

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39>ШАЛФЕЙ ИСПАНСКИЙ КАК ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК ПИЩЕВЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ

Обзор

Курдюков Е.Е.^{1,*}, Митишев А.В.², Селезнева Ю.А.³, Фриндак К.А.⁴, Плешакова Д.А.⁵¹ ORCID : 0000-0001-9512-6770;² ORCID : 0000-0002-3327-9744;^{1, 2, 3, 4, 5} Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (e.e.kurdyukov[at]mail.ru)

Аннотация

В работе представлен анализ данных зарубежных исследователей по накоплению в семенах шалфея основных пищевых компонентов, витаминов, минеральных и других ценных веществ, обуславливающих их важные фармакологические свойства. *Salvia hispanica L.* – это однолетнее травянистое растение, высота которого колеблется примерно от 60 до 180 см с разветвленным стеблем; листья супротивные от 4 до 8 см длиной и от 3 до 5 см шириной с различной степенью опушения. Экстракты шалфея, полученные с использованием различных экстрагентов, содержат полисахариды, жирные кислоты, макро- и микроэлементы, флавоноиды, фенолпропаноиды и витамины. Данные экстракты проявляют противовоспалительную, гипогликемическую, гиполипидемическую и антиоксидантную активности *in vitro* и *in vivo*.

Ключевые слова: шалфей испанский, *Salvia hispanica*, химический состав, биологическая активность.

CHIA SEEDS AS A VALUABLE SOURCE OF NUTRITIONAL AND BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

Review article

Kurdyukov Y.Y.^{1,*}, Mitishev A.V.², Selezneva Y.A.³, Frindak K.A.⁴, Pleshakova D.A.⁵¹ ORCID : 0000-0001-9512-6770;² ORCID : 0000-0002-3327-9744;^{1, 2, 3, 4, 5} Penza State University, Penza, Russian Federation

* Corresponding author (e.e.kurdyukov[at]mail.ru)

Abstract

The work presents an analysis of foreign researchers' data on the accumulation of the main nutritional components, vitamins, minerals and other valuable substances in chia seeds, which determine their important pharmacological properties. *Salvia hispanica L.* is an annual herbaceous plant, the height of which varies from about 60 to 180 cm with a branched stem; leaves are subopposite from 4 to 8 cm long and from 3 to 5 cm wide with varying degrees of pubescence. Chia extracts obtained using different extractants contain polysaccharides, fatty acids, macro- and microelements, flavonoids, phenylpropanoids and vitamins. These extracts exhibit anti-inflammatory, hypoglycaemic, hypocholesterolemic and antioxidant activities *in vitro* and *in vivo*.

Keywords: chia seeds, *Salvia hispanica*, chemical composition, biological activity.

Введение

Шалфей испанский (*Salvia hispanica L.*), в народе чиа, естественным образом произрастает в тропических и субтропических регионах, минимальная и максимальная температура роста растения составляет от 11°C до 36°C соответственно, с оптимальным диапазоном роста от 16°C до 26°C [1], [2], [20]. Отличительной особенностью шалфея испанского является низкое потребление воды в период выращивания, таким образом, растение хорошо адаптировано к засушливым и полусушливым климатическим условиям. Имеются сведения, что шалфей испанский – способен произрастать и вызревать в природно-климатических условиях Российской Федерации, в частности в южных регионах Крыма, тогда как возможность вызревания семян шалфея на территории России только изучается. В настоящее время растение выращивается в Австралии, Боливии, Колумбии, Гватемале, Мексике, Перу и Аргентине, а также в Индии, Китае и некоторых странах Европы [1], [2], [15], [20].

Исторические записи свидетельствуют, что *Salvia hispanica L.* использовалась наряду с кукурузой, фасолью и амарантом древними мезоамериканскими культурами — ацтеками и майя — для приготовления народных лекарств и пищи. В доколумбовых обществах это была вторая основная культура после фасоли. В общинах ацтеков чиа использовалась в пищу, косметике и религиозных ритуалах [1], [2].

