

Оригинальная статья / Original article
УДК 581.135.51:582.894 (470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-2-11



Свидина южная как ресурсный вид Дагестана

Фарида В. Сулейманова, Загирбег М. Асадулаев, Азиз Б. Исмаилов

Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Фарида В. Сулейманова, младший научный сотрудник лаборатории интродукции и генетических ресурсов древесных растений, Горный ботанический сад ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45. Тел. +79894970958
Email faridavladimirovna@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0009-0003-4266-8770>

Формат цитирования

Сулейманова Ф.В., Асадулаев З.М., Исмаилов А.Б. Свидина южная как ресурсный вид Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 2. С. 140-152. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-2-11

Получена 13 января 2025 г.
Прошла рецензирование 10 марта 2025 г.
Принята 28 апреля 2025 г.

Резюме

Цель: изучение изменчивости биохимического состава жирных масел из перикарпа и семян *Swida australis* (C.A. Mey.) Pojark. ex Grossh. в зависимости от высотных условий произрастания природных популяций для оценки как ресурсного вида в области медицины. Отобраны плоды *S. australis* вдоль высотного градиента: 15 м, 620 м и 1000 м. Для извлечения липидов использован метод циркуляционного экстрагирования в аппарате Сокслета с применением летучего экстрагента – n-гексана. Сравнительная количественная оценка проведена методом Фолча. После определения выхода масла, одна часть его использована для нахождения триглицеридного состава, методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии, вторая, переведена в метиловые эфиры для определения кислотного состава липидов методом хроматомасс-спектрометрии. Качество масла оценили, определив кислотное число и число омыления. Дана корреляционная оценка содержания триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений (полиненасыщенных жирных кислот) с высотным уровнем произрастания на основе метода Пирсона при уровне достоверности $p < 0.05$. Впервые изучен компонентный состав липидов, выделенный из перикарпа и семян *S. australis* и оценен ресурсный потенциал для медицины. Полученное масло характеризуется высоким содержанием триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений, в частности, полиненасыщенных жирных кислот, имеющих применение в медицине. Анализ масла, выделенного из перикарпа и семян *S. australis*, показал высокое содержание в его составе триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений (полиненасыщенных жирных кислот). Предлагается первоначально проводить извлечение всех липидов методом Фолча с последующей экстракцией гексаном триацилглицеридов и углеводов с целью отделения их от ценных биологически активных соединений.

Ключевые слова

Swida australis, компонентный состав, жирные масла, хроматография, триацилглицериды, углеводороды, полиненасыщенные жирные кислоты.

Swida australis as a resource species of Dagestan

Farida V. Suleimanova, Zagirbeg M. Asadulaev and Aziz B. Ismailov

Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Farida V. Suleimanova, Junior Researcher,
Laboratory of Introduction and Genetic Resources
of Woody Plants, Mountain Botanical Garden,
Dagestan Federal Scientific Centre, Russian
Academy of Sciences; 45 M. Gadzhieva St,
Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79894970958

Email faridavladimirovna@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0009-0003-4266-8770>

How to cite this article

Suleimanova F.V., Asadulaev Z.M., Ismailov A.B.

Swida australis as a resource species of Dagestan.

South of Russia: ecology, development. 2025;

20(2):140-152. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-

2025-2-11

Received 13 January 2025

Revised 10 March 2025

Accepted 28 April 2025

Abstract

Aim. Study of the variability of the biochemical composition of fatty oils from the pericarp and seeds of *Swida australis* depending on the altitudinal conditions of growth of natural populations for assessment as a resource species in the field of medicine.

Fruits of *S. australis* were selected along the altitudinal gradients: 15 m, 620 m and 1000 m. The method of circulation extraction in a Soxhlet extractor using a volatile extractant – n-hexane was used to extract lipids. Comparative quantitative assessment was carried out by the Folch method. After determining the oil yield, one part of it was used to find the triglyceride composition by reversed-phase high-performance liquid chromatography, the second, was converted into methyl esters to determine the acid composition of lipids by chromatograph mass spectrometry. The quality of the oil was assessed by determining the acid number and saponification number. A correlation assessment of the content of triacylglycerides, hydrocarbons and biologically active compounds (polyunsaturated fatty acids) with the altitudinal level of growth is given based on the Pearson method at a reliability level of $p < 0.05$.

For the first time, the component composition of lipids isolated from the pericarp and seeds of *S. australis* was studied and the resource potential for medicine was assessed. The oil obtained is characterised by a high content of triacylglycerides, hydrocarbons and biologically active compounds and - in particular - polyunsaturated fatty acids, which are used in medicine.

Analysis of oil isolated from the pericarp and seeds of *S. australis* showed a high content of triacylglycerides, hydrocarbons and biologically active compounds (polyunsaturated fatty acids). It is proposed to initially extract all lipids using the Folch method, followed by hexane extraction of triacylglycerides and hydrocarbons in order to separate them from valuable biologically active substances.

Key Words

Swida australis, component composition, fatty oils, chromatography, triacylglycerides, hydrocarbons, polyunsaturated fatty acids.

ВВЕДЕНИЕ

Свидина южная (*Swida australis* (C.A. Mey.) Pojark. ex Grossh), один из видов рода кизил, представляет собой кустарники или деревья высотой 1.5–6 м с пурпурными или красновато-бурыми побегами. Крона широкая, ветвистая, цветы белые, в щитковидном или зонтиковидном соцветии. Плоды – мелкая костянка, сочные, округлые, черные созревают в августе–октябре, косточка шаровидная, редко несколько удлинённая, иногда сплюснутая сверху или с боков, цельная, без ямки на вершине [1; 2].

