

УДК 615.454.1:615.322:547.973

DOI 10.24412/2312-2935-2026-3-67-78

АНТОЦИАНЫ ИЗ ЦВЕТКОВ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО (*CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM*): ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА В СОСТАВЕ МЯГКИХ КОСМЕТИЧЕСКИХ ФОРМ

О.И. Малишевская, Ю.С. Родина, Д.И. Бояринцев, О.А. Русакова, В.С. Шкарин

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень

Введение. Антоцианы являются водорастворимыми полифенольными пигментами растительного происхождения, представляющими интерес для разработки наружных мягких форм с антиоксидантно ориентированной функциональностью. Для технологического применения антоцианов принципиальны селективность выделения из растительного сырья, равномерность введения в основу, устойчивость эмульсионной системы и значение pH, поскольку стабильность антоцианов зависит от кислотности среды. Цветки кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium*) могут рассматриваться как доступный источник антоцианосодержащих фракций, однако технологические подходы к их введению в мягкие формы требуют экспериментального обоснования.

Цель. Провести выделение и очистку антоцианосодержащей фракции из цветков кипрея узколистного и выполнить сравнительную технологическую оценку модельных мягких косметических форм для наружного применения.

Материалы и методы. Высушенные цветки кипрея узколистного экстрагировали 0,1 М раствором хлористоводородной кислоты при 60 °С в течение 1 часа при соотношении сырья и экстрагента 1:20. После фильтрования фракцию очищали методом твердофазной экстракции на сверхсшитом полистироле, промывали 0,1 М HCl и элюировали 96% этанолом. Элюат концентрировали и лиофилизировали. Наличие антоцианов оценивали визуально, дифференциальной спектрофотометрией и тонкослойной хроматографией. Полученную фракцию вводили в гидрофильные, гидрофобные и эмульсионные основы. Образцы оценивали по органолептическим характеристикам, коллоидной и термической стабильности, а также по водородному показателю.

Результаты и обсуждение. В экстрактах выявлены соединения, спектральные и хроматографические признаки которых соответствовали цианидин-3-рутинозиду; при повышении pH отмечалось характерное изменение окраски. Все изготовленные образцы представляли собой однородные фиолетовые или светло-фиолетовые массы. Значения pH находились в диапазоне 5,90-6,75. Эмульсионные образцы N 5, 6, 7, 8 и 10 сохраняли коллоидную стабильность после центрифугирования; образец N 9 расслаивался. Термическая стабильность эмульсионных образцов сохранялась после выдерживания при 40-42 °С в течение 24 часов. Наиболее перспективными по совокупности сенсорных и физико-химических показателей были образцы N 8 и N 10; среди гидрофильных основ лучшей гелеобразной структурой характеризовался образец N 2.

Заключение. Методика сорбционной очистки на сверхсшитом полистироле применима для получения антоцианосодержащей фракции из цветков кипрея узколистного. Для дальнейшей разработки необходимы количественная стандартизация антоцианов, уточнение состава

основ, исследование реологического профиля, микробиологической чистоты, высвобождения и долговременной стабильности.

Ключевые слова: антоцианы, кипрей узколистный, *Chamaenerion angustifolium*, мягкие косметические формы, твердофазная экстракция, сверхсшитый полистирол

ANTHOCYANINS FROM THE FLOWERS OF FIREWEED (*CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM*): ISOLATION, PURIFICATION AND TECHNOLOGICAL EVALUATION IN THE COMPOSITION OF SOFT COSMETIC FORMS

O.I. Malishevskaya, Yu.S. Rodina, D.I. Boyarintsev, O.A. Rusakova, V.S. Shkarin

Tyumen State Medical University, Tyumen

Introduction. Anthocyanins are water-soluble plant polyphenolic pigments of interest for the development of topical semisolid forms with antioxidant-oriented functionality. Their technological use requires selective isolation from plant raw material, uniform incorporation into the base, emulsion stability and pH control, because anthocyanin stability is strongly affected by acidity. Fireweed flowers (*Chamaenerion angustifolium*) may be considered an available source of anthocyanin-containing fractions, but technological approaches to incorporating such fractions into semisolid preparations require experimental justification.

