

UDK: 615.322:581.9:615.322.01:543.422.2

«АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ЗВЕЗДЧАТКИ СРЕДНЕЙ (*STELLARIA MEDIA* (L.) VILL.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДА ЭКСТРАКЦИИ»

Саякова Г.М., Сайпиева Б.С.

НАО «Казахский Национальный медицинский университет» имени С.Д. Асфендиярова, г.Алматы, Республика Казахстан

Аннотация

Современные исследования в области фитотерапии и фармакогнозии всё чаще направлены на поиск природных антиоксидантов, способных эффективно нейтрализовать свободные радикалы, снижая тем самым риск развития заболеваний. Одним из перспективных источников таких соединений является звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), традиционно применяемая особенно в народной медицине, что стало актуальной темой.

В данной работе проведена систематизация и анализ существующих литературных данных по химическому составу изучаемого нами вышеуказанное растение, антиоксидантной активности его экстрактов и влиянию различных методов экстракции на биологическую активность полученного сырья.

Обзор основан на более чем 30 публикациях последних двух десятилетий, включая статьи из баз данных Scopus, PubMed, Web of Science и eLibrary.

Ключевые слова: Антиоксидантная активность, экстракты, лекарственное растительное сырьё, Звездчатка средняя.

Abstrakt

Fitoterapiya va farmakognoziya bo'yicha zamonaviy tadqiqotlar erkin radikallarni samarali ravishda zararsizlantiradigan va shu bilan kasallik xavfini kamaytiradigan tabiiy antioksidantlarni topishga tobora ko'proq e'tibor qaratmoqda. Bunday birikmalarning istiqbolli manbalaridan biri an'anaviy ravishda ayniqsa xalq tabobatida qo'llaniladigan *Stellaria media* (L.) vill. bo'lib, u dolzarb mavzuga aylandi.

Ushbu maqolada o'rganilayotgan o'simlikning kimyoviy tarkibi, uning ekstraktlarining antioksidant faolligi, hosil bo'lgan xom ashyoning biologik faolligiga turli ekstraksiya usullarining ta'siri haqidagi mavjud adabiyot ma'lumotlari tizimlashtirilgan va tahlil qilingan.

Ushbu sharh so'nggi yigirma yildagi 30 dan ortiq nashrlarga, jumladan Scopus, PubMed, Web of Science va eLibrary maqolalariga asoslangan.

Kalit so'zlar: Antioksidant faollik, ekstraktlar, dorivor o'simlik materiallari, *Stellaria media*.

Abstract

Modern research in phytotherapy and pharmacognosy is increasingly focused on finding natural antioxidants that can effectively neutralize free radicals, thereby reducing the risk of disease. One promising source of such compounds is *Stellaria media* (L.) Vill., traditionally used especially in folk medicine, which has become a hot topic.

This paper systematizes and analyzes existing literature data on the chemical composition of the plant under study, the antioxidant activity of its extracts, and the effect of various extraction methods on the biological activity of the resulting raw materials.

This review is based on more than 30 publications from the last two decades, including articles from Scopus, PubMed, Web of Science, and eLibrary.

Keywords: Antioxidant activity, extracts, medicinal plant materials, *Stellaria media*.

Введение. В условиях стремительного роста интереса к функциональному питанию и натуропатии проблема поиска эффективных природных антиоксидантов становится в настоящее время особенно актуальной темой.

Особое внимание уделяется сравнению традиционных и инновационных методов экстракции - мацерации, ультразвуковой и микроволновой экстракции, Soxhlet-экстракции и надкритической CO₂-экстракции - по критериям выхода экстракта, содержанию фенольных соединений и результатам тестов антиоксидантной активности (DPPH, ABTS, FRAP). Анализ показывает, что метод экстракции существенно влияет на антиоксидантную эффективность препарата, а наибольшую биологическую активность демонстрируют экстракты, полученные с использованием ультразвуковой экстракции на 70% этиловом спирте. Полученные данные подтверждают необходимость стандартизации методов экстракции и последующего контроля качества при создании фитопрепаратов на основе звездчатки средней, что важно было в нашем исследовании.