В России вид произрастает в европейской части, кроме Крайнего Севера, встречается также в Центральной Европе, Скандинавии, Средней Азии, Крыму и на Кавказе [3].

Свидина представляет интерес в области медицины из-за наличия в ее составе полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), обладающих пользой при сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ) [4; 5].

Один из примеров эффекта омега-3 (ω -3) демонстрирует метаанализ (число участников $n = 2\,277$), который проводился для определения влияния ПНЖК на коронарный атеросклероз. Анализ показал, что у участников, применявших ω -3, наблюдалось замедление прогрессирования ишемической болезни сердца (ИБС) за счёт уменьшения объёма атеросклеротических бляшек [6].

Метаанализ 38 рандомизированных контролируемых исследований ω -3 жирных кислот, продемонстрировал их влияние на смертность от ССЗ, нелетальные сердечно-сосудистые исходы, кровотечения и фибрилляция предсердий.

У 149 051 участника прием ω -3 был связан со снижением сердечно-сосудистой смертности (относительный риск (ОР) 0.93; (0.88–0.98)); $p = 0.01$), нефатального инфаркта миокарда (ИМ) (ОР 0.87 (0.81–0.93); $p = 0.0001$), ИБС (ОР 0.91 (0.87–0.96); $p = 0.0002$), серьезных нежелательных сердечно-сосудистых событий (ОР 0.95 (0.92–0.98); $p = 0.002$) и реваскуляризации (ОР 0.91 (0.87–0.95); $p = 0.0001$) [7].

Также рассматривается влияние ω -3 на аутоиммунные заболевания, инфекционные заболевания, хроническую болезнь почек, заболевания центральной нервной системы и на течение COVID-19. Как было показано у пациентов с COVID-19, ω -3, как противовоспалительный медиатор, может служить профилактическим и дополнительным лечением [8].

Так примером противовоспалительного эффекта ПНЖК может служить метаанализ (2070 пациентов с остеоартритом) объединенные результаты показали, что прием ω -3 ПНЖК может значительно облегчить боль при артрите по сравнению с плацебо (стандартизированная средняя разница (ССР): 0.29, 95 % доверительный интервал (ДИ): 0.47–0.11, $p = 0.002$). Кроме того, приём ω -3 ПНЖК также был связан с улучшением функции суставов (ССР: 0.21, 95 % ДИ 0.34–0.07, $p = 0.002$). Анализ подгрупп показал схожие результаты исследований, посвящённых боли при артрите и функции суставов, оцениваемой по индексу остеоартрита Западного Онтарио-Университета Макмастера и другим шкалам. У включенных в исследование пациентов не наблюдалось серьезных нежелательных явлений (НЯ), связанных с лечением, а частота возникновения НЯ в целом была одинаковой в

обеих группах (отношение шансов (ОШ): 0.97, 95 % ДИ 0.64–1.45, $p = 0.86$) [9].

Многообещающие результаты, полученные в ходе совокупных исследований за последнее десятилетие, подтвердили, что ω -3 ПНЖК могут быть использованы для профилактики или даже лечения таких аутоиммунных заболеваний, как диабет 1-го типа, ревматоидный артрит, системная красная волчанка, рассеянный склероз. Несомненно, многие полезные свойства ω -3 ПНЖК связаны с их противовоспалительным действием, однако могут действовать и другие механизмы, например, регуляция активности mTOR, который является ключевым регулятором клеточного метаболизма [10].

Исходя из этого, поиск новых масличных видов растений, оценка их ресурсного потенциала и возможностей культивирования в настоящее время актуально и перспективно.

S. australis мало изученное растение и по имеющимся данным перикарп содержит до 45 % жирных масел [11; 12], а семена – 45 % невысыхающих масел [13].

Масло из перикарпа и семян данного вида не исследовано на содержание жирных кислот, отсутствуют сведения по физико-химическим характеристикам других составляющих. В настоящее время в доступной литературе мало информации по биохимическому составу жирных масел из перикарпа и семян *S. australis*.

Теоретическая значимость исследования – апробация подходов к оценке внутривидовой и межвидовой дифференциации особей по содержанию жирных кислот, как главных компонентов липидов, представляющих интерес в медицине, а также изучение изменчивости состава в зависимости от высотных условий произрастания растений.

Цель работы – Изучение изменчивости биохимического состава жирных масел из перикарпа и семян *Swida australis* в зависимости от высотных условий произрастания природных популяций для оценки как ресурсного вида в области медицины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В период полевых работ в 2016–2023 гг. изучен ареал вида в Дагестане и отобраны плоды *S. australis* вдоль высотного уровня произрастания популяций: 15 м (парк им. Ленинского Комсомола, г. Махачкала), 620 м (Могохский мост, Гергебельский район) и 1000 м (Куппинский перевал, Гунибский район), а также определены координаты для последующих наблюдений. Для извлечения липидов использован метод циркуляционного экстрагирования, который заключается в многократном экстрагировании растительного сырья одной и той же порцией летучего экстрагирующего вещества (экстрагента) в замкнутом цикле. Метод осуществляется в аппарате Сокслета и применяется в случае использования летучего экстрагента – n -гексан и термически устойчивых действующих веществ [14].