Objective. To isolate and purify an anthocyanin-containing fraction from fireweed flowers and to perform a comparative technological evaluation of model soft cosmetic forms for external use.

Materials and methods. Dried fireweed flowers were extracted with 0.1 M hydrochloric acid at 60 °C for 1 hour at a raw material-to-extractant ratio of 1:20. After filtration, the fraction was purified by solid-phase extraction on hypercrosslinked polystyrene, washed with 0.1 M HCl and eluted with 96% ethanol. The eluate was concentrated and lyophilized. Anthocyanins were assessed visually and by differential spectrophotometry and thin-layer chromatography. The resulting fraction was incorporated into hydrophilic, hydrophobic and emulsion bases. The samples were assessed for organoleptic characteristics, colloidal and thermal stability, and pH.

Results and discussion. The extracts contained compounds whose spectral and chromatographic characteristics corresponded to cyanidin-3-rutinoside; a characteristic color change was observed with increasing pH. All prepared samples were homogeneous violet or light-violet masses. pH values ranged from 5.90 to 6.75. Emulsion samples No. 5, 6, 7, 8 and 10 maintained colloidal stability after centrifugation; sample No. 9 showed phase separation. Thermal stability of the emulsion samples was maintained after incubation at 40-42 °C for 24 hours. Samples No. 8 and No. 10 were the most promising according to the combined sensory and physicochemical indicators; among hydrophilic bases, sample No. 2 showed the most pronounced gel structure.

Conclusion. Sorption purification on hypercrosslinked polystyrene is applicable for obtaining an anthocyanin-containing fraction from fireweed flowers. Further development requires quantitative anthocyanin standardization, clarification of base, rheological profiling, microbiological quality assessment, release testing and long-term stability studies.

Keywords: anthocyanins, fireweed, *Chamaenerion angustifolium*, soft cosmetic forms, solid-phase extraction, hypercrosslinked polystyrene

Введение. Антоцианы относятся к водорастворимым фенольным пигментам растительного происхождения. В фармацевтической и косметической технологии они представляют интерес как окрашенные полифенольные соединения, способные дополнительно формировать антиоксидантно ориентированную функциональность наружных средств [1]. При этом технологическая применимость антоцианов ограничивается их химической лабильностью: на стабильность влияют pH, температура, свет, кислород, сопутствующие восстановители и ферментативные факторы [2]. Для мягких форм это означает необходимость подбора основы не только по органолептическим свойствам, но и по кислотности, дисперсной устойчивости и совместимости с гидрофильными фенольными соединениями.

Кипрей узколистный, или иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*, синоним *Epilobium angustifolium* L.), является распространенным растительным сырьем. В современной литературе обсуждается возможность использования *Epilobium angustifolium* как растительного компонента топических средств для ухода за кожей и дерматологически ориентированных продуктов, что связывают с наличием вторичных метаболитов и описанными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами [3]. Для отечественного сырья кипрея узколистного опубликованы данные по стандартизации надземных органов, подтверждающие присутствие полифенольных соединений [4]. Фитохимические исследования свежего и высушенного сырья *Chamaenerion angustifolium* также демонстрируют значимость хроматографических и спектрофотометрических подходов для его оценки [5].

Биологическая активность антоцианов в отношении клеточных моделей кожи описана преимущественно для других источников. В частности, антоцианы из оболочек семян черной сои стимулировали процессы, связанные с заживлением, в культурах фибробластов и кератиноцитов и снижали воспалительные реакции эндотелиальных клеток [6]; в экспериментальной работе также показано усиление заживления ран при применении антоцианов из оболочек семян черной сои [7]. Эти данные не позволяют автоматически переносить терапевтические выводы на фракции кипрея узколистного, но обосновывают технологический интерес к созданию наружных прототипов с антоцианами.

