

Антиоксидантная и антимикробная активность галофита *Tamarix ramosissima* и его применение в пищевой промышленности

Дарина И. Половинкина	¹	darina.ruban@ya.ru	
Михаил А. Егоров	²	egorovs.mail@gmail.com	
Людмила Т. Сухенко	²	sukhenko@list.ru	 0000-0001-5841-655X
Ольга В. Новиченко	²	ollevi@bk.ru	 0000-0002-4282-9728
Аделя С. Баймухамбетова	^{1,2}		 0000-0001-5788-6242

¹ Российский биотехнологический университет, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

² Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева, ул. Татищева, 20а, г. Астрахань, 414056, Россия

Аннотация. *Tamarix ramosissima* является галофитным видом, обладающим мочегонным, потогонным, вяжущим, обезболивающим и кровоостанавливающим действием. Из него готовят отвары и настои, используемые при различных заболеваниях. Настой из цветков полезен при воспалениях желудка, отвар ветвей эффективен при ревматизме, настой из листьев и коры назначают при поносах, кровотечениях и болезнях селезенки. Веточки тамарикса заваривают как чай. В прошлом отвар из плодов растения применяли на Кавказе против бесплодия, а отваром ветвей лечили сифилис. В этой работе мы исследовали антиоксидантную и антимикробную активность экстрактов соцветий *Tamarix ramosissima*, как добавку в пищевой промышленности. Результаты показали, что соцветия проявляют высокую антиоксидантную активность, степень ингибирования при 20 мкл исследуемого материала в 9 раз больше, по сравнению с аскорбиновой кислотой и в 3 раза по сравнению с эмоксином. Кроме того, экстракты тамарикса показали заметные антибактериальные свойства против штамма *Staphylococcus aureus*. Самая сильная активность была зарегистрирована у 70% водноспиртового экстракта соцветий при минимальной концентрации 1 к 10. Эти данные свидетельствуют о том, что тамарикс может рассматриваться как интересный источник антиоксидантов для терапевтической или пищевой промышленности и для производства пищевых продуктов. Эти показатели характеризуют экстракты тамарикса как объект для дальнейшего изучения, и без сомнения являются перспективным и малоизученным сырьем для пищевой промышленности.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, антимикробная активность, галофит, *Tamarix ramosissima*.

Antioxidant and antimicrobial activity of *Tamarix ramosissima* halophyte and its application in the food industry

Darina I. Polovinchina	¹	darina.ruban@ya.ru	
Mikhail A. Egorov	²	egorovs.mail@gmail.com	
Ludmila T. Sukhenko	²	sukhenko@list.ru	 0000-0001-5841-655X
Olga V. Novichenko	²	ollevi@bk.ru	 0000-0002-4282-9728
Adelia S. Baimukhambetova	^{1,2}		 0000-0001-5788-6242

¹ Russian Biotechnological University, 11 Volokolamsk shosse, Moscow, 125080, Russia

² Astrakhan State University name V.N. Tatischev, 20a Tatischeva str., Astrakhan, 414056, Russia

Abstract. *Tamarix ramosissima* is a halophytic species with diuretic, diaphoretic, astringent, analgesic and hemostatic effects. Decoctions and infusions used for various diseases are prepared from it. Infusion of flowers is useful for stomach inflammation, decoction of branches is effective for rheumatism, infusion of leaves and bark is prescribed for diarrhea, bleeding and diseases of the spleen. Tamarix twigs are brewed like tea. In the past, a decoction of the fruits of the plant was used in the Caucasus against infertility, and a decoction of branches treated syphilis. In this work, we investigated the antioxidant and antimicrobial activity of *Tamarix ramosissima* inflorescence extracts as an additive in the food industry. The results showed that the inflorescences exhibit high antioxidant activity, the degree of inhibition at 20 µl of the studied material is 9 times greater, compared with ascorbic acid and 3 times compared with emoxypine. In addition, tamarisk extracts have shown noticeable antibacterial properties against the *Staphylococcus aureus* strain. The strongest activity was recorded in 70% of the water-alcohol extract of inflorescences at a minimum concentration of 1 to 10. These data indicate that tamarix can be considered as an interesting source of antioxidants for the therapeutic or nutraceutical industry and for food production. These indicators characterize tamarisk extracts as an object for further study, and without a doubt are promising and little-studied raw materials for the food industry.

