

УДК 66.061.34; 577.19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУММЫ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДНЫХ ЭКСТРАКТАХ СОЦВЕТИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ARNICA* L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

Серёда Лидия Николаевна¹, Цветов Никита Сергеевич¹,
Носатенко Оксана Юрьевна²

¹Лаборатория медицинских и биологических технологий
Научный центр медико-биологических исследований адаптации человека в Арктике
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» РАН
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, мкр. Академгородок, д. 41а
E-mail: l.sereda@ksc.ru, n.tsvetov@ksc.ru

²Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН,
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 18а
E-mail: o.nosatenko@ksc.ru

Растения рода Арника (*Arnica* L.) – многолетние травянистые виды, произрастающие на лесных лугах Западной и Центральной Европы и успешно интродуцируемый на территории Арктической зоны Российской Федерации. Благодаря синтезу значительного количества вторичных метаболитов, соцветия растений арники обладают противовоспалительными, анальгезирующими, антиоксидантными, антиостеопорозными, анксиолитическими, иммуномодулирующими, протекторными, противораковыми свойствами. В следствии интенсивного сбора арники горной в качестве лекарственного сырья, в настоящее время этот вид занесён в Красную книгу Международного Союза Охраны Природы и природных ресурсов, что обуславливает необходимость выявления видов, не уступающих по содержанию фенольных соединений и создания сырьевой базы с целью обеспечения сырьем производства фитопрепаратов из растений арники. Таким образом, целью настоящей работы, являлось определение общего содержания фенольных соединений в водных экстрактах растений рода *Arnica* L., произрастающих в условиях интродукции на открытом интродукционном питомнике многолетних травянистых растений Полярно-альпийского ботанического сада-института им. А.Н. Аврорина КНЦ РАН в Кировском районе Мурманской области. В соответствии с регламентом Европейского союза № 1907/2006, «Регистрация, оценка, разрешение и ограничение химических веществ», принятом 16.12.2008 г., ПНСТ 331 – 2018 «Зелёные» стандарты. «Зелёная» продукция и «зелёные» технологии. Классификация., принятом 25.12.2018 г. и изменениями в ФЗ №61 РФ «Об обращении лекарственных средств», принятыми 08.08.2024 г., получены водные экстракты соцветий различных видов растений арники методом ультразвуковой экстракции. Определено общее содержание полифенолов и флавоноидов. Наибольшее количество полифенолов и флавоноидов отмечено в экстрактах соцветий *Arnica longifolia* и *Arnica mollis*, соответственно. Полученные результаты могут быть использованы в фармацевтической и косметологической отраслях.

Ключевые слова: *Arnica* L., ультразвуковая экстракция, водные экстракты, полифенольные соединения, Арктика

Введение

Представители рода Арника (*Arnica* L.) семейства сложноцветные (*Asteraceae* Bercht. & J.Presl) – многолетние травянистые растения, произрастающие в лесах и на лесных лугах Западной и Центральной Европы (Petrova et al., 2024), и успешно интродуцируемый на территории Арктической зоны Российской Федерации.

В Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. А.Н. Аврорина КНЦ РАН, представители рода *Arnica* интродуцируются с 1933 года. За это время изучено значительное количество образцов культурного (из ботанических садов) и природного (из природных мест обитания) происхождения. На территории ботанического сада произрастают 6 видов: Арника горная (*Arnica montana* L.), арника Шамиссо (*Arnica chamissonis* Less.), арника ланцетная (*Arnica lanceolata* Nutt.), арника двойная (*Arnica*

sororia Greene), арника мягкая (*Arnica mollis* Hook.), арника длиннолистная (*Arnica longifolia* D.C.Eaton).