При разработке мягких форм для кожи важны гомогенность, удобство нанесения, отсутствие грубого фазового расслоения и приемлемое значение водородного показателя. Поверхность здоровой кожи в среднем имеет кислую реакцию, pH 5,4-5,9, что

рассматривается как фактор, благоприятный для резидентной микрофлоры [8]. В этой связи технологический скрининг основ с антоциансодержащим экстрактом должен включать оценку pH и устойчивости, а также учитывать риск деградации антоцианов при сдвиге среды к нейтральной или щелочной области.

Цель исследования. Провести выделение и очистку антоциансодержащей фракции из цветков кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium*) и выполнить сравнительную технологическую оценку модельных мягких косметических форм для наружного применения.

Материалы и методы. Исследование имело лабораторный сравнительный технологический дизайн. В работе использовали высушенные цветки кипрея узколистного (изготовитель ИП Яценко А.С., Алтай). Навеску сырья массой 50,0 г экстрагировали 0,1 М раствором хлористоводородной кислоты в течение 1 часа при температуре 60 °С. Соотношение сырья и экстрагента составляло 1:20. Шрот отделяли фильтрованием.

Для очистки использовали твердофазную экстракцию. Порцию полученного экстракта объемом 25 мл вносили к предварительно активированному этанолом сорбенту – сверхсшитому полистиролу, входящему в состав картриджа ДИАПАК П-3. Экстракт инкубировали с сорбентом 10 минут, после чего сорбент промывали 0,1 М HCl для удаления сопутствующих примесей. Сорбированные окрашенные соединения элюировали 96% этанолом. Элюат концентрировали на ротационном испарителе и лиофилизировали до получения сухой антоциансодержащей фракции.

Идентификацию антоцианов выполняли на скрининговом уровне: визуально по окраске растворов, методом дифференциальной спектрофотометрии и методом тонкослойной хроматографии с сопоставлением с цианидин-3-рутинозидом. Дополнительно оценивали изменение окраски раствора при повышении pH как качественный признак pH-зависимого превращения антоциановых структур.

Полученную сухую фракцию вводили в модельные мягкие формы. Были приготовлены гидрофильные основы на гелеобразователях гидроксиэтилцеллюлоза и ксантан (образцы N 1 и N 2), гидрофобные основы на вазелине и ланолине в различных соотношениях (образцы N 3 и N 4), а также эмульсионные основы (образцы N 5-N 10). В гидрофобные основы сухую фракцию вводили растиранием со спирто-глицерино-водной смесью в соотношении 1:3:6. Для эмульсионных образцов применяли варианты основы

Кутумовой, основы с растительными маслами, ланолином, воском, стеарином, белым мягким парафином, жидким парафином, цетостеариловым спиртом и лецигелем.

Для образца N 10 жировую фазу составляли белый мягкий парафин и жидкий парафин; цетостеариловый спирт использовали как эмульгатор и структурообразователь. Сухую антоциансодержащую фракцию растворяли в очищенной стерильной воде, водную фазу нагревали до 70 °С и вводили тонкой струей в жировую фазу при интенсивном перемешивании. При температуре около 45 °С добавляли метилпарабен в концентрации 0,1%, после чего массу гомогенизировали до охлаждения в течение 10 минут.

Качество образцов оценивали по органолептическим признакам: внешний вид, цвет, запах, однородность и сенсорные свойства при нанесении. Коллоидную стабильность эмульсионных образцов определяли после центрифугирования при 6000 об/мин в течение 5 минут; термостабильность оценивали после выдерживания при 40-42 °С в течение 24 часов. Выбор показателей соответствовал логике ГОСТ 29188.3-91, регламентирующего методы определения коллоидной и термической стабильности косметических эмульсий (ГОСТ 29188.3-91. Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии). Водородный показатель фиксировали рН-метрически с учетом подходов ГОСТ 29188.2-2014 для парфюмерно-косметической продукции (ГОСТ 29188.2-2014. Продукция парфюмерно-косметическая. Метод определения водородного показателя рН). Статистическую обработку не проводили, поскольку исходные материалы представляли технологический скрининг без вариационных рядов и без представленных повторностей; результаты приведены как фактические технологические наблюдения.

