

УДК 615.19.071

<https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-2-25>

Определение антиокислительной активности листьев облепихи крушиновидной

Н. А. Ковалева, О. В. Тринеева ✉, И. В. Чуви́кова, А. И. Колотнева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»). 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ **Контактное лицо:** Тринеева Ольга Валерьевна. **E-mail:** trineevaov@mail.ru

ORCID: Н. А. Ковалева – <https://orcid.org/0000-0002-3507-5665>;

О. В. Тринеева – <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>;

И. В. Чуви́кова – <https://orcid.org/0000-0001-5333-0781>;

А. И. Колотнева – <https://orcid.org/0000-0002-8036-6365>.

Статья поступила: 07.03.2025

Статья принята в печать: 03.04.2025

Статья опубликована: 04.04.2025

Резюме

Введение. Лекарственные растения, комплекс фитоконпонентов которых включает в себя витамины; полисахариды, и в частности простые сахара; органические кислоты; каротиноиды; полифенольные соединения, такие как флавоноиды, оксикоричные кислоты, антоцианы, лигнаны и дубильные вещества, обладают мощной антиокислительной активностью (АОА) и значительным потенциалом в борьбе с активными формами кислорода. Низкомолекулярные соединения наряду с группой специализированных ферментов формируют антиокислительную систему самих растений, необходимую для нейтрализации активных форм кислорода и защиты клеток от окислительного стресса. Листья облепихи крушиновидной, с одной стороны, уже давно используются в качестве сырья для фармацевтических фабрик, с другой – имеют, согласно литературным данным, перспективы расширения линейки продукции фармацевтического назначения на их основе, которая потенциально может обладать антиокислительным, противовоспалительным, вяжущим, капилляропротекторным и вентонизирующим действием.

Цель. Целью работы являлось сравнительное изучение антиокислительной активности листьев облепихи крушиновидной на различных этапах их развития различными методами.

Материалы и методы. Объект исследования – листья облепихи крушиновидной. Оценку АОА сырья и водных лекарственных форм на его основе проводили в соответствии с известной спектрофотометрической методикой. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях устанавливали с использованием титриметрической методики, представленной в ФС.2.5.0106.18 «Шиповника плоды» ГФ РФ XV изд. Определение АОА отвара листьев проводили известным также перманганатометрическим методом по Максимовой с соавторами.

Результаты и их обсуждение. В статье представлены результаты определения суммарного содержания веществ-антиокислителей (БАВ-АО) в пересчете на аскорбиновую кислоту и общей антиокислительной активности (АОА) листьев облепихи крушиновидной, заготовленных в различные периоды развития на территории Центрально-Черноземного региона Российской Федерации, с использованием метода дифференциальной спектрофотометрии. Наибольшие показатели были характерны для сырья фенофазы, соответствующей периоду полного созревания плодов. Анализ корреляции полученных значений АОА с содержанием аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в листьях показал, что антиокислительный эффект в большей степени определяется накоплением в них аскорбиновой кислоты. В рамках расширения направлений использования листьев облепихи крушиновидной в фармации и медицине было установлено, что в отваре как одной из потенциальных лекарственных форм на основе сырья суммарное содержание веществ, препятствующих окислению, выраженное в эквиваленте аскорбиновой кислоты, составило 17,50 мг%.

Заключение. Методом дифференциальной спектрофотометрии проведено определение АОА извлечений из листьев облепихи крушиновидной, заготовленных в различные периоды развития, и установлено что наибольшие показатели были характерны для сырья фенофазы, соответствующей периоду полного созревания плодов. Анализ корреляции полученных значений АОА, являющейся суммой активностей различных групп БАВ-АО, присутствующих в одном извлечении, с содержанием аскорбиновой кислоты, каротиноидов, лейкоантоцианов, дубильных веществ и флавоноидов в листьях показал, что антиокислительный эффект в большей степени определяется накоплением в них аскорбиновой

кислоты и каротиноидов. В отваре, как одной из потенциальных лекарственных форм на основе сырья, суммарное содержание веществ, препятствующих окислению, выраженное в эквиваленте аскорбиновой кислоты, составило 17,50 мг%.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, листья, дифференциальная спектрофотометрия, антиокислительная активность, вещества-восстановители

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Н. А. Ковалева осуществляла заготовку и сушку сырья. О. В. Тринеева осуществляла научное консультирование, анализ данных, подготовку текста статьи, включая формулирование «Заключения» и «Обсуждения результатов». И. В. Чуви́кова и А. И. Колотнева проводили экспериментальные работы.