Keywords: antioxidant activity, antimicrobial activity, halophyte, *Tamarix ramosissima*.

Для цитирования

Половинкина Д.И., Егоров М.А., Сухенко Л.Т., Новиченко О.В., Баймухамбетова А.С., Рубан Н.В. Антиоксидантная и антимикробная активность галофита *Tamarix ramosissima* и его применение в пищевой промышленности // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 53–58. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-53-58

For citation

Polovinchina D.I., Egorov M.A., Sukhenko L.T., Novichenko O.V., Baimukhambetova A.S., Ruban N.V. Antioxidant and antimicrobial activity of *Tamarix ramosissima* halophyte and its application in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 53–58. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-53-58

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Солеустойчивые растения растут в самых разных засоленных местах обитания, от прибрежных районов, солончаков и илистых отложений до внутренних пустынь, солончаков и степей [1]. Галофиты, живущие в этих экстремальных условиях, должны иметь дело с частыми изменениями уровня солености. Это может быть сделано путем разработки адаптивных реакций, включая синтез нескольких биоактивных молекул. Следовательно, несколько солончаковых растений традиционно использовались для медицинских, пищевых и даже кустарных целей.

В настоящее время эти виды вызывают все больший интерес из-за их высокого содержания биологически активных соединений (первичных и вторичных метаболитов), таких как полиненасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, витамины, стерины, эфирные масла (терпены), полисахариды, гликозиды и фенольные соединения [2–5]. Эти биоактивные вещества проявляют мощную антиоксидантную, антимикробную, противовоспалительную и противоопухолевую активность и, следовательно, представляют собой ключевые соединения в предотвращении различных заболеваний (например, рака, хронического воспаления, атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний) и процессов старения. А также использования в качестве источников здорового питания, нутрицевтиков [6–8].

Тамарикс (*Tamarix ramosissima* Ledeb) является солевыделяющим галофитом (криногалофитом, криптогалофитом), который характеризуется способностью пропускать через себя большое количество ионов натрия и хлора и выделять их через специализированные органы (солевые железы) на поверхности фотосинтезирующих органов (листьев, веточек) в виде солей. Установлено, что это растение богато полифенольными соединениями, такими как флавоноиды, серосодержащие флавоноиды, фенольные кислоты, гидролизуемые дубильные вещества и кумарины [9–12]. Широко распространен в Евразии, в т. ч. на юге России в Прикаспийской низменности, Африке и Северной Америке [13].

Тамариск – это съедобный галофит, который легко выращивается в самых разных климатических условиях, включая засушливые районы. Несколько фармакологических действий были продемонстрированы для *Tamarix*; однако немногие коммерческие добавки использовали это растение в своих рецептурах. Одной из причин ограниченного использования *Tamarix* является отсутствие исследований по терапевтическому и токсикологическому характеристикам.

Цель работы – изучение антиоксидантных и антимикробных свойств экстрактов галофита *Tamarix ramosissima*, как потенциальная пищевая добавка

Материалы и методы

Объектами исследования являлись экстракты растения *Tamarix ramosissima*: соцветий, побегов и листьев.

Материалы для исследования были собраны в Астраханской области, в августе 2021 года, во время вегетации. Собранный растительный материал высушивали при постоянном поступлении воздуха в теневых условиях, до полной потери влаги (70–90 % влаги). Высушенные части растений – соцветия, листья и побеги подвергали экстрагированию методом мацерации с применением различных экстрагентов: водноспиртовой 40 %, водноспиртовой 70 %, водный экстракт.