Arnica montana – многолетний травянистый вид, произрастающий в лесах Европы, горных районах Западной Украины, Белоруссии, Прибалтики на высоте до 1000 м, Альпах – до 2800 м н. у. м. (Khalid et al., 2019), *A. chamissonis* – травянистый вид, произрастающее в хвойных лесах западной части Северной Америки, включая Аляску, и большей части Канады, включая Юкон и Северо-Западные территории, в горных районах встречающийся на высоте до 3500 м н.у.м., *A. lanceolata* – североамериканский бореальный вид, произрастающий в альпийских оврагах западной и северо-восточной части Северной Америки, *A. sororia* – лесной вид, характерный для лугов и хвойных лесов Западной Канады (Британская Колумбия, Альберта, Саскачеван) и западной части США (Вашингтон, Орегон, Калифорния, Невада, Юта, Айдахо, Монтана, Вайоминг, Южная Дакота), *A. mollis* – североамериканский бореальный вид, произрастающий в субальпийских горных районах Канады (Британская Колумбия, Альберта, Квебек) и США (Аляска и западные горы на юге до округа Сан-Бернардино, Калифорния и округа Рио-Арриба, Нью-Мексико). Также обнаружены изолированные популяции в Белых горах округа Гемпшир, *A. longifolia* – вид, встречающийся в лесах западной Канады (Британская Колумбия) и западной части Соединенных Штатов в горных областях (Скалистые горы, Каскады, Береговые хребты, Сьерра-Невада, горы Калифорнии, Орегона, Вашингтона, Айдахо, Невады, Юты, Вайоминга, Колорадо и Монтаны) (Kowalski et al., 2015; Muravnik et al., 2022).

Все описанные виды успешно интродуцированы в условиях Заполярья, произрастают на открытых питомниках, проходят все стадии сезонного развития, размножаются как семенами (вызревшими за вегетационный период), так и вегетативным способом (корневищами) (Жиров и др., 1997).

Значительное содержание биологически активных соединений, в частности, каротиноидов, витаминов, терпеноидов, полифенольных кислот, флавоноидов, полисахаридов (Puhlmann et al., 1991; Koo et al., 2000; Klaas et al., 2002; Bergamante et al., 2007; Gaspar et al., 2014; Iannitti et al., 2016; Kriplani et al., 2017; da Silva Prade et al., 2020; Flórez-Fernández et al., 2021; Sugier et al., 2022; Sakamoto et al., 2023; Schmidt, 2023; Sugier et al., 2023), обуславливает терапевтический потенциал извлечений из растений арники, также известно, что химический состав арники варьируется в зависимости от места произрастания, что приводит к формированию хемотипов (Schmidt, 2023). Биологически активные вещества синтезируемые растениями арники проявляют противовоспалительные свойства, могут снижать уровень посттравматической и послеоперационной боли (Schmidt, 2023), обладают антиоксидантными, антиостеопорозными, анксиолитическими свойствами (Iannitti et al., 2016), противовоспалительным, протекторным и иммуномодулирующим действием (Puhlmann et al., 1991; Klaas et al., 2002; Kriplani et al., 2017; da Silva Prade et al., 2020) – полисахарид фукогалактоксилоглюкан, способствует фагоцитозу, а арабино-3,6-галактан-протеин, стимулирует выработку фактора некроза опухолей (TNF-α), запускает выработку цитокинов IL-1 и TNF-α и факторов транскрипции NF-κB и NF-AT, значительной противораковой (Sugier et al., 2022; Sugier et al., 2023) и крайне низкой антибактериальной активностью (Koo et al., 2000).

Традиционно, для получения экстрактов из соцветий растений арники используют водно-спиртовую смесь с содержанием 70 об. % этанола (ГОСТ 13399-89), однако в соответствии с Регламентом Европейского союза № 1907/2006, «Регистрация, оценка, разрешение и ограничение химических веществ» (Regulation the European Union Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)), принятом 16.12.2008 г., ПНСТ 331 – 2018 «Зелёные» стандарты. «Зелёная» продукция и

«зелёные» технологии. Классификация., принятом 25.12.2018 г. и изменениями в ФЗ №61 РФ «Об обращении лекарственных средств», принятыми 08.08.2024 г., использование традиционного этанола для получения фармацевтических препаратов на основе растительного сырья становится менее приемлемым, а предпочтение отдаётся в пользу нетоксичных растворителей.

Группа учёных из Польши (da Silva Prade et al., 2020; Sugier et al., 2022) доказала значительную противораковую активность водных экстрактов растения арники по сравнению с этанольными в отношении клеточных линий эпителия шейки матки человека HeLa B (ECACC No. 85060701), метастаз рака толстой кишки SW620 (ATCC No. CCL-227) и рака толстой кишки HT29 (ATCC No. HTB-38) в концентрациях составляли 0, 0.5, и 1 мкл/мл. После этого ими была выполнена работа по сравнению противораковой активности этанольных (99 об. %) и водных экстрактов арники горной, собранной в разные фазы вегетации с Авторы сделали вывод, что водные экстракты арники горной в период полного цветения проявляют большую противораковую активность, чем этанольные.

