

УДК 615.451.16+615.322

АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ИВАН-ЧАЯ УЗКОЛИСТНОГО

© *В.А. Королев, Л.А. Бабкина, Е.В. Фелькер, Р.Ю. Чертова**, М.А. Усачев, Е.В. Королев, М.И. Чурилин, Д.Р. Магомедова

*Курский государственный медицинский университет, ул. К. Маркса, 3,
Курск, 305041, Россия, chertovary@kursksmu.net*

Работа посвящена изучению оптимальных условий получения препарата иван-чая узколистного, обладающего повышенными антиоксидантными свойствами. В результате исследования проведена оценка антиоксидантных свойств извлечений иван-чая узколистного, полученных из неферментированного и ферментированного сырья способами настаивания и экстракции. Установлено, что антиоксидантные свойства извлечений зависят от количественного содержания энотеина В и оптимальным способом получения является экстракция из неферментированного сырья иван-чая. Разработан способ получения экстракта иван-чая узколистного, обладающего высокими антиоксидантными свойствами, за счет повышенного содержания энотеина В. Установлено, что данный способ позволяет получить экстракт с высокой концентрацией энотеина В и антиоксидантной емкостью в сравнении с настоями и экстрактами, полученными известными способами. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшей разработке препаратов иван-чая узколистного, обладающих антиоксидантными свойствами, а также в проведении их доклинических и клинических испытаний.

Ключевые слова: экстракты и настои иван-чая узколистного, энотеин В, антиоксидантная емкость.

Для цитирования: Королев В.А., Бабкина Л.А., Фелькер Е.В., Чертова Р.Ю., Усачев М.А., Королев Е.В., Чурилин М.И., Магомедова Д.Р. Антиоксидантные свойства иван-чая узколистного // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 217–226. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216334>.

Введение

Окислительный стресс – это процесс избыточной генерации свободных радикалов, последствием которой является необратимое повреждение клеток и нарушение функций организма [1]. Поэтому немаловажной задачей биомедицины является поиск средств, способных замедлять окислительные процессы и связывать свободные радикалы. Имеет высокую актуальность разработка новых антиоксидантных препаратов из распространенных и доступных источников, в том числе растительного происхождения, так как растения являются богатым источником разнообразных классов биологически активных веществ [2].

Иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, семейство *Onagraceae*) – многолетнее травянистое растение, широко распространенное на территории России. Сырье иван-чая используют как в неферментированном, так и в ферментированном виде. Сушеное сырье иван-чая узколистного является доступным, продается в аптечной сети, а также его широкая распространенность позволяет проводить его самозаготовку в период цветения растения [3].

Изучению химического состава иван-чая узколистного посвящено большое количество научных трудов, особенно возрос интерес в последние десятилетия. Иван-чай представляет собой богатый источник полифенолов, включая флавоноиды и танины. Примечательно, что именно танины количественно преобладают в экстрактах иван-чая и во многом определяют широкий спектр его полезных свойств [4–6].

Традиционно лекарственные растения, содержащие дубильные вещества, использовались в качестве кровоостанавливающих, противодиарейных средств, а также для лечения желудочно-кишечных расстройств и заживления ран. Это было связано с неспецифической способностью дубильных веществ связываться с белками. Однако с начала 1980-х годов стало уделяться много внимания изучению иных характеристик танинов. В результате была открыта и исследована их способность проявлять противомикробную

* Автор, с которым следует вести переписку.

[7], противоопухолевую [8], противоязвенную [9], противовоспалительную [10] и антиоксидантную активность [7–10].

Антиоксидантные свойства таннинов заметно повышаются с увеличением размеров молекулы и количеством реакционноспособных функциональных групп. Они проявляются как в обезвреживании уже образовавшихся свободных радикалов, так и в торможении процессов их генерации. Вариабельность механизмов антиоксидантного действия полифенолов определяет необходимость особого подхода к оценке этих соединений в качестве антиоксидантов [11].

Таннины иван-чая относятся к гидролизуемым дубильным веществам группы эллаготаннинов – производных эллаговой кислоты. В частности, их основным представителем является энотеин В – соединение макроциклической структуры с ограниченной гибкостью связей, близостью ароматических колец и гидроксильных групп в скелете и большим процентом содержания во фракции таннинов в экстрактах иван-чая узколистного. Для энотеина В характерны как общие свойства полифенолов, так и уникальные. Известно о противоопухолевой и антимикробной [12], иммуномодулирующей [13], противовоспалительной [14, 15] и антиоксидантной активности [12–15].

Отмечается, что антиоксидантные свойства эллаготаннинов в целом выше, чем у низкомолекулярных полифенолов, токоферола и аскорбиновой кислоты, что способствует ингибированию процессов перекисного окисления липидов, белков и ДНК в организме [12–15]. Структурная формула энотеина В представлена на рисунке 1.