Для цитирования: Ковалева Н. А., Тринеева О. В., Чуви́кова И. В., Колотнева А. И. Определение антиокислительной активности листьев облепихи крушиновидной. *Гербарум*. 2025;2(2):63–70. <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-2-25>

Determination of antioxidant activity of sea buckthorn leaves

Nataliya A. Kovaleva, Olga V. Trineeva✉, Irina V. Chuvikova, Anastasiya I. Kolotneva

Voronezh State University. 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russia

✉ **Corresponding author:** Olga V. Trineeva. **E-mail:** trineevaov@mail.ru

ORCID: Nataliya A. Kovaleva – <https://orcid.org/0000-0002-3507-5665>;
Olga V. Trineeva – <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>;
Irina V. Chuvikova – <https://orcid.org/0000-0001-5333-0781>;
Anastasiya I. Kolotneva – <https://orcid.org/0000-0002-8036-6365>.

Received: 07.03.2025

Accepted: 03.04.2025

Published: 04.04.2025

Abstract

Introduction. Medicinal plants, the complex of phytochemicals of which includes vitamins, polysaccharides and simple sugars, organic acids, carotenoids, polyphenolic compounds such as: flavonoids, oxycinnamic acids, anthocyanins, lignans and tannins, have powerful antioxidant activity (AOA) and significant potential in the fight against active oxygen species. Low molecular compounds along with a group of specialized enzymes form the antioxidant system of the plants themselves, which is necessary to neutralize active oxygen species and protect cells from oxidative stress. Sea buckthorn leaves, on the one hand, have long been known as a raw material for pharmaceutical factories, on the other hand, according to literary data, have prospects for expanding the range of pharmaceutical products based on them, which can potentially have antioxidant, anti-inflammatory, astringent, capillary-protective and venotonic effects.

Aim. The aim of the work was a comparative study of the antioxidant activity of sea buckthorn leaves at different periods of their development using different methods.

Materials and methods. The object of the study is sea buckthorn leaves. The AOA of the raw material and aqueous dosage forms based on it was assessed using a well-known spectrophotometric technique. The content of ascorbic acid in the leaves was determined using the titrimetric technique presented in Ph.A.2.5.0106.18 of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 15th edition, «Rose fructus». The AOA of the leaf decoction was determined using the also known permanganometric method according to Maksi-mova et al.

Results and their discussion. The article presents the results of determining the total content of antioxidant substances (BAS-AO) in terms of ascorbic acid and the total antioxidant activity (AOA) of sea buckthorn leaves harvested in different periods of development in the Central Black Earth Region of the Russian Federation, using the method of differential spectrophotometry. The highest values were characteristic of the raw materials of the phenophase corresponding to the period of full ripening of the fruits. Analysis of the correlation of the obtained AOA values with the content of ascorbic acid, tannins and flavonoids in the leaves showed that the antioxidant effect is largely determined by the accumulation of ascorbic acid in them. As part of expanding the areas of use of sea buckthorn leaves in pharmacy and medicine, it was found that in a decoction, as one of the potential dosage forms based on raw materials, the total content of substances that prevent oxidation, expressed in the equivalent of ascorbic acid, was 17.50 mg%.

Conclusion. The method of differential spectrophotometry was used to determine the AOA of sea buckthorn leaf extracts harvested in different periods of development, and it was found that the highest values were characteristic of the raw material of the phenophase corresponding to the period of full ripening of the fruits. The analysis of the correlation of the obtained AOA values, which is the sum of the activities of different groups of biologically active substances-AO, pre-sent in one extract, with the content of ascorbic acid, carotenoids, leucoantho-cyanins, tannins and flavonoids in the leaves showed that the antioxidant effect is largely determined by the accumulation of ascorbic acid and carotenoids in them. In the decoction, as one of the potential

medicinal forms based on the raw material, the total content of substances that prevent oxidation, expressed in the equivalent of ascorbic acid, was 17,50 mg%.

Keywords: sea buckthorn, leaves, differential spectrophotometry, antioxidant activity, reducing agents

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Nataliya A. Kovaleva carried out the procurement and drying of raw materials. Olga V. Trineeva provided scientific consultation, data analysis, preparation of the article text, including the formulation of the conclusion and discussion of the results. Irina V. Chuvikova and Anastasiya I. Kolotneva carried out the experimental work.