Результаты. При контакте кислого водного экстракта с сорбентом визуально наблюдалось удерживание окрашенных соединений на сверхсшитом полистироле. Преждевременного вымывания пигментированной фракции до этапа этанольной десорбции не отмечали. После элюирования 96% этанолом и последующей лиофилизации была получена сухая антоциансодержащая фракция, пригодная для введения в модельные основы.

Спектрофотометрический скрининг показал наличие максимумов поглощения, соответствующих цианидин-3-рутинозиду. При тонкослойной хроматографии в составе экстракта обнаруживались соединения, совпадавшие по значению R_f с цианидин-3-рутинозидом. При повышении рН цвет раствора изменялся с сине-фиолетового на зеленый и желтый, что соответствует рН-зависимым превращениям антоцианов с образованием хиноидных и халконовых форм. Эти результаты следует трактовать как первичную

идентификацию маркерных антоциановых структур, а не как полный индивидуальный профиль фракции.

Все приготовленные образцы представляли собой однородные мягкие массы без видимых посторонних включений. Цвет варьировал от фиолетового до светло-фиолетового, что было обусловлено присутствием антоциановых пигментов. Технологическая характеристика образцов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Технологическая характеристика модельных мягких форм с антоциансодержащей фракцией
 (рН – ед. рН; стабильность – качественная оценка)

№ образца	Тип основы	Внешний вид и сенсорные свойства	Коллоидная стабильность	Термостабильность	рН
1	Гидрофильная, гидроксипропилцеллюлоза	Однородная фиолетовая масса, слабый характерный запах	Не применяли*	Не применяли*	6,62
2	Гидрофильная, ксантан	Однородный светло-фиолетовый гель; более выраженная гелеобразная структура	Не применяли*	Не применяли*	5,90
3	Гидрофобная, вазелин/ланолин	Однородная светло-фиолетовая масса; липкая, тяжелая при нанесении	Не применяли*	Не применяли*	6,72
4	Гидрофобная, вазелин/ланолин	Однородная фиолетовая масса; липкая, тяжелая при нанесении	Не применяли*	Не применяли*	6,68
5	Эмульсионная, основа Кутумовой	Однородная светло-фиолетовая масса	Стабилен	Стабилен	6,75

6	Эмульсионная, вариант основы Кутумовой	Однородная фиолетовая масса	Стабилен	Стабилен	6,73
7	Эмульсионная, вариант основы Кутумовой	Однородная фиолетовая масса	Стабилен	Стабилен	6,68
8	Эмульсионная, растительное масло/лецигель	Однородная фиолетовая масса; мягкая, нелипкая текстура	Стабилен	Стабилен	6,50
9	Эмульсионная, ланолин/воск/стеарин	Однородная фиолетовая плотная масса; легко наносится	Не стабилен	Стабилен	5,90
10	Эмульсионная, парафины/цетостеариловый спирт	Однородная фиолетовая плотная масса; легко наносится и впитывается	Стабилен	Стабилен	6,20

*Примечание. * Для не эмульсионных образцов критерии коллоидной и термической стабильности косметических эмульсий не применяли.*

После центрифугирования эмульсионных образцов N 5-N 10 при 6000 об/мин в течение 5 минут разделение водной и масляной фаз отсутствовало у образцов N 5, N 6, N 7, N 8 и N 10. В образце N 9 отмечено расслоение. После термостатирования при 40-42 °С в течение суток у эмульсионных образцов не наблюдалось выделения водной фазы более 0,5 мм. Водородный показатель всех образцов находился в интервале 5,90-6,75; минимальные значения отмечены у образцов N 2 и N 9, а среди технологически стабильных эмульсий наиболее низкий pH был у образца N 10.

