

УДК 543.544:[582.657.2+615.322]

ЛИПОФИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЩАВЕЛЯ ПРИМОРСКОГО (*RUMEX MARITIMUS L., POLYGONACEAE*)^{*}

© В.В. Подгурская **, Е.А. Лукша, И.А. Савченко, И.Н. Корнеева, Е.В. Иванова

Омский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 12, Омск, 644099, Россия, verapodgurskaya@mail.ru

Липофильные соединения растений, к которым относят каротиноиды, хлорофиллы, жирорастворимые витамины, обладают рядом важных фармакологических свойств: противовоспалительными, ранозаживляющими, антиоксидантными, антибактериальными и др. Состав липофильных веществ щавеля приморского (*Rumex maritimus*), перспективного для внедрения в медицинскую практику растения семейства *Polygonaceae*, изучен мало. Целью работы являлись идентификация и количественное определение липофильных веществ, содержащихся в надземных органах *R. maritimus*. Методами ТСХ и ВЭЖХ в растении обнаружены каротиноиды β-каротин, лютеин, зеаксантин, витамины филлохинон, α-токоферол. Сумма каротиноидов в траве составила 5.06 ± 0.04 мг%, что сопоставимо с таким фармакопейным сырьем, как плоды рябины (*Sorbi aucupariae fructus*). Высокое содержание филлохинона установлено во всей надземной части (до 1.90 мг%), в листьях (до 4.87 мг%) и плодах (до 2.07 мг%) растения, что позволяет рассматривать изучаемое растение в качестве источника витамина К1. В связи с тем, что по данным научной литературы каротиноиды и филлохинон оказывают выраженный ранозаживляющий эффект, а также оказывают положительное влияние на зрительную систему, мы предлагаем использовать траву *R. maritimus* в качестве ранозаживляющего средства для наружного применения и как средство лечения и профилактики заболеваний органов зрения.

Ключевые слова: каротиноиды, жирорастворимые витамины, филлохинон, тонкослойная хроматография, ВЭЖХ, спектрофотометрия.

Для цитирования: Подгурская В.В., Лукша Е.А., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Иванова Е.В. Липофильные соединения надземной части щавеля приморского (*Rumex maritimus L., Polygonaceae*) // Химия растительного сырья. 2025. №2. С. 226–235. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214806>.

Введение

К липофильным веществам растений относят биологически активные вещества (БАВ) разных классов: пигменты (хлорофиллы, каротиноиды), жирорастворимые витамины (филлохинон, токоферолы), стероиды, эфирные масла, терпеноиды, жирные кислоты и др. [1]. Эти соединения наряду с полифенольными и другими водорастворимыми БАВ растений обладают целым рядом фармакологических свойств. Например, хлорофилл проявляет противовоспалительное, ранозаживляющее, антиоксидантное, антибактериальное действие, а также способен замедлять процессы старения [2].

Каротиноиды, включая ксантофиллы, проявляют антиоксидантную, радиопротекторную, антиканцерогенную [3] и ранозаживляющую активности [4]. β-Каротин, являясь предшественником витамина А, участвует во многих биологических процессах, включая зрение. Сетчатка и хрусталик глаза человека богаты лютеином и зеаксантином, которые известны как макулярные пигменты [5]. Установлено, что они могут влиять на состояние пациентов с болезнью Альцгеймера, улучшая память, зрение и настроение [6]. Существует свидетельство корреляции между высоким уровнем каротиноидов и более низким риском возникновения воспалительных заболеваний [7].

Жирорастворимые витамины являются предшественниками коферментов, регулируют многие ферментативные реакции, обладают антиоксидантным действием, способствуют усваиванию питательных веществ. В растительных объектах они могут находиться в различных формах. Так, среди токоферолов самой

*Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20250214806

** Автор, с которым следует вести переписку.

активной формой считается α -токоферол и его полиненасыщенный гомолог токотриенол [8]. Витамин К в растениях содержится в виде филлохинона (витамина K₁) [9].

Токоферолы содержатся практически во всех фотосинтезирующих организмах, в том числе в растениях [10]. α -Токоферол (витамин Е) является антиоксидантом и защищает клетки организма от повреждений, вызываемых свободными радикалами. Кроме того, α -токоферол необходим для лечения многих кожных заболеваний, таких как псориаз, лечения шрамов, угревой сыпи, растяжек после беременности [11].

Филлохинон участвует в процессах свертывания крови, а также способствует улучшению минерализации костей, их укреплению и уменьшению риска переломов [12]. В последние годы большое внимание уделяется дерматологическому применению витаминов K, в том числе филлохинона. Были проведены исследования ранозаживляющего, противовоспалительного, антиэритемного действия витамина K при наружном применении [13–15].

Возрастает интерес к изучению влияния витамина K на зрительную систему. Рандомизированное исследование PREDIMED, в котором приняли участие 5860 взрослых с риском сердечно-сосудистых заболеваний, продемонстрировало снижение риска катаракты на 29% у участников с самым высоким тертилем потребления витамина K₁ с пищей по сравнению с участниками с наименьшим тертием потребления [16]. Установлено, что филлохинон способен предотвращать помутнение хрусталика на модели диабета, индуцированного стрептозотоцином (STZ), у крыс Wistar, а матриксный белок Gla, витамин K-зависимый белок, необходим для регуляции внутриглазного давления у мышей. Пациентам с глаукомой и тем, кто желает по возможности отложить операцию по удалению катаракты, следует рекомендовать ежедневно потреблять богатые питательными веществами зеленые листовые овощи, содержащие филлохинон. Увеличение потребления зеленых листовых овощей связывают со снижением риска развития глаукомы на 20–69%. Добавление витамина K₁ в рацион может также способствовать поддержанию здоровья сетчатки [17].