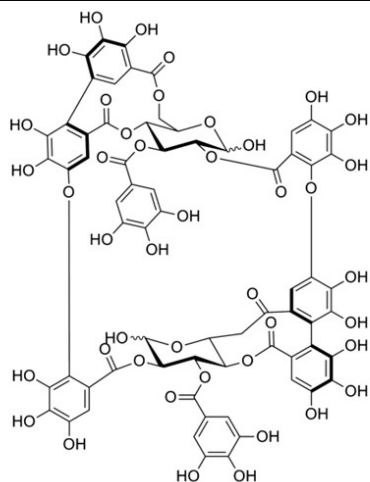


Рис. 1. Структурная формула энотеина В

Большое количество реакционноспособных гидроксильных групп определяет способность энотеина В выступать донором протонов водорода с его сопутствующим окислением, восстановлением и нейтрализацией свободных радикалов. Одновременно с этим энотеин В участвует в реакциях образования стабильных комплексов с металлами переменной валентности. Он может перехватывать и связывать металлы, которые способствуют образованию свободных радикалов и их предшественников.

Данные особенности активных компонентов иван-чая узколистного являются важной и перспективной характеристикой для изучения лекарственных свойств его препаратов и разработки методов получения лекарственных форм с сохранением высоких антиоксидантных свойств.

Иван-чай узколистный не является фармакопейным лекарственным растением, однако в последнее время активно проводятся исследования по применению его извлечений и разработке перспективных лекарственных препаратов.

В настоящий момент запатентован способ выделения из иван-чая суммы таннинов, используемой для получения субстанции противоопухолёвого препарата «Ханерол» [16]. Антиоксидантными характеристиками получаемого извлечения иван-чая уделяют внимание авторы способа получения экстракта с использованием ультразвука [17]. Однако ни один из существующих способов не решает задачу получения извлечения с высокими антиоксидантными свойствами.

В данной работе нами была поставлена цель провести сравнительное исследование количественного содержания энотеина В и антиоксидантных свойств в извлечениях иван-чая.

Экспериментальная часть

Сырье иван-чая узколистного было собрано в окрестностях Курска, д. Шуклинка (51.805509, 36.197174) в период цветения, когда концентрация дубильных веществ максимальна. Использовали надземную часть растения (листья). Листья были высушены, обмолочены, разрезаны до размера частиц не более 5 мм, согласно требованиям фармакопеи для лекарственного растительного сырья [18]. Полученное таким образом сырье использовали в качестве неферментированного сырья иван-чая.

Ферментированное сырье получали согласно ГОСТ 34964-2023 «Напиток чайный из кипрея узколистного». Надземную часть растения (листья) завяливали, измельчали до размера частиц 2–6 мм, ферментировали, подвергали сушке и тепловой обработке [19].

Из неферментированного и ферментированного сырья получали настои и экстракты. Параллельно разрабатывали методику получения экстракта иван-чая узколистного с повышенными антиоксидантными свойствами за счет обогащения энотеином В.

В качестве стандарта при количественном определении использовали образец энотеина В производства компании Sigma-Aldrich Co (Германия). Вещества и реактивы, использованные в исследовании, относились к классу аналитически чистых.

Количественное определение энотеина В в препаратах иван-чая проводили по оригинальной методике. Разработан способ определения энотеина В хроматоспектрофотометрией. Аликвоту исследуемого образца наносили на линию старта хроматографической пластинки «Силуфол», помещали в хроматографическую камеру с системой растворителей гексан-96% спирт этиловый (6 : 4). Идентифицировали по показателю подвижности $R_f = 0.68$ в сравнении со стандартным образцом энотеина В. Идентифицированное пятно вырезали, элюировали 96% спиртом этиловым, спектрофотометрировали (спектрофотометр BioRad SmartSpec Plus, США) при длине волны 267 ± 2 нм.

Для получения настоя иван-чая из неферментированного и ферментированного сырья брали 10 г (точная навеска) сырья на 180 мл воды очищенной, с учетом коэффициента водопоглощения сырья иван-чая узколистного (4.0), и проводили извлечение на водяной бане в течение 15 мин.

Получение экстракта иван-чая из неферментированного и ферментированного сырья проводили в аппарате Сокслета с обратным холодильником. 20 г (точная навеска) сырья экстрагировали четырехкратным объемом 30% спирта этилового до полного истощения сырья, после чего упаривали в вакуумно-ротационном испарителе («Ротадест», Венгрия) под водоструйным вакуумом (степень разряжения 0.8–0.9 атм) до объема 20 мл.