Шалфей испанский относится к семейству Яснотковые (*Lamiaceae*). Это семейство растений включает около 250 родов и около 7,9 тысяч видов, среди которых такие широко используемые растения, как базилик, мята, розмарин, Melissa и др. Род Шалфей (*Salvia*) включает более 700 видов. Наиболее важными являются *Salvia officinalis*, *Salvia sclarea* и *Salvia hispanica* [1], [2].

Химический состав

Состав *Salvia hispanica L.* не был объектом многочисленных исследований. Семена чиа состоят из белков (15-25%), жиров (30– 33%), углеводы (26-41%), пищевые волокна с высоким содержанием клетчатки (18-30%), зола (4-5%), минеральные вещества, витамины и сухое вещество (90-93%). Он также содержит большое количество антиоксидантов [3], [11], [13]. При изучении масла и его состава были выявлены 52 соединения. Идентифицировали 42 химических компонента и обнаружили, что в составе масла преобладали β -кариофиллен, глобулол, γ -муролен, β -пинен, α -гумулен, гермакрен-В и виддрол [2], [3], [10], [11].

Особый интерес представляет состав жирных кислот. Он характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, в основном α -линоленовой кислоты, на долю которой приходится примерно 60% всех жирных кислот. Линолевая, олеиновая и пальмитиновая кислоты содержатся в меньших количествах (рис. 1,2,3).

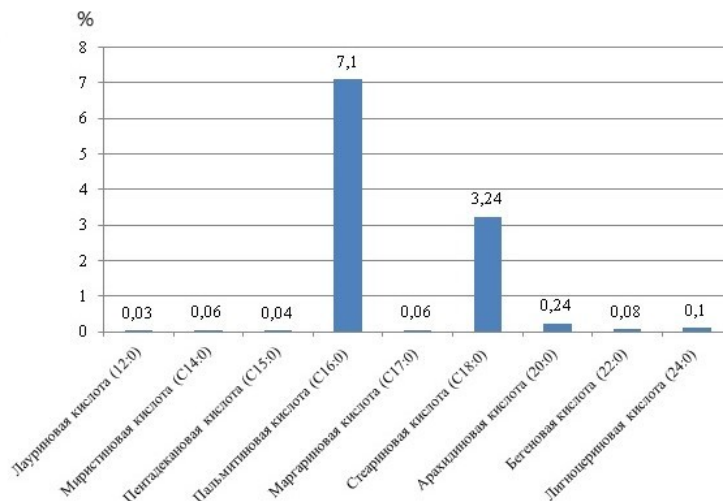


Рисунок 1 - Насыщенные жирные кислоты
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.1>

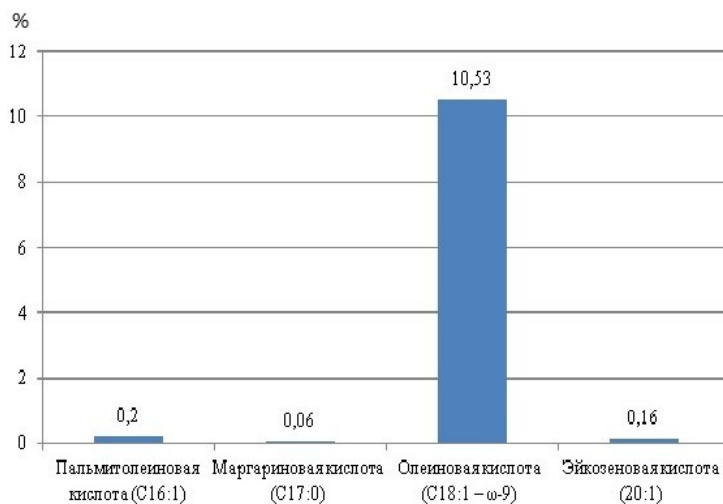


Рисунок 2 - Мононенасыщенные жирные кислоты
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.2>