For citation: Kovaleva N. A., Trineeva O. V., Chuvikova I. V., Kolotneva A. I. Determination of antioxidant activity of sea buckthorn leaves. *Herbarium*. 2025;2(2):63–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-2-25>

Введение

Лекарственные растения представляют собой уникальные фабрики по производству биологически активных веществ (БАВ), необходимых для поддержания нормальной работы функциональных систем организма человека. Комплекс фитокомпонентов, включающий в себя витамины; полисахариды, и в том числе простые сахара; органические кислоты; каротиноиды; полифенольные соединения, такие как флавоноиды, оксикоричные кислоты, антоцианы, лигнаны и дубильные вещества, обладают мощной антиокислительной активностью (АОА) и значительным потенциалом в борьбе с активными формами кислорода [1, 2]. Многие из вторичных метаболитов растений не могут быть синтезированы организмом человека и поступают в него с растительной пищей или пищевыми добавками. В борьбе с целым рядом заболеваний, индуцированных окислительным стрессом, в том числе возрастассоциированных, неплохо зарекомендовали себя препараты растительного происхождения [3, 4]. Низкомолекулярные соединения наряду с группой специализированных ферментов формируют антиоксидантную систему самих растений, необходимую для нейтрализации активных форм кислорода и защиты клеток от окислительного стресса [5–8]. Она сформировалась в результате эволюционных механизмов адаптации растений и позволяет приспосабливаться к различным, в том числе экстремальным, условиям окружающей среды.

Облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides* L.), принадлежащая к семейству лоховых (*Elaeagnaceae*), является фармакопейным растением, десятки тонн плодов которого ежегодно перерабатываются для создания не только лекарственных растительных препаратов (ЛРП), но и продукции пищевого, косметологического и сельскохозяйственного назначения. Листья, с одной стороны, также давно используются в качестве сырья для фармацевтических

фабрик, с другой – имеют, согласно литературным данным, перспективы расширения линейки продукции фармацевтического назначения на их основе, которая потенциально может обладать антиоксидантным, противовоспалительным, вяжущим, капилляропротекторным и венотонизирующим действием [9–12]. Однако на сегодняшний день в научном поле наблюдается небольшое количество работ, посвященных изучению АОА данного сырья [13–15], которое возможно заготавливать вместе с плодами, повышая эффективность использования многочисленных плантаций культивирования растения на территории РФ, что подтверждает актуальность проведенных в работе исследований.

Целью работы являлось сравнительное изучение антиокислительной активности листьев облепихи крушиновидной на различных этапах их развития различными методами.

Материалы и методы

Объектом исследования служили высушенные воздушно-теньевым методом листья облепихи крушиновидной, заготовленные в Острогоржском районе Воронежской области (51.834028 с.ш., 39.382854 в.д.) в различные фенологические фазы жизни растения в 2024 году от мужских и женских растений. Периоды заготовки выбирались по развитию листовой пластинки (I фаза: конец мая – начало июня; II фаза: середина – конец июля; III фаза: конец августа – начало сентября) для исследования влияния накопления комплекса БАВ на суммарную антиокислительную активность (АОА) сырья. Оценку АОА сырья и водных лекарственных форм на его основе проводили в соответствии с известной запатентованной спектрофотометрической методикой (СФ-2000-01, ООО «ОКБ Спектр», Россия) [16]. Извлечение из исследуемого ЛРС готовили в соответствии с описанием методики [16]. Для оценки вклада содержания

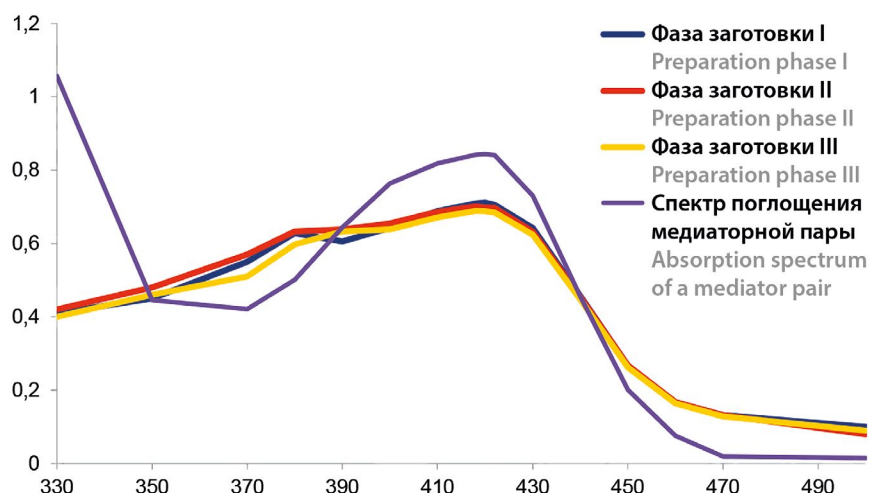


Рисунок 1. Спектр поглощения медиаторной пары до и после добавления извлечений из листьев