Получение экстракта иван-чая, обогащенного энотеином В, проводили из неферментированного сырья с учетом физико-химических свойств энотеина В. 20 г (точная навеска) сырья помещали в аппарат Сокслета с обратным холодильником, проводили экстракцию водно-спиртовой смесью в соотношении 30 : 70 вода очищенная – 95% спирт этиловый в объеме 180 мл (с учетом коэффициента водопоглощения сырья иван-чая узколистного 4.0) до полного истощения сырья и получения темно-зеленого непрозрачного извлечения. Очистку от балластных веществ проводили в делительной воронке методом жидкость-жидкостной экстракции, последовательно используя органические растворители (петролейный эфир, диэтиловый эфир и этилацетат) в объеме, равном объему экстракта, и интенсивно встряхивали в течение 30 мин. Петролейные, диэтиловые и этилацетатные извлечения отбрасывали. Полученное очищенное извлечение упаривали в вакуумно-ротационном испарителе («Ротадест», Венгрия) под водоструйным вакуумом (степень разряжения 0.8–0.9 атм). Проводили дополнительную очистку колоночной хроматографией с использованием сорбента «Молселект Г-50», хорошо подходящего для отчистки высокомолекулярных веществ, в хроматографической колонке размером 40×200 , элюировали смесью вода очищенная – спирт этиловый 100 : 1, собирали фракции порциями по 10 мл. Дубильные вещества с повышенным содержанием энотеина В выходят в 5–7 фракции. Все полученные фракции объединяли и высушивали в лиофильной сушилке (Scientz-300F, Китай). Полученную пористую массу растирали в ступке до состояния аморфного порошка, который является конечным продуктом – сухим экстрактом иван-чая узколистного, обогащенным энотеином В.

Оценку антиоксидантных свойств проводили по методике Ивановой А.В. и соавт., которая основана на потенциометрическом измерении антиоксидантной емкости по изменению окислительно-восстановительного потенциала раствора $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$, измеренного между рабочим платиновым электродом и хлоридсеребряным электродом сравнения до и после введения в раствор исследуемых образцов. Антиоксидантная емкость образца включает в себя восстанавливающую и хелатирующую емкости. Восстанавливающую емкость определяли предварительным потенциометрическим титрованием окисленной формой $K_3[Fe(CN)_6]$, хелатирующую – как разницу между антиоксидантной и восстанавливающей емкостью. Расчет антиоксидантной емкости проводили по формуле:

$$AOE = \frac{C_{Ox} - \alpha C_{Red}}{1 + \alpha},$$

где АОЕ – антиоксидантная емкость; C_{Ox} – концентрация окисленной формы реагента; C_{Red} – концентрация восстановленной формы реагента;

$$\alpha = \left(\frac{C_{Ox}}{C_{Red}} \right) \cdot 10^{(E_1 - E)/b},$$

где E – исходный потенциал системы; E_1 – потенциал, устанавливающийся в системе после введения пробы, $b = 2.3RT/nF$, где R – универсальная газовая постоянная, T – температура, K , n – число электронов, участвующих в окислительно-восстановительной реакции; F – число Фарадея.

Восстанавливающую емкость рассчитывали по формуле:

$$BE = \frac{C_{Ox} \cdot V_{Ox}}{V},$$

где BE – восстанавливающая емкость; C_{Ox} – концентрация окисленной формы реагента; V_{Ox} – объем окисленной формы реагента в точке эквивалентности; V – объем раствора анализируемого вещества.

Хелатирующую емкость рассчитывали по формуле:

$$XE = AOE - BE,$$

где XE – хелатирующая емкость; AOE – антиоксидантная емкость; BE – восстанавливающая емкость.

Определение восстанавливающей и хелатирующей емкости позволяет более точно отразить способность полифенольных соединений как к восстановлению, так и комплексообразованию [20].

Статистический анализ проводили с использованием программы «STATISTICA 13.0» (StatSoft, USA). Проверку гипотезы о нормальном распределении количественных показателей осуществляли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Поскольку большинство данных не подчинялось нормальному распределению, количественные показатели представлены в виде медианы (Me) и значений нижнего и верхнего квартилей ($Me[0.25-0.75]$). Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U -критерий Манна-Уитни. Различия показателей двух групп считали статистически значимыми при уровне $p < 0.05$. Корреляцию определяли с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

Обсуждение результатов

Количественное определение энотеина В. В результате хроматоспектрофотометрического определения энотеина В в исследуемых образцах были получены следующие УФ-спектры (рис. 2).

Энотеин В обладает максимумом поглощения при длине волны 267 ± 2 нм, который является аналитической характеристикой при определении данного вещества в исследуемых образцах. Спектры Б, В и Г, соответствующие настою из ферментированного сырья, настою из неферментированного сырья и экстракту из ферментированного сырья, характеризуются пологим пиком, величина оптической плотности невелика из-за недостаточного извлечения энотеина В. Экстракт из неферментированного сырья (спектр Д) имеет выраженный УФ-максимум, но при этом низкие значения поглощения. Наибольшая оптическая плотность и выраженный пик в максимуме поглощения энотеина В наблюдается в экстракте из неферментированного сырья с повышенным содержанием энотеина В (спектр Е).

В результате анализа количественного содержания энотеина В в исследуемых извлечениях показано, что ферментированное сырье отличается более низким содержанием энотеина В, как при получении настоя, так и экстракта (табл. 1).

Это может быть связано, прежде всего с тем, что в процессе ферментации в сырье происходят дополнительные биохимические реакции, изменяющие химический состав сырья и, соответственно, полученного извлечения, что отражается и в данных исследования. Стоит отметить, что настоем иван-чая как из ферментированного, так и из неферментированного сырья характеризуется наименьшими в рамках эксперимента показателями количественного содержания энотеина В. Экстракты содержат заметно большее количество целевого компонента, при этом наблюдается положительное влияние дополнительных стадий очистки и концентрирования дубильных веществ и энотеина В в экстракте, полученном разработанным методом.