Оценку антиоксидантной активности (АОА) проводили методом, основанный на реакции ДФПГ (2,2 – дифенил-1-пикрилгидразил ($C_{18}H_{12}N_5O_6$, $M = 394,33$) на цифровом фотоэлектроколориметре AP-101 при длине волны 510 нм [14–15].

Для сравнения антиоксидантной активности был проведен анализ лекарственных препаратов: 5 %-ный водно-солевой раствор аскорбиновой кислоты (50 мг/мл) (ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», г. Борисов, Беларусь) и 1 %-ный раствор эмоксипина (ФГУП «Московский эндокринный завод, г. Москва, Россия) [16]. Каждый опыт был повторен три раза, доверительный интервал вычисляли статистическими методами с использованием коэффициента Стьюдента (доверительная вероятность 0,95).

Антимикробную активность проводили методом КОЕ-колониеобразующих единиц, изучали способности клеток стафилококка размножаться в присутствии экстрактивных компонентов тамарикса на искусственных питательных средах. Для этого на искусственную питательную среду (АГВ) наносили суспензию стафилококка, которая состояла из клеток микроорганизма, разведенного в физиологическом растворе (контроль) в стандарте мутности $10,0 \cdot 10^8$. Этими суспензиями засеивали среду АГВ и наблюдали результаты роста колоний *Staphylococcus aureus* под воздействием экстрактов и в контролях.

Результаты

В качестве показателей антиоксидантных свойств водноспиртовых экстрактов соцветий *Tamarix ramosissima*, аскорбиновой кислоты и эмоксипина были выбраны антиоксидантная активность АОА % и степень ингибирования СИ %.

Антиоксидантную активность (АОА, %) вычисляли по формуле [17–19]:

$$АОА = (D_k - D_{оп}) \cdot 100 / D_k,$$

где D_k – оптическая плотность в контрольном образце; $D_{оп}$ – оптическая плотность в опытном образце.

Степень ингибирования (СИ, %) рассчитывали по формуле [20–21]:

$$СИ = (A_0 - (A - A_x) / A_0) \times 100,$$

где A_0 – оптическая плотность ДФПГ без исследуемого образца при $\lambda = 517$ нм; A – оптическая плотность исследуемого образца с добавлением ДФПГ при $\lambda = 517$ нм; A_x – оптическая плотность исследуемого образца без добавления ДФПГ при $\lambda = 517$ нм.

Результаты исследования антиоксидантных свойств лекарственных препаратов и растительных экстрактов в различных концентрациях представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты по антиоксидантной активности экстрактов соцветий *Tamarix ramosissima* и лекарственных препаратов

Table 1.

Results on antioxidant activity of extracts of *Tamarix ramosissima* inflorescences and medicinal preparations

Объем, мкл Volume, μ l	Образец Sample	Антиоксидантная активность, % Antioxidant activity	Степень ингибирования, % Degree of inhibition%
10	Экстракт соцветий Inflorescence extract	65,5	87,0
	Эмоксипин Emoxipin	36,12	30,29
	Аскорбиновая кислота ascorbic acid	43,63	18,02
20	Экстракт соцветий Inflorescence extract	78,5	99,9
	Эмоксипин Emoxipin	43,63	37,81
	Аскорбиновая кислота ascorbic acid	11,5	17,10
50	Экстракт соцветий Inflorescence extract	72,0	93,4
	Эмоксипин Emoxipin	76,1	70,32
	Аскорбиновая кислота ascorbic acid	21,32	26,92
100	Экстракт соцветий Inflorescence extract	73,3	94,7
	Эмоксипин Emoxipin	40,49	34,66
	Аскорбиновая кислота ascorbic acid	24,0	29,6

Полученные результаты свидетельствуют о том, что экстракт соцветий *Tamarix ramosissima* обладает антиоксидантной активностью при всех исследуемых концентрациях. Наибольший показатель АОА проявил экстракт при 20 мкл. Высокую степень ингибирования свободнорадикальных процессов, также, как и в случае с АОА, проявил экстракт соцветий, *Tamarix ramosissima* при той же концентрации.

