

УДК 581.19: 615.32

ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ТУРКЕСТАНСКОГО МЫЛЬНОГО КОРНЯ *ALLOCHRUSA GYPSOPHILOIDES* (REGEL) SCHISCHK, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА

© В.К. Мурсалиева^{1*}, Т.М. Муханов¹, Н.Г. Гемеджиева², Б.К. Ескалиева³

¹ Институт биологии и биотехнологии растений, ул. Тимирязева, 45, Алматы, 050040 (Республика Казахстан), e-mail: gen_mursal@mail.ru

² Институт ботаники и фитointродукции, ул. Тимирязева, 36, Алматы, 050040 (Республика Казахстан)

³ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, 050040 (Республика Казахстан)

Allochrysa gypsophiloides (Regel) Schischk. (*Caryophyllaceae* Juss.), туркестанский мыльный корень (ТМК), среднеазиатский эндемик, имеет коммерческую ценность как источник тритерпеновых сапонинов. Спектрофотометрическое определение сапонинов в пересчете на олеаноловую кислоту проводили в корнях и в надземной части дикорастущих растений, собранных в ходе вегетации на юге Казахстана. Проведена оценка уровня сапонинов, фенолов и флавоноидов в семенах, надземной части и в корнях ТМК. Выявлено преобладание количества сапонинов в следующем порядке возрастания: семена – надземная часть – корень. Установлено повышение уровня сапонинов в корнях в ходе вегетации с максимальным показателем (9.6%) в период плодоношения. Выявлено высокое содержание сапонинов (6%) в надземной части в период цветения с последующим двукратным понижением к концу вегетации. Определена антиоксидантная активность и показатель пенообразования у суммарных этанольных экстрактов из исходного и депонированного растительного сырья. Максимальной антиоксидантной активностью (35.5%) и антирадикальными свойствами (IC₅₀ 1480) в тест-системах *in vitro* обладали экстракты из надземной части ТМК с наибольшим содержанием флавоноидов и фенолов. Выявлено, что длительное хранение корней способствует повышению в них уровня сапонинов и значительному усилению их поверхностно-активных свойств. Полученные данные свидетельствуют о возможности альтернативного использования надземной части исходных растений *Allochrysa gypsophiloides* в период цветения в качестве источника для получения тритерпеновых сапонинов и фенольных веществ с антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: *Allochrysa gypsophiloides*, туркестанский мыльный корень, тритерпеновые сапонины, олеаноловая кислота, антиоксидантная активность, DPPH тест.

Проведенные исследования выполнены при грантовом финансировании Министерства образования и науки Республики Казахстан (№AP09258985).

Введение

Аллохруза качимовидная (*Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk., туркестанский мыльный корень (ТМК), эндемичный среднеазиатский вид из семейства *Caryophyllaceae* Juss. – травянистый многолетник, высотой до 90 см с относительно ограниченным ареалом произрастания в предгорных пустынных лёссовых степях в Западном Тянь-Шане на высоте 400–1300 м над уровнем моря [1].

Мурсалиева Валентина Кадаматовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, e-mail: gen_mursal@mail.ru

Муханов Тлек Манарбекович – младший научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, e-mail: tlek84@mail.ru

Корни *A. gypsophiloides* являются природными источниками для получения тритерпеновых сапонинов олеанолового ряда, из которых идентифицированы акантофиллазиды В, С и D [2–4]. Обзор литературы показал широкое фармакологическое и техническое применение ТМК [5, 6].

Окончание на С. 184.

* Автор, с которым следует вести переписку.

В результате многолетних интенсивных и бессистемных заготовок ТМК как редкий вид был занесен в Красную книгу [7]. Современные ботанические исследования показали, что в местах, которые длительное время не были подвержены антропогенной нагрузке, природные популяции мыльного корня восстанавливаются и можно практиковать выборочные заготовки [8]. Для восстановления природных популяций необходимо выращивание ТМК в культуре, которое было апробировано в Казахстане и Туркменистане [9, 10].

Сапонины относятся ко вторичным метаболитам и в химическом отношении являются высокомолекулярными стероидными или тритерпеновыми гликозидами, состоящими из гидрофильной углеводной части и гидрофобного агликона или сапогенина [11]. С биологической точки зрения сапонины рассматриваются как фитопротекторы от широкого спектра патогенов, от поедания растений насекомыми и травоядными животными [12]. Сапонины растений обладают высокими пенообразующими, эмульгирующими свойствами и проявляют разнообразное фармакологическое действие: антибактериальное, вирусидное, противовоспалительное, антилейшманиозное, антираковое и др. [13]. В основе широкого спектра биологической активности сапонинов лежат их специфические химические свойства: высокое сродство к фосфолипидам клеточных мембран, способность образовывать нерастворимые комплексы со стеринами и белками, литическая активность и др. [14].

Согласно обзору литературных источников, уровень сапонинов значительно варьирует в зависимости от вида растения. Стероидные сапонины в основном обнаружены у представителей однодольных семейств *Agavaceae*, *Dioscoreaceae*, *Liliaceae* и др. Тритерпеновые сапонины выявлены преимущественно у двудольных из семейства *Leguminosae*, *Araliaceae*, *Caryophyllaceae* [15].