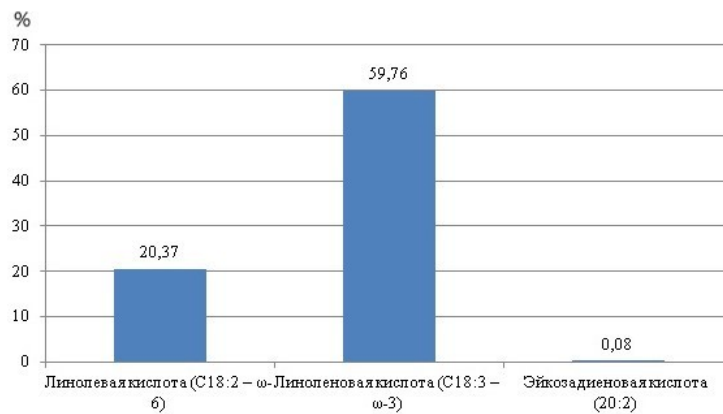


Рисунок 3 - Полиненасыщенные жирные кислоты
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.3>

В семенах чиа больше омега-3 кислот, чем в семенах льна. Также следует отметить благоприятное соотношение омега-6 и омега-3 кислот, которое составляет примерно 0,3:0,35 [2], [11], [13].

В семенах шалфея было выявлено высокое содержание белка, жиров, углеводов, пищевых волокон, золы. Семена чиа являются источником растительного белка, который составляет примерно 18–24% их массы. Белок составляет 15–25% от массы семян. Основным запасным белком, содержащимся в семенах чиа, является глобулин, на долю которого приходится 52% от общего содержания белка. Альбумины (17%), глютелины (14%) и проламины (12%) - другие белки, содержащиеся в меньшем количестве [10], [11], [13].

Анализ аминокислотного состава (рис.4,5) подтверждает наличие 10 незаменимых аминокислот, среди которых наибольшее содержание было у аргинина, лейцина, фенилаланина, валина и лизина. Белки в семенах чиа также богаты заменимыми аминокислотами, в основном глутаминовой и аспарагиновой кислотами, аланином, серином и глицином [10], [11], [13]. Следует подчеркнуть, что семена чиа не содержат глютен и поэтому могут употребляться в пищу пациентами с целиакией [2], [3], [15].

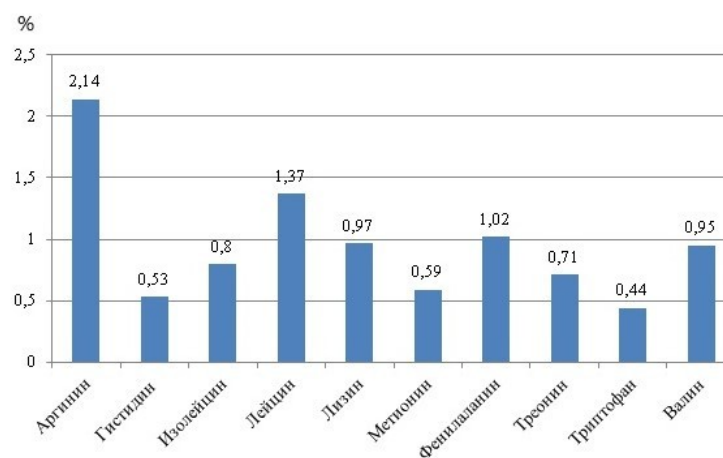


Рисунок 4 - Незаменимые аминокислоты
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.4>

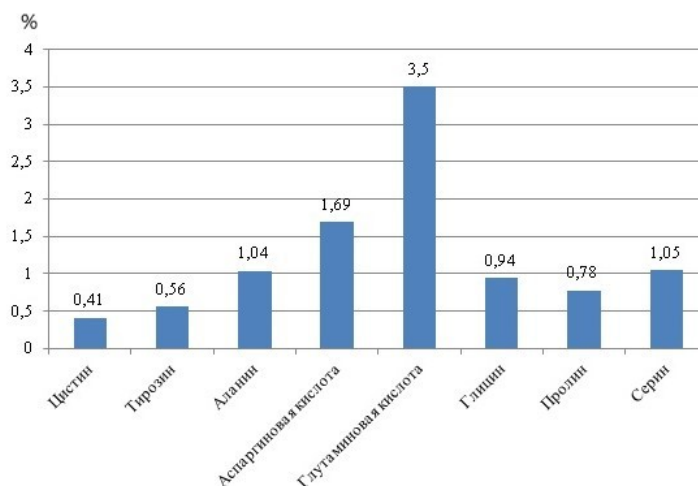


Рисунок 5 - Заменяемые аминокислоты
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.5>

Они также содержат большое количество витаминов, минералов и антиоксидантов, таких как мирицетин, кверцетин, кемпферол и кофейная кислота. В их состав также входит до 39% масла, которое имеет самое высокое содержание – линоленовой кислоты (омега-3) до 68% [10], [11], [12], [13]. В таблице 1 показан витаминный и минеральный состав.