Figure 1. Absorption spectrum of the mediator pair before and after adding leaf extracts

аскорбиновой кислоты в значения общей АОА, являющейся суммой активности различных групп БАВ восстановительного характера, присутствующих в одном извлечении, было установлено содержание аскорбиновой кислоты в листьях с использованием титриметрической методики, представленной в ФС.2.5.0106.18 «Шиповника плоды» Государственной фармакопеи (ГФ РФ) XV изд. Определение АОА отвара листьев (плотные и кожистые) (1:10), приготовленного из измельченного сырья с размером частиц менее 3 мм по рекомендации ОФС «Настои и отвары» ГФ РФ, проводили также известным перманганатометрическим методом по Максимовой с соавторами [17]. Статистическую обработку результатов проводили по ОФС.1.1.0013 «Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний» ГФ РФ XV изд.¹

Результаты и обсуждение

Для оценки АОА лекарственного растительного сырья (ЛРС) применяются различные титриметрические, электрохимические, спектральные и другие методы [18–20]. В данной работе мы использовали спектрофотометрическое определение общей АОА по методике, основанной на взаимодействии извлечения из ЛРС, содержащего БАВ-восстановители, с растворами медиаторной системы, состоящей из 0,002 М раствора ферроцианида калия и 0,002 М раствора феррицианида калия, взятых в соотношении 1:1. Под действием БАВ, способных восстанавливать Fe^{3+} в Fe^{2+} , происходит снижение содержания в растворе $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ и рост концентрации $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$,

что сопровождается гипохромным смещением максимума поглощения при длине волны 420 нм на спектре поглощения медиаторной пары (рисунок 1). По данной методике можно проводить оценку АОА ЛРС и суммарного содержания в нем БАВ-антиоксидантов (БАВ-АО) в пересчете на кислоту аскорбиновую. Методика отличается достаточной чувствительностью ($1 \cdot 10^{-5}$ г/мл), экономичностью, доступностью и экспрессностью.

Определение общего антиокислительного потенциала листьев различных фаз вегетации проводили для извлечений, полученных в соответствии с методикой экстракции, описанной в патенте № 2712069 С2 от 24.01.2020 [13]. Результаты определения АОА представлены в таблице 1.

Максимальное содержание БАВ-АО в листьях в пересчете на аскорбиновую кислоту, в три раза большее по сравнению с листьями, заготовленными в июне и июле, наблюдали в третьей фазе заготовки, то есть в период готовности плодов растения к сбору.

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях, показавшее тенденцию к возрастанию в период наблюдения, оценивали для понимания вклада данного БАВ в общее значение показателя АОА, несомненно являющегося суммой активности БАВ восстановительного характера, присутствующих в любом ЛРС (таблица 1). Коэффициент корреляции Пирсона данного показателя с величиной АОА, определенной по методике дифференциальной спектрофотометрии, составил 0,9314, что оценивается как «тесная». При оценке АОА исследуемых листьев по известной методике Максимовой [17] также нами установлено, что фаза заготовки III содержит в своем составе наибольший комплекс БАВ восстанавливающего характера. Коэффициент корреляции Пирсона данных, полученных методом дифференциальной спектрофотометрии, с данными АОА по методу перманганоме-

¹ Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. Доступно по: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> Ссылка активна на 12.02.2025.

Таблица 1. Общий антиокислительный потенциал и суммарное содержание БАВ-антиокислителей в пересчете на аскорбиновую кислоту и абсолютно сухое сырье

Table 1. Total antioxidant potential and total content of biologically active substances-antioxidants in terms of ascorbic acid and absolutely dry raw materials

Фаза заготовки сырья Raw material procurement phase	АОА (дифференциальная спектрофотометрия), г · 10 ⁻⁵ /мл AOA (differential spectrophotometry), g · 10 ⁻⁵ /ml	Сумма антиокислителей в пересчете на аскорбиновую кислоту и абсолютно сухое сырье, % The amount of antioxidants in terms of ascorbic acid and absolutely dry raw materials, %	Содержание аскорбиновой кислоты (фармакопейный метод) Ascorbic acid content (pharmacopoeial method)	АОА, мг/г, в пересчете на кислоту аскорбиновую (перманганатометрия) [1, 17] AOA, mg/g, in terms of ascorbic acid (permanganatometry) [1, 17]
I	1,0908 ± 0,1397	0,177 ± 0,029	0,136 ± 0,010	124,79 ± 2,177
II	1,0555 ± 0,1075	0,171 ± 0,017	0,142 ± 0,006	121,06 ± 2,952
III	1,8757 ± 0,1413	0,307 ± 0,025	0,154 ± 0,004	135,69 ± 2,846

три составил 0,9783, что свидетельствует о наличии очень тесной, близкой к функциональной, зависимости общего антиокислительного потенциала листьев облепихи от содержания в них аскорбиновой кислоты.