Способность к синтезу вторичных метаболитов является генетически детерминированной особенностью дифференцированных тканей и характерна специализированным органам и на определенных фенологических фазах растений [16]. Уровень накопления вторичных метаболитов изменяется в зависимости от возраста растений, от экологических и агрономических факторов произрастания, от условий хранения сырья и др. [17]. Фитохимических исследований по ТМК крайне мало, и в основном они были проведены в 60–80-х годах прошлого столетия [2, 10, 18]. Для реализации полного научного и коммерческого потенциала ТМК требуется дальнейшее изучение физиолого-биохимических особенностей вторичного метаболизма ТМК для определения оптимальных условий произрастания вида, эффективных сроков заготовки растительного сырья и условий хранения с максимальным выходом активного метаболита. Целью исследования являлось фитохимическое изучение и оценка биологической активности растительного сырья *A. gypsophiloides* из природных популяций на территории Южного Казахстана после сбора и после длительного хранения ТМК.

Экспериментальная часть

Исходный материал *A. gypsophiloides* был собран в ходе экспедиционного обследования природных популяций ТМК в пустынной зоне на юге Казахстана [19]. Экспериментальные растения собирали на возвышенной волнистой равнине на высоте 375–670 м над уровнем моря (N 42°02'52.0", E 069°28'40.9"). Условия произрастания растений в этой зоне характеризуются значительной сухостью климата при высокой теплообеспеченности и преобладанием песчаных сероземных почв. Среднегодовая температура +5 °С, суммарное количество атмосферных осадков не превышает 125 мм в год [20].

Выкопку корней и сбор надземной части проводили у модельных экземпляров средневозрастных генеративных растений в период активной вегетации (май-июнь), цветения (июль) и плодоношения (август). Каждая анализируемая группа включала растительный материал корней или надземной части от трех-шести растений, находящихся на одной фазе вегетации, и имеющиеся близкие морфометрические параметры.

Растительный материал *A. gypsophiloides* был идентифицирован в Институте ботаники и фитоинтродукции МОН РК, гербарный образец №2499 (Алматы, Казахстан). Собранные исследуемые образцы ТМК предварительно подвергались обработке и удалению механических примесей, а также сушке при комнатной

Гемеджиева Надежда Геннадьевна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией растительных ресурсов, e-mail: ngemed58@mail.ru
Ескалиева Балакыз Кымызгалиевна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров, e-mail: balakzyes@gmail.com

температуре в соответствии с требованиями ГОСТа 24027.0-80. Макроскопический анализ сырья ТМК проводили по ГОСТу 3448-78 Корень колючелистника. Технические условия. Определение влажности сырья и выхода экстрактивных веществ осуществляли в соответствии с ГОСТом

24027.2-80. Дальнейшее хранение корней проводили в пергаментных пакетах при комнатной температуре и 40% влажности.

Получение экстрактов и количественное определение сапонинов. Содержание суммы тритерпеновых сапонинов определяли спектрофотометрическим методом после реакции взаимодействия с концентрированной серной кислотой, в результате которой тритерпеноиды протонируются по двойной связи с образованием карбокатиона, а при наличии карбоксильной группы при С-28 имеет место последующая лактонизация с характерным максимумом поглощения при 310 нм [21, 22].

Данный метод позволяет количественно определить всю сумму тритерпеновых гликозидов, производных олеаноловой кислоты независимо от числа и структуры углеводных остатков в составе их молекул. Спектрофотометрическое определение тритерпеновых гликозидов при взаимодействии с серной кислотой широко применяется в анализе корневищ аралии маньчжурской [23], язвенника ранозаживляющего [24], золотарника кавказского [25], ферулы хермонской [26] и др.

Для получения экстракта сапонинов 2 г навески сухого измельченного сырья предварительно дважды обрабатывали хлороформом для удаления из растительного сырья жироподобных веществ. Оставшееся сырье после испарения хлороформа экстрагировали 90% этанолом на водяной бане с обратным холодильником в течение 2 ч. Спиртовые извлечения фильтровали и получали суммарный раствор А, из которого брали аликвоту для гидролиза сапонинов, оставшийся объем далее отгоняли под вакуумом. Аликвоту выпаривали досуха и гидролиз сухого остатка проводили в 10 мл смеси: кислота уксусная ледяная – кислота хлористоводородная – вода очищенная (3.5 : 1 : 5.5). После гидролизную смесь разбавляли двукратным объемом воды и фильтровали. Выпавший осадок на фильтре промывали водой и растворяли в 25 мл горячего 96% этилового спирта и собирали в мерной колбе на 25 мл (раствор Б) для количественного анализа сапонинов. К 1 мл раствора Б прибавляли 4 мл концентрированной серной кислоты, выдерживали 10 мин и определяли оптическую плотность на спектрофотометре (Jenway, England) при длине волны 310 нм, раствор сравнения – концентрированная серная кислота. Параллельно выясняли оптическую плотность стандарта олеаноловой кислоты (Sigma, USA) в аналогичных условиях проведения эксперимента. Расчет содержания суммы сапонинов в % (X) в пересчете на олеаноловую кислоту на абсолютно сухое сырье проводили по формуле:

$$X = \frac{A_x \times m_0 \times 250 \times 25 \times 100 \times 100}{A_0 \times m_x \times 25 \times (100 - W_0)}, \quad (1)$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора; m_0 – масса стандартного образца олеаноловой кислоты в г; m_x – масса сырья в г; A_0 – оптическая плотность олеаноловой кислоты; W_0 – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Оценка биологической активности суммарных экстрактов. Для получения суммарных экстрактов сухой растительный материал 5 г трехкратно экстрагировали 90% этанолом в соотношении 1 : 20 на водяной бане при 60 °С при постоянном перемешивании. Полученные извлечения фильтровали через бумажный фильтр и упаривали на роторном испарителе до сухого остатка. Полученные экстракты далее подвергали лиофильной сушке и хранили в холодильной камере при -20 °С для оценки биологической активности.

Содержание фенольных соединений в полученных экстрактах определяли спектрофотометрическим методом Фолина Чокальтеу с использованием галловой кислоты в качестве стандарта по методике, описанной в работе Turkoglu et al. [27]. Результат реакции оценивали по изменению оптической плотности раствора на спектрофотометре (Shimadzu UV-1601, Japan) при длине волны 760 нм. Количество фенолов в образцах оценивали по концентрационной кривой галловой кислоты ($y=1.1592x-0.0013$, $R^2=0.9986$) и выражали в мгэкв галловой кислоты/г экстракта mg GAE/g по формуле:

$$C = c \cdot V / M, \quad (2)$$

где C – общее содержание фенолов, мг/г экстракта; c – концентрация, определенная по концентрационной кривой, мг/мл; V – объем, мл; M – масса экстракта, г. Далее проводили перерасчет на г абсолютно сухого сырья.

Содержание флавоноидов в экстрактах определяли колориметрическим методом по реакции с алюминия хлоридом с использованием кверцетина как стандарта для построения калибровочной кривой [28]. Общее содержание флавоноидов в мгэкв/г экстракта определяется по формуле:

$$C = c \cdot V \cdot k / m, \quad (3)$$

где c – концентрация из кривой, мг/мл, V – объем эликвоты, используемый для анализа (0.5 мл), мл, k – коэффициент разбавления (3), m – масса экстракта, используемый для анализа, г. Далее проводили перерасчет на г абсолютно сухого сырья.

Общую антиоксидантную активность (АОА) экстрактов определяли по степени влияния исследуемых экстрактов на динамику перокисления линолевой кислоты в системе β -каротин – линолевая кислота по обесцвечиванию β -каротина по описанному методу [29, 30]. К эмульсии β -каротина, линолевой кислоты, Tween 20 добавляли опытные экстракты или стандартный антиоксидант, измеряли поглощение в нулевой момент времени и через 30, 60, 90 и 120 минут выдержки при 50 °С. В контроле присутствовали все компоненты реакционной смеси без внесения экстрактов. Результат реакции оценивали по изменению оптической плотности раствора, содержащие специфически окрашенные радикалы при 470 нм. Ингибирование радикала рассчитывалась по формуле:

$$АОА = [1 - (A_o - A_t / A_o^0 - A_t^0)] \cdot 100, \quad (4)$$

где A_o и A_o^0 – оптическая плотность опытного образца и контроля в начальной точке инкубации; A_t и A_t^0 – оптическая плотность опытного образца и контроля через 120 мин инкубации.

Антирадикальную активность (АРА) экстрактов определяли спектрофотометрическим методом DPPH по способности антиоксиданта отдавать протоны и восстанавливать радикал 1,1-дифенил-2-пикрил-гидрозила [31]. По мере восстановления DPPH происходит изменение интенсивно фиолетовой окраски до желтой. Для определения антирадикальной активности использовали концентрации экстрактов 100, 200, 300, 400 и 500 мкг/мл. В качестве контроля использовали смесь метанола и DPPH. Ингибирование свободных радикалов рассчитывали по формуле:

$$АРА = A_o - A_t / A_o \cdot 100, \quad (5)$$

где A_o – оптическая плотность контроля, A_t – оптическая плотность образца/стандарта.

Для сравнения антирадикальных свойств экстрактов использовали величину IC_{50} , которая эквивалентна количеству субстрата, содержащего компоненты с антирадикальной активностью, необходимому для восстановления половины радикала ДППН.

Реакция пенообразования. Для качественного анализа сапонинов готовили исходное водное извлечение из корней и надземной части ТМК (1 : 100) и проводили серию разбавлений (от 1 : 2000 до 1 : 80000) для проведения реакции пенообразования, которая остается устойчивой в течение 10 мин [11, 21].

Статистическая обработка. Все эксперименты проведены в трех биологических и трех технических повторностях. Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием параметрического критерия Стьюдента согласно Государственной фармакопеи [32].