Гексановый экстракт был освобожден от присутствующей влаги осушителем – безводным сульфатом натрия и отфильтрован. После вакуумной отгонки экстрагента, на роторном испарителе, получен жирнокислотный липофильный экстракт. Образец полученной массы последовательно подвергнут

превращениям: омылению действием твердой гранулы едкого калия в течение 24 часов, далее проведена этерификация. Этерификацию полученных производных проводили кипячением в метиловом спирте в присутствии 10 % концентрированной серной кислоты (H_2SO_4) в течение 90 минут в колбе с обратным холодильником. Из этерифицированного состава экстрагированы липидные компоненты гексаном. После удаления влаги, фильтрования и концентрирования подготовлен состав для количественного и качественного анализа на хроматомасс-спектрометре [15].

Для раздельного определения выхода компонентов из семян из перикарпа нами была разработана новая технология их отделения. Способ заключается в механическом встряхивании исследуемых плодов в дистиллированной воде, нагретой до 40° С вместе с шариками диаметром 0,5 см из диоксида циркония или из нержавеющей стали. В качестве емкости для встряхивания использовали посуду из прозрачного толстостенного полиэтилена низкого давления с закрывающейся резьбовой крышкой на один литр [16]. Для сравнительной количественной экстракции использован метод Фолча, где в качестве экстрагента служит смесь хлороформа и метанола (2:1) при соотношении растворителя 20 на одну часть ткани, а для выделения нейтральных и общих липидов использован экстрагент-гексан. После определения выхода масла, одна часть его использована для определения триглицеридного состава, методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектором (ВЭЖХ), а другую часть масла переводили в метиловые эфиры для определения кислотного состава липидов методом хроматомасс-спектрометрии (ГХ/МС) [14].

Качественный анализ гексановых экстрактов липидных комплексов в форме метиловых эфиров жирных кислот проводили путем анализа хроматограмм, полученных в режиме полного ионного тока, в диапазоне сканирования 30–550 м/е. Режим программирования температуры: 70°С / 5 мин 10°С / 1 мин / 210°С / 25 мин. Температура испарителя 230°С, температура интерфейсной линии 210°С, ввод пробы ручное 1 мкл с делением потока 1:10, скорость потока газ-носителя Helios 1 мл/мин, энергия ионизации 70 эВ, температура ионного источника 250°С. Для проведения анализа была использована капиллярная кварцевая полярная колонка (50 м x 0.25 мм) с неподвижной жидкой фазой-FARP. Качественный анализ проводили путем сравнения полученных масс-спектров с библиотекой спектров NIST 98.

Оценку качества масла проводили определением кислотного числа и числа омыления. Кислотное число определяли титрованием масла в присутствии индикатора фенолфталеина в органических растворителях (диэтиловый эфир + этанол) 2:1 гидроксидом калия (KOH) и представили в мг израсходованного на нейтрализацию свободных кислот, содержащихся в 1 грамме масла [14].

Число омыления масла определяли титриметрическим методом по количеству израсходованного KOH для нейтрализации 1 грамма жира. Масло свидины из перикарпа имело темный оттенок, что затрудняло возможность четко определить

точку перехода цвета индикатора при титровании. Для точного определения точки перехода исходное количество масла было уменьшено в 10 раз и доведено до 0.2 граммов. Концентрация KOH, также была уменьшена в 10 раз по сравнению с методикой оценки числа омыления масла.

Статистический анализ полученных результатов выполнялся с использованием программы IBM SPSS Statistics Version 22. Для оценки корреляции между показателями содержания триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений в липофильном экстракте мякоти свидины и высотного уровня произрастания использовался метод Пирсона (при значениях коэффициента корреляции 0.1–0.3 связь считалась слабой, 0.3–0.5 – умеренной, 0.5–0.7 – заметной, 0.7–0.9 – высокой, 0.9–0.99 – весьма высокой) при уровне достоверности $p < 0.05$ [17].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен биохимический состав масла в зависимости от полярности экстрагента. Установлены различия по выходу и биохимическому составу компонентов, как по высотному градиенту над уровнем моря, так и внутри популяций.

Как видно из таблицы 1, в перикарпе плодов свидины дерева №3 с Куппинского перевала содержится десять жирных кислот, из них ненасыщенных жирных кислот шесть (ω -6, ω -3, ω -9), сумма которых составила 78.61 %, насыщенных жирных кислот четыре (C_{14} , C_{16} , C_{17} , C_{18}) – 20.79 %. Значительная часть ненасыщенных жирных кислот составляет олеиновая кислота (ω -9) – 45.01 %, содержание ω -6 и ω -3 – 33.6 %. Линоленовая кислота (ω -3) представлена в значительно меньшем количестве и составляет 2.3 %. Следовательно, значительное содержание ненасыщенных жирных кислот позволяет оценить полученные из перикарпа свидины липиды как биологически активные соединения.

Интерес представляет липидный состав экстракта перикарпа плодов свидины и с дерева № 4 (Куппинский перевал). Так, в составе липидов этого дерева также обнаружены десять жирных кислот, из них насыщенных пять (C_{14} , C_{15} , C_{16} , C_{17} , C_{18}), их суммарное процентное содержание составило 15.15 %. По содержанию ненасыщенных жирных кислот (ω -6, ω -3, ω -9) дерево №4 превосходит дерево №3 на 5 % и составляет 84.07 %. Содержание ω -9 в образце в сравнении с остальными ненасыщенными кислотами наибольшее и составляет 46.97 %. Сумма ω -6 и ω -3 составляет 36.9 %. Содержание ω -3 составило 4.03 %. Липиды богаты содержанием линоленовой кислоты, из чего следует, что перикарп плодов с дерева № 4 превосходит по всем полезным составляющим дерево № 3.