Наряду с аскорбиновой кислотой листья облепихи крушиновидной содержат в своем составе различные природные соединения, обладающие АОА (флавоноиды, процианидины, каротиноиды, гидролизуемые танины). Сводные данные по результатам ранних наших исследований обобщены в таблице 2.

Однако при исследовании корреляции между значениями общего антиокислительного потенциала листьев (см. таблицу 1) и содержанием полифенолов (дубильных веществ, лейкоантоцианов и флавоноидов) установлены обратные зависимости с коэффициентами корреляции –0,9319; –0,9570 и –0,6405 соответственно. Напротив, оценка корреляционной

связи АОА с содержанием каротиноидов в листьях показала наличие очень тесной прямой взаимосвязи (0,9773).

Таким образом, можно предположить, что суммарный показатель АОА листьев облепихи крушиновидной в большей степени определяется накоплением в них аскорбиновой кислоты и каротиноидов.

На следующем этапе исследования для оценки перспективности применения данного сырья в качестве источника антиокислителей и целесообразности разработки на его основе лекарственных растительных препаратов (ЛРП) для профилактики и коррекции последствий оксидативного стресса проведен сравнительный анализ АОА листьев и плодов облепихи крушиновидной, известного источника БАВ-восстановителей – витаминов и каротиноидов [19–22]. Полученные количественные данные, представленные

Таблица 2. Зависимость общего антиокислительного потенциала листьев от содержания БАВ по разным фазам развития

Table 2. Dependence of the total antioxidant potential of leaves on the content of biologically active substances at different stages of development

Фаза заготовки сырья Raw material procurement phase	Сумма Sum				АОА, мг/г, в пересчете на [1] AOA, mg/g, based on [1]			
	дубильных веществ, % [1] tannins, % [1]	флавоноидов, % [21] flavonoids, % [21]	каротиноидов, мг% [22] carotenoids, mg% [22]	лейкоантоцианов, % leucoanthocyanins, %	кверцетин quercetin	рутин routine	танин tannin	кислоту галловую gallic acid
I	10,66 ± 0,60	1,43 ± 0,03	50 ± 0,54	2,19 ± 0,07	14,50 ± 0,25	30,98 ± 0,54	44,82 ± 0,78	35,15 ± 0,61
II	10,73 ± 0,19	0,94 ± 0,02	43 ± 0,46	2,36 ± 0,07	14,07 ± 0,34	30,05 ± 0,73	43,48 ± 1,06	34,10 ± 0,83
III	10,57 ± 0,28	0,80 ± 0,02	70 ± 0,75	1,85 ± 0,06	15,77 ± 0,33	33,68 ± 0,71	48,73 ± 1,02	38,22 ± 0,80

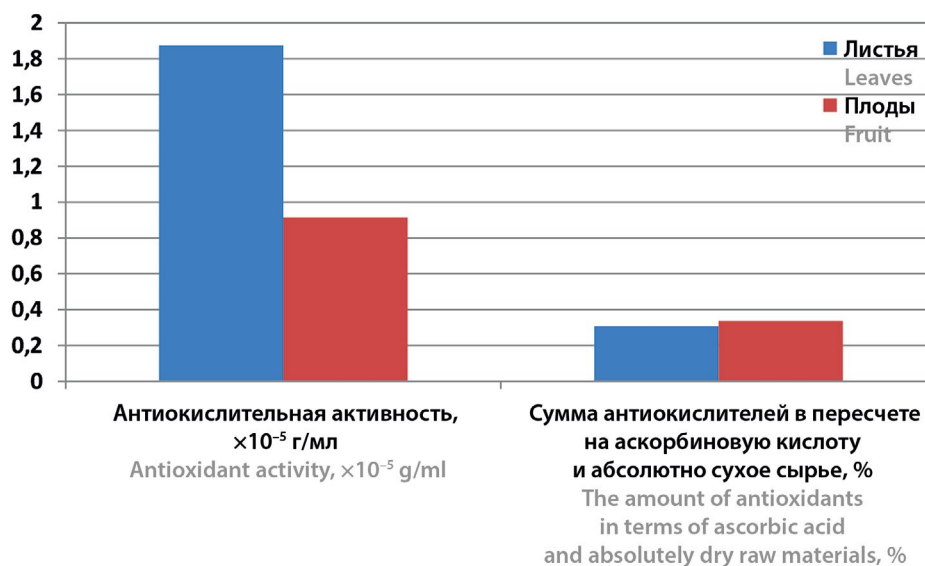


Рисунок 2. АОА и суммарное содержание БАВ-антиокислителей в пересчете на аскорбиновую кислоту и абсолютно сухое сырье в листьях и плодах облепихи крушиновидной

Figure 2. AOA and total content of biologically active substances-antioxidants in terms of ascorbic acid and absolutely dry raw materials in the leaves and fruits of sea buckthorn

на рисунке 2, демонстрируют большой антиокислительный потенциал листьев по сравнению с плодами при практически равном содержании аскорбиновой кислоты.

