она возрастала в 4,4 раза при 40°C, что снижало выход ГКК при экстракции на 35,2% (отн.) ($p=0,0029$). При 60°C активность фермента резко возрастала в 2,7 раза по сравнению с 40°C, что повышало выход на 62,3% (отн.) ($p=0,0025$). Затем активность фермента резко падала (примерно в 5 раз) при 80 и 100°C, но оставалась приблизительно в два раза большей при 80°C, чем в нативном сырье. Полифенолоксидазная активность значимо ($p=8,57 \cdot 10^{-5}$; $F=87,1$; $F_{крит}=5,98$) влияла на выход ГКК.

В ходе дисперсионного анализа влияния параметров установлено, что температура ($p=1,8 \cdot 10^{-4}$), продолжительность ($p=2,4 \cdot 10^{-4}$), наличие упаковки ($p=1,6 \cdot 10^{-4}$), толщина слоя ($p=0,029$) и степень измельчения ($p=0,041$) статистически значимо ($p<0,05$) влияли на экстракцию ГКК.

Можно предложить следующий способ предварительной термической обработки эхинацеи пурпурной травы: измельченную в порошок 500 мкм и менее или резанную 5600 мкм и менее эхинацеи пурпурной траву раскладывают слоем от 2 до 4 см на фольге, герметично заворачивают в нее и помещают в сушильный шкаф при температуре 60°C на 0,5-2 ч. После истечения времени сырье в фольге не разворачивая охлаждают до комнатной температуры.

Предложенный способ предобработки увеличивал выход ГКК в 2,8 раза по сравнению с нативным ЛРС (рис. 7).

Рассчитали относительное содержание в полученных извлечениях основных ГКК для выявления влияния термической обработки на качественный состав (табл. 1).

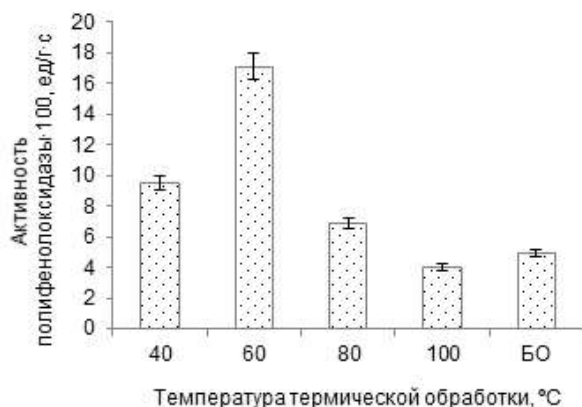


Рисунок 6 – Зависимость активности фермента полифенолоксидазы от температуры термообработки в упаковке из фольги: БО – лекарственное растительное сырье, которое не было подвержено термообработке (нативное ЛРС)

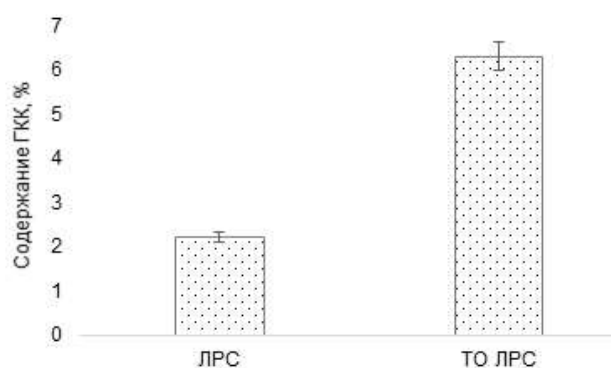


Рисунок 7 – Выход гидрохикоричных кислот при экстракции из термически обработанной (ТО ЛРС) и нативной эхинацеи пурпурной травы (лекарственное растительное сырье)

Относительное содержание ГКК в извлечениях из термически обработанной и нативной эхинацеи пурпурной траве практически одинаково (табл. 1), что указывает на отсутствие влияния термической обработки на качественный состав основных ГКК.

Учитывая остаточную полифенолоксидазную активность при термической обработке изучили влияние температуры и длительности экстракции на выход ГКК из нативного и термически обработанного ЛРС (рис. 8, 9 и 10, 11 соответственно).