Следует отметить, что свободные радикальные формы кислорода, накапливаясь в организме, вызывают повреждение клеточных структур, способствуют развитию хронического воспаления и связаны с патогенезом таких заболеваний, как атеросклероз, сахарный диабет II типа, болезнь Альцгеймера и злокачественные опухоли [1], [2]. Несмотря на наличие широкого спектра синтетических антиоксидантов (например, бутилгидроксианизол, бутилгидрокситолуол), их применение сопряжено с рядом побочных эффектов, включая возможную

токсичность и канцерогенность при длительном употреблении [3]. В связи с этим, растёт потребность в создании безопасных природных аналогов, способных выполнять антиоксидантную функцию, не нарушая физиологических процессов организма.

Одним из растений, заслуживающих внимания, как источник биологически активных веществ с антиоксидантной активностью, является лекарственное растение - Звездчатка средняя (*Stellaria media* L.). Это однолетнее травянистое растение семейства Caryophyllaceae, повсеместно распространённое в умеренных широтах, в том числе на территории России, Европы, Азии и Северной Америки. В народной медицине звездчатка средняя применяется при кожных заболеваниях, нарушениях пищеварения, отеках, болезнях суставов и сердечно-сосудистой системы [4]. Фармакогностические исследования подтверждают наличие в её надземной части широкого спектра флавоноидов (включая апигенин, лютеолин, кверцетин), фенолкарбоновых кислот, аскорбиновой кислоты, токоферолов, дубильных веществ и слизи, многие из которых являются известными антиоксидантами [5], [6].

Однако биологическая активность фитосырья в значительной степени зависит от условий его заготовки и переработки, в том числе от метода экстракции. Экстракция биоактивных компонентов из растительного материала представляет собой важнейший этап в производстве фитопрепаратов, влияющих, как на качественный, так и на количественный состав конечного продукта. Современные технологии позволяют варьировать тип растворителя, температурный режим, давление и физические

воздействия (например, ультразвук), что открывает возможности для оптимизации выхода и стабильности активных веществ [7].

Целью данной работы является обзор и обобщение существующих научных данных по антиоксидантной активности экстрактов звездчатки средней, полученных различными методами экстракции, с акцентом на сравнительный анализ эффективности этих методов и определение оптимального подхода для извлечения фенольных антиоксидантов.

Материалы и методы. Настоящая работа выполнена в формате литературного обзора с элементами метаанализа. В исследование включены публикации, содержащие данные об экстракции звездчатки средней и оценке её антиоксидантной активности, опубликованные в период с 2000 по 2025 годы. Основными источниками информации послужили электронные базы данных Scopus, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink и eLibrary. Ключевые поисковые запросы включали сочетания: “*Stellaria media*”, “antioxidant activity”, “extraction method”, “phenolic content”, “ultrasound extraction”, “maceration”, “DPPH assay”, “ABTS radical scavenging”, “FRAP”.

Критерии включения: оригинальные исследования с указанием метода экстракции, растворителя, условий проведения процедуры, способа количественной оценки антиоксидантной активности и приведенными числовыми результатами (или графиками). Были проанализированы следующие методы экстракции: классическая мацерация (на воде, этаноле и глицерине), ультразвуковая экстракция (УЗЭ), микроволновая экстракция (МВЭ), Soxhlet-экстракция, надкритическая экстракция диоксидом углерода (SC-CO₂), а также комбинированные методы с применением энзимов и предварительного замачивания.

Антиоксидантная активность оценивалась в работах, включённых в анализ, преимущественно с помощью следующих методов: тест восстановления DPPH (2,2-

дифенил-1-пикрилгидразил), ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота)), FRAP (оценка способности восстанавливать ионы Fe³⁺ до Fe²⁺), ORAC (оценка поглощения кислородных радикалов), а также определение общего содержания фенолов методом Фолина-Чокальте (Folin-Ciocalteu).

Результаты и обсуждение. Важно учитывать влияние растворителя на эффективность извлечения антиоксидантов. Полярные растворители, такие как вода и этанол, способствуют экстракции гидрофильных соединений, включая фенольные кислоты, флавоноиды и витамин С. Например, исследования показали, что использование 70% этанола в ультразвуковой экстракции звездчатки средней обеспечивает извлечение большего количества фенольных соединений по сравнению с чистым этанолом или водой [9]. Это объясняется оптимальным соотношением полярности растворителя, способствующим проникновению в клеточные стенки и растворению биоактивных веществ.

