

DOI 10.31029/vestdnc98/8

УДК 582.894 (470.67)

СВИДИНА ЮЖНАЯ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СКВАЛЕНА

Ф. В. Сулейманова, ORCID: 0009-0003-4266-8770

А. Б. Исмаилов, ORCID: 0000-0003-0563-0004

Горный ботанический сад Дагестанского федерального
исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

SWIDA AUSTRALIS AS A POTENTIAL SOURCE OF SQUALENE

F. V. Suleimanova, ORCID: 0009-0003-4266-8770

A. B. Ismailov, ORCID: 0000-0003-0563-0004

Mountain Botanical Garden of the Daghestan Federal
Research Centre of RAS, Makhachkala, Russia

Аннотация. На сегодняшний день известно, что сквален обладает противораковой, антиоксидантной, детоксицирующей, увлажняющей и смягчающей кожу активностью. Кроме того, он действует как защитное средство и уменьшает побочные эффекты химиотерапии, усиливает иммунный ответ на различные ассоциированные антигены. Вследствие этого представляется актуальным поиск новых источников сквалена, одним из которых может быть масло из семян свидины южной. В статье показана возможность определения сквалена методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, который позволяет проводить одновременное разделение сложных проб на составляющие их компоненты и выделить сквален высокой чистоты. Установлено, что выход жирного масла из семян *S. australis* в общем составил 27,32% с долей сквалена 9% от указанного. После однократного пропускания масла через колонку удалось увеличить содержание сквалена до 52,309% по сравнению с исходными показателями.

Abstract. Nowadays, squalene is recognized for its diverse biological activities, including anti-cancer, antioxidant, detoxifying, and skin-moisturizing effects. It also acts as a protective agent, mitigating the side effects of chemotherapy and enhancing the immune response to various antigens. Given these properties, identifying novel sources of squalene is of significant relevance, with common dogwood oil representing a potential candidate. This study demonstrates a method for quantifying squalene using preparative high-performance liquid chromatography. This technique enables the simultaneous separation of complex mixtures and the isolation of high-purity compounds. After three purification passes, high-purity squalene was isolated. The yield of fatty oil extracted from *S. australis* seeds was 27.32%, with an initial squalene content of 9% relative to the total oil mass. A single pass through the chromatographic column increased the squalene concentration to 52.309% of the total sample.

Ключевые слова: сквален, высокоэффективная жидкостная хроматография, свидина южная, биоресурсный потенциал.

Keywords: Squalene, high-performance liquid chromatography, C18, common dogwood, bioresource potential.

Введение

Перспективным и актуальным направлением в выявлении биологических ресурсов является поиск новых масличных видов растений, оценка их ресурсного потенциала, возможность культивирования, изучение биологически активных соединений и создание новых лечебных или профилактических препаратов на их основе.

В контексте представленных выше направлений исследований нами проводятся работы по выявлению биоресурсного потенциала свидины южной в Дагестане. В статье приведены результаты определения сквалена в составе жирных масел семян свидины южной, проведен сравнительный анализ содержания сквалена в составе масел различных видов растений и обзор его потенциала в области медицины.

Цель исследования – поиск новых растений с высоким содержанием сквалена во флоре Дагестана.

Значение и источники сквалена

Сквален – изопреноидное соединение, природный ненасыщенный углеводород, структурно схожий с бета-каротином, является промежуточным метаболитом синтеза холестерина [1]. Он представляет собой бесцветное масло, без вкуса и запаха, отличающееся химической и физической стабильностью, высокой температурой кипения (210–215° С при давлении 1 мм рт. ст.) [2].

На сегодняшний день известно о противораковой, антиоксидантной, детоксицирующей, увлажняющей и смягчающей кожу активности сквалена, что подтверждено как на животных, так и в условиях *in vitro*. Согласно многообещающим результатам исследований сквален считается важным веществом для

практического и клинического применения с огромным потенциалом в нутрицевтической и фармацевтической промышленности [3]. Сквален усиливает иммунный ответ на различные ассоциированные антигены, и поэтому его исследуют для применения в качестве средства доставки вакцин [4].

Стоит отметить кардиопротекторные свойства сквалена, о которых сказано в систематическом обзоре, включающем результаты 18 исследований на животных и 3 на людях [5]. Из них одно исследование на людях показало положительный эффект при сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ), в то время как два других исследования дали противоречивые результаты. При этом большинство исследований на животных (15 из 18) показали положительный эффект сквалена при ССЗ. Подобные полезные свойства обусловлены высоким содержанием двойных связей в его структуре [5].

Что касается потенциала в лечении ССЗ, был сделан вывод, что сквален, как промежуточный предшественник холестерина, по-видимому, оказывает гипохолестеринемический эффект, подавляя ГМГ-КоА-редуктазу [5]. Влияние сквалена на липидный профиль и другие связанные с ним параметры требуют дальнейшего изучения [5].