Несмотря на высокий терапевтически потенциал, существуют данные об аллергенности и ирригационных свойствах экстрактов растений арники (Schmidt, 2023). Так в работе (Gaspar et al., 2014), были исследованы два типа экстрактов растений арники: водно-этанольный, содержащий полифенолы и водный, содержащий полисахариды – полученный из соцветий, предварительно обработанных ацетоном и метанолом, цитотоксичность которых оценивалась методом поглощения нейтрального красного с использованием линии фибробластов L929. Отмечено отсутствие цитотоксичности (выживаемость клеток составляла более 80%) водного экстракта в диапазоне концентраций 0.05-0.5 мг/мл и водно-этанольного экстракта в диапазоне 0.05-50 мг/мл, что указывает на большую токсичность водного экстракта, и обуславливает необходимость поиска и применения специфических методов экстракции с использованием воды, направленных на извлечения водорастворимых соединений с минимальным токсическим действием. Так в работе (Flórez-Fernández et al., 2021) подробно изучен фитохимический состав водных экстрактов полученных в условиях ультразвуковой экстракции при повышенном давлении и температуре. В то же время, известно относительно мало исследований, касающихся данных о содержании полифенольных компонентов в водных экстрактах растений разных видов рода *Arnica* L.

В последние годы всё больше внимания изучению полезных свойств растений арники уделяется не только в фармацевтической, но и в косметологической промышленности. Экстракты арники изучаются с точки зрения влияния на кожу и проникновения биологически активных компонентов в ткани из эмульсии (Bergamante et al., 2007). Мази на основе экстрактов арники горной эффективны в облегчении воспалительного процесса и окислительного повреждения, вызванных воздействием ультрафиолета (Sugier et al., 2022). Группой японских учёных (Sakamoto et al., 2023) в ходе клинического исследования на людях, установлено, что гели, содержащие 1% водного экстракта арники горной, ускоряют рост и дифференцировку подкожных предадипоцитов, способствующих увеличению упругости кожи и улучшению внешнего вида морщин.

Значительная изученность фитохимического состава исследуемых растений и начало проведения клинических исследований, способствуют разработке множества российских и иностранных биологически активных добавок, мазей, гелей и кремов на их основе. В настоящее время на фармацевтическом рынке можно встретить гомеопатические гранулы «Арника монтана С9» производства французской компании «Boiron», применяемые в травматологии при спортивных травмах, переломах,

кровоизлияниях, посттравматическом болевом синдроме, отоларингологии при последствиях травматизации тканей и слизистой оболочки после манипуляций и оперативных вмешательств, профилактике и лечении носовых кровотечений, охриплость из-за перенапряжения голосовых связок, гематологии при гематомах или экхимозах, поверхностном флебите и перифлебите, варикозном расширении вен, телеангиэктазии, стоматологии при воспалительных заболеваниях полости рта и последствий проведения стоматологических манипуляций, офтальмологии при субконъюнктивальном кровоизлиянии, ретинопатии, возрастной макулодистрофии, гинекологии при эпизиотомии, кесаревом сечении, подготовке к родам; гомеопатическую мазь для наружного применения «Арника» производства российской фармацевтической фабрики «Московская», применяемой при травмах мягких тканей (ушибы, гематомы) без нарушения целостности кожных покровов; массажного масла «Арника» - производства немецкой компании «Weleda AG», применяемого для спортивного массажа, обладающего согревающим действием и способностью снимать воспаление и уменьшать болевые ощущения; крема при ушибах и синяках «Ай-Болит» производства российской ООО «ВИС», применяемой для снятия отеков, воспалений, синяков и ушибов; мази для наружного применения и таблеток для рассасывания «Траумель С» производства немецкой компании «Biologische Heilmittel Heel», применяемой в комплексной терапии воспалительных заболеваний различных органов и тканей, особенно опорно-двигательного аппарата (тендовагинит, бурсит, стилоидит, эпикондилит, периартрит и др.) и посттравматических состояний (отек мягких тканей после операции, вывихов, растяжений); крем против образования синяков «Cicabio Арника +» производства французской компании «Bioderma», применяемой для быстрого уменьшения синяков, устранения отеков, заживления травмированной кожи лица и тела, гель-бальзам для тела «Суставит» производства российской компании «КоролевФарм», применяемый для предупреждения заболеваний суставов и позвоночника при наличии факторов риска, при возрастных изменениях опорно-двигательного аппарата, при повышенной чувствительности суставов к изменению погоды, при комплексном лечении заболеваний суставов и позвоночника; крем «Арника» производства швейцарской компании «Nahrin AG», применяемый в качестве интенсивного защитного и питательного крема; гель после депиляции «Алоэ вера и арника» производства российской компании Green Mama, применяемый для успокаивания кожи, устранения ощущения жжения и зуда; Лосьон для замедления роста волос с экстрактом арники «Aravia Professional» производства российской компании ООО «Лаборатория Эксперт», применяемой для смягчения, антисептического и успокаивающего действия после процедуры депиляции; гомеопатическая мазь для наружного применения «Арника-ГФ» производства российской компании Гомеопатическая фармация, применяемой при травмах мягких тканей (ушибы, гематомы) без нарушения целостности кожных покровов; мазь для наружного применения «Арника ДН» производства российской компании «Доктор Н», применяемой в качестве средства для ускорения «рассасывания» подкожных гематом, при ушибах мягких тканей; экстракт и спрей «Stomatophit» производства польской компании «RHYTOPHARM KLEKA, S.A.», применяемый при воспалительных заболеваниях полости рта - стоматите, гингивите, пародонтите; гомеопатическая мазь «Арника-ГФ» производства российской компании «ГОМЕОПАТИЧЕСКАЯ ФАРМАЦИЯ», применяемая при травмах мягких тканей (ушибы, гематомы) без нарушения целостности кожных покровов; лифтинг-крем для кожи вокруг глаз против темных кругов «Облепиха и Арника» производства российской компании «Крымский лекарь», применяемый для моделирования, лифтинга, снятия темных кругов и усталости кожи лица; оподельдок «Арника ДН» производства российской компании