Обсуждение результатов

Проведенный макроскопический анализ показал, что собранное сырье корней ТМК полностью соответствовало стандартным требованиям: по внешнему виду собранное сырье представляло тяжелые, твердые, цилиндрической формы куски выкопанных корней, большей частью спирально перекрученные с неравномерной морщинистой поверхностью, покрытой сетью многочисленных мелких поперечных углублений (в виде тонких кольцевых линий), глубоких продольных бороздок и трещин, со следами округлых рубцов, оставшихся после удаления боковых корней. Цвет корней – снаружи коричневый, внутри желтоватый с белыми прожилками, вкус – слегка жгучий, раздражающий.

Морфология надземной части изменялась в ходе роста и развития растений. В начале вегетации растение состояло из сильно отклоненных ветвей высотой 10–15 см с супротивно расположенными линейными зелеными листьями. На этапе цветения растение имело вид шарообразного зеленого куста высотой 50–70 см, диаметром 60–100 см с листьями и многочисленными метельчатыми соцветиями из беловато-розовых мелких цветков. Плодоносящее растение представляло собой характерный куст «перекати поле» с высохшими побегами, в верхней части которых располагались многочисленные семенные коробочки.

Для изучения влияния фазы вегетации растений на содержание сапонинов отбирали зрелые корни среднего диаметра и надземную часть от средневозрастных генеративных особей, собранных в период активной вегетации, цветения и плодоношения (рис.).

Выявлено, что в корнях содержание сапонинов увеличивается от 6.0 до 9.6% в течение вегетационного периода. Максимальный уровень сапонинов отмечался в корнях в конце вегетации на этапе плодоношения, который достоверно превышал исходный уровень ($t\ 2.72$ при $n=8$, $p\ 0.05$). Среднее количество сапонинов в корнях за вегетационный период ТМК составило 7.5%.

В надземной части во время отрастания зеленых побегов содержание сапонинов составило около 3.3%, тогда как в период цветения уровень сапонинов с высокой степенью достоверности ($t\ 6,2\ n=6$) поднялся до максимального значения 6.4%. В ходе дальнейшего развития, на этапе плодоношения показатель сапонинов уменьшался до 2.4% ($t\ 8.11$, $p=0.01$). При этом содержание сапонинов в начале вегетации растений, представленных зелеными побегами, и в конце вегетации, преимущественно сухими побегами с семенами, было минимальным и существенно не отличалось.

В таблице представлены данные по содержанию основных метаболитов в этанольных экстрактах, полученных из различных частей и органов ТМК и их биологической активности после сбора на этапе плодоношения и после трехлетнего хранения корней.

Установлено, что суммарные экстракты, полученные из надземной части с максимальным содержанием фенолов и флавоноидов, обладали выраженной АОА в пределах 35.5% и антирадикальным эффектом с минимальным показателем IC_{50} 1480.

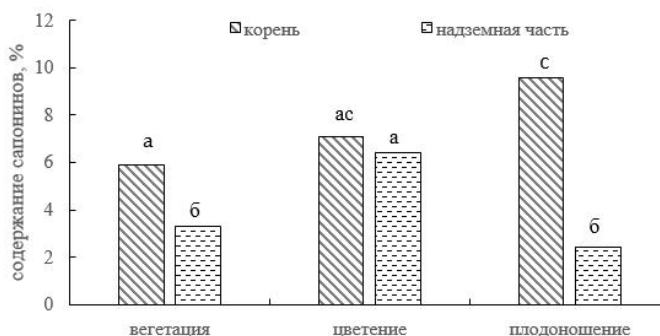
В семенах ТМК содержание флавоноидов было значительно ниже, и АОА существенно падала (1.78%). В экстрактах из корней преобладали сапонины, содержание которых в ходе хранения более чем двукратно увеличивалось. После хранения пенное число водной вытяжки из корней увеличилось в 12 раз относительно показателя пенообразования у исходных корней (1 : 6660). Длительное устойчивое пенообразование отмечалось при конечном разведении исходной вытяжки 1 : 80 000, что свидетельствует о повышении уровня сапонинов в исходном сырье после хранения.

После длительного депонирования корней содержание фенолов в них увеличилось в два раза, тогда как количество флавоноидов уменьшилось более чем в четыре раза, от 0.55 до 0.12%. При этом этанольные экстракты из депонированных корней не проявляли АОА, а АРА экстрактов была выше, чем у аналогичных экстрактов после сбора, IC_{50} 7506 и IC_{50} 12362 соответственно.

Из анализа данных, представленных в таблице, можно сделать вывод об определяющей роли части растения, используемого для получения экстракта. Надземная часть растения ТМК обладала АОА, которая в четыре раза превышала АОА суммарного экстракта из корней. Выявлено, что биологическая активность экстрактов ТМК определяется в большей степени содержанием в них фенольных соединений и флавоноидов, чем присутствием сапонинов. Так, показатель IC_{50} экстрактов из корней с более высоким содержанием сапонинов был в 5 и 8.3 раза ниже, чем у экстрактов из надземной части ТМК. Выявленное различное соотношение уровня сапонинов, фенолов и флавоноидов в экстрактах составляло в семенах 6 : 4 : 1, в надземной части – 8 : 1 : 8, в корне после сбора – 210 : 1 : 18.