Оценка антиоксидантных свойств. Потенциометрический метод оценки антиоксидантных свойств был выбран из-за особенностей механизмов антиоксидантного действия основных компонентов извлечений иван-чая узколистного. В условиях организма природные соединения могут проявлять различные

механизмы антиоксидантного действия, основные из которых: реакции переноса электрона антиоксиданта на субстрат, переноса протона водорода антиоксиданта на субстрат и переноса электронов с образованием донорно-акцепторной ковалентной связи. Для полифенолов характерно два механизма антиоксидантного действия. Полифенолы могут выступать в качестве восстановителя для соединений, обладающих окислительной способностью, в том числе свободных радикалов. Также полифенольные соединения могут выступать хелатирующим агентом и образовывать стабильные комплексы с ионами металлов с переменной валентностью, тем самым тормозить окислительные процессы с участием свободных радикалов, источником которых выступает реакция Фентона.

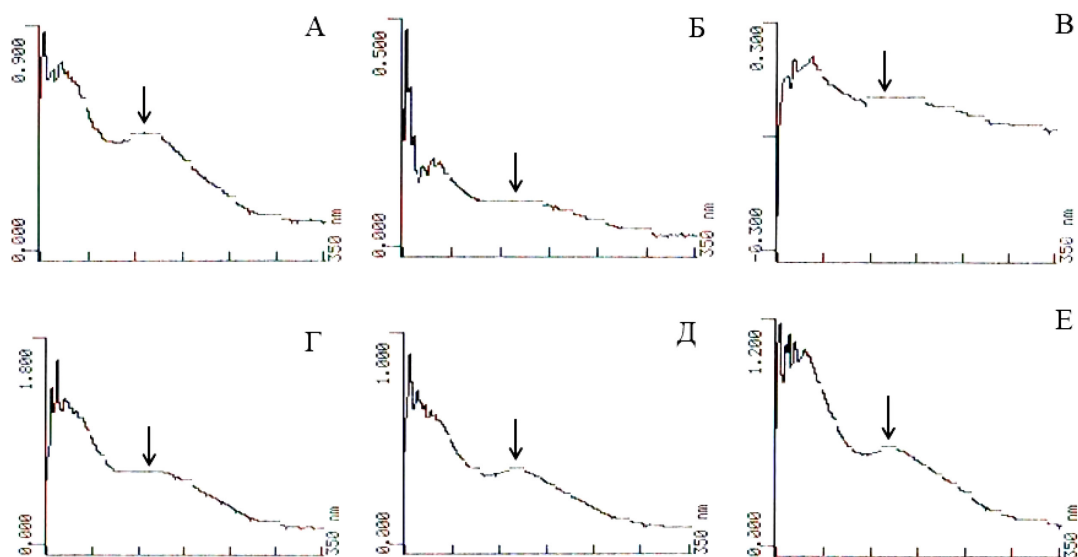


Рис. 2. УФ-спектры поглощения стандарта эпигаллокатехина В и исследуемых образцов. А – стандарт эпигаллокатехина В; Б – настой из ферментированного сыра; В – настой из неферментированного сыра; Г – экстракт из ферментированного сыра; Д – экстракт из неферментированного сыра; Е – экстракт из неферментированного сыра с повышенным содержанием эпигаллокатехина В

Таблица 1. Количественное содержание эпигаллокатехина В в исследуемых образцах

Исследуемый образец	Содержание эпигаллокатехина В, мг/мл
Настой из ферментированного сыра	11.23 [11.12; 11.25]*
Настой из неферментированного сыра	11.98 [11.13; 12.02]*
Экстракт из ферментированного сыра	71.30 [71; 71.84]*
Экстракт из неферментированного сыра	142.20 [142.07; 142.79]*
Экстракт из неферментированного сыра с повышенным содержанием эпигаллокатехина В	236.95 [235.60; 238.17]

Примечание: данные представлены в виде Me (Q₁; Q₃), где Me – медиана, Q₁ и Q₃ – 25 и 75 квартили. * – изменения показателя статистически значимы (p<0.05).

Восстанавливающая емкость позволяет оценить антиоксидантные свойства извлечения за счет восстанавливающих свойств компонентов. Хелатирующая емкость отражает способность к комплексообразованию с ионами металлов переменной валентности, тем самым снижая генерацию свободных радикалов. Антиоксидантная емкость как показатель суммирует антиоксидантную активность изучаемого извлечения в целом.

В результате анализа полученных данных установлены статистически значимые различия в показателе антиоксидантной емкости в зависимости от используемого сыра и способа получения извлечения в сравнении с экстрактом, полученным разработанным методом (табл. 2).