«Доктор Н», применяемые для ускорения «рассасывания» подкожных гематом, при ушибах мягких тканей, крем «Арника» производства российской компании ООО «АВЕН», применяемые для заживления и регенерация кожных покровов.

В следствии активного сбора арники горной в качестве лекарственного сырья, в настоящее время этот вид всходит Красную книгу Международного Союза Охраны Природы и природных ресурсов (The International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species) (The IUCN Red...). В виду широкого применения и ценности арники горной, встает вопрос о необходимости выявления видов, не уступающих по содержанию фенольных соединений и создания сырьевой базы с целью обеспечения сырьем производства фитопрепаратов из растений арники.

Таким образом, целью настоящей работы, являлось определение общего содержания флавоноидных компонентов в водных экстрактах растений рода *Arnica* L., произрастающих в условиях интродукции.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили виды – арника горная (*Arnica montana* L.), арника Шамиссо (*Arnica chamissonis* Less.), арника ланцетная (*Arnica lanceolata* Nutt.), арника двойная (*Arnica sororia* Greene), арника мягкая (*Arnica mollis* Hook.), арника длиннолистная (*Arnica longifolia* D.C.Eaton), произрастающие на открытом интродукционном питомнике многолетних травянистых растений расположенном у подножия г. Вудъяврчорр Хибинского горного массива на территории Полярно альпийского ботанического сада-института им. А.Н. Аврорина КНЦ РАН в Кировском районе Мурманской области.

Сбор соцветий производился в I декаду августа – для арники горной, арники двойной, арники длиннолистной, во II декаду августа – арники Шамиссо, арники ланцетной, и в III декаду августа – для арники мягкой 2023 г. в фазу массового цветения (ВВСН 65). Регистрация фенологических фаз производилась по методике (Бейдеман, 1954) с последующим переводом в международную шкалу ВВСН (Meier, 2018).

Подготовка растительного материала включала в себя сушку на открытом воздухе и хранение в соответствии с (ОФС.1.1.0011.15), измельчение и ситование. Для получения экстрактов, использовалось растительное сырье, измельченное до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Экстрагирование проводилось в предварительно термостатированной до 45 °С ультразвуковой ванне VBS-3DP (Вилитек, Россия) в течение 20 мин водой в качестве экстрагента с использованием гидро модуля (соотношение массы растительного материала и объема экстрагента (m:v)) 1 : 30, с последующим центрифугированием полученных экстрактов в течение 5 мин при 10000 об/мин в лабораторной центрифуге MiniSpin (Eppendorf, Германия) и декантированием надосадочной жидкости.