Проведенная фитохимическая оценка растительного сырья ТМК показала высокое содержание сапонинов как в корнях, так и в надземной части дикорастущих растений на юге Казахстана. При этом уровень сапонинов в растительном сырье зависел от фазы развития исходных растений. В начале и в конце вегетации уровень сапонинов превалирует в корнях, а на этапе цветения содержание сапонинов в надземной части почти равноценное (6.4 и 7.1% соответственно).

Содержание сапонинов в различных частях растений ТМК в течение вегетации. Разные буквы (а, б, с) обозначают достоверные различия по критерию Стьюдента между всеми данными при $p \leq 0.05$



Содержание вторичных метаболитов в этанольных экстрактах из различных частей растений ТМК и их биологическая активность в тест-системах *in vitro*

Часть растения	Содержание метаболитов, %			Активность		Пенообразова- ние, разведение
	сапонины	фенолы	флавоноиды	АОА, %	IC ₅₀ , мкг/мл	
Семена	0.18	0.12	0.03	1.78	2143	–
Надземная часть	2.41	0.29	2.24	35.45	1480	1 : 4000
Корни после сбора	6.32	0.03	0.55	7.54	12362	1 : 6660
Корни после хранения	14.46	0.07	0.12	0	7506	1 : 80 000

Сравнение полученных результатов по содержанию сапонинов в ТМК с данными других исследователей несколько затруднительно, поскольку использовались разные методики количественного анализа, исследуемые образцы растений произрастали в различных природных условиях и, вероятно, отбирались для анализа на разных фазах развития. В исследованиях ранее проведенных с *Allochrysa gypsophiloides*, произрастающей на территории Узбекистана, содержание сапонинов гравимитрическим методом составило в надземной части 0.79%, в корнях – от 14.19 до 22.16% в зависимости от их возраста [2, 10]. Показано, что количество сапонинов в корнях аллохрузы качимовидной увеличивается с возрастом растений, от 9.5% – у однолетних до 23% – у пятилетних растений [9]. Результаты исследований по культивированию *Allochrysa gypsophiloides* в Туркменистане показали, что максимальное накопление сапонинов в корнях растения (20%) наблюдалось только к 5-му году выращивания [11].

Литературные данные по содержанию сапонинов в зависимости от фазы вегетации растений для других растений – продуцентов тритерпеновых сапонинов довольно противоречивые. Выявлено, что у язвенника ранозаживляющего максимальное количество тритерпеновых сапонинов 3.46% содержится в корне в период цветения [24]. Для мыльнянки лекарственной показано, что фаза вегетации существенно не влияла на содержание сапонинов в корнях. Выявлено, что с возрастом растения уменьшение содержания в нем сапонинов сопровождается увеличением уровня полисахаридов [33]. В подземных органах ферулы хермонской содержание сапонинов, выявленное спектрофотометрическим методом, составило 7.27% [26]. Высокое содержание в пределах 9.14% выявлено в корневищах аралии маньчжурской, произрастающей в основном на Дальнем Востоке [23].

Заключение

Таким образом, полученные данные по фитохимическому анализу ТМК, произрастающем на территории Казахстана, подтверждает ценность данной культуры как коммерческого источника тритерпеновых сапонинов, содержание которых выше, чем у других аналогичных растений-продуцентов. Установлено, что в ходе всего сезонного развития ТМК уровень сапонинов превалирует в подземных органах, что указывает на необходимость выращивания *Allochrysa gypsophiloides* в культуре в качестве источника высокого содержания сапонинов в корнях. Выявлено, что надземная часть растения в период цветения может служить альтернативным источником сапонинов и флавоноидов, что существенно облегчает заготовку растительного сырья без выкопки и позволяет сохранить исходный экземпляр за счет ежегодного возобновления из корневых точек роста.

Список литературы

1. Eisenman S., Strume D., Zaurov D. Medical plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan. Springer Science & Business Media, 2012. 340 p.
2. Kondratenko E., Putieva Z., Abubakirov N. Triterpene glycosides of plants of the family Caryophyllaceae // Chemistry of Natural Compounds. 1981. Vol. 17. Pp. 303–317. DOI: 10.1007/BF01185255.
3. Bottger S., Melzig M.F. Triterpenoid saponins of the *Caryophyllaceae* and *Illecebraceae* family // Phytochemistry Letters. 2011. Vol. 4. Pp. 59–68. DOI: 10.1016/j.phyto.2010.08.003.
4. Khatuntseva E., Men'shov V., Shashkov A., Tsvetkov Y., Stepanenko R., Vlasenko R., Shults E., Nifantiev N. Triterpenoid saponins from the roots of *Acanthophyllum gypsophiloides* Regel. // Beilstein Journal of Organic Chemistry. 2012. Vol. 8. Pp. 763–775. DOI: 10.3762/bjoc.8.87.
5. Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана. Алматы, 2014. 200 с.
6. Balandin V. Commercial utilization of plant-derived saponins: an overview of medicinal, pharmaceutical, and industrial applications // Saponins used in traditional medicine. Plenum Press, New York, 1996. Pp. 1–14. DOI: 10.1007/978-1-4899-1367-8.
7. Красная книга Казахской ССР. Ч. 2. Растения. Алма-Ата, 1981. 257 с.
8. Кузьмин Э.В., Тугельбаев С.У., Ситпаева Г.Т. К вопросу о восстановлении популяции краснокнижного растения (*Allochrysa gypsophiloides* Rgl.) в Южном Казахстане // Изучение растительного мира Казахстана и его охраны. Алматы, 2001. С. 191–194.