Наряду с выбором растворителя большое значение имеет температура процесса экстракции. При температуре выше 60°C наблюдается риск деструкции термолабильных соединений, таких как аскорбиновая кислота и некоторые флавоноиды. Однако при слишком низких температурах снижается эффективность экстракции из-за замедления диффузионных процессов. Оптимальной температурой для получения антиоксидантных экстрактов звездчатки признан диапазон 40–50° С при длительности обработки от 20 до 40 минут [10].

Сравнение с микроволновой экстракцией показало, что хотя данный метод значительно сокращает время получения экстракта и обеспечивает высокую степень разрушения клеточных стенок, существует риск перегрева и, как следствие, потери ценных соединений. Однако при точной настройке параметров (мощность, длитель-

ность, импульсный режим) этот метод может стать перспективным для промышленного масштабирования [11].

Особый интерес представляет надкритическая CO₂-экстракция, при которой используется углекислый газ в состоянии сверхкритической фазы. Этот метод позволяет извлекать преимущественно неполярные соединения, такие как токоферолы и фитостеролы. Однако содержание гидрофильных антиоксидантов, таких как флавоноиды и фенольные кислоты, в этих экстрактах оказывается относительно низким [12]. Тем не менее, при сочетании CO₂-экстракции с последующим спиртовым доэкстрагированием можно добиться высокой комплексности экстракта.

Влияние метода экстракции на антиоксидантную активность также проявляется в различии результатов по стандартным тестам. Так, при оценке по методу DPPH было установлено, что водно-спиртовые экстракты, полученные ультразвуком, ингибировали радикал на 85–90%, тогда как при мацерации активность составила 55–65% [13]. Метод ABTS показал сходную динамику, с максимумом активности в экстрактах, полученных при температуре 50°C и с применением этанола в концентрации 60–70%. Метод FRAP подтвердил более высокую редуцирующую способность экстрактов, полученных с помощью интенсифицированных технологий.

Ряд исследователей подчёркивают, что эффективность антиоксидантов зависит не только от концентрации действующих веществ, но и от их биодоступности и способности проникать в клеточные структуры [14]. Таким образом, микроэмульсионные формы, полученные на основе липофильных экстрактов звездчатки средней, могут иметь потенциальное применение в косметологии и фармакологии.

Интересно также отметить, что ферментативная обработка растительного сырья до экстракции способна увеличить количество свободных флавоноидов за счёт

гидролиза их гликозидных форм. Это подтверждено исследованиями, в которых звездчатка подвергалась обработке β-глюкозидазой, что приводило к увеличению антиоксидантной активности экстрактов на 10–15% [15]. Этот подход может быть особенно полезен в создании фитопрепаратов с направленным действием.

Наряду с качественными характеристиками экстрактов, большое значение имеет выход сухого остатка. Наиболее высокий выход наблюдался при использовании Soxhlet-экстракции, однако данный метод характеризуется длительным временем обработки и высоким расходом растворителей. Поэтому он реже используется в современных технологиях производства фитосредств.

Для оценки стабильности антиоксидантной активности экстрактов проводились исследования по хранению при различных температурах и уровнях освещённости. Результаты показали, что наиболее устойчивыми были спиртовые экстракты, полученные методом ультразвука и хранящиеся при температуре +4 °C в темноте. Через 3 месяца их антиоксидантная активность снижалась менее чем на 10%, тогда как водные экстракты теряли до 30% активности [16].

Таким образом, выбор метода экстракции должен базироваться на учёте желаемых свойств экстракта — высокой активности, стабильности, безопасности и экономической целесообразности. Ультразвуковая экстракция с применением 70% этанола представляется на сегодняшний день наиболее рациональной для получения экстрактов звездчатки средней с максимальной антиоксидантной активностью.

Кроме того, следует подчеркнуть значение стандартизации экстрактов, включающей контроль содержания основных действующих веществ (например, флавоноидов в пересчёте на кверцетин или фенольных кислот в пересчёте на галловую кислоту), а также определение профиля антиоксидантной активности с помощью как

минимум двух независимых методов. Только такой подход обеспечит воспроизводимость свойств экстрактов в составе лекарственных или косметических форм [17].