Следовательно, возможно предположить, что листья периода сбора урожая плодов и ЛРП на его основе являются наиболее ценными с точки зрения проявления АОА.

Отвар как лекарственная форма характеризуется простотой и быстротой приготовления, что делает его удобным для использования в бытовых условиях. Поэтому на завершающем этапе данного исследования была проведена также количественная оценка содержания веществ-антиокислителей в отваре листьев. Выбор лекарственной формы обусловлен перспективой использования листьев в качестве ЛРС в пачках и фильтр-пакетах, а также в составе сборов. Установлено, что содержание суммы БАВ-АО в пересчете на эквивалент аскорбиновой кислоты в лекарственной форме составило 17,50 мг%. Данные свидетельствуют о дополнительном обогащении рациона питания человека витамином С при приеме отвара внутрь, однако не позволяют рассматривать в качестве его единственного источника в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления¹.

¹ Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04. «2.3.1. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200037560>. Ссылка активна на 12.02.2025.

Закключение

Методом дифференциальной спектрофотометрии проведено определение АОА извлечений из листьев облепихи крушиновидной, заготовленных в различные периоды развития, и установлено суммарное содержание веществ-антиокислителей в пересчете на аскорбиновую кислоту и абсолютно сухое сырье. Наибольшие показатели были характерны для сырья фенофазы, соответствующей периоду полного созревания плодов. При оценке АОА исследуемых листьев по известной методике Максимовой [17] также установлено, что фаза заготовки III содержит в своем составе наибольший комплекс БАВ восстанавливающего характера.

Анализ корреляции полученных значений АОА, являющейся суммой активности различных групп БАВ-АО, присутствующих в одном извлечении, с содержанием аскорбиновой кислоты, каротиноидов, лейкоантоцианов, дубильных веществ и флавоноидов в листьях показал, что антиокислительный эффект в большей степени определяется накоплением в них аскорбиновой кислоты и каротиноидов. Сравнительный анализ АОА листьев и плодов, заготовленных в Воронежской области, продемонстрировал больший антиокислительный потенциал листьев при практически равном содержании аскорбиновой кислоты.

В рамках расширения направлений использования листьев облепихи крушиновидной в фармации и медицине было установлено, что в отваре как одной из потенциальных лекарственных форм на основе

сырья суммарное содержание веществ, препятствующих окислению, выраженное в эквиваленте аскорбиновой кислоты, составило 17,50 мг%.