Максимальный выход ГКК из необработанного ЛРС приходился на кипящую водяную баню, что на 32,8% (отн.) ($p=0,027$) больше, чем при 80°C (рис. 8), что совпадает с выходом по фармакопейной методике. При экстракции из необработанного ЛРС от комнатной температуры до 80°C наблюдали плато выхода ГКК ($p=0,29$). В течение полутора часов отмечен четко выраженный максимальный выход ГКК, который на 21,6% (отн.) ($p=0,040$) больше, чем при 6 ч. В фармакопейной методике экстракция проводится в течение 45 мин, что недостаточно для обеспечения наиболее полного выхода ГКК.

При увеличении температуры экстракции из термообработанного ЛРС выход ГКК плавно возрастал ($R^2=0,9026$): на кипящей водяной бане выше на 16,1% (отн.) ($p=0,040$), чем при 80°C; при 40°C минимум не наблюдался, что связано с отсутствием повышения активности полифенолоксидазы. Выход ГКК при экстракции практически в три раза выше ($p=6,2 \cdot 10^{-5}$) по сравнению с кипящей водяной баней для необработанного ЛРС.

При экстракции из термически обработанного сырья наблюдали максимальный выход на 2 ч ($p=0,0073$), при остальных изученных промежутках времени выход находился на плато ($p=0,38$). Выход ГКК практически в три раза выше ($p=4,7 \cdot 10^{-4}$) по сравнению с длительностью в 1,5 ч для необработанного сырья.

В научной литературе для повышения выхода ГКК, как правило, используют оптимизацию водно-спиртовой экстракции и подбор режимов и способов извлечения. В статье В.А. Ванштейна для экстракции ГКК применен метод вакуумной пульсации при гидромодуле 1:5 при 60°C в три этапа по 2,5 ч спиртом этиловым с убывающей концентрацией 70%, 40% и 20% [14]. При таком способе

Таблица 1 – Качественный состав основных гидрохикоричных кислот извлечений, полученных из термически обработанной и нативной эхинацеи пурпурной травы

Название гидрохикоричных кислот	Термически обработанное ЛРС, %	ЛРС, %	Значение p
Кафтаровая кислота	23,0±2,2	24,0±1,1	0,26
Хлорогеновая кислота	2,0±0,5	2,1±0,4	0,79
Кофейная кислота	4,5±0,7	5,0±0,6	0,39
Цикориевая кислота±	70,5±3,8	68,9±2,8	0,17

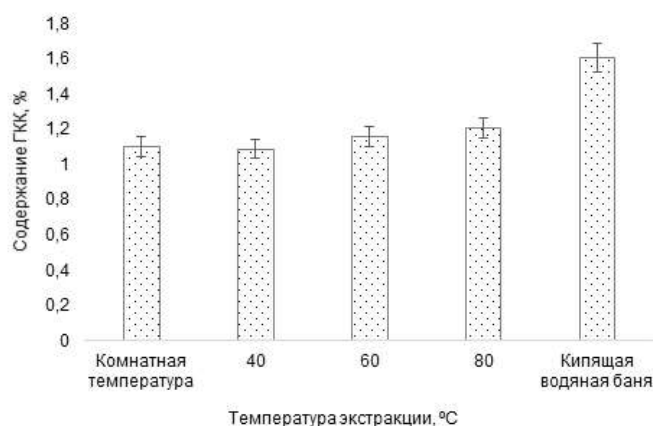


Рисунок 8 – Зависимость выхода гидроксицирлических кислот при экстракции из лекарственного растительного сырья без предобработки от ее температуры

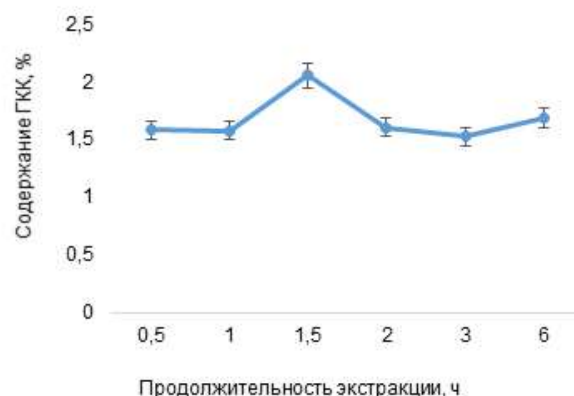


Рисунок 9 – Зависимость выхода гидроксицирлических кислот при экстракции из лекарственного растительного сырья без предобработки от ее длительности