Использование ферментированного сыра при равных условиях извлечений определяет менее выраженную антиоксидантную емкость в сравнении со схожим настоем или экстрактом, полученным из неферментированного сыра. Вероятно, это объясняется тем, что в процессе ферментации происходят окислительные реакции, которые снижают восстанавливающую способность веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. Режим получения извлечения также может оказывать влияние на этот показатель. Так, настой из ферментированного и неферментированного сыра характеризуются меньшей антиоксидантной

емкостью, чем экстракты. При этом можно отметить, что экстракт, полученный разработанным методом и характеризующийся повышенным содержанием энотеина В, обладает наибольшей антиоксидантной емкостью среди исследуемых образцов. Восстанавливающая и хелатирующая емкости сопоставимо увеличиваются в соответствии с антиоксидантной емкостью и также зависят от способа получения извлечения.

Определение взаимосвязи показателей количественного содержания энотеина В и антиоксидантных свойств. Были сопоставлены полученные результаты количественного определения энотеина В и оценки антиоксидантных свойств полученных извлечений. Рисунок 3 наглядно демонстрирует повышение антиоксидантной емкости, хелатирующей и восстанавливающей емкости на фоне увеличения количественного содержания энотеина В в извлечениях.

Был проведен корреляционный анализ взаимосвязи показателей количественного содержания энотеина В и антиоксидантной емкости извлечений из различных видов сырья иван-чая узколистного (табл. 3).

В результате была установлена прямая корреляционная связь между количественным содержанием энотеина В и антиоксидантной емкостью исследуемых образцов. При этом высокий уровень взаимосвязи отмечен для извлечений из неферментированного сырья.

Среди исследуемых образцов настоев, являясь наиболее простым и быстрым способом получения извлечения из сырья, характеризуются наименьшими показателями как количественного содержания энотеина В, так и антиоксидантной емкости. При выборе оптимальных условий извлечения для сырья иван-чая, процесс настаивания можно считать не подходящим для полноценной реализации полезных свойств данного растения.

Таблица 2. Оценка антиоксидантных свойств исследуемых образцов

Исследуемый образец	АОЕ (антиоксидантная емкость), М-экв	ВЕ (восстанавливающая емкость), М-экв	ХЕ (хелатирующая емкость), М-экв
Настой из ферментированного сырья	0.74 [0.70; 0.77]*	0.42 [0.39; 0.44]	0.33 [0.30; 0.35]
Настой из неферментированного сырья	0.88 [0.81; 0.90]*	0.49 [0.43; 0.50]	0.31 [0.29; 0.33]
Экстракт из ферментированного сырья	3.68 [3.49; 4.03]*	1.89 [1.76; 2.04]	1.62 [1.50; 1.69]
Экстракт из неферментированного сырья	3.73 [3.60; 3.86]*	2.29 [2.21; 2.42]	1.65 [1.51; 1.75]
Экстракт из неферментированного сырья с повышенным содержанием энотеина В	5.78 [5.62; 6.02]	3.82 [3.72; 3.92]	2.02 [1.94; 2.09]

Примечание: данные представлены в виде Ме (Q₁; Q₃), где Ме – медиана, Q₁ и Q₃ – 25 и 75 квартили. * – изменения показателя статистически значимы (p<0.05).

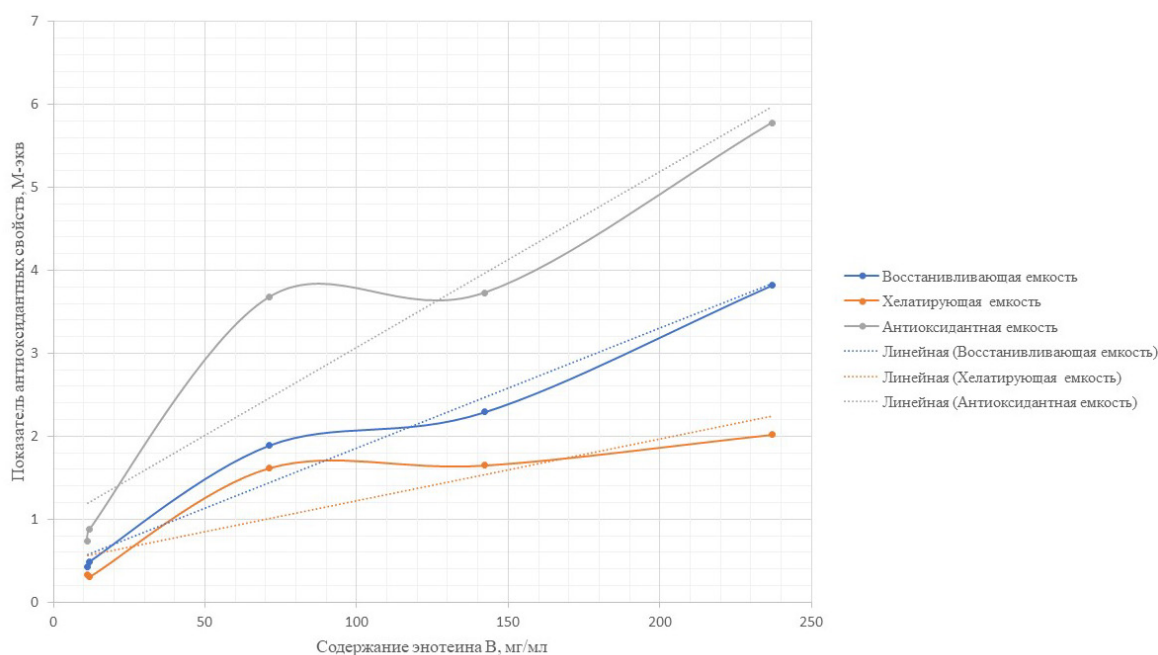


Рис. 3. Зависимость антиоксидантных свойств извлечений иван-чая узколистного от количественного содержания энотеина В