В значительных количествах филлохинон обнаружен в растениях семейства гречишные (*Polygonaceae*): горце птичьем (*Polygonum aviculare* L.) – до 1.25 мг%, щавеле конском (*Rumex confertus* L.) – до 1.22 мг%, горце развесистом (*Persicaria lapathifolia* L.) – до 1.02 мг% [18].

Щавель приморский (*Rumex maritimus* L.), однолетнее растение семейства гречишные (*Polygonaceae*), является перспективным для внедрения в медицинскую практику: у его метанольного экстракта установлено наличие антибактериальной и антиоксидантной активности, вяжущих свойств [19], противовоспалительной активности [20]. Растение используется у народов Юго-Восточной Азии в качестве вяжущего, слабительного, ветрогонного средства и афродизиака, применяется для лечения хронического уретрита, болей в спине и пояснице [21–23]. Пасту из листьев используют при ожогах, ранах, стригущем лишае и других дерматологических заболеваниях [21, 23, 24].

Достаточно подробно исследован состав полифенольных соединений этого растения [22, 23, 25]. Комплекс липофильных веществ щавеля приморского изучен мало. Из стероидов в нем обнаружен β -ситостерин [26]. В его надземной части изучалось количественное содержание суммы каротиноидов (2775.14±6.81 мкг на 100 г свежего сырья) [27].

Цель работы – идентификация и количественное определение липофильных веществ, содержащихся в надземных органах *R. maritimus*.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования выступала надземная часть щавеля приморского, собранная на территории Омской области (Любинский р-н, берег р. Авлуха) в 2020–2022 гг. Сыре высушивали воздушно-теневым способом и хранили в защищенном от света месте, в хорошо проветриваемом помещении. Анализ проводили в 2023 г.

Получение извлечений для ТСХ- и ВЭЖХ-анализа. 100 г сырья, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм, помещали в круглодонную колбу вместимостью 4 л, прибавляли 1 л 95% этианола, колбу закрывали пробкой, взвешивали с погрешностью ±0.01 г и оставляли при комнатной температуре на двое суток. Затем колбу ставили на кипящую водяную баню и нагревали в течение 40 мин. После охлаждения колбу с содержимым закрывали той же пробкой, взвешивали и потерю в массе восполняли растворителем. Полученное извлечение фильтровали через фильтровальную бумагу в чистую колбу объемом 4 л. Растительный материал повторно экстрагировали еще два раза, как описано выше. Извлечения фильтровали через фильтровальную бумагу в ту же колбу.

Отгоняли этанол на ротационном испарителе ИР-1М3 (ОАО «Химлаборприбор», Россия), водный остаток переносили в сухую делительную воронку и обрабатывали хлороформом (порциями по 20 мл) до обесцвечивания хлороформного слоя. Хлороформные извлечения объединяли. Из полученной хлороформной фракции полностью удаляли хлороформ на ротационном испарителе. Сухой остаток хлороформной фракции растворяли в 95%-ном этаноле, переносили в мерную колбу вместимостью 150 мл и доводили 95%-ным спиртом до метки.

TCX-анализ полученных извлечений проводили на пластинах Сорб菲尔 ПТСХ-П-В-УФ (ООО «Имид», Россия, г. Краснодар) в следующих системах (табл. 1).

Хроматографические зоны обрабатывали 10%-ным раствором натрия гидроксида для выявления антраценпроизводных.

Идентификацию веществ осуществляли в видимом и УФ-свете (при длине волны 254 нм) путем сопоставления цвета зон адсорбции и величин R_f со стандартными образцами.

ВЭЖХ-анализ хлороформной фракции проводили на приборе LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония) в изократическом режиме в следующих условиях: аналитическая колонка, заполненная сорбентом PerfectSil 300 ODS C18, 4.6×250 мм, размер частиц – 5 мкм; состав подвижной фазы: ацетонитрил – изопропанол – вода в соотношении 75 : 20 : 5; детектирование при длине волны 254 нм; температура колонки – комнатная; скорость подвижной фазы – 1 мл/мин; объем вводимой пробы – 20 мкл.

Идентификацию соединений проводили путем сопоставления спектральных данных и времени удерживания (t_R) пиков веществ на ВЭЖХ-хроматограммах испытуемого раствора и стандартных образцов (растворов филлохинона (Sigma Aldrich, USA), лютеина (Thermo Scientific, UK), зеаксантина (SuperIco, USA), хризофанола, β -каротина (Thermo Scientific, UK), α -токоферола (Sigma Aldrich, USA)). Хлорофиллы идентифицировали по спектральным характеристикам ($\lambda_{max} \pm 2$ нм), приведенным в литературе [29].

Относительное содержание (%) компонентов смеси вычисляли методом простой нормировки из соотношения площадей хроматографических пиков.

Количественное определение филлохинона в надземной части и отдельно в листьях и плодах проводили методом обращенно-фазовой ВЭЖХ по описанной ранее методике [30]. Количество филлохинона в органах растения рассчитывали в миллиграмм-процентах (мг%) в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Количественное определение хлорофилла и каротиноидов проводили методом прямой спектрофотометрии в соответствии с методиками, приведенными в [2].

Количественное определение хлорофилла. Около 1.0 г (точная навеска) измельченной надземной части растения помещали в термостойкую колбу с обратным холодильником на 100 мл, прибавляли 30 мл спирта этилового 96%-ного и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Экстракцию повторяли дважды. Полученные извлечения фильтровали в мерную колбу объемом 100 мл и после охлаждения доводили до метки спиртом этиловым 96%. 5 мл полученного извлечения помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили до метки спиртом этиловым 96%-ным. Измеряли оптическую плотность с помощью спектрофотометра СФ-2000 при 664 нм (раствор сравнения – спирт этиловый 96%).