Растворы лекарственных препаратов аскорбиновой кислоты и эмоксипина, которые были взяты для сравнения, по литературным данным обладают выраженной антиоксидантной активностью [16]. Однако проведенные исследования показали низкую АОА и СИ по сравнению с водно-спиртовыми экстрактами *Tamarix ramosissima*. Это можно объяснить тем, что препараты лекарственного назначения имеют низкую концентрацию активного вещества (в 1 мл водно-солевого раствора содержится 50 мг аскорбиновой кислоты; в 1 мл раствора эмоксипина содержится 1 мг метилэтилпиридинола). С другой стороны, исследуемые растения содержат в своем составе соединения, которые являются сильными природными антиоксидантами (полифенольные вещества), что свидетельствует о перспективном использовании водно-этанольных экстрактов с антиоксидантными свойствами в различных отраслях промышленности, в том числе и в виде пищевых добавок.

Исследовали сравнительные данные формирования колоний стафилококка после экспозиции стафилококковых суспензий с экстрактами тамарикса. Наибольшее влияние экстракты оказывают в случае присутствия их в средах для культивирования микроорганизмов. В этом случае можно говорить о влиянии экстрагируемых растительных компонентов на физиологическом и биохимическом уровне, а не только на поверхностные структуры микробных клеток.

Таблица 2.

Влияние различных экстрактов *Tamarix ramosissima* на развитие колоний *Staphylococcus aureus* (метод КОЕ)

Table 2.

The effect of various extracts of *Tamarix ramosissima* on the development of colonies of *Staphylococcus aureus* (CFU method)

Экстракты Extracts	Tamarix ramosissima		
	Соцветия Inflorescences	Листья Foliage	Побеги Shoots
Контроль Control	139,6 $\pm$ 1,9 *	139,6 $\pm$ 1,9 *	139,6 $\pm$ 1,9 *
Водноспиртовой 40% Hydroalcoholic 40%	22,6 $\pm$ 0,6 *	16,2 $\pm$ 0,4 *	17,6 $\pm$ 0,2 *
Водный Water	35,0 $\pm$ 1,8 *	39,2 $\pm$ 0,8 *	18,9 $\pm$ 0,5 *
Водноспиртовой 70% Hydroalcoholic 70%	14,6 $\pm$ 0,2 *	17,6 $\pm$ 0,2 *	16,2 $\pm$ 0,3 *
Водноспирт 70% + водный Hydroalcoholic 70% +Water	15,2 $\pm$ 0,3 *	12,2 $\pm$ 0,03 *	13,6 $\pm$ 0,1 *

В таблице 2 представлены результаты изучения сравнительной активности экстрактов, полученных сходной методикой экстрагирования мацерацией с применением различных экстрагентов: водноспиртовой 40; 70%, водный. И как видно из таблицы, экстракты, приготовленные с применением нескольких экстрагентов (воды, водноспиртового раствора 40 и 70%), четко и достоверно подавляют *Staphylococcus aureus*. Причем, водный и смешанный экстракты растений сравнимы по воздействию на стафилококк, а водно-спиртовые экстракты тамарикса, содержащие большое сочетание биофлавоноидов, выделяемых из растительного сырья, оказывают более активное влияние. Так наибольший показатель подавления КОЕ *Staphylococcus aureus* при воздействии экстрактов соцветий *Tamarix ramosissima* наблюдалось при использовании 70 % водноспиртового экстракта, он почти в 3 раза действеннее чем использование водного экстракта этих же соцветий. При изучении действия экстрактов листьев и побегов тамарикса выявлено, что наибольший эффект наблюдался у смеси 70 % водноспиртового экстракта с водным. Смеси этих компонентов, экстрагированных различными экстрагентами, иногда повышают свою активность до полного подавления тест-микроорганизма.