9. Беспаяев С.Б. Колочелистник качимовидный в Казахстане (морфология, систематика, фитоценология, испытания в культуре): дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 1966. 183 с.
10. Гладышев А., Мищенко А. Колочелистники Туркменистана, их биология и перспективы хозяйственного использования. Ашхабад, 1990. 100 с.
11. El Aziz M.M.A., Ashour A.S., Melad A.S.G. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination // *Journal of Nanomedicine Research*. 2019. Vol. 7. N4. Pp. 282–288. DOI: 10.15406/jnmr.2019.08.00199.
12. Faisal A., Geelen D. Saponins and their role in biological processes in plants // *Phytochemical Review*. 2013. Vol. 12. Pp. 877–893. DOI: 10.1007/s11101-013-9322-4.
13. Guglu-Ustundag O., Mazza G., Balsevich J. Saponins: properties, applications, and processing // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007. Vol. 47. Pp. 231–258. DOI: 10/1080/10408390600698197.
14. Desai S., Desai D., Kaur H. Saponins and their biological activities // *Pharma Times*. 2009. Vol. 41. N3. Pp. 13–16.
15. Vincken J., Heng A., de Groot A., Gruppen H. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom // *Phytochemistry*. 2007. Vol. 68. N3. Pp. 275–297. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.10.008.
16. Пасешниченко В.А. Растения-продуценты биологически активных веществ // Соросовский образовательный журнал. 2001. №7(8). С. 13–19.
17. Fenwick G., Price K., Tsukamoto C., Okubo K. Saponins // *Toxic Substances in Crop Plants*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991. Pp. 285–327. DOI: 10.1533/9781845698454.285.
18. Putieva Z., Gorovichu T., Kondratenko E., Abubakirov N. Triterpene glycosides of *Acanthophyllum gypsophiloides* VI. Structure of acanthophylloside D // *Chemistry of Natural Compounds*. 1979. Vol. 15. Pp. 148–151. DOI: 10.1007/BF00570786.
19. Гемеджиева Н.Г., Мурсалиева В.К., Муханов Т.М. Оценка современного состояния природных популяций *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk. в Южно-Казахстанской области // *Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская*. 2016. №1 (313). С. 22–29.
20. Рачковская Е.И., Волкова Е.А., Храмов В.Н., Сафронова И.Н., Курочкина Л.Я., Огарь Н.П., Акжигитова Н.И. Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). СПб., 2003. 465 с.
21. Сур С.В. Методы выделения, идентификации и определения терпеновых соединений // *Химико-фармацевтический журнал*. 1990. №5. С. 45–50.
22. Мироненко И.В., Брежнева Т.А., Селеменев В.Ф. УФ-спектрофотометрическое определение тритерпеновых сапонинов – производных олеаноловой кислоты // *Химия растительного сырья*. 2011. №3. С. 153–157.
23. Писарев Д.И., Мартынова Н.А., Нетребко Н.Н., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н. Сапонины и их определение в корневищах аралии маньчжурской в условиях Белгородской области // *Химия растительного сырья*. 2009. №4. С. 197–198.
24. Шадрин Д.М., Пылина Я.И., Володина С.О., Володин В.В. Химический анализ растений *Anthyllis vulneraria* L., произрастающей на Европейском северо-востоке России // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13. №1(4). С. 945–947.
25. Федотова В.В., Оганесян Э.Т., Челомбитко В.А. Тритерпеновые гликозиды травы *Soldago caucasica* Kem.-Nath. // *Фармация и фармакология*. 2014. №4(5). С. 52–56.
26. Федосеева Л.М., Дали Балтах Б. Изучение сапонинов в подземных органах ферулы хермонской // *Химия растительного сырья*. 2016. №1. С. 181–184.
27. Türkoğlu S., Çelik S., Türkoğlu I., Çakılcıoğlu U., Bahşi M. Determination of the antioxidant properties of ethanol and water extracts from different parts of *Teucrium parviflorum* Schreber // *African Journal of Biotechnology*. 2010. Vol. 9(40). Pp. 6797–6805.
28. Madaan R., Bansal G., Kumar S., Sharma A. Estimation of total phenols and flavonoids in extracts of *Actaea spicata* roots and antioxidant activity studies // *Indian Journal of Pharmaceutical sciences*. 2011. Vol. 73(6). Pp. 666–669. DOI: 10.4103/0250-474X.100242.
29. Goli S.A.H., Mokhtari F., Rahimmalek M. Phenolic compounds and antioxidant activity from saffron (*Crocus sativus* L.) // *Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 4. N10. Pp. 175–181. DOI: 10.5539/JAS.V4N10P175.
30. Wettasinghe M., Shahidi F. Antioxidant and free radical scavenging properties of ethanolic extracts of Defatted Borage (*Borago officinalis* L.) // *Seeds. Food Chemistry*. 1999. Vol. 67. Pp. 399–414. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00137-5.
31. Huang D., Ou B., Prior R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005. Vol. 53. N6. Pp. 1841–1856. DOI: 10.1021/JF030723C.
32. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11 изд. М., 1991. 400 с.
33. Черевач Е.И., Юдина Т.П., Фролова Г.М., Живчикова Р.И. Динамика и биологическая активность сапонинов в экстрактах из корней мыльнянки *Saponaria officinalis* L. // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2009. №4. С. 25–28.