Таблица 3. Показатель корреляционной взаимосвязи между количественным содержанием энотеина В и антиоксидантной емкостью исследуемых образцов

Исследуемый образец	Корреляционная связь
Настой из ферментированного сырья	0.56
Настой из неферментированного сырья	0.71
Экстракт из ферментированного сырья	0.66
Экстракт из неферментированного сырья	0.76
Экстракт из неферментированного сырья с повышенным содержанием энотеина В	0.82

Процесс ферментирования сырья иван-чая узколистного позволяет повысить вкусовые свойства напитка, однако дополнительные химические процессы, происходящие при этом с сырьем, вызывают снижение количественного содержания энотеина В и антиоксидантных свойств извлечений.

Процесс экстракции позволяет добиться высокого содержания энотеина В, при этом полученные извлечения обладают более высокими антиоксидантными свойствами, сохраняя выявленную тенденцию для ферментированного и неферментированного сырья иван-чая.

Высокими значениями показателей количественного содержания энотеина В и антиоксидантной емкости обладает экстракт, полученный разработанным методом, что свидетельствует об оптимальном введении дополнительных этапов очистки и концентрирования дубильных веществ и энотеина В, а также о возможности дальнейшего внедрения в фармацевтическую промышленность данного способа получения извлечения иван-чая, обладающего повышенными антиоксидантными свойствами, за счет обогащения энотеином В.

Выводы

В настоящем исследовании установлено, что антиоксидантная емкость препаратов иван-чая узколистного напрямую зависит от количественного содержания энотеина В. Процесс ферментации сырья иван-чая не дает положительной динамики для повышения количественного содержания энотеина В. Оптимальным способом получения препаратов иван-чая, обладающих антиоксидантными свойствами, является экстракция. При этом разработанная методика, модернизированная дополнительными стадиями очистки и концентрирования дубильных веществ и энотеина В, позволяет получить экстракт, характеризующийся наибольшим количественным содержанием энотеина В и высокими антиоксидантными свойствами.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Курского государственного медицинского университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Buonocore G., Perrone S., Tataranno M.L. Oxygen toxicity: chemistry and biology of reactive oxygen species // *Semin Fetal Neonatal Med.* 2010. Vol. 15, no. 4. Pp. 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2010.04.003>.
2. Abeyrathne E.D., Nam K., Huang X., Ahn D.U. Plant- and Animal-Based Antioxidants' Structure, Efficacy, Mechanisms, and Applications: A Review // *Antioxidants.* 2022. Vol. 11, no. 5. 1025. <https://doi.org/10.3390/antiox11051025>.
3. Бушуева Г.Р., Сыроешкин А.В., Максимова Т.В., Скальный А.В. Кипрей узколистный – перспективный источник биологически активных соединений // *Микроэлементы в медицине.* 2016. Т. 17, №2. С. 15–23. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2016-17-2-15-23>.
4. Vitalone A., Allkanjari O. Epilobium spp: Pharmacology and phychemistry // *Phytotherapy Research.* 2018. Vol. 32, no. 7. Pp. 1229–1240. <https://doi.org/10.1002/ptr.6072>.
5. Schepetkin I.A., Ramstead A.G., Kirpotina L.N., Voyich J.M., Jutila M.A., Quinn M.T. Therapeutic Potential of Polyphenols from Epilobium Angustifolium (Fireweed) // *Phytotherapy Research.* 2016. Vol. 30, no. 8. Pp. 1287–1297. <https://doi.org/10.1002/ptr.5648>.