Количественное определение каротиноидов. Точную навеску измельченной надземной части растения массой 2.0 г помещали в колбу с притертой пробкой на 250 мл, добавляли 30 мл гексана и тщательно перемешивали в течение 30 мин. Экстракцию проводили дважды. Объединенное извлечение фильтровали в мерную колбу объемом 100 мл и доводили гексаном до метки. Оптическую плотность измеряли при 450 нм (раствор сравнения – гексан). Для расчетов использовали удельный показатель поглощения β -каротина в гексане при длине волны 450 нм, равный 2592.

Результаты количественного определения хлорофилла и каротиноидов рассчитывали в процентах (мг%) в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Статистическую обработку результатов количественного определения проводили в соответствии с ОФС.1.1.0013 «Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний». Каждое измерение осуществляли пять раз. Для полученных данных определяли следующие метрологические характеристики: минимальное значение (x_{min}), максимальное значение (x_{max}), дисперсия (S^2), стандартное отклонение (S), относительное стандартное отклонение (RSD), относительная ошибка среднего. Результаты описывались как среднее \pm доверительный интервал (ДИ).

Таблица 1. Состав элюирующих систем для TCX

№ п/п	Состав элюента
1	Ацетон – петролейный эфир 3 : 7 [28]
2	Петролейный эфир – этанол 16 : 1 [28]
3	Хлороформ – этилацетат 10 : 1

Для сравнения концентраций БАВ в различных органах и в сырье, собранном в разные годы, использовали t-критерий для независимых выборок. Уровень значимости был установлен при $p \leq 0.05$.

Обсуждение результатов

Анализ хлороформной фракции методом ТСХ на пластинах «Сорб菲尔» в трех системах растворителей показал наличие большого количества веществ, из которых были идентифицированы каротиноиды (β -каротин), ксантофиллы (лютеин), хлорофиллы, антрахиноны (хризофанол) (табл. 2).

Наилучшее разделение наблюдается в элюирующей системе 1 (ацитон – петролейный эфир в соотношении 3 : 7). На хроматограмме, полученной при элюировании в данной системе, присутствует 15 зон адсорбции, в том числе бледная зона адсорбции β -каротина, которая в других рассмотренных системах отсутствует.

Результаты количественного определения каротиноидов и хлорофиллов представлены в таблице 3.

Таблица 2. Результаты ТСХ-анализа хлороформной фракции из надземной части щавеля приморского

№ зоны	Rf±ДИ	Окраска в видимом свете	Окраска в УФ-свете (365 нм)	Окраска после обработки раствором NaOH	Вещество
Система растворителей №1					
1	0.06±0.01	желто-зеленая	розовая	— ¹	— ²
2	0.08±0.01	бледно-желтая	голубая	—	—
3	0.11±0.01	—	бледно-розовая	—	—
4	0.15±0.01	бледно-зеленая	голубая	—	—
5	0.20±0.02	желтая	темно-голубая	—	—
6	0.24±0.01	оранжево-желтая	оранжево-желтая	розовая	антрахинон
7	0.25±0.01	серо-зеленая	розовая	—	хлорофилл
8	0.31±0.02	серая	—	—	феофитин
9	0.38±0.01	желто-зеленая	розовая	—	хлорофилл
10	0.43±0.02	желтая	—	—	лютеин
11	0.45±0.01	желтая	желтая	розовая	антрахинон
12	0.68±0.01	темно-зеленая	ярко-розовая	—	хлорофилл
13	0.71±0.02	желтая	желтая	розовая	хризофанол
14	0.77±0.02	—	розовая	—	хлорофилл
15	0.88±0.02	желтая	—	—	β -каротин
Система растворителей №2					
1	0.04±0.01	желтая	—	—	лютеин
2	0.06±0.01	оранжево-желтая	коричневая	—	антрахинон
3	0.14±0.01	желто-зеленая	коричневая	розовая	хлорофилл
4	0.21±0.02	серо-зеленая	розовая	—	хлорофилл
5	0.25±0.01	серо-зеленая	розовая	—	антрахинон
6	0.67±0.02	желтая	желтая	розовая	хризофанол
7	0.72±0.01	оранжево-желтая	желтая	розовая	—
Система растворителей №3					
1	0.06±0.01	бледно-желтая	желтая	—	—
2	0.09±0.01	—	голубая	—	—
3	0.13±0.01	оранжево-желтая	оранжево-желтая	розовая	антрахинон
4	0.24±0.01	бледно-зеленая	голубая	—	хлорофилл
5	0.26±0.01	бледно-зеленая	розовая	розовая	лютеин
6	0.44±0.01	желтая	—	—	антрахинон
7	0.50±0.01	оранжево-желтая	оранжево-желтая	розовая	хлорофилл
8	0.81±0.01	зеленая	розовая	—	антрахинон
9	0.88±0.02	желтая	желтая	розовая	хлорофилл
10	0.92±0.02	зеленая	розовая	—	антрахинон

Примечание. ¹ – окраска не меняется. ² – вещество не идентифицировано.

Таблица 3. Количество содержание каротиноидов и хлорофиллов в надземной части *R. maritimus*

Год сбора	Группа БАВ	
	Каротиноиды, мг%	Хлорофиллы, мг%
Август 2020 г.	1.09±0.02	58.93±0.05
Август 2021 г.	2.63±0.05	60.05±0.05
Август 2022 г.	5.06±0.04	61.09±0.05

Количественное содержание каротиноидов в исследуемом растении определялось ранее. М.К. Alam с соавт. установлено содержание каротиноидов в надземной части образцов *R. maritimus*, произрастающих в Бангладеш, на уровне 2.78 ± 0.007 мг% (2775.14 ± 6.81 мкг на 100 г свежего сырья) [27].