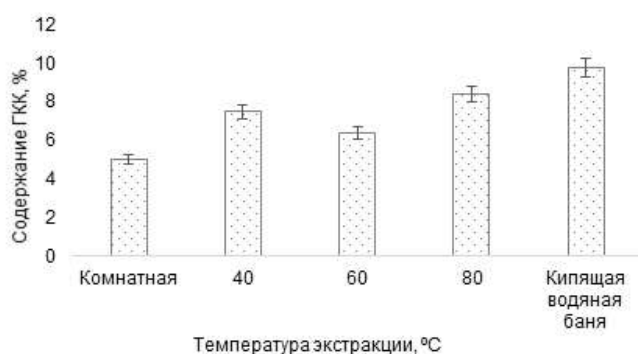


Рисунок 10 – Зависимость выхода гидроксицирлических кислот при экстракции из термообработанного лекарственного растительного сырья от ее температуры

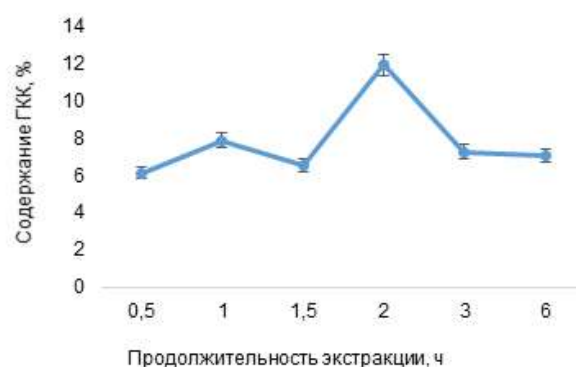


Рисунок 11 – Зависимость выхода гидроксицирлических кислот при экстракции из термообработанного лекарственного растительного сырья от ее длительности

извлечения максимум содержания ГКК доходил до 2%, что значительно меньше по сравнению с фармакопейной экстракцией из термически обработанного ЛРС при подобранных критериях термообработки, и сопоставимо с фармакопейной методикой при экстракции из необработанного ЛРС.

При воспроизведении следующих условий экстракции: экстрагирование 70% этиловым спиртом мацерацией (24 ч) 1:10 с последующей термической экстракцией при температуре кипения растворителя [13] и ультразвуковая экстракция в течение 10 мин 50% спиртом этиловым [14] содержание ГКК составило от $1,65 \pm 0,18\%$ до $2,20 \pm 0,47\%$, что меньше в три раза по сравнению с разработанными критериями термической обработки при фармакопейной экстракции.

Описаны способы субкритической экстракции 10% спиртом этиловым [15] и сжиженным углекислым газом [16], однако полученные в

первом случае извлечения микробиологически нестабильны, а во втором – многоступенчатые и трудоемкие для воспроизведения.

Заклучение

Термическая предварительная обработка эхинацеи пурпурной травы при разных температурах с и без упаковки из фольги статистически значимо влияет на выход ГКК при экстракции. Экспериментально обоснованы и подобраны следующие критерии термообработки эхинацеи пурпурной травы: температура в упаковке – 60°C; продолжительность – 0,5-2 ч; толщина слоя обрабатываемого порошка 500 мкм и менее сырья – 2-4 см. Использование указанных критериев термообработки повышает выход ГКК в 2,8 раза, статистически значимо не изменяя их качественного состава и соотношения. Выявлено влияние

полифенолоксидазы на выход ГКК при термической обработке в диапазоне температур от 40 до 100°C. Выход ГКК при экстракции из термически обработанного ЛРС на кипящей водяной бане в течение 1,5-2 ч увеличивается в два раза в сравнении с необработанным ЛРС; характер зависимостей выхода ГКК при экстракции из термически обработанного и необработанного ЛРС от ее температуры и длительности не различался.

Источник финансирования: 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, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» подпрограммы 2.2 «Синтез и направленное модифицирование регуляторов биопроцессов (Биорегуляторы)».

Sources of financing: The work was carried out as part of task 2.2.3 Production and Standardisation Extracts with an Increased Content of Biologically Active Substances within the framework of state research programme 2 Chemical Processes, Reagents and Technologies, Bioregulators and Bioorganic Chemistry and sub-programme 2.2 Synthesis and Targeted Modification of Bioprocess Regulators (Bioregulators).