Общее содержание полифенолов (total phenolic content (TPC)) определялось по реакции с реактивом Фолина-Чокалтеу, для этого к 1 мл 0.2 М реактива Фолина-Чокалтеу добавляли 0.2 мл экстракта и 0.8 мл 5% карбоната натрия, общее содержание флавоноидов (total flavonoid content (TFC)) – по реакции комплексообразования с хлоридом алюминия, для чего к 1 мл 2 % раствора хлорида алюминия добавляли 1 мл экстракта в соответствии с (Середа, Цветов, 2024). Полученные смеси термостатировали при 25 °С в течение 60 минут. В работе использовались экстракты, разбавленные в 10 раз. Содержание исследуемых компонентов выражали в мг эквивалента галловой кислоты (gallic acid equivalent (GAE)) и рутина (rutin equivalent (RE)) на 1 г сухого растительного материала, соответственно. Оптическая плотность растворов измерялась на фотоколориметре КФК-3-01 (ЗОМЗ, Россия) при длине волны 765 и 420 нм, соответственно.

Химические анализы проводились в 3-кратной повторности. Полученные данные представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение. Статистическая значимость различий обсуждаемых результатов оценивалась с помощью теста Тьюки при уровне значимости (p -value) ≤ 0.05 . Расчеты производились в MS Excel 2021 (Microsoft, США).

Результаты и обсуждение

Результаты определения общего содержания полифенольных и флавоноидных соединений в соцветиях растений арники, представлены на рисунке 1. Видно, что содержание полифенолов, извлекаемых водой, находится в диапазоне $22.2 \pm 0.3 - 78.5 \pm 0.4$ мг GAE/г с минимальной концентрацией в экстракте соцветий арники горной и максимальной – арники длиннолистной. Сумма флавоноидов находится в диапазоне $11.2 \pm 0.2 - 38.8 \pm 0.3$ мг RE/г, минимальная концентрация определена в экстракте соцветий арники горной, максимальная – для арники мягкой.

Как видно, значимое ($p \leq 0.05$) возрастание содержания полифенольных компонентов в водных экстрактах различных видов растений арники наблюдается в ряду *Arnica montana* < *A. lanceolata* < *A. chamissonis* < *A. mollis* < *A. sororia* < *A. longifolia*, флавоноидов – в ряду *Arnica montana* < *A. lanceolata* < *A. chamissonis* < *A. longifolia* < *A. sororia* < *A. mollis*.

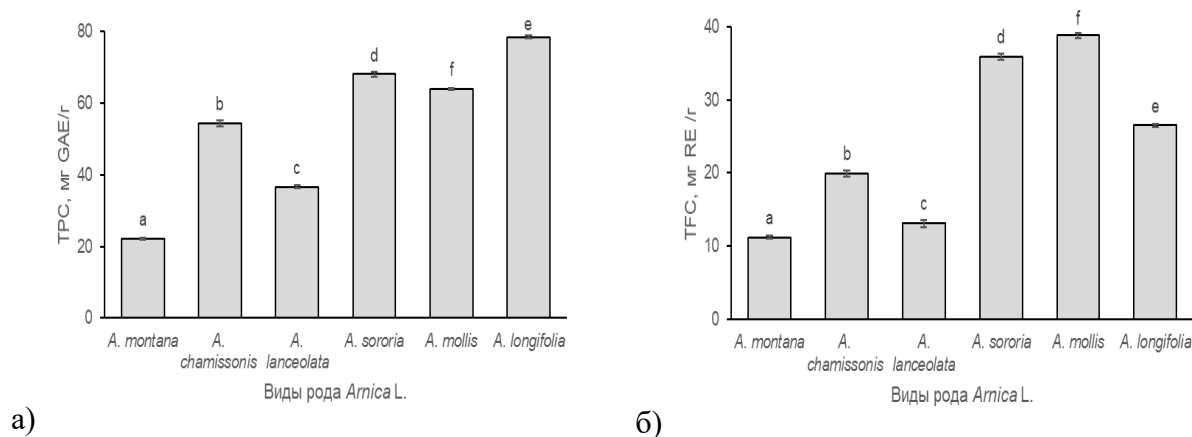


Рис. 1 Общее содержание полифенолов (а) и флавоноидов (б) в водных экстрактах соцветий растений *Arnica* L.