Основным источником сквалена все еще является жир печени глубоководных акул, где его содержание может достигать от 60 до 90% [2, 7]. Известно, что, несмотря на большое содержание сквалена, печень акулы содержит значительное количество токсинов, ядов и тяжелых металлов, которые опасны для человека [6]. Учитывая мировую тенденцию к ограничению вылова морских животных, такой способ получения сквалена может оказаться недопустимым [7], что требует поиска его альтернативных источников.

Свидина южная (*Swida australis* (С.А. Мей.) Pojark. ex Grossh.) является одним из видов, обладающих большим ресурсным и лечебным потенциалом. Это средний, до крупного, листопадный кустарник или деревце, распространенный в южной и средней полосе Европы, на западе Азии [8], на Кавказе, в Сибири, на Дальнем Востоке. Произрастает в подлеске светлых лиственных и смешанных лесов, среди кустарников на влажных местах. [5]. Масло, полученное из перикарпа и семян свидины, содержит биологически активные соединения, такие как полиненасыщенные жирные кислоты, одним из которых является сквален.

Материалы и методы

В Горном Дагестане вдоль высотного градиента для изучения биохимического состава жирных масел были отобраны плоды и семена *S. australis*. Предварительными исследованиями было определено, что наибольшая концентрация масла содержится в образце с 620 м над уровнем моря (Могохский мост, Гергебельский район).

Первоначально при работе с семенами была выявлена необходимость разработки эффективного метода их отделения от мякоти плодов. Метод заключается в механическом встряхивании плодов в дистиллированной воде, нагретой до 40°C, 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 [9]. Для экстракции масла из семян был использован метод циркуляционного экстрагирования, который заключается в многократном выделении растительного сырья на экстракторе Сокслета и применялся с использованием летучего экстрагента – n-гексана и термически устойчивых действующих веществ [10].

Определение сквалена проводили на жидкостном хроматографе с насосом высокого давления HPP 5001 и дифференциальным рефрактометрическим детектором RIDK 101. Полученные данные обрабатывали в программе «МультиХром 1.3». Масло семян свидины пропускали через колонку диаметром 1 см и высотой 10 см, заполненную сверхчистым модифицированным силикагелем C18, что обеспечивает более высокую эффективность разделения компонентов. В качестве подвижной фазы был использован химически чистый ацетон со скоростью подачи 1 см³/мин.

Для очистки колонку промывали изопропиловым спиртом, водным раствором ацетонитрила (20:80) и ацетоном. Для достижения чистоты сквалена масло семян свидины было однократно пропущено через колонку.

Сравнительный анализ содержания сквалена в растениях

В настоящее время одним из основных культивируемых растений, в семенах которого содержится сквален, считается амарант (*Amaranthus hybridus* L.). Данные, полученные из двух образцов семян сорта «Воронежский» методом газовой хроматографии (ГХ), показывают, что в масле из образца, выращенного в Волгоградской области, содержание сквалена составляет 9,4%, а из образца Алтайского

края – 6,5% [11]. А.А. Петровым [6] методом CO₂-экстракции получен сквален из семян амаранта с массовой долей 0,39–7,4%. В растениях амаранта, адаптированных к условиям Южного Дагестана, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии выделен сквален из семян сорта «Валентина» с долей 5,561%, а в сорте «Крепыш» – 10,4% [12].

Методом газовой-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ-МС) обнаружен сквален и в эксудате рылец лилии (*Lilium longiflorum* L., сорт «Белое небо») и табака (*Nicotiana tabacum* L. сорт «Гаванна SR1»). На 1 мг массы рыльца табака пришлось 0,18 нг, что в среднем составляет 0,000018%, а для лилии 0,29 нг, что в среднем составляет 0,000029% [13], в оливковом масле обнаружено до 0,82%, кукурузном масле – 0,028%, в масле виноградных косточек – 0,012% [6]. В оливковом масле, полученном в Крыму, концентрация сквалена отмечена на уровне 0,35–0,45 масс. % [14].

В работе Y. Song [15] в качестве возможного источника сквалена испытывали *Bacillus subtilis*, из которой методом газовой-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией получили и добились 29-кратного увеличения его выхода (с 0,26 до 7,5 мг/л).