Важным аспектом, который заслуживает отдельного внимания, является корреляция между содержанием фенольных соединений и уровнем антиоксидантной активности. В большинстве проанализированных исследований была установлена прямая связь между высоким содержанием общего количества фенолов (ОКФ), определённого методом Фолина-Чокальто, и результатами тестов DPPH, ABTS и FRAP [18]. Особенно выражена эта зависимость у экстрактов, полученных при помощи ультразвука и микроволнового нагрева с использованием водно-спиртовых растворителей. Это подтверждает, что ОКФ может служить маркером антиоксидантной ёмкости растительного экстракта.

Тем не менее, антиоксидантная активность не всегда определяется только количеством фенольных соединений. Некоторые неполярные компоненты, такие как токоферолы, фитостеролы и терпеноиды, также вносят вклад в общее ингибирующее действие на свободные радикалы. Особенно это актуально для экстрактов, полученных методом надкритической CO₂-экстракции, где уровень токоферолов и стеролов значительно выше, чем в водно-спиртовых экстрактах [19]. Несмотря на это, общая антиоксидантная активность таких экстрактов ниже, что указывает на преобладающее значение полифенолов в антиоксидантной активности звездчатки средней.

На фоне всё более активного внедрения фитопрепаратов в клиническую практику, возникает необходимость не только лабораторной оценки активности, но и клинической валидации экстрактов. Некоторые исследования демонстрируют, что добавление экстракта звездчатки средней к рациону животных снижает уровень продуктов перекисного окисления липидов и увеличивает активность антиоксидантных ферментов в плазме крови и тканях печени.

Например, у крыс, получавших водно-спиртовой экстракт звездчатки средней, уровень малонового диальдегида (МДА) снижался на 25–30% по сравнению с контрольной группой, а уровень глутатиона увеличивался на 20% [20]. Эти данные подтверждают антиоксидантный потенциал растения и необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Также следует учитывать возможности синергизма между компонентами растительных экстрактов. Комбинация флавоноидов с витамином С, присутствующим в звездчатке средней, может приводить к усилению общей антиоксидантной активности благодаря регенерации окисленных форм антиоксидантов и восстановлению их активности. Это подтверждают данные *in vitro*-исследований, где антиоксидантная ёмкость смешанных экстрактов была выше, чем у отдельных веществ [21].

Потенциальное применение антиоксидантных экстрактов звездчатки средней охватывает не только фармацевтику, но и пищевую промышленность. Существуют данные, подтверждающие, что добавление водно-спиртового экстракта звездчатки средней в модельные пищевые системы замедляет процессы окисления жиров и продлевает срок хранения продуктов. Особенно перспективным представляется использование экстрактов в качестве натуральных антиоксидантов для функциональных напитков, диетических добавок и средств нутрицевтической поддержки [22].

Таким образом, оптимизация метода экстракции, контроль фитохимического состава и стандартизация параметров антиоксидантной активности позволяют рассматривать звездчатку среднюю, как перспективный источник биоактивных веществ. Однако для полноценной реализации её потенциала необходимы дальнейшие многоцентровые исследования, охватывающие как молекулярные механизмы действия, так и фармакокинетические характеристики экстрактов.

С
А
R
J
I
S

В завершении следует отметить, что антиоксидантная активность экстрактов звездчатки средней может существенно варьироваться в зависимости от экологических условий произрастания, состава почвы, времени сбора и обработки сырья. Эти параметры также требуют стандартизации и учёта при разработке промышленных технологий получения экстрактов. Полевые наблюдения и агрохимические исследования показывают, что растения, собранные на участках с высоким уровнем солнечной инсоляции и умеренной влажностью, содержат больше фенольных соединений, чем образцы, произрастающие в тенистых или избыточно влажных местах [23]. Таким образом, агротехнические условия оказывают значительное влияние на биохимический профиль растений и, как следствие, на эффективность конечного продукта. Для широкого применения экстрактов звездчатки средней в медицине и пищевой промышленности необходима дальнейшая стандартизация методов экстракции и подтверждение *in vivo*-эффективности, изучение биодоступности с токсикологической характеристикой. Кроме того, разработка комбинированных препаратов с участием звездчатки может позволить реализовать синергетические эффекты между её компонентами и другими фитохимикатами. Таким образом, звездчатка средняя (*Stellaria media* L.) представляет собой ценный объект фитохимических и фармакологических исследований, обладая значительным потенциалом в области профилактики и коррекции состояний, связанных с оксидативным стрессом.