Литература

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь : (ГФ РБ II) : разраб. на основе Европейской 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 / под общ. ред. С. И. Марченко. Молодечно : Победа, 2016. 1367 с.
2. Государственный реестр лекарственных средств Республики Беларусь. Текст : электронный // Республиканское унитарное предприятие «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» : [сайт]. URL: <https://www.rceth.by/Refbank/> (дата обращения: 03.12.2024).
3. Лукашов, Р. И. Обзор рынка фитопрепаратов на основе растений рода эхинацея в Республике Беларусь / Р. И. Лукашов, О. А. Веремчук, А. М. Моисеева // Вестник фармации. 2015. Т. 69, № 3. С. 31–39.
4. Echinaceae purpureae herba – herbal medicinal product. Text : electronic // European Medicines Agency : [website]. URL: <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/echinaceae-purpureae-herba> (date of access: 03.12.2024).
5. 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.
6. Создание ресурсосберегающих технологий переработки лекарственного растительного сырья / В. А. Куркин, Г. Г. Запесочная, Е. В. Авдеева [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 1, № 1-3. С. 737–740.
7. Ёршик, О. А. Влияние условий термической обработки сырья на экстракцию проантоцианидинов из корневищ с корнями сабельника болотного / О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук // Вестник фармации. 2014. Т. 63, № 1. С. 55–59.
8. Ёршик, О. А. Определение качественного состава и количественного содержания антоцианов в цветках *Centaurea cyanus* L. в условиях термической активации / О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2014. № 2. С. 69–73.
9. Лукашов, Р. И. Влияние параметров термической обработки травы золотарника канадского на экстракцию флавоноидов / Р. И. Лукашов, Н. С. Гурина // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики : рецензируемый сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Бел. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. В. Сикорский, В. Я. Хрыщанович. Минск : БГМУ, 2019. Вып. 9. С. 357–362.
10. Государственная фармакопея Республики Беларусь : (ГФ РБ II) : разраб. на основе Европ. Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 янв. 2013 г. приказом М-ва здравоохранения РБ от 25.04.2012 г. № 453. Т. 1 : Общие методы контроля качества лекарственных средств / под общ. ред. А. А. Шерякова. Молодечно : Победа, 2012. 1217 с.
11. Мазец, Ж. Э. Практикум по физиологии растений : учеб.-метод. пособие / Ж. Э. Мазец, С. В. Судейная, Е. Р. Грицкевич. Минск, 2010. Ч. 2. 71 с.
12. Полиэкстракция травы эхинацеи системами экстрагентов с возрастающей полярностью / В. А. Вайнштейн, И. Е. Каухова, П. С. Амелина [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 3. С. 54–63.
13. Исследование по созданию иммуномодулирующего лекарственного средства – сиропа с настойкой эхинацеи пурпурной / Е. И. Вельмийкина, В. А. Куркин, Л. Д. Климова, О. В. Бер // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 1-6. С. 1265–1268.
14. Rezaei, E. Efficient ultrasound-assisted extraction of cichoric acid from *Echinacea purpurea* root / E. Rezaei, M. Abedi // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2017. Vol. 51, № 6. P. 471–475.
15. Extraction of caftaric and cichoric acids from *Echinacea purpurea* L. in subcritical water / A. V. Lekar, S. N. Borisenko, O. V. Filonova [et al.] // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2013. Vol. 7, № 8. P. 968–975.
16. Yildiz, E. A bioactivity based comparison of *Echinacea purpurea* extracts obtained by various processes / E. Yildiz, D. Karabulut, O. Yesil-Celiktas // The Journal of Supercritical Fluids. 2014. Vol. 89. P. 8–15. DOI: 10.1016/j.supflu.2014.02.005

Поступила 19.08.2024 г.

Принята в печать 04.12.2024 г.