Поступила в редакцию 12 октября 2022 г.

После переработки 15 ноября 2022 г.

Принята к публикации 17 апреля 2023 г.

Для цитирования: Мурсалиева В.К., Муханов Т.М., Гемеджиева Н.Г., Ескалиева Б.К. Фитохимический анализ и биологическая активность экстрактов туркестанского мыльного корня *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk, произрастающего на юге Казахстана // *Химия растительного сырья*. 2023. №3. С. 183–191. DOI: 10.14258/jcrpm.20230311993.

Mursaliyeva V.K.^{1*}, Mukhanov T.M.¹, Gemedzhiyeva N.G.², Yeskaliyeva B.K.³ CHEMICAL ANALYSIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF TURKESTAN SOAPROOT *ALLOCHRUSA GYPSOPHILOIDES* (REGEL) SCHISCHK GROWING IN THE SOUTH OF KAZAKHSTAN

¹ Institute of Plant Biology and Biotechnology, Timiryazeva st., 45, Almaty, 050040 (Republic of Kazakhstan), e-mail: gen_mursal@mail.ru

² Institute of Botany and Phytointroduction, Timiryazeva st., 36, Almaty, 050040 (Republic of Kazakhstan)

³ al-Farabi Kazakh National university, av. al-Farabi, 71, Almaty, 050040 (Republic of Kazakhstan)

Allochrusa gypsophiloides (Regel) Schischk. Turkestan soaproot (TSR), a Central Asian endemic has commercial value as a producer of triterpene saponins. Spectrophotometric determination of saponins was carried out in the roots and the aerial part of wild plants during vegetation in the south of Kazakhstan. The level of saponins, phenols, and flavonoids in the seeds, aerial parts, and roots was assessed. The following ascending order in the saponins content: seeds-aerial part-root, was revealed. An increase in the saponins levels in the roots during the growing season with a maximum of 9.6% in fruiting was established. A high saponins amount (6%) was detected in the aerial part during the flowering which decreased twice at the fruiting. The antioxidant activity and foaming index of the total ethanol extracts from the initial and deposited plant materials were determined. The maximum antioxidant activity (35.5%) and antiradical properties (IC₅₀ 1480) *in vitro* were found in extracts from the aerial part with the highest content of flavonoids and phenols. It was revealed that long-term storage of roots contributes to an increase in saponins levels and in their surfactant properties. The data obtained indicate the possibility of alternative use of the aerial parts of *Allochrusa gypsophiloides* at the flowering for obtaining triterpene saponins and phenolic substances with antioxidant activity.

Keywords: *Allochrusa gypsophiloides*, Turkestan soaproot, triterpene saponins, oleanolic acid, antioxidant activity, DPPH assay.