Fig. 1 The total content of polyphenols (a) and flavonoids (b) in aqueous extracts of the inflorescences of *Arnica* L. plants

В настоящее время опубликованные данные по содержанию полифенольных соединений в экстрактах соцветий растений арники практически отсутствуют, а в незначительном количестве работ в качестве экстрагентов используются токсичные и летучие вещества. Также необходимо отметить, что исследования подобные ограничиваются изучением лишь лекарственного вида арника горная и схожего вида – арника Шамиссо, входящих в государственные фармакопеи многих стран и ГОСТ 13399-89 «Цветки арники», утверждённый для использования на территории РФ. Так в работе (Gawlik-Dziki et al., 2011; Asadi et al., 2020) приведены результаты определения суммы полифенолов и флавоноидов в экстрактах соцветий *Arnica montana* и *Arnica chamissonis* при разных условиях, методом мацерации 70 % водно-этанольной смесью при температуре 25 °C в течении 14 суток и методом ультразвуковой экстракции 10 % водно-метанольной смесью в течение 30 минут при температуре 25 °C, соответственно.

Показано, что содержание суммы полифенолов и флавоноидов составили 116.9 ± 1.0 GAE мг/г и 113.2 ± 8.7 QE (Quercetin equivalent) мг/г и 200.4 ± 7.4 GAE мг/г и 203.1 ± 12.4 QE мг/г (Gawlik-Dziki et al., 2011) и 22.9 ± 1.1 GAE мг/г и 17.9 ± 0.3 мг RE/г (Asadi et al., 2020), соответственно. Различия в используемых в работе экстрагентах и условиях проведения экстракции значительно затрудняют сопоставление полученных результатов с настоящей работой, но формируют представление о достоверном различии содержания определяемых групп соединений в различных видах растений арники.

Выводы

Таким образом, в настоящей работе впервые проведён сравнительный анализ общего содержания фенольных соединений в водных экстрактах соцветий представителей рода *Arnica* L. культивируемых в условиях интродукции. Оценено содержание суммы полифенолов и флавоноидов. Наибольшее содержание полифенольных и флавоноидных компонентов отмечено в экстрактах соцветий арники длиннолистной (*Arnica longifolia* D.C.Eaton) и арники мягкой (*Arnica mollis* Hook.), соответственно.

Полученные результаты могут способствовать развитию технологий производства фитокомпонентов из соцветий растений арники, произрастающей на Кольском полуострове в условиях интродукции, для использования в фармацевтической и косметологической отраслях.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФИЦ КНЦ РАН FMEZ-2024-0012 и № FMEZ-2023-0012

Литература / References

Petrova M., Miladinova-Georgieva K., Geneva M. Influence of Abiotic and Biotic Elicitors on Organogenesis, Biomass Accumulation, and Production of Key Secondary Metabolites in *Asteraceae* Plants // International Journal of Molecular Sciences. 2024. Vol. 25 (8). P. 4197. DOI: [10.3390/ijms25084197](https://doi.org/10.3390/ijms25084197)

Khalid M., Bilal M., Huang D.F. Role of flavonoids in plant interactions with the environment and against human pathogens – A review // Journal of integrative agriculture. 2019. Vol. 18 (1). P. 211-230. DOI: [10.1016/S2095-3119\(19\)62555-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62555-4)

Muravnik L.E., Kostina O.V., Zaporozhets N.L. Structure and functions of the glandular trichomes in three *Arnica* species (*Asteraceae*), depending on their location on leaves and flowers // Flora. 2022. Vol. 290. P. 152047. DOI: [10.1016/j.flora.2022.152047](https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152047)

Kowalski R., Sugier D., Sugier P., Kołodziej B. Evaluation of the chemical composition of essential oils with respect to the maturity of flower heads of *Arnica montana* L. and *Arnica chamissonis* Less. cultivated for industry // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 76. P. 857-865. DOI: [10.1016/j.indcrop.2015.07.029](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.029)

Жиров В.К., Андреев Г.Н., Горелова А.П., Тростенюк Н.Н., Гельяшенко / Отчет о научно-исследовательской работе. Интродукция лекарственных растений на Кольском севере (Заключительный) // 1997. С. 49-51

[Zhiron V.K., Andreev G.N., Gorelova A.P., Trostenyuk N.N., Gel'yashenko / Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. Introdukciya lekarstvennyh rastenij na Kol'skom severe (Zaklyuchitel'nyj) // 1997. P. 49-51]