References

1. Marchenko SI, red. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: (GF RB II): razrab na osnove Evropeiskoi Farmakopei: v 2 t: vvod v deistvie s 1 iyulya 2016 g prikazom M-va zdravookhraneniya Respubliki Belarus' ot 31.03.2016 g № 270. T 2: Kontrol' kachestva substansii dlya farmatsevticheskogo ispol'zovaniya i lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya. Molodechno, RB: Pobeda, 2016. 1367 p. (In Russ.)
2. State Register of Medicines of the Republic of Belarus. Respublikanskoe unitarnoe predpriyatie «Tsentr ekspertiz i ispytaniy v zdravookhraneniye»: [sait]. Available from: <https://www.rceth.by/Refbank/> [Accessed 3th December 2024]. (In Russ.)
3. Lukashov RI, Veremchuk OA, Moiseeva AM. Review of the market of phytopreparations based on Echinacea plants in the Republic of Belarus. Vestn Farmatsii. 2015;69(3):31-39. (In Russ.)
4. Echinaceae purpureae herba – herbal medicinal product. European Medicines Agency: [website]. URL: <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/echinaceae-purpureae-herba> [Accessed 3th December 2024].
5. Saybel OL. Principle of complex use of plant raw materials as a tool of resource-saving technologies for obtaining therapeutic and prophylactic agents. Vopr Biol Med Farmatsevt Khimii. 2021;24(12):3-10. (In Russ.)
6. Kurkin VA, Zapesochaya GG, Avdeeva EV, Pravdivtseva OE, Braslavskiy VB, Kurkina AV, i dr. Creation of resource-saving technologies for processing medicinal plant raw materials. Izv Samar Nauch Tsentra Ros Akad Nauk. 2010;1(1-3):737-740. (In Russ.)
7. Ershik OA, Buzuk GN. Influence of conditions of thermal treatment of raw materials on extraction of proanthocyanidins from rhizomes with roots of swamp cinquefoil. Vestn Farmatsii. 2014;63(1):55-59. (In Russ.)
8. Ershik OA, Buzuk GN. Determination of the qualitative composition and quantitative content of anthocyanins in Centaurea cyanus L. flowers under thermal activation conditions. Byul Bryan Otd-niya RBO. 2014;(2):69-73. (In Russ.)
9. Lukashov RI, Gurina NS. Influence of parameters of thermal treatment of herb of Canadian goldenseal on extraction of flavonoids. V: M-vo zdravookhraneniya Resp Belarus', Bel gos med un-t; Sikorskii AV, Khryshchanovich VYa, redkol. BGMU v avangarde meditsinskoi nauki i praktiki: retsenziruemyi sb nauch tr. Minsk, RB: BGMU; 2019. Vyp 9. P. 357-362. (In Russ.)
10. Sheryakov AA, red. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: (GF RB II): razrab na osnove Evrop Farmakopei: v 2 t: vvod v deistvie s 1 yanv 2013 g prikazom M-va zdravookhraneniya RB ot 25.04.2012 g № 453. T 1: Obshchie metody kontrolya kachestva lekarstvennykh sredstv. Molodechno, RB: Pobeda; 2012. 1217 p. (In Russ.)
11. Mazets ZhE, Sudeynaya SV, Gritskovich ER. Workshop on plant physiology: ucheb-metod posobie. Minsk, RB; 2010. Ch 2. 71 p. (In Russ.)
12. Vaynshteyn VA, Kaukhova IE, Amelina PS, Koldashova YuA, Minina SA, Ivanova AV. Polyextraction of Echinacea herb by extractant systems with increasing polarity. Razrabotka Registratsiya Lekarstv Sredstv. 2018;(3):54-63. (In Russ.)
13. Velmyaykina EI, Kurkin VA, Klimova LD, Ber OV. Research on creation of immunomodulatory medicinal product - syrup with Echinacea purpurea tincture. Izv Samar Nauch Tsentra Ros Akad Nauk. 2009;11(1-6):1265-1268. (In Russ.)
14. Rezaei E, Abedi M. Efficient ultrasound-assisted extraction of cichoric acid from Echinacea purpurea root. Pharm Chem J. 2017;51(6):471-475.
15. Lekar AV, Borisenko SN, Filonova OV, Vetrova EV, Maksimenko EV, Borisenko NI, et al. Extraction of caftaric and cichoric acids from Echinacea purpurea L. in subcritical water. Rus J Phys Chem B. 2013;7(8):968-975.
16. Yildiz E, Karabulut D, Yesil-Celiktas O. A bioactivity based comparison of Echinacea purpurea extracts obtained by various processes. J Supercritical Fluids. 2014;89:8-15. doi: 10.1016/j.supflu.2014.02.005

Submitted 19.08.2024

Accepted 04.12.2024

Сведения об авторах:

Р.И. Лукашов – к.ф.н., доцент, зав. кафедрой фармацевтической химии, Белорусский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0000-0001-5234-6319>,

e-mail: r_lukashov@mail.ru – Лукашов Роман Игоревич;

Н.С. Гурина – д.б.н., профессор, декан фармацевтического факультета, Белорусский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0009-0009-9150-5728>.

Information about authors:

R.I. Lukashov – Candidate of Pharmaceutical Sciences, associate professor, head of the Chair of Pharmaceutical Chemistry, Belarusian State Medical University, <https://orcid.org/0000-0001-5234-6319>,

e-mail: r_lukashov@mail.ru – Lukashov Raman Ihoravich;

N.S. Gurina – Doctor of Biological Sciences, professor, dean of the pharmaceutical faculty, Belarusian State Medical University, <https://orcid.org/0009-0009-9150-5728>.