Рассчитанное нами содержание каротиноидов в изучаемом объекте достигает 5.06 ± 0.04 мг%, что значительно ниже, чем их концентрация в некоторых фармакопейных видах сырья: цветках календулы (до 3.51% [31]), плодах шиповника (не менее 300 мг% в соответствии с требованиями ГФ РФ XIV изд.), траве череды (до 70 мг% [32]); но сопоставимо с таким фармакопейным сырьем, как, например, плоды рябины (не менее 3 мг% каротиноидов [33]).

ВЭЖХ-анализ хлороформной фракции этанольного извлечения (хроматограмма представлена на рисунке 1) подтвердил наличие в исследуемом растворе лютеина, относительное содержание которого в пробе составило 0.75% (табл. 4). Также был обнаружен зеаксантин (0.12% в пробе). β -каротина в пробе в данных условиях обнаружено не было.

На хроматограмме хлороформной фракции (рис. 1) присутствует пик неидентифицированного вещества, по УФ-спектру напоминающего филлохинон, но по времени удерживания не совпадающего со стандартным образцом. Для обнаружения филлохинона в надземной части щ. приморского воспользовались методикой [30]. Пик №3 на хроматограмме (рис. 2) по времени удерживания и спектральным характеристикам совпал с характеристиками стандартного образца витамина К₁.

Нами было определено количественное содержание витамина К₁ в образцах сырья, собранных в период с 2020 по 2022 г. Кроме филлохинона на хроматограммах гексанового извлечения из растительных органов видны пики лютеина и α -токферола (рис. 2, рис. 1–2 электронного приложения).

Было установлено высокое содержание филлохинона как во всей надземной части растения (1.90 мг%), так и отдельно в листьях (до 4.87 мг%), а также в плодах (до 2.07 мг%) (табл. 5). Концентрация филлохинона в растении со временем снижается, что может быть связано с его неустойчивостью под действием факторов окружающей среды, в частности УФ-излучения [30]. На это необходимо обратить внимание при обосновании условий хранения растительного сырья.

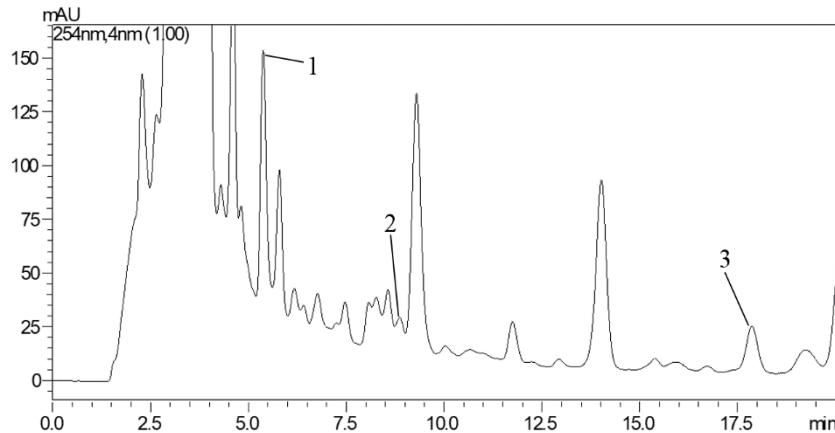


Рис. 1. ВЭЖХ-хроматограмма хлороформной фракции этанольного извлечения из надземной части *R. maritimus* (год сбора сырья: 2021). 1 – лютеин; 2 – зеаксантин; 3 – неидентифицированное производное филлохинона

Таблица 4. Состав хлороформной фракции этанольного извлечения из надземной части щавеля приморского

Соединение	Время удерживания, мин	Содержание в пробе, %	Спектральные характеристики λ_{\max} , нм
Лютеин	5.37	0.75	418, 447, 475
Зеаксантин	8.86	0.12	419, 447, 475
Производное филлохинона	17.86	0.30	205, 246, 262, 271

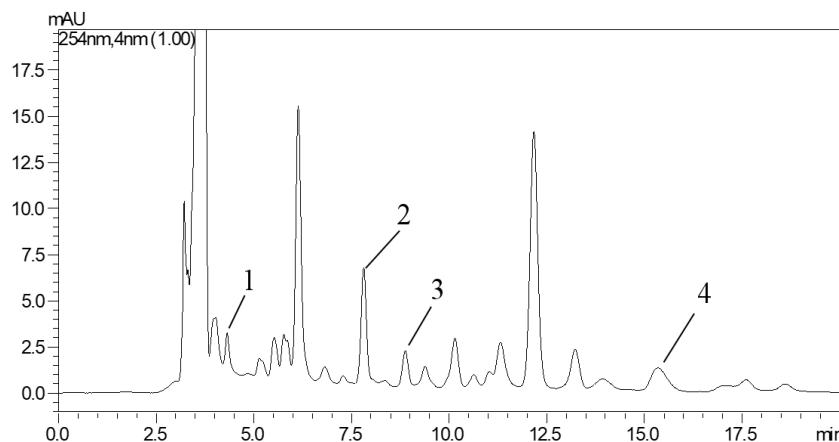


Рис. 2. ВЭЖХ-хроматограмма гексанового извлечения из надземной части *R. maritimus* (год сбора сырья: 2021). 1 – лютеин ($t_R = 4.31$ мин, λ_{max} 446, 476, содержание в пробе 1.80%); 2 – α -токоферол ($t_R = 7.80$ мин, λ_{max} 284, содержание в пробе 2.99%); 3 – филлохинон ($t_R = 8.87$ мин, λ_{max} 247, 262, 270, 324, содержание в пробе 1.03%), 4 – неидентифицированный хлорофилл ($t_R = 15.34$ мин, λ_{max} 410, 664, содержание в пробе 1.32%)