В липидах перикарпа свидины дерева № 15 с Могохского моста, обнаружено двенадцать компонентов, которые представлены исключительно жирными кислотами. По количеству ω жирных кислот этот образец занимает промежуточное положение, по сравнению с образцами, отобранными на Куппинском перевале. Содержание ω ненасыщенных жирных кислот (ω -6, ω -3, ω -9) составило 78.0 %. Содержание ω -9 в этом образце доходит до максимального значения и составляет 49.3 %. Сумма ω -6 и ω -3 составляет 27.68 %, а содержание ω -3 – 3.05 %. Насыщенных жирных кислот

выделилось всего четыре (C_{14} , C_{16} , C_{17} , C_{18}) и их суммарное процентное содержание составило 21.43 %.

В составе жирного масла перикарпа плодов свидины в пробе, отобранной в парковой зоне г. Махачкалы, выявлены шестнадцать веществ. В составе масла обнаружены предельные углеводороды C_{27} и C_{31} в сумме 0.32 %, янтарная кислота в пределах 0.26 % и метоксиуксусная кислота в количестве 0.17 %. Всего ω жирных кислот одиннадцать. Хотя сумма семи ненасыщенных жирных кислот (ω -6, ω -3, ω -9) из всех образцов наименьшая – 76.5 %, но в составе масла, выделенного из пробы, обнаружено наибольшее содержание ω , ω -6 и ω -3 – 39.6 %. Содержание ω -9 в этом образце составило 36.9 %, ω -3 – 2.27 %. Насыщенных жирных кислот выделилось всего четыре (C_{14} , C_{16} , C_{17} , C_{18}) и их суммарное процентное содержание составило 23.52 %.

Как видно из таблицы 2 в семенах свидины дерева №3 с Куппинского перевала содержится восемнадцать компонентов из них ненасыщенные жирные кислоты (ω -6, ω -3, ω -9) девять, сумма которых составила 87.07 %, насыщенных кислот четыре (C_8 , C_{16} , C_{17} , C_{18}) – 3.92 %. Значительная часть ненасыщенных жирных кислот составляет ω -9, в количестве 39.67 %. Содержание ω -6 и ω -3 составляет 47.4 %; ω -3 представлена в значительно меньшем количестве и составляет 0.81 %.

В семенах плодов свидины дерева №4 с Куппинского перевала выделено тринадцать кислот, из них ненасыщенных жирных кислот семь, которые в сумме составили 88.92 %, а насыщенных кислот (C_8 , C_9 , C_{14} , C_{16} , C_{19} , C_{24}) шесть (9.5 %), доля ω -9 составила 8.77 %. Содержание ω -6 и ω -3 – 80.15 %, ω -3 представлена в значительно меньшем количестве и составляет 0.38 %.

В образце с Могоха содержится десять кислот, из них ненасыщенных кислот (ω -6, ω -3, ω -9) шесть, сумма которых составляет 81.74 %, и насыщенных кислот четыре (C_8 , C_9 , C_{16} , C_{18}) – 16.32 %. Содержание ω -9 составляет 41.51 %, ω -6 и ω -3 – 40.23 %, ω -3 представлена в значительно большем количестве и составляет 40.09 %.

Исходя из полученных результатов, можно отметить, что общее количество ненасыщенных жирных кислот в перикарпе свидины среди образцов деревьев распределилось неравномерно. Выделяется дерево № 4 с Куппинского перевала в состав его перикарпа вошло наибольшее количество ненасыщенных жирных кислот (84.07 %), промежуточное положение заняли деревья №3 с Куппинского перевала (78.61 %) и дерево № 15 с Могохского моста (78.0 %) и крайнее дерево № 1 с парка г. Махачкалы (76.5 %). При этом количество ω -9 было наибольшим в перикарпе свидины с Могохского моста (49.3 %), средним в перикарпе дерева №4 (46.97 %) и дерева № 3 (45.01 %) с Куппинского перевала, и низким с парка г. Махачкалы (36.9 %).

По количеству ПНЖК ω -6 и ω -3 дерево № 1 с парка г. Махачкалы (39.6 %) и с дерева №4 Куппинского перевала показали наибольший и примерно одинаковый результат (36.9 %), среднее значение показала проба с дерева № 3 Куппинского перевала – 33.6 % и наименьшее проба с дерева № 15 Могохского моста – 27.68 %. По количеству ω -3 выделилось дерево № 4 с Куппинского перевала – 4.03 %, в дереве № 15 с

Могохского моста ее количество составило среднее значение 3.05 %, в деревьях № 1 с парка г. Махачкалы и № 3 с Куппинского перевала ее содержание было наименьшим – 2.27 и 2.3 % соответственно.

Что касается содержания ненасыщенных жирных кислот в семенах свидины результаты показали следующее: наибольшее количество выявлено у дерева № 4, с Куппинского перевала (88.92 %), промежуточное положение заняло дерево № 3 также с Куппинского перевала (87.07 %) и наименьшее количество показало дерево № 15, с Могохского моста (81.74 %). У дерева № 15 (Могохского мост) обнаружено наибольшее количество ω -9 (41.51 %), среднее значение – у дерева № 3 с Куппинского перевала (39.67 %) и минимальный показатель у дерева № 4 с Куппинского перевала (8.7 %). По содержанию ПНЖК образцы распределились следующим образом, дерево № 4 с Куппинского перевала (80.15 %), дерево № 15 с Могохского моста (40.23 %) и дерево № 3 с Куппинского перевала (47.4 %). Наибольшее количество ω -3 показал образец с Могохского моста (40.09 %), промежуточное – дерево № 3 с Куппинского перевала (0.81 %) и низкое значение дерево № 4 с Куппинского перевала (0.38 %).