Обсуждение. Полученные результаты показывают, что сверхсшитый полистирол может быть использован как сорбент для концентрирования окрашенной полифенольной фракции из кислого экстракта цветков кипрея узколистного. Важным технологическим наблюдением является отсутствие заметного проскока окрашенных соединений до этанольной десорбции. Это указывает на применимость выбранной схемы для получения фракции, пригодной для дальнейшего введения в мягкие формы. Вместе с тем использованные методы идентификации не заменяют полноценную стандартизацию: для

фармацевтической или промышленной косметической разработки необходимо дополнить работу ВЭЖХ-ДАД или ВЭЖХ-МС-анализом, определением суммы мономерных антоцианов, выходом сухого экстракта, остаточным содержанием растворителей и контролем примесей.

В технологическом отношении образцы различались по типу основы и потребительским свойствам. Гидрофильные основы обеспечивали равномерное распределение фракции, что ожидаемо с учетом водорастворимости антоцианов. Среди них образец N 2 имел более выраженную гелеобразную структуру и pH 5,90, что делает его перспективным для дальнейшей оптимизации. Ограничением гидрофильных гелей является необходимость отдельной оценки консервирующей системы, микробиологической чистоты, вязкости, тиксотропии и стабильности окраски при хранении.

Гидрофобные образцы N 3 и N 4 были технологически однородными, но характеризовались липкостью и более тяжелым распределением по коже. Для антоцианов как гидрофильных соединений такой тип основы может потребовать предварительного диспергирования или солюбилизации, а также оценки высвобождения из липофильной матрицы. Эмульсионные образцы оказались наиболее информативными для скрининга: образцы N 5, N 6, N 7, N 8 и N 10 выдержали центрифугирование без видимого разделения фаз, тогда как образец N 9 расслаивался и не может рассматриваться как приоритетный вариант без переработки состава.

Образец N 8, содержащий растительную масляную фазу и лецигель в качестве эмульгатора и гелеобразователя, обладал мягкой консистенцией и нелипкой текстурой. Образец N 10 на основе белого мягкого парафина, жидкого парафина и цетостеарилового спирта также был устойчивым, легко наносился и имел pH 6,20. Следует учитывать, что диапазон pH 5,90-6,75 является слабокислым или близким к нейтральному; для антоцианов более кислая среда обычно благоприятнее с точки зрения цветовой и химической стабильности [2], тогда как для кожи предпочтительны значения, не нарушающие кислотную мантию [8]. Следовательно, дальнейшая оптимизация должна искать компромисс между стабильностью пигмента, переносимостью кожи и функциональными свойствами основы.

Отдельно следует подчеркнуть, что настоящая работа является технологическим скринингом, а не доклиническим или клиническим исследованием эффективности. Данные о стимуляции заживления и противовоспалительных эффектах антоцианов из других растительных источников [6, 7] не являются доказательством терапевтического действия

фракции из цветков кипрея узколистного. Для перехода к медицинским заявлениям необходимы исследования безопасности, раздражающего и сенсибилизирующего потенциала, высвобождения действующих веществ, проникновения через кожу и биологической активности конкретной стандартизированной фракции.

Заключение. Метод кислотной экстракции с последующей сорбционной очисткой на сверхшлито полистироле применим для получения антоциансодержащей фракции из цветков кипрея узколистного. По данным спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии в составе фракции выявлены соединения, соответствующие цианидин-3-рутинозиду; этот результат следует рассматривать как первичную идентификацию маркерной антоциановой структуры.

Антоциансодержащая фракция была технологически совместима с гидрофильными, гидрофобными и эмульсионными основами на уровне лабораторного скрининга: все образцы были однородными и имели фиолетовую или светло-фиолетовую окраску. Значения pH находились в диапазоне 5,90-6,75.