Schmidt T.J. *Arnica montana* L.: Doesn't Origin Matter? // Plants. 2023. Vol. 12 (20). P. 3532. DOI: [10.3390/plants12203532](https://doi.org/10.3390/plants12203532)

Iannitti T., Morales-Medina J.C., Bellavite P., Rottigni V., Palmieri B. Effectiveness and safety of *Arnica montana* in post-surgical setting, pain and inflammation // American journal of therapeutics. 2016. Vol. 23 (1). P. 184-197. DOI: 10.1097/MJT.0000000000000036

Kriplani P., Guarve K., Baghael U.S. *Arnica montana* L. – a plant of healing // Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2017. Vol. 69 (8). P. 925-945. DOI: 10.1111/jphp.12724

Puhlmann J., Zenk M. H., Wagnert H. Immunologically active polysaccharides of *Arnica montana* cell cultures // Phytochemistry. 1991. Vol. 30 (4). P. 1141-1145. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)95191-4

Klaas C.A., Wagner G., Laufer S., Sosa S., Della Loggia R., Bomme U., Pahl H.L., Merfort I. Studies on the anti-inflammatory activity of phytopharmaceuticals prepared from *Arnica* flowers // Planta medica. 2002. Vol. 68 (5). P. 385-391. DOI: 10.1055/s-2002-32067

Sugier D., Sugier P., Jakubowicz-Gil J., Gawlik-Dziki U., Zajac A., Król B., Chmiel S., Kończak M., Pięt M., Paduch R. Nitrogen fertilization and solvents as factors modifying the antioxidant and anticancer potential of *Arnica montana* L. flower head extracts // Plants. 2022. Vol. 12 (1). P. 142. DOI: 10.3390/plants12010142

Sugier P., Jakubowicz-Gil J., Sugier D., Sęczyk Ł., Zajac A., Pięt M., Paduch R. Stages of Development and Solvents Determine the Anticancer Potential of Mountain Arnica (*Arnica montana* L.) Inflorescence Extracts // Applied Sciences. 2023. Vol. 13 (24). P. 12976. DOI: 10.3390/app132412976

da Silva Prade J., Bálsamo E.C., Machado F.R., Poetini M.R., Bortolotto V.C., Araújo S.M., Londero L., Boeira S.P., Sehn C.P., de Gomes M.G., Prigol M., Leandro, Souza C. Anti-inflammatory effect of *Arnica montana* in a UVB radiation-induced skin-burn model in mice // Cutaneous and Ocular Toxicology. 2020. Vol. 39 (2). P. 126-133. DOI: 10.1080/15569527.2020.1743998

Koo H., Gomes B.P.F.A., Rosalen P.L., Ambrosano G.M.B., Park Y.K., Cury J.A. In vitro antimicrobial activity of propolis and *Arnica montana* against oral pathogens // Archives of oral biology. 2000. Vol. 45 (2). P. 141-148. DOI: 10.1016/S0003-9969(99)00117-X

ГОСТ 13399-89 Цветки арники. Технические условия. М., 1990. 11 с.

[GOST 13399-89 Cvetki arniki. Tekhnicheskie usloviya. M., 1990. 11 p.]

Gaspar A., Craciunescu O., Trif M., Moisei M., Moldovan L. Antioxidant and anti-inflammatory properties of active compounds from *Arnica montana* L // Romanian Biotechnological Letters. 2014. Vol. 19 (3). P. 9353-9365.

Flórez-Fernández N., Ferreira-Anta T., Torres M.D., Domínguez H. Valorization of *Arnica montana* wastes after extraction of the ethanol tincture: Application in polymer-based matrices // Polymers. 2021. Vol. 13 (18). P. 3121. DOI: 10.3390/polym13183121

Bergamante V., Ceschel G.C., Marazzita S., Ronchi C., Fini A. Effect of vehicles on topical application of *Aloe vera* and *Arnica montana* components // Drug Delivery. 2007. Vol. 14 (7). P. 427-432. DOI: 10.1080/10717540701202960

Sakamoto K., Watanabe C., Masutani T., Hirasawa A., Wakamatsu K., Iddamalgoda A., Kakumu Y., Yamauchi K., Mitsunaga T. *Arnica montana* L. extract containing 6-O-methacryloylhelenalin and 6-O-isobutyrylhelenalin accelerates growth and differentiation of human subcutaneous preadipocytes and leads volumizing of skin // International Journal of Cosmetic Science. 2023. Vol. 45 (1). P. 1-13. DOI: 10.1111/ics.12815.