В таблице 3 приведены результаты учета количественного содержания углеводов, триацилглицеридов и биологически активных соединений (ПНЖК) в липофильном экстракте образцов перикарпа свидины в зависимости от высотного градиента.

Результаты анализа корреляционной взаимосвязи между суммой показателей содержания триацилглицеридов, углеводов и местом отбора продемонстрировали, умеренную положительную связь $r = 0.334$, но достоверность данной корреляции статистически не значима ($p > 0.05$), что указывает на то, что их содержание не зависит от высотного уровня мест произрастания.

Анализ взаимосвязи между суммой биологически активных соединений и местом отбора показали умеренную обратную связь $r = -0.350$, данная корреляция также статистически не значима ($p > 0.05$) и их содержание не зависит от места произрастания.

Исследование показало, что в среднем 65.5 % состава перикарпа свидины, составили триацилглицериды и углеводороды, а на долю биологически активных соединений пришлось 34.5 %.

Процентное содержание триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений в липофильном экстракте образцов семян свидины, отобранных из различных мест произрастания, приведено в таблице 4.

Результаты анализа корреляционной взаимосвязи между суммой показателей содержания триацилглицеридов, углеводов и суммой биологически активных соединений в липофильном экстракте семян свидины и местом отбора продемонстрировали заметную обратную связь ($r = -0.639$), но и эта связь статистически не доказана при $p > 0.05$.

В случае семян доля биологически активных соединений больше, чем в перикарпе и в среднем составляет около 55 %, а количество триацилглицеридов и углеводов в среднем меньше и составляет 44.07 %.

Таблица 1. Состав липофильного экстракта перикарпа свидины
Table 1. Composition of lipophilic extract of *S. australis* pericarp

Название вещества Name of substance	Куппинский перевал, Дерево №3 Kuppinsky pass, tree №3				Могохский мост, Дерево №15 Mogoh Bridge, tree №15				г. Махачкала, Дерево №1 Makhachkala, tree №1			
Химическая формула Chemical formula	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)
Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	3.665	0.03	3.665	0.03	0	0	0	0	0	0	0
Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	4.058	0.01	4.058	0.03	0	0	0	0	0	0	0
Methyl tetradecanoate	C ₁₄ :0	0	0	0	5.512	0.10	5.949	0.10	0	0	0	0
2-Propenoic acid, pentadecyl ester	C ₃ :1	0	0	0	6.340	0.1	0	0	0	0	0	0
Methyl tetradecanoate	C ₁₄ :0	6.469	0.04	6.469	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentadecanoic acid, methyl ester	C ₁₅ :0	0	0	7.661	0.06	0	0	0	0	0	0	0
Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₆ :0	9.297	18.00	9.457	13.80	9.420	8.587	20.76	0	0	0	0
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	C ₁₆ :1 ω-6	9.826	1.00	10.084	1.83	9.900	9.103	1.74	0	0	0	0
Heptadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ :0	10.336	0.15	11.332	0.27	10.487	10.444	0.17	0	0	0	0
cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	C ₁₇ :1 ω-6	0	0	0	0	11.990	11.126	0.09	0	0	0	0
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	C ₁₈ :2 ω-6	0	0	0	0	13.816	0	0	0	0	0	0
Methyl stearate	C ₁₈ :0	13.970	2.60	14.499	0.96	14.013	13.063	2.49	0	0	0	0
8-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₈ :1 ω-9	15.028	42.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9-Octadecenoic acid (Z), methyl ester	C ₁₈ :1 ω-9	15.126	2.59	15.612	46.97	15.427	49.3	14.065	35.68
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C ₁₈ :2 ω-6	16.780	30.30	18.040	31.04	17.093	20.43	15.848	35.50
9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-	C ₁₈ :3 ω-3	19.332	2.30	20.272	4.03	19.565	3.05	18.957	2.27
Succinic acid	C ₂ H ₄ (COOH) ₂	0	0	0	0	0	0	19.451	0.26
Acetic acid, 2-ethylbutyl ester	C ₂ :0	21.176	0.10	22.277	0.15	0	0	0	0
Methyl 18-methylnonadecanoate	C ₂₀ :0	22.415	0.21	22.670	0.24	22.295	0.18	21.069	0.23
cis-11-Eicosenoic acid, methyl ester	C ₂₀ :1 ω-9	0	0	0	0	23.216	0.36	22.403	0.46
Methyl 9-eicosenoate	C ₂₁ :1 ω-9	23.507	0.10	23.961	0.20	0	0	0	0
Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	25.325	0.05	25.468	0.08	24.698	0.20	23.694	0.20
Methoxyacetic acid, 2-pentadecyl ester	CH ₃ OCH ₂ COOH (CH ₃)C ₁₃ H ₂₇	0	0	0	0	25.870	0.17	25.754	0.17
Dibutyl phthalate	C ₈ H ₄ (COOBu) ₂	27.370	0.20	27.589	0.25	0	0	0	0
Oleic Acid	C ₁₈ :1 ω-9	0	0	0	0	27.751	0.66	27.844	0.76

Таблица 2. Состав липофильного экстракта семян свидаины
Table 2. Composition of lipophilic extract of *S. australis* seeds