Известно, что филлохинон накапливается в зеленых частях растения (в основном в листьях), т.к. непосредственно участвует в процессах фотосинтеза. В растительной клетке он содержится в хлоропластах, а в плодах филлохинона сравнительно немного [34]. Им богаты, например, плоды облепихи (0.8–1.2 мг/100 г), черной смородины (0.7–1.2 мг/100 г, рябины обыкновенной (1.0 мг/100 г) [34], а также черники (14.7–27.2 мкг/100 г), ежевики (14.7–25.1 мкг на 100 г), винограда (13.8–18.1 мкг на 100 г) [35]. О накоплении витамина K₁ в сухих плодах (орехах, орешках) известно мало. Большое количество филлохинона содержится в плодах *Anacardium occidentale*, или кешью (19.4–64.3 мкг/100 г), семенах *Pistacia vera* (10.1–15.1 мкг/100 г), семенах *Pinus sibirica*, или «кедровых орехах» (33.4–73.7 мкг/100 г) [35]. Обнаруженное нами содержание филлохинона в плодах щ. приморского значительно превышает таковое в плодах других растений, учитывая, что плоды изучаемого растения являются сухими и представляют собой трехгранные орешки.

Концентрация филлохинона во всей надземной части щ. приморского сопоставима с фармакопейным сырьем: травой пастушьей сумки (2.203±0.018 мг%), корой калины (1.667±0.028 мг%) [30], что позволяет рассматривать ее в качестве источника витамина K₁ и использовать в составе комплексной терапии обильных менструальных кровотечений, а также как ранозаживляющее средство для наружного применения.

Новые научные данные, свидетельствующие о положительном влиянии витамина K₁ на зрительную систему [17], а также обширные сведения о роли макулярных ксантофиллов (лютеина и зеаксантина) в предотвращении офтальмологических заболеваний позволяют рекомендовать траву щ. приморского в качестве средства лечения и профилактики заболеваний органов зрения (катаракта, глаукома, макулярная дегенерация). При этом следует учитывать риск тромбообразования у пациентов в послеоперационном периоде, т.к. витамин K₁ при длительном применении способен вызывать тромбозы.

Таблица 5. Содержание филлохинона в надземных органах *R. maritimus*

Вид растительного сырья	Год сбора	Содержание в пересчете на сухое сырье, мг%
Трава	2020	0.94±0.05
	2021	1.29±0.07
	2022	1.85±0.05
Листья	2020	3.08±0.04
	2021	3.68±0.06
	2022	4.82±0.05
Плоды	2020	1.07±0.04
	2021	1.25±0.03
	2022	2.04±0.03

Выходы

1. Методами ТСХ и ВЭЖХ установлено присутствие в хлороформной фракции этанольного извлечения из травы *R. maritimus* каротиноидов β-каротина, лютеина, зеаксантина. Сумма каротиноидов в надземной части *R. maritimus* варьировала от 5.02 до 5.1 мг% (по данным таблицы 4).
2. Впервые в органах *R. maritimus* обнаружен филлохинон. Высокое его содержание установлено не только в зеленых органах – листьях (до 4.82±0.05 мг%), но и в плодах (до 2.04±0.03 мг%).
3. Надземную часть щ. приморского следует рассматривать в качестве источника витамина K₁.

Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <http://www.doi.org/10.14258/jcprm.20250214806s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование

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

Конфликт интересов

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

Открытый доступ

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

Список литературы

1. Хасanova С.Р., Кудашкина Н.В., Гусакова В.А., Жалалова Н.К. Сравнительный анализ химического состава липофильных фракций побегов трех видов сорта *Crataegus L.* // Химия растительного сырья. 2021. №4. С. 373–380. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048804>.
2. Санникова Е.Г., Компанцева Е.В., Попова О.И., Айрапетова А.Ю. Определение пигментов в сырье ивы трехтычинковой (*Salix triandra L.*) методами тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 119–127. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024077>.
3. Лозовицкий Д.А. Изучение липофильных веществ травы *Taraxacum officinale* Wigg // Научные результаты биомедицинских исследований. 2017. Т. 3, №1. С. 56–62. <https://doi.org/10.18413/2313-8955-2017-3-1-56-62>.
4. Vitale S., Colanero S., Placidi M., Di Emidio G., Tatone C., Amicarelli F., D'Alessandro A.M. Phytochemistry and biological activity of medicinal plants in wound healing: an overview of current research // Molecules. 2022. Vol. 27, no. 11. 3566. <https://doi.org/10.3390/molecules27113566>.
5. Johra F.T., Bepari A.K., Bristy A.T., Reza H.M. A mechanistic review of β-carotene, lutein, and zeaxanthin in eye health and disease // Antioxidants. 2020. Vol. 9, no. 11. 1046. <https://doi.org/10.3390/antiox911046>.
6. Nolan J.M., Mulcahy R., Power R., Moran R., Howard A.N. Nutritional intervention to prevent Alzheimer's disease: Potential benefits of xanthophyll carotenoids and omega-3 fatty acids combined // J Alzheimers Dis. 2018. Vol. 64, no. 2. Pp. 367–378. <https://doi.org/10.3233/JAD-180160>.
7. Fiedor J., Burda K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease // Nutrients. 2014. Vol. 6, no. 2. Pp. 466–488. <https://doi.org/10.3390/nu6020466>.
8. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И. Исследование ТСХ-профиля жирорастворимых витаминов плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides L.*) различных сортов // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2021. №4. С. 126–131.
9. Shea M.K., Booth S.L. Vitamin K // Advances in Nutrition. 2022. Vol. 13, no. 1. Pp. 350–351. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab133>.
10. Yang H.Y., Dong S.S., Zhang C.H., Wu W.L., Lyu L.F., Li W.L. Investigation of tocopherol biosynthesis in blackberry seeds (*Rubus spp.*) // Russ. J. Plant. Physiol. 2020. Vol. 67. Pp. 76–84. <https://doi.org/10.1134/S1021443720010252>.
11. Raviskar P., Reddy A., Nagalakshmi B., Koushik O., Kumar B.V., Anvith P.S. The comprehensive review on fat soluble vitamins // IOSR Journal of Pharmacy. 2015. Vol. 5, no. 11. Pp. 12–28.
12. Петкова Н.И., Петрова К.Б., Близнакова М.И., Паскалев Д.Н., Галунска Б.Т. Новый образ витамина К – больше, чем фактор свертывания крови // Нефрология. 2018. Т. 22, №1. С. 29–37. <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2018-22-1-29-37>.
13. Hemmati A.A., Houshmand G., Ghorbanzadeh B., Nemati M., Behmanesh M.A. Topical vitamin K₁ promotes repair of full thickness wound in rat // Indian J. Pharmacol. 2014. Vol. 46, no. 4. Pp. 409–412. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.135953>.