Литература

1. Ковалева Н. А., Тринева О. В., Чуви́кова И. В., Колотнева А. И., Носова Д. К. Определение некоторых биологически активных веществ в листьях облепихи крушиновидной титриметрическими методами. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2023;2:97–102.
2. Тринева О. В., Пугачева О. В. Профиль биологически активных веществ листьев аронии мичурина, произрастающей в условиях Центрального Черноземья. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2024;13(2):48–58. DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-2-1715.
3. Бобрышева Т. Н., Анисимов Г. С., Золоторева М. С., Бобрышев Д. В., Будкевич Р. О., Москалев А. А. Полифенолы как перспективные биологически активные соединения. *Вопросы питания*. 2023;92(1):92–107. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-1-92-107.
4. Сухомлинов Ю. А., Бубенчикова К. Р. Изучение антиоксидантной активности травы чины клубненосной (*Lathyrus tuberosus* L.). *Человек и его здоровье*. 2022;25(3):93–98. DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/10.
5. Боярских И. Г., Костикова В. А. Изменение индивидуально-группового состава полифенолов в листьях растений *Lonicera caerulea* subsp. *Altaica* (Caprifoliaceae) в высотном градиенте. *Химия растительного сырья*. 2024;1:186–194. DOI: 10.14258/jcprm.20240112977.
6. Theocharis A., Clément C., Barka E. A. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperature. *Planta*. 2012;235(6):1091–1105. DOI: 10.1007/s00425-012-1641-y.
7. Nagahama N., Gastaldi B., Clifford M. N., Manifesto M. M., Fortunato R. H. The influence of environmental variations on the phenolic compound profiles and antioxidant activity of two medicinal Patagonian valerians (*Valeriana carnosa* Sm. and *V. clarionifolia* Phil.). *AIMS Agriculture and Food*. 2021;6(1):106–124. DOI: 10.3934/agrfood.2021007.
8. Ni Q., Wang Z., Xu G., Gao Q., Yang D., Morimatsu F., Zhang Y. Altitudinal variation of antioxidant components and capability in *Indocalamus latifolius* (Keng) McClure leaf. *Journal of Nutritional Science and Vitamino-logy*. 2013;59(4):336–342. DOI: 10.3177/jnsv.59.336.
9. Jaroszevska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea-buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Chilean journal of agricultural research*. 2017;77(2):155–162.
10. Ji M., Gong X., Li X., Wang C., Li M. Advanced Research on the Antioxidant Activity and Mechanism of Polyphenols from *Hippophae* Species-A Review. *Molecules*. 2020;25(4):917. DOI: 10.3390/molecules25040917.
11. Pop R. M., Weesepeol Y., Socaciu C., Pintea A., Vinken J.-P., Gruppen H. Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. *Food chemistry*. 2014;147:1–9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.083.
12. Saggu S., Divekar H. M., Gupta V., Sawhney R. C., Banerjee P. K., Kumar R. Adaptogenic and safety evaluation of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extract: a dose dependent study. *Food and Chemical Toxicology*. 2007;45(4):609–617. DOI: 10.1016/j.fct.2006.10.008.
13. Воронцов С. А., Мезенова О. Я., Мерзель Т. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования. *Вестник МАХ*. 2020;3:44–51.
14. Мерзахметова М. К., Утегалиева Р. С., Аралбаева А. Н., Лесова Ж. Т. Исследование антиоксидантных и мембранопротекторных свойств экстрактов облепихи. *Actual science*. 2015;1(5):26–28.
15. Нилова Л. П., Малютенкова С. М. Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.) северо-запада России. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2021;83(1):108–114. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-108-114.
16. Тринева О. В., Рудая М. А., Сливкин А. И. Способ определения антиокислительной активности лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов методом дифференциальной спектрофотометрии. Патент РФ на изобретение № 2712069 С2. 24.01.2020.
17. Максимова Т. В., Никулина И. Н., Пахомов В. П., Шкарина Е. И., Чумакова З. В., Арзамасцев А. П. Способ определения антиокислительной активности. Патент РФ на изобретение № 2170930. 20.07.2001. Доступно по: https://yandex.ru/patents/doc/RU2170930C1_20010720. Ссылка активна на 12.02.2025.
18. Тринева О. В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор). *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017;(4):180–197.
19. Тринева О. В. Сравнительная характеристика определения антиоксидантной активности плодов облепихи крушиновидной различными методами. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2019;8(4):48–52. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-4-48-52.
20. Тринева О. В. Определение антиокислительной активности лекарственного растительного сырья методом дифференциальной спектрофотометрии. *Биофармацевтический журнал*. 2020;12(6):43–49. DOI: 10.30906/2073-8099-2020-12-6-43-49.
21. Ковалёва Н. А., Тринева О. В., Чуви́кова И. В., Сливкин А. И. Разработка и валидация методики количественного определения флавоноидов в листьях облепихи крушиновидной методом спектрофотометрии. *Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств*. 2023;13(2):216–226. DOI: 10.30895/1991-2919-2023-531.
22. Ковалёва Н. А., Тринева О. В., Колотнева А. И. Разработка и валидация методики количественного определения каротиноидов и хлорофиллов в листьях облепихи крушиновидной. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2023;22(4):199–207.

References

1. Kovaleva N. A., Trineeva O. V., Chuvikova I. V., Kolotneva A. I., Nosova D. K. Determination of some biologically active substances in sea buckthorn leaves by titrimetric methods. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2023;2:97–102. (In Russ.)