Название вещества Name of substance	Химическая формула Chemical formula	Куппинский перевал, дерево №3 Kuppinsky pass, tree №3				Куппинский перевал, дерево №4 Kuppinsky pass, tree №4				Могохский мост, дерево №15 Mogoh Bridge, tree №15			
		Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)	Время выхода пиков (мин) Peak release time (min)	Доля вещества (%) Proportion of substance (%)
Octanoic acid, methyl ester		C ₈ :0	3.247	2.17	3.241	0.52	3.234	0.83					
2,4-Decadienal		C ₁₀ H ₁₆ O	0	0	4.790	0.71	4.790	1.17					
Heptanoic acid		C ₇ :0	0	0	0	0	5.061	0.07					
4-Tetradecene, (E)-		C ₁₄ H ₂₈	0	0	0	0	5.540	0.09					
Oxalic acid, cyclobutyl heptadecyl ester		C ₄ H ₇ COO-COOC ₁₉ H ₃₉	5.325	0.05	0	0	0	0					
Methyl 8-oxooctanoate		CH ₃ COO (CH ₂) ₆ CHO	6.487	0.14	6.229	0.04	6.223	0.16					
Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester		C ₁₄ :0	0	0	6.481	0.05	0	0					
Nonanoic acid, 9-oxo-, methyl ester		C ₁₀ H ₁₈ O ₃	7.422	1.83	7.379	0.21	7.385	1.76					
10-Undecenoic acid, methyl ester		C ₁₁ :1	0	0	0	0	9.149	0.21					
Hexadecanoic acid, methyl ester		C ₁₆ :0	0	0	9.395	7.92	9.340	9.52					
7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-		C ₁₆ :1 ω-9	8.891	0.04	0	0	0	0					
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-		C ₁₆ :1 ω-6	9.475	9.33	9.758	0.14	9.850	0.14					
Hexadecanoic acid, ethyl ester		C ₁₆ :0	9.900	0.51	0	0	0	0					
Cyclotetradecane		C ₁₄ H ₂₈	0	0	12.519	0.05	0	0					
9-Borabicyclo[3.3.1]nonane, 9-hydroxy-		C ₈ H ₁₄ B	0	0	0	0	12.525	0.13					
Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester		C ₁₇ :0	11.289	0.06	0	0	0	0					
Phenylthio 4-methylpent-3-enoate		C ₆ H ₅ SOCOCH ₂ CH=C(C H ₃) ₂	12.550	0.17	0	0	0	0					
Methyl stearate		C ₁₈ :0	14.339	1.18	0	0	14.222	3.39					
cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester		C ₁₈ :1 ω-6	0	0	15.482	30.42	0	0					
7-Octadecenoic acid, methyl ester		C ₁₈ :1 ω-9	0	0	15.648	8.25	0	0					
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester		C ₁₈ :1 ω-9	15.673	39.10	0	0	15.273	38.77					
9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester		C ₁₈ :2 ω-6	17.776	36.96	17.702	48.92	17.155	39.93					

9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-	C ₁₈ :3 ω-3	19.670	0.44	19.620	0.38	19.399	0.16
Tetracosanoic acid, methyl ester	C ₂₄ :0	0	0	21.557	0.66	0	0
Methyl 18-methylnonadecanoate	C ₂₀ :0	0	0	22.369	0.13	0	0
cis-11-Eicosenoic acid, methyl ester	C ₂₀ :1 ω-9	23.839	0.53	23.771	0.52	23.636	0.54
1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0	0	0	0	27.337	0.27
Dibutyl phthalate	C ₈ H ₄ (COOH) ₂	0	0	27.411	0.19	0	0
Octadecanoic acid	C ₁₈ :0	0	0	0	0	31.647	0.66
Oleic Acid	C ₁₈ :1 ω-9	0	0	0	0	39.899	2.20
6,9,12-Octadecatrienoic acid, methyl ester	C ₁₈ :3 ω-6	0	0	40.169	0.29	0	0
Methyl 6-cis,9-cis,11-trans-octadecatrienoate	C ₁₉ H ₃₂ O ₂ ω-6	35.447	0.18	0	0	0	0
Methyl 9-cis,11-trans,13-trans.-octadecatrienoate	C ₁₉ H ₃₂ O ₂ ω-3	37.206	0.37	0	0	0	0
Nonanedioic acid, dimethyl ester	C ₁₁ H ₂₀ O ₄	40.120	1.18	0	0	0	0
Cyclopropanecarbal, 2-octyl-	C ₁₉ H ₃₆ O	0	0	41.042	0.16	0	0
cis-13-Eicosenoic acid	C ₂₀ :1 ω-6	42.174	0.12	0	0	0	0

Таблица 3. Процентное содержание триацилглицеридов, углеводородов и биологически активных соединений в липофильном экстракте перикарпа свидины в зависимости от высоты над уровнем моря
Table 3. Percentage content of triacylglycerides, hydrocarbons and biologically active compounds in the lipophilic extract of *S. australis* pericarp depending on the altitude above sea level

№	Место отбора образца Sample collection location	Высота над у.м. (м) Altitude (m)	Сумма триацилглицеридов (%) Sum of triacylglycerides (%)	Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Уровень значимости корреляции Value of the correlation coefficients	Сумма биологически активных соединений (ПНЖК) (%) Sum of biologically active compounds (PUFAs) (%)	Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Уровень значимости корреляции Value of the correlation coefficients
1	Купинский перевал, дерево №3 Kurpinsky Pass, tree №3	1000	66.4			33.6		
2	Купинский перевал, дерево №4 Kurpinsky Pass, tree №4	1000	63.1			36.9		
3	Могохский мост, дерево №15 Mogoh Bridge, tree №15	620	72.32	0.334	0.666	27.68	- 0.350	0.650
4	Махачкала, дерево № 1 Makhachkala, tree №1	15	60.4			39.6		
5	Среднее Average		65.5			34.5		