По совокупности органолептических свойств, коллоидной стабильности и термостабильности наиболее перспективными для дальнейшей разработки являются эмульсионные образцы N 8 и N 10. Образец N 9 требует переработки состава из-за расслоения после центрифугирования. Среди гидрофильных основ наиболее удачным технологическим вариантом является образец N 2 с использованием ксантана в качестве гелеобразователя.

Перед масштабированием и публикацией окончательной рецептуры необходимо провести количественную стандартизацию фракции по сумме антоцианов и индивидуальным маркерам, установить точные массовые доли вспомогательных веществ, оценить реологические свойства, микробиологическую чистоту, эффективность консервирования, высвобождение антоцианов, фотостабильность, ускоренную и долговременную стабильность.

Список литературы

1. Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T. et al. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. Food Nutr Res. 2017;61(1):1361779. doi:10.1080/16546628.2017.1361779

2. Enaru B., Dretcanu G., Pop T.D. et al. Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants* (Basel). 2021;10(12):1967. doi:10.3390/antiox10121967
3. Nowak A., Zielonka-Brzezicka J., Peruzynska M. et al. *Epilobium angustifolium* L. as a Potential Herbal Component of Topical Products for Skin Care and Treatment-A Review. *Molecules*. 2022;27(11):3536. doi:10.3390/molecules27113536
4. Бояринцев Д.И., Кузьминов И.В., Брютова К.В. и др. Стандартизация сырья, полученного из надземных органов кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium* L.). *Химия растительного сырья*. 2024;(3):177-187. doi:10.14258/jcprm.20240312495
5. Kaskoniene V., Stankevicius M., Drevinskas T. et al. Evaluation of phytochemical composition of fresh and dried raw material of introduced *Chamerion angustifolium* L. using chromatographic, spectrophotometric and chemometric techniques. *Phytochemistry*. 2015;115:184-193. doi:10.1016/j.phytochem.2015.02.005
6. Nizamutdinova I.T., Kim Y.M., Chung J.I. et al. Anthocyanins from black soybean seed coats stimulate wound healing in fibroblasts and keratinocytes and prevent inflammation in endothelial cells. *Food Chem Toxicol*. 2009;47(11):2806-2812. doi:10.1016/j.fct.2009.08.016
7. Xu L., Choi T.H., Kim S. et al. Anthocyanins from black soybean seed coat enhance wound healing. *Ann Plast Surg*. 2013;71(4):415-420. doi:10.1097/SAP.0b013e31824ca62b
8. Lambers H., Piessens S., Bloem A., et al. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *Int J Cosmet Sci*. 2006;28(5):359-370. doi:10.1111/j.1467-2494.2006.00344.x

References

1. Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T. et al. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res*. 2017;61(1):1361779. doi:10.1080/16546628.2017.1361779
2. Enaru B., Dretcanu G., Pop T.D. et al. Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants* (Basel). 2021;10(12):1967. doi:10.3390/antiox10121967
3. Nowak A., Zielonka-Brzezicka J., Peruzynska M. et al. *Epilobium angustifolium* L. as a Potential Herbal Component of Topical Products for Skin Care and Treatment-A Review. *Molecules*. 2022;27(11):3536. doi:10.3390/molecules27113536
4. Boyarintsev D.I., Kuzminov I.V., Bryutova K.V., et al. Standartizatsiya syrya, poluchennogo iz nadzemnykh organov kipreya uzkolistnogo (*Chamaenerion angustifolium* L.)