14. Pazyar N., Houshmand G., Yaghoobi R., Hemmati A.A., Zeineli Z., Ghorbanzadeh B. Wound healing effects of topical Vitamin K: A randomized controlled trial // Indian J. Pharmacol. 2019. Vol. 51, no. 2. Pp. 88–92. https://doi.org/10.4103/ijp.IJP_183_18.
15. Markiewicz A., Tyszcuk B., Pasikowska M., Zielinski K., Polgaj A., Budzisz E. The Evaluation of the Efficacy of Derivatives of Vitamin K // Journal of Clinical & Experimental Dermatology Research. 2018. Vol. 9, no. 4. 1000455. <https://doi.org/10.4172/2155-9554.1000455>.
16. Camacho-Barcia M.L., Bulló M., García-Gavilán J.F., Ruiz-Canela M., Corella D., Estruch R., Fitó M., García-Layana A., Arós F., Fiol M., Lapetra J., Serra-Majem L., Pintó X., García-Arellano A., Vinyoles E., Sorli J.V., Salas-Salvadó J. Association of Dietary Vitamin K1 Intake With the Incidence of Cataract Surgery in an Adult Mediterranean Population: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial // JAMA Ophthalmol. 2017. Vol. 135, no. 6. Pp. 657–661. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.1076>.
17. Mong M.A. Vitamin K and the Visual System – A Narrative Review // Nutrients. 2023. Vol. 15, no. 8. 1948. <https://doi.org/10.3390/nu15081948>.
18. Лукша Е. А., Погодин И. С., Иванова Е. В. Оценка содержания фитоменадиона в надземной части растений семейства гречишные флоры Сибири // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41, № 3. С. 103-108.
19. Подгурская В.В., Лукша Е.А., Гущина Е.С., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Калинкина Г.И. Биологическая активность растений рода *Rumex* (*Polygonaceae*) // Химия растительного сырья. 2021. №. 2. С. 59-78. DOI: 10.14258/jcprim.2021027498
20. Hinna H., Abdulla S.T., Ansari S.H., Alam M.S. Anti-inflammatory and analgesic activity of *Rumex maritimus* // Hamdard Medicus. 2007. Vol. 50, no. 3. Pp. 31–33.
21. Uddin K., Rahman A., Islam A. Taxonomy and traditional medicine practices of *Polygonaceae* (Smartweed) family at Rajshahi, Bangladesh // International Journal of Advanced Research. 2014. Vol. 2, no. 11. Pp. 459–469.
22. Hossain M.S., Rashid A.H.M.A., Rahman M.M., Sadhu S.K. Antioxidant, Antimicrobial and Antidiarrhoeal Activity of Methanolic Extract of *Rumex maritimus* L. (*Polygonaceae*) // Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2015. Vol. 5, no. 3. Pp. 056–060. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.510.S10>.
23. Vasas A., Orbán-Gyapai O., Hohmann J. The Genus *Rumex*: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology // Journal of ethnopharmacology. 2015. Vol. 175. Pp. 198–228. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.001>.
24. Topno S.C., Sinha M.R. Study of medicinal plants used to heal skin diseases by tribes of west Singhbhum district of Jharkhand (India) // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7, no. 1. Pp. 371–376.
25. Подгурская В. В., Лукша Е.А., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Иванова Е.В., Калиниченко А.М. Изучение химического состава надземной части щавеля приморского (*Rumex maritimus* L.) методом высокоеффективной жидкостной хроматографии // Journal of Siberian Medical Sciences. 2022. Т. 6, № 1. С. 38-45. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-1-38-45
26. Agarwal J.S., Rastogi R.P., Srivastava O.P. In vitro toxicity of constituents of *Rumex maritimus* Linn. to ringworm fungi // Current Science. 1976. Vol. 45, no. 17. Pp. 619–620.
27. Alam M.K., Rana Z.H., Kabir N., Begum P., Kawsar M., Khatun M., Ahsan M., Islam S.N. Total phenolics, total carotenoids and antioxidant activity of selected unconventional vegetables growing in Bangladesh // Current Nutrition & Food Science. 2020. Vol. 16, no. 7. Pp. 1088–1097. <https://doi.org/10.2174/1573401315666191209095515>.
28. Тринеева О.В., Воропаева С.В., Сливкин А.И. Выбор оптимальной системы для определения пигментов листьев крапивы двудомной методом TCX // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13, №2. С. 213–219.
29. Yusprianto M., Zaharah T.A., Silalahi I.H. Bandgap Energy of TiO₂/M-Chlorophyll Material (M= Cu²⁺, Fe³⁺) // Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. 2021. Vol. 24, no. 4. Pp. 126–135. <https://doi.org/10.14710/jksa.24.4.126-135>.
30. Лукша Е. А., Погодин И.С., Калинкина Г.И., Коломиец Н.Э., Величко Г.Н. Разработка методики количественного определения филлохинона (витамина K₁) в растительных объектах // Современные проблемы науки и образования. 2014. №. 3. 736. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13736> (дата обращения: 13.02.2024).
31. Sausserde R., Kampuss K. Composition of carotenoids in calendula (*Calendula officinalis* L.) flowers // Proceedings of the 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”. Jelgava, 2014. Pp. 13–18.
32. Печинский С.В., Курегян А.Г., Зилфикаров И.Н. Контент-анализ номенклатуры субстанций и лекарственных препаратов, содержащих каротиноиды // Актуальные проблемы медицины. 2013. Т. 22, №11 (154). С. 26–31.
33. Скроцкая О.В., Пунегов В.В. Содержание каротиноидов в плодах растений видов и сортов рода *Sorbus* L. при интродукции в условиях севера (Республика Коми) // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, №3. С. 112–116. <https://doi.org/10.17816/snvs2021103116>.
34. Жбанова Е.В., Чижкова М.Б. Избранные вопросы современной науки: монография. Часть XXIV. М., 2017. 70 с.
35. Halder M., Petsophonsakul P., Akbulut A.C., Pavlic A., Bohan F., Anderson E., Maresz K., Kramann R., Schurgers L. Vitamin K: double bonds beyond coagulation insights into differences between vitamin K₁ and K₂ in health and disease // International journal of molecular sciences. 2019. Vol. 20, no. 4. 896. <https://doi.org/10.3390/ijms20040896>.