Следующим этапом исследований явилось изучение возможности подавления роста микробных клеток *Staphylococcus aureus* разными концентрациями экстрактов растений в суспензиях, а также влияния экстрактов этих растений, входящих в питательные среды. В таблице 3 представлены результаты отработки минимальных ингибирующих концентраций (МИК) растительных антимикробных веществ в отношении золотистого стафилококка.

Как видно из данной таблицы, в отношении экстрактов всех растений прослеживается зависимость воздействия на микробные клетки от дозы. Наибольший эффект наблюдается при введении экстрактов в питательную среду МПА, где подавление наблюдается в 5 раз.

Таблица 3.
Влияние различных доз экстрактов растений на развитие *Staphylococcus aureus* (метод КОЕ – $10,0 \times 10^8$)

Table 3.
The effect of different doses of plant extracts on the development of *Staphylococcus aureus* (CFU method – 10.0×10^8)

Объекты Objects	Соцветия Inflorescences	Листья Foliage	Побеги Shoots
Контроль Control	$329,6 \pm 7,9^{**}$	$329,6 \pm 7,9^{**}$	$329,2 \pm 7,9^{*}$
1:1000	$300,8 \pm 0,3^{*}$	$118,0 \pm 18,5^{*}$	$218 \pm 18,5^{*}$
1:50	$201,0 \pm 15,7$	$49,8 \pm 3,8^{*}$	$79,8 \pm 3,8^{*}$
1:10	$107,0 \pm 8,7^{*}$	$28,6 \pm 0,9^{*}$	$48,6 \pm 0,9^{*}$
МПА + экст.	$65,0 \pm 5,7^{**}$	$41,6 \pm 0,3^{**}$	$34,7 \pm 0,2^{**}$

* – доверительная вероятность $\geq 0,95$

* – confidence level ≥ 0.95

Заключение

На основании приведённых экспериментальных данных сделано заключение о перспективном использовании водно-этанольных экстрактов *Tamarix ramosissima* с антиоксидантными и антистафилококковыми свойствами в различных отраслях промышленности, в том числе и в виде пищевых добавок в качестве компонентов для сохранности и обогащения многих видов пищевой продукции.

Полученные данные позволяют рекомендовать экстракты *Tamarix ramosissima* для исследований в качестве пищевых добавок в виде индивидуальной добавки, либо в комплексе с другими компонентами, для возможности внесения его в качестве добавки в колбасные, рыбные и молочные изделия, для приготовления газированных напитков и пива

Эти показатели характеризуют экстракты тамарикса как объект для дальнейшего изучения, и без сомнения являются перспективным и малоизученным сырьем для пищевой промышленности.

Литература

- 1 Caparrós P.G. et al. Halophytes have potential as heavy metal phytoremediators: A comprehensive review // Environmental and Experimental Botany. 2022. V. 193. P. 104666. doi: 10.1016/j.envexpbot.2021.104666
- 2 Lopes M. et al. Halophytes as source of bioactive phenolic compounds and their potential applications // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. P. 1–24. doi: 10.1080/10408398.2021.1959295
- 3 Бердимбетова Г.Е., Оразова Ш.Ш. элементный состав цистанхе солончаковой (cistanchesalsa) произрастающей в Республике Каракалпакстан // Universum: химия и биология. 2022. №. 5–2 (95). P. 41–46. doi: 10.32743/UniChem.2022.95.5.13600
- 4 Менделева В.П., Волкова И.В. Использование растений семейства Asteraceae в фиторемедиации почв Астраханской области // ББК 1 Е91. 2020. P. 27.
- 5 Жумашева А.М. Ценное растение флоры Казахстана перспективное в качестве афродизиака // Современные тенденции в науке и образовании. 2020. P. 15–21.
- 6 Ksouri R. et al. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications // Critical reviews in biotechnology. 2012. V. 32. №. 4. P. 289–326. doi: 10.3109/07388551.2011.630647
- 7 Castañeda-Loaiza V. et al. Wild vs cultivated halophytes: Nutritional and functional differences // Food Chemistry. 2020. V. 333. P. 127536. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127536