[Standardization of raw materials obtained from aerial organs of narrow-leaved fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.)]. Khimiya rastitelnogo syrya [Chemistry of Plant Raw Material]. 2024;(3):177-187. doi:10.14258/jcprm.20240312495 (In Russian)

5. Kaskoniene V., Stankevicius M., Drevinskas T., et al. Evaluation of phytochemical composition of fresh and dried raw material of introduced *Chamaenerion angustifolium* L. using chromatographic, spectrophotometric and chemometric techniques. *Phytochemistry*. 2015;115:184-193. doi:10.1016/j.phytochem.2015.02.005

6. Nizamutdinova I.T., Kim Y.M., Chung J.I., et al. Anthocyanins from black soybean seed coats stimulate wound healing in fibroblasts and keratinocytes and prevent inflammation in endothelial cells. *Food Chem Toxicol*. 2009;47(11):2806-2812. doi:10.1016/j.fct.2009.08.016

7. Xu L., Choi T.H., Kim S., et al. Anthocyanins from black soybean seed coat enhance wound healing. *Ann Plast Surg*. 2013;71(4):415-420. doi:10.1097/SAP.0b013e31824ca62b

8. Lambers H., Piessens S., Bloem A., et al. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *Int J Cosmet Sci*. 2006;28(5):359-370. doi:10.1111/j.1467-2494.2006.00344.x

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Малишевская Ольга Ивановна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры передовых технологий, заместитель директора института фармации, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 54, e-mail: olgaivan1988@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8709-5281; SPIN-код: 7907-2759

Родина Юлия Сергеевна – кандидат фармацевтических наук, доцент, директор института фармации, заведующий кафедрой передовых технологий, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 54, e-mail: rodinays@tyumsmu.ru, ORCID: 0000-0002-0612-3998; SPIN-код: 5774-4913

Бояринцев Даниэль Игоревич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией метаболической и клеточной инженерии, доцент кафедры передовых технологий, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 54, e-mail: bdy0710@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5605-1849; SPIN-код: 9454-5994

Русакова Ольга Александровна – доктор биологических наук, профессор кафедры передовых технологий, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 54, e-mail: rusakovaoa@tyumsmu.ru, ORCID: 0000-0002-2738-8557; SPIN-код: 5164-9820

Шкарин Владислав Сергеевич – лаборант лаборатории метаболической и клеточной инженерии, Тюменский государственный медицинский университет, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 54, e-mail: mr.159qwert@mail.ru, ORCID: 0009-0005-7736-4093; SPIN-код: 1211-6940

About the authors

Malishevskaya Olga Ivanovna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Advanced Technologies, Deputy Director of the Institute of Pharmacy, Tyumen State Medical University, 625023, Russia, Tyumen, Odesskaya Str., 54, e-mail: olgaivan1988@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8709-5281; SPIN-код: 7907-2759

Rodina Yulia Sergeevna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, associate professor, Director of the Institute of Pharmacy, Head of the Department of Advanced Technologies, Tyumen State Medical University, 625023, Russia, Tyumen, Odesskaya Str., 54, e-mail: rodinays@tyumsmu.ru, ORCID: 0000-0002-0612-3998; SPIN-код: 5774-4913

Boyarintsev Daniel Igorevich – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Metabolic and Cellular Engineering, Associate Professor of the Department of Advanced Technologies, Tyumen State Medical University, 625023, Russia, Tyumen, Odesskaya Str., 54, e-mail: bdy0710@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5605-1849; SPIN-код: 9454-5994

Rusakova Olga Alexandrovna – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Advanced Technologies, Tyumen State Medical University, 625023, Russia, Tyumen, Odesskaya Str., 54, e-mail: rusakovaoa@tyumsmu.ru, ORCID: 0000-0002-2738-8557; SPIN-код: 5164-9820

Shkarin Vladislav Sergeevich – Laboratory Assistant of the Laboratory of Metabolic and Cellular Engineering, Tyumen State Medical University, 625023, Russia, Tyumen, Odesskaya Str., 54, e-mail: mr.159qwert@mail.ru, ORCID: 0009-0005-7736-4093; SPIN-код: 1211-6940.

Статья получена: 26.06.2026 г.
Принята к публикации: 25.09.2026 г.