The IUCN Red List of Threatened Species. 2024. URL: www.iucnredlist.org (дата обращения: 26.06.2024).

Бейдеман И.Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях. М.; Л. 1954. 130 с.

[Beydeman I.N. Metodika fenologicheskikh nablyudeniy pri geobotanicheskikh issledovaniyakh. Moscow, Leningrad, 1954, 130 p.]

Meier U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants BBCH. Quedlinburg. 2018. 204 p. DOI:10.5073/20180906-074619.

ОФС.1.1.0011.15 Хранение лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов // Государственная фармакопея РФ. XIV изд. М. 2018.

[OFS.1.1.0011.15 Hranenie lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i lekarstvennyh rastitel'nyh preparatov // Gosudarstvennaya farmakopeya RF. XIV izd. M. 2018.]

Середа Л.Н., Цветов Н.С. Оптимизация метода ультразвуковой экстракции биологически активных соединений водно-спиртовой смесью из плодов *Vaccinium vitis-idaea* L., произрастающей на Кольском полуострове // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 292–300. DOI: 10.14258/jcprm.20240113108

[Sereda L.N., Tsvetov N.S. Optimization of the method of ultrasonic extraction of biologically active compounds with an alcohol-water mixture from the fruits of *Vaccinium vitis-idaea* L., growing on the Kola peninsula // Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya. 2024. №. 1. P. 292–300. DOI:10.14258/jcprm.20240113108]

Gawlik-Dziki U., Świeca M., Sugier D., Cichocka J. Comparison of in vitro lipoxygenase, xanthine oxidase inhibitory and antioxidant activity of *Arnica montana* and *Arnica chamissonis* tinctures // Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 2011. Vol. 10 (3). P. 15-27.

Asadi M., Ebrahimi S.N., Hatami M., Hadian J. Changes in secondary metabolite contents of *Arnica chamissonis* Less. in response to different harvest time, flower developmental stages and drying methods // Journal of Medicinal Plants. 2020. Vol. 19 (76). P. 69-88. DOI: 10.29252/jmp.19.76.69

Статья поступила в редакцию 09.09.2024 г.

Sereda L.N., Tsvetov N.S., Nosatenko O.U. Determination of the amount of polyphenolic compounds in aqueous extracts of inflorescences of representatives of the genus *Arnica* L. growing under conditions of introduction // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2024. №. 4 (173) P.17-25

Abstract. Plants of the genus *Arnica* (*Arnica* L.) are perennial herbaceous species growing in the forest meadows of Western and Central Europe and successfully introduced into the Arctic zone of the Russian Federation. The inflorescences of arnica plants have anti-inflammatory, analgesic, antioxidant, anti-osteoporosis, anxiolytic, immunomodulatory, protective, and anticancer properties due to the synthesis of a significant number of secondary metabolites. As a result of the intensive collection of mountain arnica as medicinal raw materials, this species is currently listed in the Red Book of the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, which necessitates the identification of species that are not inferior in phenolic compounds and the creation of a raw material base in order to provide raw materials for the production of phytopreparations from arnica plants. Thus, the purpose of this work was to determine the total content of phenolic compounds in aqueous extracts of plants of the genus *Arnica* L. growing under conditions of introduction in an open introduction nursery of perennial herbaceous plants of the Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after A.N. Avrorin of the KSC RAS in the Kirovsky district of the Murmansk region. In accordance with the Regulation of the European Union No. 1907/2006, "Registration, assessment, authorization and restriction of chemicals", adopted on 12/16/2008, PNST 331 – 2018 "Green" standards. "Green" products and "green" technologies. Classification, adopted on December 25, 2018 and amendments to Federal Law No. 61 of the Russian Federation "On the Circulation of Medicines", adopted on 08.08.2024, aqueous extracts of inflorescences of various types of arnica plants were obtained by ultrasonic extraction. The total content of polyphenols and flavonoids was determined. The largest amount of polyphenols and flavonoids was found in extracts of *Arnica longifolia* and *Arnica mollis* inflorescences, respectively. The results obtained can be used in the pharmaceutical and cosmetology industries.

Key words: *Arnica* L., ultrasound-assisted extraction, aqueous extracts, polyphenolic compounds, Arctic