

УДК 615.451.16(045)

А.В. Евсина, магистрант, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Научный руководитель М.Н. Школьников д.т.н. доцент, профессор кафедры биотехнологии

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ
ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И
ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ИЗ ТРАВЫ ПУСТЫРНИКА (LEONURUS
CARDIACA L.)**

Аннотация

В статье представлен обзор и сравнительный анализ современных методов экстракции травы пустырника. Рассмотрены как традиционные способы (мацерация, перколяция), так и инновационные методы (ультразвуковая, вихревая экстракция). На основе актуальных научных данных проведена оценка влияния технологии экстрагирования на выход биологически активных веществ (флавоноидов, иридоидов, фенольных кислот) и элементный состав готовых лекарственных форм.

Annotation

(The article presents a review and comparative analysis of modern methods of motherwort herb extraction. Both traditional methods (maceration, percolation) and innovative methods (ultrasonic, vortex extraction) are considered. Based on current scientific data, an assessment is made of the influence of extraction technology on the yield of biologically active substances (flavonoids, iridoids, phenolic acids) and the elemental composition of finished medicinal forms.)

Ключевые слова: пустырник, *Leonurus cardiaca*, экстракция, мацерация, ультразвуковая экстракция, вихревая экстракция, флавоноиды.

Keywords: motherwort, *Leonurus cardiaca*, extraction, maceration, ultrasonic extraction, vortex extraction, flavonoids.

Введение. Пустырник (*Leonurus cardiaca L*) является одним из наиболее востребованных лекарственных растений в современной кардиологии и неврологии. Препараты на его основе обладают седативными, кардиотоническими и гипотензивными свойствами, что обусловлено комплексом биологически активных веществ (БАВ): иридоидами, дубильными веществами, флавоноидами (рутин, кверцетин) и фенольными кислотами (розмариновая кислота).

Трава пустырника представляет собой сложную многокомпонентную матрицу, содержащую вещества различной полярности. Исследования последних лет позволили детально охарактеризовать ее химический профиль. Фенольный комплекс пустырника включает флавоноиды и гидроксикоричные кислоты. Методом ВЭЖХ идентифицированы рутин, апигенин, катехин, а также хлорогеновая, кофейная и розмариновая кислоты. Содержание суммы флавоноидов в траве варьирует от 0,66 % до 1,01 % в пересчете на цинарозид, суммы иридоидов - от 0,73 % до 1,19 % в пересчете на гарпагида ацетат. Интересной особенностью является неравномерное распределение БАВ по морфологическим частям растения. Цветки в большей степени накапливают фенольные кислоты, тогда как листья содержат повышенные количества флавоноидов. В стеблях концентрация всех идентифицированных веществ в несколько раз ниже, что делает целесообразным удаление грубых одревесневших стеблей при заготовке сырья. Элементный состав травы пустырника представлен широким спектром макро- и микроэлементов. В наибольших количествах обнаруживаются железо, стронций, марганец и медь. Концентрации токсичных элементов (свинец, кадмий, мышьяк) находятся в пределах 0,007–0,066 мг/кг, что соответствует фармакопейным требованиям [1].

Ключевым этапом производства жидких и сухих экстрактов пустырника является процесс экстракции, который определяет полноту извлечения целевых компонентов и, следовательно, терапевтическую эффективность препарата.

Выбор метода экстракции – это всегда поиск компромисса между полнотой извлечения БАВ, в частности, суммы флавоноидов, селективностью процесса,

экономической целесообразностью и безопасностью конечного продукта. Особую значимость приобретает контроль безопасности экстрактов, из сырья могут извлекаться токсичные примеси (свинец, кадмий, мышьяк).

Цель настоящей работы – провести сравнительный анализ методов экстракции БАВ из травы пустырника на основе современных научных данных и оценить их влияние на качество и безопасность получаемых препаратов.

Обсуждение результатов. Классическая мацерация представляет собой настаивание измельченного сырья с экстрагентом при комнатной температуре в течение 24-48 ч при периодическом перемешивании. Метод прост в исполнении, не требует сложного оборудования, однако отличается длительностью и неполным истощением сырья.

Дробная мацерация (ремацерация) предусматривает многократную последовательную обработку сырья свежими порциями экстрагента. Исследования показывают, что данный метод обеспечивает более полное извлечение БАВ по сравнению с однократным настаиванием. При экстракции 60 % этанолом в соотношении сырье:экстрагент 1:18 с трехкратной сменой растворителя выход сухого экстракта составляет $25,30 \pm 1,50$ % [2].