- 8 Petropoulos S.A. et al. Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products // Trends in food science & technology. 2018. V. 74. P. 69–84. doi: 10.1016/j.tifs.2018.02.006
- 9 Sultanova N. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix ramosissima* // Journal of ethnopharmacology. 2001. V. 78. №. 2–3. P. 201–205. doi: 10.1016/S0378-8741(01)00354-3
- 10 Ren X. et al. Isorhamnetin and hispidulin from *tamarix ramosissima* inhibit 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] Pyridine (PhIP) formation by trapping phenylacetaldehyde as a key mechanism // Foods. 2020. V. 9. №. 4. P. 420. doi: 10.3390/molecules24030390
- 11 Ren X. et al. Inhibitory Effect of *Tamarix ramosissima* Extract on the Formation of Heterocyclic Amines in Roast Lamb Patties by Retarding the Consumption of Precursors and Preventing Free Radicals // Foods. 2022. V. 11. №. 7. P. 1000. doi: 10.3390/foods11071000
- 12 Bahramsoltani R. et al. The genus *Tamarix*: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology // Journal of ethnopharmacology. 2020. V. 246. P. 112245. doi: 10.1016/j.jep.2019.112245
- 13 Шуйская Е.В., Лебедева М.П., Колесников А.В., Борисочкина Т.И., Тодерич К.Н. Химический состав солей выделяемых тамариксом (*Tamarix ramosissima*), произрастающим в условиях различного засоления почв // Бюл. Почв. ин-та. 2016. № 82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-soley-vydelyaemyh-tamariksom-tamarix-ramosissima-proizrastayuschim-v-usloviyah-razlichnogo-zasoleniya-pochv>
- 14 Хасанов В.В., Рыжова Г.Л., Мальцева Е.В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.
- 15 Fabris S., Bertelle M., Astafyeva O., Gregoris E. et al. Antioxidant properties and chemical composition relationship of Europeans and Brazilians propolis // Pharmacology & Pharmacy. 2013. V. 4. P. 64–51. doi:10.4236/pp.2013.41006
- 16 Коленченко Е.А., Сониная Л.Н., Хотимченко Ю.С. Сравнительная оценка антиоксидантной активности низкоэтерифицированного пектина из морской травы *Zostera marina* и препаратов антиоксидантов in vitro // Биология моря. 2005. Т. 31. № 5. С. 380–383.
- 17 Федосеева А.А., Лебедева О.С., Каниболоцкая Л.В., Шендрик А.Н. Антиоксидантная активность настоев чая // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 123–127.
- 18 Батаева Ю.В. и др. Исследование антиоксидантной активности и состава метаболитов цианобактерий методами ТСХ, ВЭТСХ, ВЭЖХ с целью поиска экологически безопасных агентов очистки // Экологическая химия. 2018. Т. 27. №. 4. С. 175–181.
- 19 Астафьева О.В., Жаркова З.В., Генатуллина Г.Н. Исследование фенольных соединений и антиоксидантной активности экстрактов соцветий *Tagetes Patula L* // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. Т. 15. №. 4. С. 116–120.
- 20 Шпигун Л.К., Замятина Н.Н., Шушеначев Я.В., Камилова П.М. Методы количественной оценки антиоксидантной активности лекарственных веществ на основе свободнорадикальных реакций // Сборник трудов ежегодной научной конференции – конкурса ИОНХ РАН. Москва. 2010. С. 148–151.
- 21 Астафьева О.В. и др. Исследование химического состава и противомикробной активности экстрактов из соцветий *Tagetes Patula L* // Современные проблемы науки и образования. 2020. №. 6. С. 178–178.