6. Царев В.Н., Базарнова Н.Г., Дубенский М.М. Кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность (обзор) // Химия растительного сырья. 2016. №4. С. 15–26.
7. Molino S., Casanova N.A., Rufián Henares J.Á., Fernandez Miyakawa M.E. Natural Tannin Wood Extracts as a Potential Food Ingredient in the Food Industry // J. Agric Food Chem. 2020. Vol. 68, no. 10. Pp. 2836–2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00590>.
8. Smeriglio A., Barreca D., Bellocco E., Trombetta D. Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects // J. Pharmacol. 2017. Vol. 174, no. 11. Pp. 1244–1262. <https://doi.org/10.1111/bph.13630>.
9. Fraga-Corral M., Otero P., Cassani L., Echave J., Garcia-Oliveira P., Carpena, M., Chamorro F., Lourenco-Lopes C., Prieto M.A., Simal-Gandara J. Traditional Applications of Tannin Rich Extracts Supported by Scientific Data: Chemical Composition, Bioavailability and Bioaccessibility // Foods. 2021. Vol. 10, no. 2. 251. <https://doi.org/10.3390/foods10020251>.
10. Fraga-Corral M., Otero P., Echave J., Garcia-Oliveira P., Carpena M., Jarboui A., Nuñez-Estevez B., Simal-Gandara J., Prieto M.A. By-Products of Agri-Food Industry as Tannin-Rich Sources: A Review of Tannins' Biological Activities and Their Potential for Valorization // Foods. 2021. Vol. 10, no. 1. 137. <https://doi.org/10.3390/foods10010137>.
11. Иванова А.В. Потенциометрия в исследовании антиоксидантных и антирадикальных свойств веществ: дис. ... докт. хим. наук. Краснодар, 2019. 350 с.
12. Yoshida T., Yoshimura M., Amakura Y. Chemical and Biological Significance of Oenothien B and Related Ellagitanin Oligomers with Macrocyclic Structure // Molecules. 2018. Vol. 23, no. 3. 552. <https://doi.org/10.3390/molecules23030552>.
13. Schepetkin I.A., Kirpotina L.N., Jakiw L., Khlebnikov A.I., Blaskovich C.L., Jutila M.A., Quinn M.T. Immunomodulatory activity of oenothien B isolated from *Epilobium angustifolium* // J. Immunol. 2009. Vol. 183, no. 10. Pp. 6754–6766. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.0901827>.
14. Kiss A.K., Bazylo A., Filipek A., Granica S., Jaszewska E., Kiarszys U., Kosmider A., Piwowarski J. Oenothien B's contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of *Epilobium* sp. // Phytomedicine. 2011. Vol. 18. Pp. 557–560. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.10.016>.
15. Xu L., Li W., Chen S-y., Deng X-w., Deng W-f., Liu G., Chen Y-j., Cao Y. Oenothien B ameliorates hepatic injury in alcoholic liver disease mice by improving oxidative stress and inflammation and modulating the gut microbiota // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. Pp. 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1053718>.
16. Патент №2750730 (РФ). Способ выделения суммы танинов, используемой для получения субстанции противоопухолевого препарата «Ханерол» из кипрея узколистного (иван-чай) (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) / Д.В. Гусев, С.А. Сасов, В.Н. Толкачев, Н.Н. Тотосева, Т.А. Алиева, О.Н. Толкачев, Е.Н. Бедрина, В.В. Решетникова, Р.Б. Пугачева, В.Ю. Масляков, Н.Б. Фадеев. – 2021.
17. Патент №2714765 (РФ). Способ получения экстракта иван-чая / Д.Е. Быков. – 2020.
18. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>
19. ГОСТ 34964-2023. Напиток чайный из кипрея узколистного. М., 2023. 12 с.
20. Патент №2711410 (РФ). Способ потенциометрического определения антиоксидантной емкости раствора / А.В. Иванова, Е.Л. Герасимова, Е.Р. Газизуллина, Е.К. Радостева, Д.И. Игдисанова, А.И. Матерн. – 2020.

Поступила в редакцию 18 ноября 2024 г.

После переработки 9 декабря 2024 г.

Принята к публикации 14 мая 2026 г.

Korolev V.A., Babkina L.A., Felker E.V., Chertova R.Yu.* Usachev M.A., Korolev E.V., Churilin M.I., Magomedova D.R. ANTIOXIDANT PROPERTIES OF *CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM* (L.)

Kursk State Medical University, st. K. Marksa, 3, Kursk, 305041, Russia, chertovary@kursksmu.net

The work is devoted to the study of optimal conditions for obtaining the preparation of *Chamaenerion angustifolium* (L.), which has increased antioxidant properties. As a result of the study, the antioxidant properties of extracts of *Chamaenerion angustifolium* (L.) obtained from unfermented and fermented raw materials by infusion and extraction methods were evaluated. It has been established that the antioxidant properties of extracts depend on the quantitative content of enotein B and the optimal method of production is extraction from unfermented raw materials of *Chamaenerion angustifolium* (L.). A method has been developed for obtaining an extract of *Chamaenerion angustifolium* (L.), which has high antioxidant properties, due to the increased content of enotein B. It has been found that this method allows to obtain an extract with a high concentration of enotein B and an antioxidant capacity in comparison with infusions and extracts obtained by known methods. The results obtained can be used in the further development of preparations of *Chamaenerion angustifolium* (L.) with antioxidant properties, as well as in their preclinical and clinical trials.

Keywords: extracts and infusions of *Chamaenerion angustifolium* (L.), enotein B, antioxidant capacity.

For citing: Korolev V.A., Babkina L.A., Felker E.V., Chertova R.Y., Usachev M.A., Korolev E.V., Churilin M.I., Magomedova D.R. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 217–226. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216334>.