Таблица 4. Количественное содержание триацилглицеридов, углеводородов и биологически активных соединений в липофильном экстракте семян свидины в зависимости от условий произрастания
Table 4. Percentage content of triacylglycerides, hydrocarbons and biologically active compounds in the lipophilic extract of *S. australis* seeds depending on the altitude above sea level

№	Место отбора образца Sample collection location	Высота над уровнем моря (м) Altitude (m)	Сумма углеводородов и триацилглицеридов (%) Sum of hydrocarbons and triacylglycerides (%)	Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Уровень значимости корреляции Value of the correlation coefficients	Сумма биологически активных соединений (ПНЖК) (%) Sum of biologically active compounds (PUFAs) (%)	Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Уровень значимости корреляции Value of the correlation coefficients
1	Могохский мост, дерево №15 Mogoh Bridge, tree №15	620	59.77			40.23		
2	Кулпинский перевал, дерево №4 Kuppinsky Pass, tree №4	1000	19.85	- 0.639	0.559	80.15	0.639	0.559
3	Кулпинский перевал, дерево №3 Kuppinsky Pass, tree №3	1000	52.6			47.4		
5	Среднее Average		44.07			55.92		

ВЫВОДЫ

Впервые показано, что свидина южная является перспективной масличной культурой с точки зрения применения в медицине в связи с присутствием в составе масла триацилглицеридов и углеводов, а также биологически активных соединений (ПНЖК), таких как омега ненасыщенные жирные кислоты.

Для комплексного извлечения ценных компонентов свидины южной целесообразно вначале осуществлять экстракцию всех липидов методом Фолча, а затем проводить экстракцию триацилглицеридов и углеводов с использованием гексана, с целью их разделения на биологически активные соединения, такие как полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК).

Результаты анализа, как семян, так и перикарпа свидины позволяют предположить, что содержание триацилглицеридов, углеводов и биологически активных соединений определяется генетической особенностью растений данного вида и не зависит от высоты над уровнем моря мест произрастания растений.

БИЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабаев А.А., Винберг Г.Г., Заварзин Г.А. Биологический энциклопедический словарь. Москва: Советская Энциклопедия, 1986. 831 с.
2. Шишкина Б.К. Флора СССР. Москва: Академия наук СССР, 1951. 390 с.
3. Карпукхин М. Ю., Абрамчук А.В. Садово-парковое и ландшафтное искусство: Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2013. 612 с.
4. Elagizi A., Lavie C.J., O'Keefe E., Marshall K., O'Keefe J.H., Milani R.V. An Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Health // *Nutrients*. 2021. V. 13. N 1. P. 204. doi: 10.3390/nu13010204
5. Shahidi F., Ambigaipalan P. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits // *Annual Review of Food Science and Technology*. 2018. V. 25. N 9. P. 345–381. doi: 10.1146/annurev-food-111317-095850
6. Gao Z., Zhang D., Yan X., Shi H., Xian X., Effects of omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Coronary Atherosclerosis and Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022. V. 9. Article ID: 904250. doi: 10.3389/fcvm.2022.904250
7. Khan S.U., Lone A.N., Khan M.S., Virani S.S., Blumenthal R.S., Nasir K., Miller M., Michos E.D., Ballantyne C.M., Boden W.E., Bhatt D.L. Effect of omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis // *EClinicalMedicine*. 2021. V. 38. Article ID: 100997. doi: 10.1016/j.eclim.2021.100997
8. Rodriguez D., Lavie C.J., Elagizi A., Milani R.V. Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health // *Nutrients*. 2022. V. 14. N 23. Article ID: 5146. doi: 10.3390/nu14235146
9. Deng W., Yi Z., Yin E., Lu R., You H., Yuan X. Effect of omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation for patients with osteoarthritis: a meta-analysis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2023. V. 18. N 1. Article ID: 381. doi: 10.1186/s13018-023-03855-w
10. Li X., Bi X., Wang S., Zhang Z., Li F., Zhao A. Z. Therapeutic Potential of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids in Human Autoimmune Diseases // *Front Immunol*. 2019. V. 10. Article ID: 2241. doi: 10.3389/fimmu.2019.02241
11. Газиев М.А., Мусаев А.М., Залибеков М.Д., Раджабов Г.К. Перспективы использования биоресурсов некоторых видов дендрофлоры Дагестана // *Известия Дагестанского*

государственного педагогического университета.

Естественные и точные науки. 2008. N 3. С. 27–32.

12. Гроссгейм А.А. Растительные ресурсы Кавказа. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1946. 456 с.

13. Комаров В.Л. *Флора СССР*. Ленинград: Изд-во АН СССР, 1935. 397 с.

14. Рабаданов Г.А., Султанов Ю.М., Алхасов Б.А., Сулейманова Ф.В., Мусаев А.М., Исламова Ф.И. Исследование липидов свидины южной // Материалы V Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы», Махачкала, 23-26 октября, 2017. Т. 2. С. 171–176

15. Магомедмирзоева Р.Г. Интродукция амаранта в Южном дагестане и оценка его хозяйственно-полезных свойств по морфобиометрическим и биохимическим показателям. Махачкала: Изд-во ФАНЦ РД, 2019. 67 с.

16. Рабаданов Г.А., Сулейманова Ф.В., Мусаев А.М., Асваров А.Ш. Способ отделения мякоти от семян при переработке плодовой продукции. Патент РФ, RU 2676922 C2, 2016.

17. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва: «МедиаСфера», 2002. 312 с.