Поступила в редакцию 21 февраля 2024 г.

После переработки 6 декабря 2024 г.

Принята к публикации 11 апреля 2025 г.

Podgurskaya V.V. Luksha E.A., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Ivanova E.V. LIOPHILIC COMPOUNDS OF THE AERIAL PART OF GOLDEN DOCK (*RUMEX MARITIMUS L.*, *POLYGONACEAE*)*

Omsk State Medical University, Lenina st., 12, Omsk, 644099, Russia, verapodgurskaya@mail.ru

Plant lipophilic compounds, which include carotenoids, chlorophylls, fat-soluble vitamins, have a number of important pharmacological properties: anti-inflammatory, wound healing, antioxidant, antibacterial, etc. Lipophilic substances composition of golden dock (*Rumex maritimus L.*), a plant of the *Polygonaceae* family that is promising for application in medical practice, is little studied. The aim of the study was to identify and quantify lipophilic substances contained in the aerial organs of *R. maritimus*. Using TLC and HPLC methods, the carotenoids β-carotene, lutein, zeaxanthin, as well as vitamins phylloquinone and α-tocopherol were detected in the plant. Total carotenoid content in the aerial part was 5.06 ± 0.04 mg %, which is comparable to such pharmacopoeial raw materials as rowan fruits (*Sorbi aucupariae fructus*). The high content of phylloquinone was found both in the plant's entire aerial part (up to 1.90 mg %), in leaves (up to 4.87 mg%) and fruits (up to 2.07 mg%), which allows us to consider the plant under study as a source of vitamin K₁. Based on scientific literature suggesting the notable wound-healing properties of carotenoids and phylloquinone, as well as their positive effects on the visual system, we propose to use the *R. maritimus* herb as an external wound-healing agent and as a potential treatment and preventive measure for visual organ disorders.

Keywords: carotenoids, fat-soluble vitamins, phylloquinone, thin layer chromatography, HPLC, spectrophotometry.

For citing: Podgurskaya V.V., Luksha E.A., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Ivanova E.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 2, pp. 226–235. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214806>.

References

1. Khasanova S.R., Kudashkina N.V., Gusakova V.A., Zhalalova N.K. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 373–380. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021048804>. (in Russ.).
2. Sannikova Ye.G., Kompantseva Ye.V., Popova O.I., Ayrapetova A.Yu. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 119–127. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024077>. (in Russ.).
3. Lozovitskiy D.A. *Nauchnyye rezul'taty biomeditsinskikh issledovanii*, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 56–62. <https://doi.org/10.18413/2313-8955-2017-3-1-56-62>. (in Russ.).
4. Vitale S., Colanero S., Placidi M., Di Emidio G., Tatone C., Amicarelli F., D'Alessandro A.M. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 11, 3566. <https://doi.org/10.3390/molecules27113566>.
5. Johra F.T., Bepari A.K., Bristy A.T., Reza H.M. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 11, 1046. <https://doi.org/10.3390/antiox9111046>.
6. Nolan J.M., Mulcahy R., Power R., Moran R., Howard A.N. *J. Alzheimers Dis.*, 2018, vol. 64, no. 2, pp. 367–378. <https://doi.org/10.3233/JAD-180160>.
7. Fiedor J., Burda K. *Nutrients*, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 466–488. <https://doi.org/10.3390/nu6020466>.
8. Trineyeva O.V., Rudaya M.A., Slivkin A.I. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2021, no. 4, pp. 126–131. (in Russ.).
9. Shea M.K., Booth S.L. *Advances in Nutrition*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 350–351. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab133>.
10. Yang H.Y., Dong S.S., Zhang C.H., Wu W.L., Lyu L.F., Li W.L. *Russ. J. Plant. Physiol.*, 2020, vol. 67, pp. 76–84. <https://doi.org/10.1134/S1021443720010252>.
11. Raviskar P., Reddy A., Nagalakshmi B., Koushik O., Kumar B.V., Anvith P.S. *IOSR Journal of Pharmacy*, 2015, vol. 5, no. 11, pp. 12–28.
12. Petkova N.I., Petrova K.B., Bliznakova M.I., Paskalev D.N., Galunska B.T. *Nefrologiya*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 29–37. <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2018-22-1-29-37>. (in Russ.).
13. Hemmati A.A., Houshmand G., Ghorbanzadeh B., Nemati M., Behmanesh M.A. *Indian J. Pharmacol.*, 2014, vol. 46, no. 4, pp. 409–412. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.135953>.
14. Pazyar N., Houshmand G., Yaghoobi R., Hemmati A.A., Zeineli Z., Ghorbanzadeh B. *Indian J. Pharmacol.*, 2019, vol. 51, no. 2, pp. 88–92. https://doi.org/10.4103/ijp.IJP_183_18.
15. Markiewicz A., Tyszcuk B., Pasikowska M., Zielinski K., Polgaj A., Budzisz E. *Journal of Clinical & Experimental Dermatology Research*, 2018, vol. 9, no. 4, 1000455. <https://doi.org/10.4172/2155-9554.1000455>.
16. Camacho-Barcia M.L., Bulló M., García-Gavilán J.F., Ruiz-Canela M., Corella D., Estruch R., Fitó M., García-Layana A., Arós F., Fiol M., Lapetra J., Serra-Majem L., Pintó X., García-Arellano A., Vinyoles E., Sorli J.V., Salas-Salvadó J. *JAMA Ophthalmol.*, 2017, vol. 135, no. 6, pp. 657–661. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.1076>.
17. Mong M.A. *Nutrients*, 2023, vol. 15, no. 8, 1948. <https://doi.org/10.3390/nu15081948>.
18. Luksha E.A., Pogodin I.S., Ivanova E.V. *Butlerov communications*, 2015, vol. 41, no. 3, pp. 103–108. (in Russ.).
19. Podgurskaya V.V., Luksha E.A., Gushchina E.S., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Kalinkina G.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 59–78. DOI: 10.14258/jcprm.2021027498. (in Russ.).
20. Hinna H., Abdullah S.T., Ansari S.H., Alam M.S. *Hamdard Medicus*, 2007, vol. 50, no. 3, pp. 31–33.
21. Uddin K., Rahman A., Islam A. *International Journal of Advanced Research*, 2014, vol. 2, no. 11, pp. 459–469.
22. Hossain M.S., Rashid A.H.M.A., Rahman M.M., Sadhu S.K. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2015, vol. 5, no. 3, pp. 056–060. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.510.S10>.