References

1. Buonocore G., Perrone S., Tataranno M.L. *Semin Fetal Neonatal Med.*, 2010, vol. 15, no. 4, pp. 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2010.04.003>.
2. Abeyrathne E.D., Nam K., Huang X., Ahn D.U. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, no. 5, 1025. <https://doi.org/10.3390/antiox11051025>.
3. Bushuyeva G.R., Syroyeshkin A.V., Maksimova T.V., Skal'nyy A.V. *Mikroelementy v meditsine*, 2016, vol. 17, no. 2, pp. 15–23. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2016-17-2-15-23>. (in Russ.).
4. Vitalone A., Allkanjari O. *Phytotherapy Research*, 2018, vol. 32, no. 7, pp. 1229–1240. <https://doi.org/10.1002/ptr.6072>.
5. Schepetkin I.A., Ramstead A.G., Kirpotina L.N., Voyich J.M., Jutila M.A., Quinn M.T. *Phytotherapy Research*, 2016, vol. 30, no. 8, pp. 1287–1297. <https://doi.org/10.1002/ptr.5648>.
6. Tsarev V.N., Bazarnova N.G., Dubenskiy M.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 4, pp. 15–26. (in Russ.).
7. Molino S., Casanova N.A., Rufián Henares J.Á., Fernandez Miyakawa M.E. *J. Agric Food Chem.*, 2020, vol. 68, no. 10, pp. 2836–2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00590>.
8. Smeriglio A., Barreca D., Bellocco E., Trombetta D. *J. Pharmacol.*, 2017, vol. 174, no. 11, pp. 1244–1262. <https://doi.org/10.1111/bph.13630>.
9. Fraga-Corral M., Otero P., Cassani L., Echave J., Garcia-Oliveira P., Carpena, M., Chamorro F., Lourenco-Lopes C., Prieto M.A., Simal-Gandara J. *Foods*, 2021, vol. 10, no. 2, 251. <https://doi.org/10.3390/foods10020251>.
10. Fraga-Corral M., Otero P., Echave J., Garcia-Oliveira P., Carpena M., Jarboui A., Nuñez-Estevéz B., Simal-Gandara J., Prieto M.A. *Foods*, 2021, vol. 10, no. 1, 137. <https://doi.org/10.3390/foods10010137>.
11. Ivanova A.V. *Potentsiometriya v issledovanii antioksidantnykh i antiradikal'nykh svoystv veshchestv: dis. ... dokt. khim. nauk.* [Potentiometry in the study of antioxidant and antiradical properties of substances: diss. ... Doctor of Chemical Sciences]. Krasnodar, 2019, 350 p. (in Russ.).
12. Yoshida T., Yoshimura M., Amakura Y. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 3, 552. <https://doi.org/10.3390/molecules23030552>.
13. Schepetkin I.A., Kirpotina L.N., Jakiw L., Khlebnikov A.I., Blaskovich C.L., Jutila M.A., Quinn M.T. *J. Immunol.*, 2009, vol. 183, no. 10, pp. 6754–6766. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.0901827>.
14. Kiss A.K., Bazylo A., Filipek A., Granica S., Jaszewska E., Kiarszys U., Kosmider A., Piwowarski J. *Phytomedicine*, 2011, vol. 18, pp. 557–560. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.10.016>.
15. Xu L., Li W., Chen S-y., Deng X-w., Deng W-f., Liu G., Chen Y-j., Cao Y. *Frontiers in Nutrition*, 2022, vol. 9, pp. 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1053718>.
16. Patent 2750730 (RU). 2021. (in Russ.).
17. Patent 2714765 (RU). 2020. (in Russ.).
18. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 15th ed.]. Moscow, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>. (in Russ.).
19. *GOST 34964-2023. Napitok chaynyy iz kipreya uzkolistnogo.* [GOST 34964-2023. Tea drink from fireweed]. Moscow, 2023, 12 p.
20. Patent 2711410 (RU). 2020. (in Russ.).

Received November 18, 2024

Revised December 9, 2024

Accepted May 14, 2026

* Corresponding author.

Сведения об авторах

Королев Владимир Анатольевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии, медицинской генетики и экологии, korolevva@kursksmu.net

Бабкина Людмила Александровна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии, медицинской генетики и экологии, L-Babkina@yandex.ru

Фелькер Елена Викторовна – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, felkerev@kursksmu.net

Чертова Регина Юрьевна – аспирант, chertovary@kursksmu.net

Усачев Максим Антонович – аспирант, usachevma@kursksmu.net

Королев Егор Владимирович – студент ординатуры, medecoll@yandex.ru

Чурилин Михаил Иванович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены, churilinmi@kursksmu.net

Магомедова Диана Радимовна – ассистент кафедры биологии, медицинской генетики и экологии, magomedovadr@kursksmu.net

Information about authors

Korolev Vladimir Anatolyevich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology, Medical Genetics, and Ecology, korolevva@kursksmu.net

Babkina Lyudmila Aleksandrovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology, Medical Genetics, and Ecology, L-Babkina@yandex.ru

Felker Elena Viktorovna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, felkerev@kursksmu.net

Chertova Regina Yuryevna – Postgraduate Student, chertovary@kursksmu.net

Usachev Maksim Antonovich – Postgraduate Student, usachevma@kursksmu.net

Korolev Egor Vladimirovich – Residency Student, medecoll@yandex.ru

Churilin Mikhail Ivanovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Hygiene, churilinmi@kursksmu.net

Magomedova Diana Radimovna – Assistant Professor, Department of Biology, Medical Genetics, and Ecology, magomedovadr@kursksmu.net