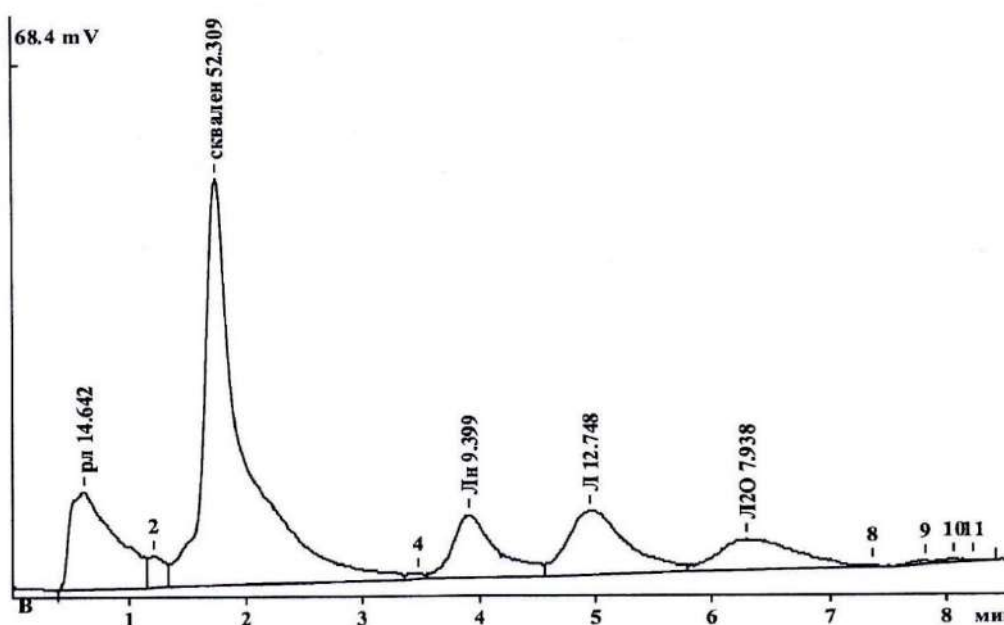
В таблице показано содержание сквалена в различных растительных маслах по данным литературных источников, а также полученного из семян свидины южной в ходе наших исследований.

Содержание сквалена в растительном сырье

Источник растительного материала	Авторы исследований	Образец	Растительный материал	Место произрастания	Содержание сквалена, %	Метод определения
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	[11]	сорт «Воронежский»	семя	Волгоградская область	9,4%	ГХ
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	[11]	сорт «Воронежский»	семя	Алтайский край	6,5%	ГХ
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	[6]	нет информации	семя	г. Кемерово	0,39–7,4%	–
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	[12]	сорт «Валентин»	семя	Южный Дагестан	5,6%	ВЭЖХ
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	[12]	сорт «Крепыш»	семя	Южный Дагестан	10,4%	ВЭЖХ
<i>Vitis</i> L.	[6]	нет информации	косточка	г. Кемерово	0,012%	–
<i>Zea Mays</i> L.	[6]	нет информации	зародыш	г. Кемерово	0,028%	–
<i>Lilium longiflorum</i> L.	[13]	сорт «Белое небо»	эксудат рылец	г. Москва	0,000029%	ГХ-МС
<i>Olea</i> L.	[6]	нет информации	плод	г. Кемерово	до 0,82%	–
<i>Olea</i> L.	[14]	сорт «Кореджоло»	плод	г. Ялта, Крым	0,35%	ВЭЖХ
<i>Olea</i> L.	[14]	сорт «Никитская крупноплодная»	плод	г. Ялта, Крым	0,45%	ВЭЖХ
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	[13]	сорт «Гаванна»	эксудат рылец	г. Москва	0,000018%	ГХ-МС
<i>Swida australis</i> L.	[собственный результат]	природная популяция	семя	Гергебильский район, Дагестан	9%	ВЭЖХ

Как видно из таблицы, содержание сквалена в культурном сорimente амаранта больше в сравнении с остальными растениями, достигая максимальных концентраций (10,4%) в масле сорта Крепыш. Но здесь стоит обратить внимание на незначительно меньшую концентрацию сквалена (9%) в масле семян свидины, полученных из природной популяции.

В целом выход жирного масла из семян свидины составил 27,32%. Далее фракции масла по 10 мл отделяли от растворителя путем отгонки при пониженном давлении на роторном испарителе. Для получения сквалена большей чистоты масло дополнительно пропустили через колонку, заполненную сверхчистым модифицированным силикагелем. Результаты показали увеличение содержания сквалена по сравнению с исходными показателями до 52,309% (см. рисунок). Содержание прочих триглицеридов составило 30,082% (трилинолеат 9,399%, линолеат 12,748%, дилинолеат олеат 7,938%).



Содержание сквалена после повторного пропускания масла семян свидины южной через колонку

Примечание: растворитель гексан, Лн – трилинолеат, Л – линолеат, Л₂О – дилинолеат олеат. Цифры после сокращенных обозначений триглицеридов показывают их процентное содержание. В работе символическое обозначение триглицеридов, например, формула Л₂О обозначает наличие в молекуле двух радикалов линолевой (Л) и одного радикала олеиновой (О) кислот: Лн – символическое обозначение радикалов линоленовой кислоты.