Метод перколяции основан на вытеснении экстрагента, проходящего через слой сырья. При разработке комплексного кардиотонического экстракта, содержащего траву пустырника, перколяция 70 % этанолом до соотношения DER 1:10 позволила получить продукт со стабильным содержанием полифенольных соединений. Метод обеспечивает более полное истощение сырья по сравнению с мацерацией, однако требует специального оборудования и тщательного контроля скорости перколяции [2].

Ультразвуковая экстракция (УЗ-экстракция) относится к современным методам интенсификации массообменных процессов. Воздействие ультразвука вызывает кавитационные явления в жидкой среде, что приводит к разрушению клеточных структур растительного сырья и ускорению диффузии БАВ в экстрагент.

Экспериментальные исследования на траве пустырника демонстрируют

высокую эффективность метода. При УЗ-обработке в течение 30 минут при температуре 45 °С достигается выход флавоноидов, сопоставимый с суточной мацерацией. Оптимальным экстрагентом признан 70 % этиловый спирт [3].

Вихревая экстракция основана на интенсивном перемешивании сырья с экстрагентом с образованием вихревых потоков, что увеличивает поверхность массообмена и ускоряет экстракцию.

По данным исследований, вихревая экстракция обеспечивает получение настоек с наиболее высоким общим содержанием элементов. Метод способствует преимущественному извлечению ванадия, хрома, кобальта и стронция. Выход экстрактивных веществ при вихревой экстракции сопоставим с УЗ-методом и значительно превышает показатели классической мацерации [3].

Для наглядности приведенные сведения обобщены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика методов экстракции [4].

Метод экстракции	Основной механизм/условия	Извлекаемые группы БАВ	Преимущества	Недостатки
1.Мацерация /Дробная мацерация (настойка)	Настаивание на 70 % этаноле при комнатной температуре, соотношение сырье:экстрагент 1:18	Иридоиды (гарпагид), фенилпропаноиды (вербаскозид), флавоноиды. Частично хлорофил.	Простота стандартизованность по ГФ РФ XIV (ФС.3.4.0007.18 Пустырника травы настойка)	Длительность, неполное истощение сырья, большой расход экстрагента.
2.Ультразвуковая экстракция (УЗ)	Кавитация под действием ультразвука (обычно 40 кГц, 30-60 мин, этанол 70 %)	Флавоноиды (рутин, гиперозид) и суммы фенольных соединений. Разрушает слизи	Максимальный выход суммы антиоксидантов в/ флавоноидов. Быстрота, низкие температуры	Разрушение термолабильных иридоидов при длительном воздействии. Сложность масштабирования
3.Субкритическая водная экстракция	Вода с $T = 120-250^{\circ}\text{C}$ под давлением (без парообразования), снижение диэлектрической проницаемости	Лиганы, агликоны флавоноидов, тритерпеновые кислоты (урсоловая)	Экологичность, высокий выход гидрофобных соединений	Возможная деградация термолабильных гликозидов, требует сложного оборудования (реактор высокого давления)
4.Сверхкритическая флюидная экстракция (СКФЭ)	Использование CO_2 в сверхкритическом состоянии и (часто с этанолом)	Алкалоиды (стахидрин, леонулин), стеролы, эфирные масла. Практически не извлекает гликозиды	Высокая селективность, отсутствие следов растворителя, получение липофильной фракции	Дорогое оборудование, не извлекает водорастворимую фракцию
5.Настой /Отвар (фармакопейный)	Экстракция горячей водой	Водорастворимые иридоиды, полисахариды, сапонины	Седативное действие за счет водорастворимого комплекса	Низкий выход флавоноидов, микробиологическая нестабильность

Общеизвестно, что эффективность экстракции определяется не только методом, но и природой растворителя. Исследования с использованием

растворителей различной полярности (гексан, диэтиловый эфир, этилацетат, изопропанол) показали, что максимальный выход экстрактивных веществ (8,5 %) достигается при использовании наиболее полярного из исследованных растворителей - изопропилового спирта. Изопропанольный экстракт содержит наибольшее количество фенольных соединений (68,8 мг GAE/г) и флавоноидов (22,7 мг RE/г), а также демонстрирует наивысшую антиоксидантную активность.

Для спиртоводных экстрактов фармакопейного назначения оптимальной концентрацией этанола признана 60-70 %, что обеспечивает максимальное извлечение как полярных флавоноидов и иридоидов, так и умеренно полярных соединений [5].