2. Trineeva O.V., Pugacheva O.V. Profile of biologically active substances of *Aronia mitschurinii* leaves growing in the conditions of the Central Black Earth region. *Drug development & registration*. 2024;13(2):48–58. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-2-1715.
3. Bobrysheva T. N., Anisimov G. S., Zolotoreva M. S., Bobryshev D. V., Budkevich R. O., Moskalev A. A. Polyphenols as promising bioactive compounds. *Problems of Nutrition*. 2023;92(1):92–107. (In Russ.) DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-1-92-107.
4. Sukhomlinov Yu. A., Bubenichikova K. R. Study of the antioxidant activity of the tuberous pea herb (*Lathyrus tuberosus* L.). *Humans and their health*. 2022;25(3):93–98. (In Russ.) DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/10.
5. Boyarskikh I. G., Kostikova V. A. Changes in the individual-group composition of polyphenols in the leaves of *Lonicera caerulea* subsp. *Altaica* (Caprifoliaceae) in the altitudinal gradient. *Chemistry of plant raw material*. 2024;1:186–194. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.20240112977.
6. Theocharis A., Clément C., Barka E. A. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperature. *Planta*. 2012;235(6):1091–1105. DOI: 10.1007/s00425-012-1641-y.
7. Nagahama N., Gastaldi B., Clifford M. N., Manifesto M. M., Fortunato R. H. The influence of environmental variations on the phenolic compound profiles and antioxidant activity of two medicinal Patagonian valerians (*Valeriana carnosa* Sm. and *V. clarionifolia* Phil.). *AIMS Agriculture and Food*. 2021;6(1):106–124. DOI: 10.3934/agrfood.2021007.
8. Ni Q., Wang Z., Xu G., Gao Q., Yang D., Morimatsu F., Zhang Y. Altitudinal variation of antioxidant components and capability in *Indocalamus latifolius* (Keng) McClure leaf. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2013;59(4):336–342. DOI: 10.3177/jnsv.59.336.
9. Jaroszevska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea-buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Chilean journal of agricultural research*. 2017;77(2):155–162.
10. Ji M., Gong X., Li X., Wang C., Li M. Advanced Research on the Antioxidant Activity and Mechanism of Polyphenols from *Hippophae* Species-A Review. *Molecules*. 2020;25(4):917. DOI: 10.3390/molecules25040917.
11. Pop R. M., Weesepeol Y., Socaciu C., Pintea A., Vincen J.-P., Gruppen H. Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. *Food chemistry*. 2014;147:1–9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.083.
12. Saggi S., Divekar H. M., Gupta V., Sawhney R. C., Banerjee P. K., Kumar R. Adaptogenic and safety evaluation of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extract: a dose dependent study. *Food and Chemical Toxicology*. 2007;45(4):609–617. DOI: 10.1016/j.fct.2006.10.008.
13. Vorontsov S. A., Mezenova O. Ya., Merzel T. Assessment of the biopotential of wild sea buckthorn and the prospects of its complex usage. *Bulletin of MAX*. 2020;3:44–51. (In Russ.)
14. Merzakhmetova M. K., Utegaliyeva R. S., Aralbaeva A. N., Lesova Zh. T. Study of antioxidant and membrane-protective properties of sea buckthorn extracts. *Actual science*. 2015;1(5):26–28. (In Russ.)
15. Nilova L. P., Malyutenkova S. M. Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippopha rhamnoides* L.) of northwest Russia. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021;83(1):108–114. (In Russ.) DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-108-114.
16. Trineeva O. V., Rudaya M. A., Slivkin A. I. Method for determining the antioxidant activity of medicinal plant materials and phytopreparations by differential spectrophotometry. Patent RUS No. 2712069 C2. 24.01.2020. (In Russ.)
17. Maksimova T. V., Nikulina I. N., Pakhomov V. P., Shkarina E. I., Chumakova Z. V., Arzamastsev A. P. Method for determining antioxidant activity. Patent RUS No. 2170930. 20.07.2001. Available at: https://yandex.ru/patents/doc/RU2170930C1_20010720. Accessed: 12.02.2025. (In Russ.)
18. Trineeva O. V. Methods of determination of antioxidant activity of plant and synthetic origins in pharmacy (review). *Drug development & registration*. 2017;4(4):180–197. (In Russ.)
19. Trineeva O. V. Comparative Characteristics of Determination of Antioxidant Activity of Sea Buckthorn Fruits by Various Methods. *Drug development & registration*. 2019;8(4):48–52. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-4-48-52.
20. Trineeva O. V. Determination of antioxidative activity of medicinal vegetable raw material by differential spectrophotometry. *Russian Journal of Biopharmaceuticals*. 2020;12(6):43–49. (In Russ.) DOI: 10.30906/2073-8099-2020-12-6-43-49.
21. Kovaleva N. A., Trineeva O. V., Chuvikova I. V., Slivkin A. I. Development and Validation of a Procedure for Quantitative Determination of Flavonoids in Sea Buckthorn Leaves by Spectrophotometry. *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*. 2023;13(2):216–226. (In Russ.) DOI: 10.30895/1991-2919-2023-531.
22. Kovaleva N. A., Trineeva O. V., Kolotneva A. I. Development and validation of methods for quantitative determination of carotenoids and chlorophylls of sea buckthorn leaves. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2023;22(4):199–207. (In Russ.)