Выводы

1. Использование метода ВЭЖХ позволяет проводить одновременное разделение сложных проб на составляющие их компоненты, в частности позволяет разделить триглицериды масла семян свидины на отдельные компоненты, идентифицировать их, а также выделить сквален высокой чистоты из сложной смеси.
2. Сравнительно большое содержание сквалена высокой чистоты (9%) в масле семян природных популяций позволяет рассматривать свидину южную как ценный источник сквалена и потенциальный ресурсный вид во флоре Дагестана для использования в области медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kelly G.S. Squalene and its potential clinical use // *Alternative medicine review*. 1999. Vol. 4, N 1. P. 29–36.
2. Popa I., Băbeanu N.E., Niță S., Popa O. Squalene – natural resources and applications // *Farmacia*. 2014. Vol. 62, N 5. P. 840–862.
3. Kim S., Karadeniz F. Biological importance and applications of squalene and squalene Affiliations Expand // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2012. Vol. 65. P. 223–233. DOI: 10.1016/B978-0-12-416003-3.00014-7
4. Harivardhan R.L., Couvreur P. Squalene: A natural triterpene for use in disease management and therapy // *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2009. Vol. 61, N 15. P. 1412–1426. DOI: 10.1016/j.addr.2009.09.005
5. Ibrahim N.I., Fairus S., Zulfarina M.S., Mohamed N.I. The Efficacy of Squalene in Cardiovascular Disease Risk-A Systematic Review // *Nutrients*. 2020. Vol. 12, N 2. P. 414. DOI: 10.3390/nu12020414
6. Петров А.А. Сквален, как основной компонент СО₂-экстракта из семян амаранта // Сборник тезисов XII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово, 2024. С. 340–341.
7. Терехова Т.С., Фурсова А.В., Офицеров Е.Н. Качественное и количественное определение сквалена в маслах и реакционных смесях методом ВЭЖХ // *Успехи в химии и химической технологии*. 2013. Т. 27, № 4. С. 84–89.
8. Тарасенко И.Р., Бардин А.В. Плоды свидины кроваво-красной *Swida sanguinea* как пища птиц в Санкт-Петербурге // *Русский орнитологический журнал*. 2025. № 34. С. 788–796.
9. 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 С2, 2016.

10. Рабаданов Г.А., Султанов Ю.М., Алхасов Б.А., Сулейманова Ф.В., Мусаев А.М., Исламова Ф.И. Исследование липидов свидаины южной // Материалы V Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы», Махачкала, 23–26 октября 2017 г. Т. 2. Махачкала, 2017. С. 171–176.
11. Гопций Т.И., Кадыров С.В., Кадыров З.С., Мирошниченко Л.А. Влияние внешних факторов на содержание сквалена и состав жирных кислот масла амаранта // Международная научно-практическая конференция «100-летие кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий: итоги и перспективы инновационного развития» (Воронеж, 24 сентября 2019 г.). Воронеж, 2019. С. 79–83.
12. Рабаданов Г.А., Султанов Ю.М., Майсарова Э.Д., Магомедмирзоева Р.Г. Комплексное использование биомассы амаранта, адаптированного к условиям Дагестана // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала, 2019. С. 198–200.
13. Воронков А.С., Иванова Т.В., Брейгина М.А., Клименко Е.С., Бабушкина К. Сквален в эксудате рыльца пестика *Lilium longiflorum* L. и *Nicotiana tabacum* L. // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии XXIII : материалы 23-й Всероссийской молодежной научной конференции (Москва, 14–16 ноября 2023 г.). М., 2023. С. 81–82.
14. Ермолин Д.В., Зайцев Г.П., Ермолина Г.В. Токоферолы, фитостеролы и сквален в крымском оливковом масле // Пищевая промышленность. 2022. № 12. С. 92–95. DOI: 10.52653/PPI.2022.12.12.019
15. Song Y., Guan Z., van Merkerk R., Pramastya H., Abdallah I.I., Setroikromo R., Quax W.J. Production of Squalene in *Bacillus subtilis* by Squalene Synthase Screening and Metabolic Engineering // Journal of agricultural and food chemistry. 2020. Vol. 68, N 15. P. 4447–4455. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c00375

Поступила в редакцию 10.06.2025 г.
Принята к печати 30.09.2025 г.

Сулейманова Фарида Владимировна, младший научный сотрудник, Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: faridavladimirovna@gmail.com

Farida V. Suleimanova, junior researcher, Mountain Botanical Garden of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: faridavladimirovna@gmail.com

Исмаилов Азиз Бадаурдинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: i.aziz@mail.ru

Aziz B. Ismailov, Candidate of Biology, senior researcher, Mountain Botanical Garden of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: i.aziz@mail.ru