References

- 1 Caparrós P.G. et al. Halophytes have potential as heavy metal phytoremediators: A comprehensive review. Environmental and Experimental Botany. 2022. vol. 193. pp. 104666. doi: 10.1016/j.envexpbot.2021.104666
- 2 Lopes M. et al. Halophytes as a source of bioactive phenolic compounds and their potential applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. pp. 1–24. doi: 10.1080/10408398.2021.1959295
- 3 Berdimbetova G.E., Orazova Sh. Sh. elemental composition of cistanche saline (*cistanchesalsa*) growing in the Republic of Karakalpakstan. Universum: chemistry and biology. 2022. no. 5–2 (95). pp. 41–46. doi: 10.32743/UniChem.2022.95.5.13600 (in Russian).
- 4 Mendeleva V.P., Volkova I.V. The use of plants of the Asteraceae family in phytoremediation of soils of the Astrakhan region. bbk 1 e91. 2020. pp. 27. (in Russian).
- 5 Zhumasheva A.M. A valuable plant of the flora of Kazakhstan promising as an aphrodisiac. Current trends in science and education. 2020. pp. 15–21. (in Russian).
- 6 Ksouri R. et al. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. Critical reviews in biotechnology. 2012. vol. 32. no. 4. pp. 289–326. doi: 10.3109/07388551.2011.630647
- 7 Castañeda-Loaiza V. et al. Wild vs cultivated halophytes: Nutritional and functional differences. Food Chemistry. 2020. vol. 333. pp. 127536. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127536
- 8 Petropoulos S.A. et al. Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. Trends in food science & technology. 2018. vol. 74. pp. 69–84. doi: 10.1016/j.tifs.2018.02.006
- 9 Sultanova N. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix ramosissima*. Journal of ethnopharmacology. 2001. vol. 78. no. 2–3. pp. 201–205. doi: 10.1016/S0378-8741(01)00354-3
- 10 Ren X. et al. Isorhamnetin and hispidulin from *tamarix ramosissima* inhibit 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] Pyridine (PhIP) formation by trapping phenylacetaldehyde as a key mechanism. Foods. 2020. vol. 9. no. 4. pp. 420. doi: 10.3390/molecules24030390
- 11 Ren X. et al. Inhibitory Effect of *Tamarix ramosissima* Extract on the Formation of Heterocyclic Amines in Roast Lamb Patties by Retarding the Consumption of Precursors and Preventing Free Radicals. Foods. 2022. vol. 11. no. 7. pp. 1000. doi: 10.3390/foods11071000
- 12 Bahramsoltani R. et al. The genus *Tamarix*: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. Journal of ethnopharmacology. 2020. vol. 246. pp. 112245. doi: 10.1016/j.jep.2019.112245

13 Shuiskaya E.V., Lebedeva M.P., Kolesnikov A.V., Borisochkina T.I., Toderich K.N. Chemical composition of salts secreted by tamarix (*Tamarix ramosissima*) growing in conditions of various soil salinization. *Byul. Soil. in-ta*. 2016. no. 82. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-soley-vydelyaemyh-tamariksom-tamarix-ramosissima-proizrastayuschim-v-usloviyah-razlichnogo-zasoleniya-pochv> (in Russian).

14 Khasanov V.V., Ryzhova G.L., Maltseva E.V. Methods of research of antioxidants. *Chemistry of plant raw materials*. 2004. no. 3. pp. 63–75. (in Russian).