Проблема контроля содержания тяжелых металлов в фитопрепаратах приобретает все большую актуальность. Исследование элементного состава настоек пустырника, полученных различными методами, выявило существенные различия в профилях извлечения элементов. Степень перехода большинства элементов из сырья в настойки не превышает 46 %. Цинк экстрагируется в наибольших количествах во всех изученных образцах, кадмий – в наименьших. Принципиально важным является то, что ультразвуковая экстракция обеспечивает минимальный переход токсичных элементов (Pb, Cd) и мышьяка в готовый продукт, что делает этот метод предпочтительным с точки зрения безопасности.

Содержание токсичных элементов в настойках, полученных всеми исследованными методами, не превышает допустимых уровней, установленных фармакопейными требованиями. Тем не менее, выявленная закономерность позволяет рекомендовать УЗ-экстракцию как метод выбора при производстве препаратов с повышенными требованиями к чистоте [6].

Заключение. Сравнительный анализ методов экстракции биологически активных веществ из травы пустырника демонстрирует, что каждый из рассмотренных методов обладает специфическими преимуществами и ограничениями. Традиционная мацерация остается базовым методом, дробная мацерация позволяет обогащать экстракты эссенциальными элементами,

ультразвуковая экстракция обеспечивает высокую скорость процесса и минимальное содержание токсичных примесей, а вихревая экстракция дает наиболее высокий общий выход БАВ.

Современные тенденции развития фитофармацевтической технологии диктуют необходимость перехода к более эффективным и безопасным методам экстракции. Ультразвуковая экстракция представляется наиболее перспективной технологией, отвечающей требованиям как фармакопейного качества, так и экономической целесообразности.

Список источников

1. Галенко М.С., Бахрушина Е.О., Гравель И.В. Элементный состав настоек пустырника, изготовленных различными методами экстракции // Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2025. – Т. 15, № 6. – С. 682–691.
2. Соколова А.И. Разработка и стандартизация пустырника уменьшенного экстракта сухого: автореферат диссертации. – М.: ИГЕБ, 2021.
3. Stepanyan L.A., Sargsyan T.H., Israyelyan M.H. et al. Study of the chemical composition, antibacterial and antioxidant activity of various extracts of the aerial part of *Leonurus cardiaca* // Farmacia. – 2023. – Vol. 71, № 5. – P. 1064–1071.
4. Турдиева З.В., Юнусова Х.М. Разработка технологии получения настойки с седативным эффектом // Химия растительного сырья. – 2024. – № 4. – С. 260–267.
5. Романенко Е.А., Кошевой О.Н., Комиссаренко А.Н. и др. Исследование химического состава компонентов травы пустырника // Вісник фармації. – 2018. – Т. 95, № 3. – С. 34–38.
6. Жогова А.А., Перова И.Б., Самылина И.А. и др. Идентификация и количественное определение основных биологически активных веществ травы пустырника с помощью ВЭЖХ-масс-спектрометрии // Химико-фармацевтический журнал. – 2014. – Т. 48, № 7. – С. 24–29.

References

1. Galenko M.S., Bakhrushina E.O., Gravel I.V. Elemental composition of motherwort tinctures prepared by various extraction methods // Regulatory Research and Expertise of Medicinal Products. – 2025. – Vol. 15, No. 6. – P. 682–691.
2. Sokolova A.I. Development and standardization of reduced dry motherwort extract: dissertation abstract. – Moscow: IGEB, 2021.
3. Stepanyan L.A., Sargsyan T.H., Israyelyan M.H. et al. Study of the chemical composition, antibacterial and antioxidant activity of various extracts of the aerial part of *Leonurus cardiaca* // Farmacia. – 2023. – Vol. 71, No. 5. – P. 1064–1071.
4. Turdieva Z.V., Yunusova Kh.M. Development of technology for obtaining a tincture with a sedative effect // Chemistry of Plant Raw Materials. – 2024. – No. 4. – P. 260–267.
5. Romanenko E.A., Koshevoy O.N., Komissarenko A.N. et al. Study of the chemical composition of the components of motherwort herb // Visnyk of Pharmacy. – 2018. – Vol. 95, No. 3. – P. 34–38.
6. Zhogova A.A., Perova I.B., Samylina I.A. et al. Identification and quantitative determination of the main biologically active substances of motherwort herb using HPLC-mass spectrometry // Chemical-Pharmaceutical Journal. – 2014. – Vol. 48, No. 7. – Pp. 24–29.