REFERENCES

1. Babaev A.A., Vinberg G.G., Zavarzin G.A. *Biologicheskii entsiklopedicheskii slovar'* [Biological Encyclopedic Dictionary]. Moscow, Sovetskaya Entsiklopetiya Publ., 1986, 831 p. (In Russian)
2. Shishkina B.K. *Flora SSSR* [Flora of the USSR]. Moscow, Akademiya nauk SSSR Publ., 1951, 390 p. (In Russian)
3. Karpukhin M.Yu., Abramchuk A.V. *Sadovo-parkovoe i landshaftnoe iskusstvo* [Gardening and landscape art]. Ekaterenburg, Ural'skii GAU Publ., 2013, 612 p. (In Russian)
4. Elagizi A., Lavie C.J., O'Keefe E., Marshall K., O'Keefe J.H., Milani R.V. An Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Health. *Nutrients*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 204. doi: 10.3390/nu13010204
5. Shahidi F., Ambigaipalan P. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2018, vol. 25, no. 9, pp. 345–381. doi: 10.1146/annurev-food-111317-095850
6. Gao Z., Zhang D., Yan X., Shi H., Xian X., Effects of omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Coronary Atherosclerosis and Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2022, vol. 9, article id: 904250. doi: 10.3389/fcvm.2022.904250
7. Khan S.U., Lone A.N., Khan M.S., Virani S.S., Blumenthal R.S., Nasir K., Miller M., Michos E.D., Ballantyne C.M., Boden W.E., Bhatt D.L. Effect of omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine*, 2021, vol. 38, article id: 100997. doi: 10.1016/j.eclim.2021.100997
8. Rodriguez D., Lavie C.J., Elagizi A., Milani R.V. Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health. *Nutrients*, 2022, vol. 14, no. 23, article id: 5146. doi: 10.3390/nu14235146
9. Deng W., Yi Z., Yin E., Lu R., You H., Yuan X. Effect of omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation for patients with osteoarthritis: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2023, vol. 18, no. 1, article id: 381. doi: 10.1186/s13018-023-03855-w
10. Li X., Bi X., Wang S., Zhang Z., Li F., Zhao A.Z. Therapeutic Potential of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids in Human Autoimmune Diseases. *Front Immunol*, 2019, vol. 10, article id: 2241. doi: 10.3389/fimmu.2019.02241
11. Gaziev M.A., Musaev A.M., Zalibekov M.D., Radzhabov G.K. Prospects for the use of bioresources of some species of dendroflora in Dagestan. *Izvestiya Dagestanskogo*

gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta.

Estestvennye i tochnye nauki [Dagestan state pedagogical university journal Nature and Exact Sciences]. 2008, no. 3, pp. 27–32. (In Russian)

12. Grossgeim A.A. *Rastitel'nye resursy Kavkaza* [Plant resources of the Caucasus]. Baku, AN Azerb. SSR Publ., 1946, 456 p.

13. Komarov V.L. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Leningrad, AN SSSR Publ., 1935, 397 p. (In Russian)

14. Rabadanov G.A., Sultanov Yu.M., Alkhasov B.A., Suleymanova F.V., Musaev A.M., Islamova F.I. Issledovanie lipidov svidiny yuzhnoi [Investigation of svidina yuzhnaya lipids]. *Materialy V Mezhdunarodnoi konferentsii «Vozobnovlyаемая энергетика: проблемы и перспективы», Makhachkala, 23-26 oktyabrya, 2017* [Proceedings of the V International Conference "Renewable Energy: problems and Prospects", Makhachkala, 23-26 October, 2017]. Makhachkala, 2017, vol. 2, pp. 171–176. (In Russian)

15. Magomedmirzoeva R.G. *Introduktsiya amaranta v Yuzhnom Dagestane i otsenka ego khozyaistvenno-poleznykh svoystv po morfobiometricheskim i biokhimicheskim pokazatelyam* [Introduction of amaranth in Southern Dagestan and assessment of its economically useful properties by morphobiometric and biochemical parameters]. Makhachkala, FASC of the RD Publ., 2019, 67 p. (In Russian)

16. Rabadanov G.A., Suleimanova F.V., Musaev A.M., Asvarov A.S. *Sposob otdeleniya myakoti ot semyan pri pererabotke plodovoi produktsii* [Method for separating flesh from seeds during processing of fruits]. Patent RF, no. 2676922 C2, 2016.

17. Rebrova O.J. *Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA* [Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTICA application software package]. Moscow, Mediasphere Publ., 2000, 312 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Фарида В. Сулейманова составила концепцию работы, проанализировала и обобщила данные литературы, собрала материал, работала с ним, написала текста рукописи и сформулировала выводы. Загирбег М. Асадулаев и Азиз Б. Исмаилов составили концепцию работы, отредактировали текст, участвовали в формулировке выводов, утвердили окончательную версию рукописи для публикации. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Farida V. Suleimanova conceptualised the study, drafted the manuscript, collected and worked with the material, designed the manuscript, formulated the conclusions, analysis and generalisation of the literature data. Zagirbeg M. Asadulaev and Aziz B. Ismailov are conceptualised the study, edited the text, participated in the formulation of conclusions and approved the final version of the manuscript for publication. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Фарида В. Сулейманова / Farida V. Suleimanova <https://orcid.org/0009-0003-4266-8770>

Загирбег М. Асадулаев / Zagirbeg M. Asadulaev <https://orcid.org/0000-0001-5370-6611>

Азиз Б. Исмаилов / Aziz B. Ismailov <https://orcid.org/0000-0003-0563-0004>