References

- Eisenman S., Strume D., Zaurov D. *Medical plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*. Springer Science & Business Media, 2012, 340 p.
- Kondratenko E., Putieva Z., Abubakirov N. *Chemistry of Natural Compounds*, 1981, vol. 17, pp. 303–317. DOI: 10.1007/BF01185255.
- Bottger S., Melzig M.F. *Phytochemistry Letters*, 2011, vol. 4, pp. 59–68. DOI: 10.1016/j.phytol.2010.08.003.
- Khatuntseva E., Men'shov V., Shashkov A., Tsvetkov Y., Stepanenko R., Vlasenko R., Shults E., Nifantiev N. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2012, vol. 8, pp. 763–775. DOI: 10.3762/bjoc.8.87.
- Grudzinskaya L.M., Gemedzhiyeva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova Zh.Zh. *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rasteniy Kazakhstana*. [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan]. Almaty, 2014, 200 p. (in Russ.).
- Balandin V. *Saponins used in traditional medicine*. Plenum Press, New York, 1996, pp. 1–14. DOI: 10.1007/978-1-4899-1367-8.
- Krasnaya kniga Kazakhskoy SSR. Ch. 2. Rasteniya*. [Red Book of the Kazakh SSR. Part 2. Plants]. Almaty, 1981, 257 p. (in Russ.).
- Kuz'min E.V., Tugel'bayev S.U., Sitpayeva G.T. *Izucheniye rastitel'nogo mira Kazakhstana i yego okhrany*. [Study of the flora of Kazakhstan and its protection]. Almaty, 2001, pp. 191–194. (in Russ.).
- Bespayev S.B. *Kolyuchelistnik kachimovidnyy v Kazakhstane (morfologiya, sistematika, fitotsenologiya, ispytaniya v kul'ture): dis. ... kand. biol. nauk*. [Kachimovidny spiny foliage in Kazakhstan (morphology, taxonomy, phytocenology, tests in culture): dis. ... cand. biol. sciences]. Almaty, 1966, 183 p. (in Russ.).
- Gladyshev A., Mishchenko A. *Kolyuchelistniki Turkmenistana, ikh biologiya i perspektivy khozyaystvennogo ispol'zovniya*. [Prickly leaves of Turkmenistan, their biology and prospects for economic use]. Ashgabat, 1990, 100 p. (in Russ.).
- El Aziz M.M.A., Ashour A.S., Melad Al.S.G. *Journal of Nanomedicine Research*, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 282–288. DOI: 10.15406/jnmr.2019.08.00199.
- Faisal A., Geelen D. *Phytochemical Review*, 2013, vol. 12, pp. 877–893. DOI: 10.1007/s11101-013-9322-4.
- Guglu-Ustundag O., Mazza G., Balsevich J. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2007, vol. 47, pp. 231–258. DOI: 10.1080/10408390600698197.
- Desai S., Desai D., Kaur H. *Pharma Times*, 2009, vol. 41, no. 3, pp. 13–16.
- Vincken J., Heng A., de Groot A., Gruppen H. *Phytochemistry*, 2007, vol. 68, no. 3, pp. 275–297. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.10.008.
- Paseshnikhenko V.A. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*, 2001, no. 7(8), pp. 13–19. (in Russ.).
- Fenwick G., Price K., Tsukamoto C., Okubo K. *Toxic Substances in Crop Plants*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991, pp. 285–327. DOI: 10.1533/9781845698454.285.
- Putieva Z., Gorovichu T., Kondratenko E., Abubakirov N. *Chemistry of Natural Compounds*, 1979, vol. 15, pp. 148–151. DOI: 10.1007/BF00570786.
- Gemedzhiyeva N.G., Mursaliyeva V.K., Mukhanov T.M. *Izvestiya NAN RK. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya*, 2016, no. 1 (313), pp. 22–29. (in Russ.).
- Rachkovskaya Ye.I., Volkova Ye.A., Khrantsov V.N., Safronova I.N., Kurochkina L.Ya., Ogar' N.P., Akzhigitova N.I. *Botanicheskaya geografiya Kazakhstana i Sredney Azii (v predelakh pustynnoy oblasti)*. [Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)]. St. Petersburg, 2003, 465 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

21. Sur S.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 1990, no. 5, pp. 45–50. (in Russ.).
22. Mironenko I.V., Brezhneva T.A., Selemenev V.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2011, no. 3, pp. 153–157. (in Russ.).
23. Pisarev D.I., Martynova N.A., Netrebko N.N., Novikov O.O., Sorokopudov V.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 197–198. (in Russ.).
24. Shadrin D.M., Pylina Ya.I., Volodina S.O., Volodin V.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2011, vol. 13, no. 1(4), pp. 945–947. (in Russ.).
25. Fedotova V.V., Oganessian E.T., Chelombit'ko V.A. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2014, no. 4(5), pp. 52–56. (in Russ.).
26. Fedoseyeva L.M., Dali Baltakh B. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2016, no. 1, pp. 181–184. (in Russ.).
27. Türkoğlu S., Çelik S., Türkoğlu I., Çakılcıoğlu U., Bahşi M. *African Journal of Biotechnology*, 2010, vol. 9(40), pp. 6797–6805.
28. Madaan R., Bansal G., Kumar S., Sharma A. *Indian Journal of Pharmaceutical sciences*, 2011, vol. 73(6), pp. 666–669. DOI: 10.4103/0250-474X.100242.
29. Goli S.A.H., Mokhtari F., Rahimmalek M. *Journal of Agricultural Science*, 2012, vol. 4, no. 10, pp. 175–181. DOI: 10.5539/JAS.V4N10P175.
30. Wettasinghe M., Shahidi F. *Seeds. Food Chemistry*, 1999, vol. 67, pp. 399–414. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00137-5.
31. Huang D., Ou B., Prior R.L. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2005, vol. 53, no. 6, pp. 1841–1856. DOI: 10.1021/JF030723C.
32. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. Vyp.2. Obshchiye metody analiza. Lekarstvennoye rastitel'noye syr'ye. 11 izd.* [State Pharmacopoeia of the USSR. Issue 2. General methods of analysis. Medicinal plant raw materials. 11th ed.] Moscow, 1991, 400 p. (in Russ.).
33. Cherevach Ye.I., Yudina T.P., Frolova G.M., Zhivchikova R.I. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 2009, no. 4, pp. 25–28. (in Russ.).

Received October 12, 2022

Revised November 15, 2022

Accepted April 17, 2023

For citing: Mursaliyeva V.K., Mukhanov T.M., Gemejiyeva N.G., Yeskaliyeva B.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 183–191. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230311993.