* Corresponding author.

23. Vasas A., Orbán-Gyapai O., Hohmann J. *Journal of ethnopharmacology*, 2015, vol. 175, pp. 198–228. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.001>.
24. Topno S.C., Sinha M.R. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 371–376.
25. Podgurskaya V.V., Luksha E.A., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Ivanova E.V., Kalinichenko A.M. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 2022, vol. 6, no. 1, pp. 38–45. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-1-38-45. (in Russ.).
26. Agarwal J.S., Rastogi R.P., Srivastava O.P. *Current Science*, 1976, vol. 45, no. 17, pp. 619–620.
27. Alam M.K., Rana Z.H., Kabir N., Begum P., Kawsar M., Khutun M., Ahsan M., Islam S.N. *Current Nutrition & Food Science*, 2020, vol. 16, no. 7, pp. 1088–1097. <https://doi.org/10.2174/1573401315666191209095515>.
28. Trineyeva O.V., Voropayeva S.V., Slivkin A.I. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2013, vol. 13, no. 2, pp. 213–219. (in Russ.).
29. Yusprianto M., Zaharah T.A., Silalahi I.H. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 126–135. <https://doi.org/10.14710/jksa.24.4.126-135>.
30. Luksha E.A., Pogodin I.S., Kalinkina G.I., Kolomietz N.E., Velichko G.N. *Modern problems of science and education*, 2014, no. 3, 736. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13736> (accessed: 13.02.2024). (in Russ.).
31. Sausserde R., Kampuss K. *Proceedings of the 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”*. Jelgava, 2014, pp. 13–18.
32. Pechinskiy S.V., Kuregyan A.G., Zilfikarov I.N. *Aktual'nyye problemy meditsiny*, 2013, vol. 22, no. 11 (154), pp. 26–31. (in Russ.).
33. Skrotinskaya O.V., Punegov V.V. *Samarskiy nauchnyy vestnik*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 112–116. <https://doi.org/10.17816/snv2021103116>. (in Russ.).
34. Zhanova Ye.V., Chizhikova M.B. *Izbrannyye voprosy sovremennoy nauki: monografiya. Chast' XXIV*. [Selected issues of modern science: monograph. Part XXIV]. Moscow, 2017, 70 p. (in Russ.).
35. Halder M., Petsophonsakul P., Akbulut A.C., Pavlic A., Bohan F., Anderson E., Maresz K., Kramann R., Schurges L. *International journal of molecular sciences*, 2019, vol. 20, no. 4, 896. <https://doi.org/10.3390/ijms20040896>.

Received February 21, 2024

Revised December 6, 2024

Accepted April 11, 2025

Сведения об авторах

Подгурская Вера Викторовна – ассистент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, verapodgurskaya@mail.ru

Лукиша Елена Александровна – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующая кафедрой фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, chem68@mail.ru

Савченко Ирина Александровна – кандидат фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, irina0458@yandex.ru

Корнеева Ирина Николаевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, korneeva_ir_nik@mail.ru

Иванова Евгения Викторовна – ассистент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, ivanova.omsk2022@gmail.com

Information about authors

Podgurskaya Vera Viktorovna – Assistant of the Department of Pharmaceutical, Analytical and Toxicological Chemistry, verapodgurskaya@mail.ru

Luksha Elena Aleksandrovna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pharmaceutical, Analytical and Toxicological Chemistry, chem68@mail.ru

Savchenko Irina Aleksandrovna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical, Analytical and Toxicological Chemistry, irina0458@yandex.ru

Korneeva Irina Nikolaevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical, Analytical and Toxicological Chemistry, korneeva_ir_nik@mail.ru

Ivanova Evgenia Viktorovna – Assistant of the Department of Pharmaceutical, Analytical and Toxicological Chemistry, ivanova.omsk2022@gmail.com