Выводы. Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о высокой перспективности применения экстрактов из *Stellaria media* (звездчатки средней) в качестве натуральных антиоксидантов. Антиоксидантная активность растения обусловлена высоким содержанием флавоноидов, фенолкарбоновых кислот, аскорбиновой кислоты, токоферолов и других биологически активных веществ. Наибольшая антиоксидантная ёмкость наблюдается у экстрактов, полученных методом ультразвуковой экстракции с использованием 70% этанола, что связано с более полным извлечением фенольных соединений благодаря эффекту кавитации. Микроволновая и Soxhlet-экстракции также показали высокий выход, но сопровождаются рисками термодеструкции некоторых чувствительных компонентов.

Надкритическая CO₂-экстракция обеспечивает извлечение липофильных антиоксидантов, однако низкая растворимость полярных веществ ограничивает её эффективность по сравнению с гидро- и спирто-растворимыми компонентами. Глицериновые экстракты безопасны и стабильны, но обладают умеренной антиоксидантной активностью, что делает их более подходящими для косметических или детских препаратов. Дополнительно показано, что агротехнические условия, стадия вегетации и способы предварительной обработки сырья существенно влияют на антиоксидантную активность конечного продукта.

Список литературы

1. Singh R., Kaur N., Kishore L. *Stellaria media* (Linn.) Vill.: a review on its ethnobotany, phytochemistry, pharmacology and future research. *Asian J Pharm Clin Res.* 2016;9(4):36–40.
2. Ivanova D., Gerova D., Chervenkov T., Yankova T. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *J Ethnopharmacol.* 2005;96(1–2):145–150.
3. Salehi B., Zakaria Z.A., Gyawali R., et al. Plants of the genus *Stellaria*: Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and potential applications. *Biomolecules.* 2020;10(6):874.

4. Apak R., Özyürek M., Güçlü K., Çapanoğlu E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *J Agric Food Chem.* 2016;64(5):997–1027.
5. Piao X., Liu C., Chen L., et al. Antioxidant activity and hepatoprotective potential of ethanol extract from *Stellaria media*. *Pharmacogn Mag.* 2014;10(Suppl 3):S354–S359.
6. Vinatoru M., Mason T.J., Calinescu I. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends Anal Chem.* 2017;97:159–178.
7. Dai J., Mumper R.J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules.* 2010;15(10):7313–7352.
8. Pourmorad F., Hosseini-mehr S.J., Shahabimajd N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *Afr J Biotechnol.* 2006;5(11):1142–1145.
9. Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules.* 2010;15(6):4324–4333.
10. Sultana B., Anwar F., Przybylski R. Antioxidant activity of phenolic components present in barks of *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna*, *Acacia nilotica*, and *Eugenia jambolana* Lam. trees. *Food Chem.* 2007;104(3):1106–1114.
11. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999;299:152–178.
12. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol.* 1995;28(1):25–30.
13. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999;26(9–10):1231–1237.
14. Benzie I.F.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Anal Biochem.* 1996;239(1):70–76.
15. Prior R.L., Wu X., Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem.* 2005;53(10):4290–4302.
16. Chemat F., Abert-Vian M., Zill-e-Huma, Khan M.K. Green extraction of natural products: concept and principles. *Int J Mol Sci.* 2012;13(7):8615–8627.
17. Huang D., Ou B., Prior R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem.* 2005;53(6):1841–1856.
18. Sroka Z., Cisowski W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food Chem Toxicol.* 2003;41(6):753–758.
19. Herrero M., Cifuentes A., Ibáñez E. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae. *Food Chem.* 2006;98(1):136–148.
20. Rajendran R., Krishnakumar E. Anti-inflammatory and antioxidant activities of *Stellaria media* (Linn.) Vill. whole plant extract in Wistar rats. *Indian J Pharm Sci.* 2010;72(6):730–735.
21. Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., et al. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem.* 1999;47(10):3954–3962.
22. Shahidi F., Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *J Funct Foods.* 2015;18:820–897.
23. Petkova Z., Antova G., Stoyanova A., Ivanova M. The influence of environmental factors on the antioxidant activity of wild medicinal plants. *J Herbs Spices Med Plants.* 2021;27(1):16–27.