15 Fabris S., Bertelle M., Astafyeva O., Gregoris E. et al. Antioxidant properties and chemical composition relationship of Europeans and Brazilians propolis. *Pharmacology & Pharmacy*. 2013. vol. 4. pp. 64–51. doi:10.4236/pp.2013.41006

16 Kolenchenko E.A., Sonina L.N., Khotimchenko Y.S. Comparative assessment of antioxidant activity of low-esterified pectin from the sea grass *Zostera marina* and antioxidant preparations in vitro. *Biology of the sea*. 2005. vol. 31. no. 5. pp. 380–383. (in Russian).

17 Fedoseeva A.A., Lebedkova O.S., Kanibolotskaya L.V., Shendrik A.N. Antioxidant activity of tea infusions. *Chemistry of plant raw materials*. 2008. no. 3. pp. 123–127. (in Russian).

18 Bataeva Yu.V. et al. Investigation of antioxidant activity and composition of cyanobacteria metabolites by TLC, VETS, HPLC methods in order to search for environmentally safe cleaning agents. *Environmental chemistry*. 2018. vol. 27. no. 4. pp. 175–181. (in Russian).

19 Astafyeva O.V., Zharkova Z.V., Genatullina G.N. Investigation of phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of inflorescences of *Tagetes Patula* L. *Bulletin of New Medical Technologies*. Electronic edition. 2021. vol. 15. no. 4. pp. 116–120. (in Russian).

20 Shpigun L.K., Zamyatina N.N., Shushenachev Ya.V., Kamilova P.M. Methods of quantitative assessment of antioxidant activity of medicinal substances based on free radical reactions. *Proceedings of the annual scientific conference – competition of the IONKH RAS*. Moscow. 2010. pp. 148–151. (in Russian).

21 Astafyeva O.V. et al. Investigation of the chemical composition and antimicrobial activity of extracts from inflorescences of *Tagetes Patula* L. *Modern problems of science and education*. 2020. no. 6. pp. 178–178. (in Russian).

Сведения об авторах

Дарина И. Половинкина аспирант, кафедра биоэкологии и биологической безопасности, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, darina.ruban@ya.ru

Михаил А. Егоров д.б.н., профессор, кафедра биотехнологии, зоологии и аквакультуры, Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева, ул. Татищева 20а, г. Астрахань, 414056, Россия, egorovs.mail@gmail.com

Людмила Т. Сухенко д.б.н., профессор, кафедра биотехнологии, зоологии и аквакультуры, Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева, ул. Татищева 20а, г. Астрахань, 414056, Россия, sukhenko@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5841-655X>

Ольга В. Новиченко к.т.н., доцент, кафедра биотехнологии, зоологии и аквакультуры, Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, ул. Татищева 20а, г. Астрахань, 414056, Россия, ollevi@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4282-9728>

Аделя С. Баймухамбетова к.х.н., доцент, кафедра биоэкологии и биологической безопасности, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-5788-6242>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Darina I. Polovinchina postgraduate student, bioecology and biological safety department, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamsk shosse, Moscow, 125080, Russia, darina.ruban@ya.ru

Mikhail A. Egorov Dr. Sci. (Biol.), professor, biotechnology, zoology and aquaculture department, Astrakhan State University name V.N. Tatishchev, 20a Tatishcheva str., Astrakhan, 414056, Russia, egorovs.mail@gmail.com

Ludmila T. Sukhenko Cand. Sci. (Biol.), professor, biotechnology, zoology and aquaculture department, Astrakhan State University name V.N. Tatishchev, 20a Tatishcheva str., Astrakhan, 414056, Russia, sukhenko@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5841-655X>

Olga V. Novichenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biotechnology, zoology and aquaculture department, Astrakhan State University name V.N. Tatishchev, 20a Tatishcheva str., Astrakhan, 414056, Russia, ollevi@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4282-9728>

Adelia S. Baimukhambetova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, bioecology and biological safety department, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamsk shosse, Moscow, 125080, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5788-6242>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/09/2022	После редакции 12/10/2022	Принята в печать 22/11/2022
Received 20/09/2022	Accepted in revised 12/10/2022	Accepted 22/11/2022