Таблица 1 - Витаминный и минеральный состав семян *Salvia hispanica L*

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.6>

№ п/п	Витамины и минеральные вещества	Содержание веществ в 100 г
1	Витамин С, мг	51,05
2	Витамин В ₁ , мг	0,71
3	Витамин В ₂ , мг	0,22
4	Кальций, мг	633,05
5	Фосфор, мг	862,04
6	Магний, мг	337,15
7	Калий, мг	408,17
8	Железо, мг	7,72
9	Цинк, мг	4,65
10	Медь, мг	0,91
11	Марганец, мг	2,72
12	Селен, мкг	55,22

Камедь семян шалфея имеет потенциал для промышленного использования из-за большого количества полисахаридов (слизей), состоит из D-ксилопиранозила, D-глюкопиранозила и 4-О-метил-D-глюкопиранозилуроновой кислоты в соотношении 2:1:1 [10], [11], [13].

Семена шалфея являются прекрасным источником полифенолов, таких как кофейная кислота (0,027 мг/г), розмариновая кислота (0,927 мг/г), протокатеховая кислота (0,747 мг/г), галловая кислота (0,012 мг/г). Если сосредоточиться на фенольном содержании, то сухие семена чиа содержат 8,8% фенольных соединений [10], [12], [13].

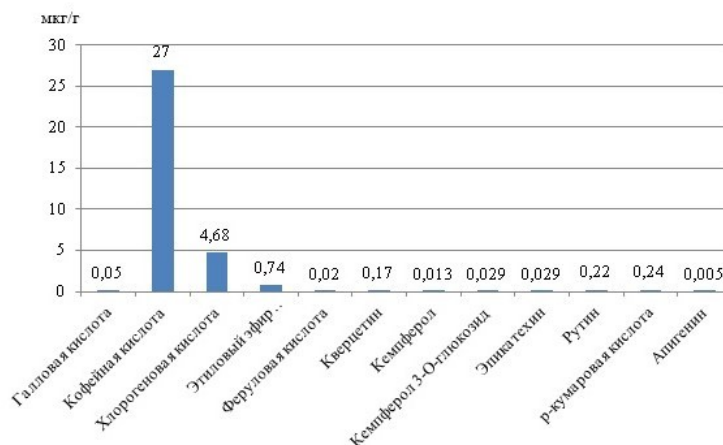


Рисунок 6 - Полифенольные соединения
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.39.7>

Кроме того, также сообщается о высоком уровне хлорогеновой кислоты, коричной кислоты, кемферола, мирицетина, кверцетина. Кроме того, в том же исследовании впервые в семенах чиа были обнаружены витамины А, В1, В2 и В3. Флавоноиды кверцетин, хлорогеновая кислота и кофейная кислота, обладают противораковыми, антигипертензивными и нейронозащитными свойствами [11], [12], [13].

Содержатся изофлавоны, такие как дайдзеин (6,6 мкг/г), глицитин (0,5 мкг/г), генистеин (5,1 мкг/г), глицитин (1,4 мкг/г), (3,4 мкг/г), показано наличие кампестерола (472 мг/кг липидов), стигмастерола (1248 мг/кг липидов), β -ситостерола (2057 мг/кг липидов) и 5-авенастерола [5], [9]. Кроме того, было обнаружено, что семена чиа также содержат токоферолы: α -токоферол (8 мг/кг липидов), γ -токоферол (422 мг/кг липидов) и δ -токоферол (15 мг/кг липидов) [10], [11], [13].

Исследования, проведенные в Базиликате, Южная Италия, показали вторичные метаболиты в листьях и семенах, и показали наличие флавоноидов, включая два необычных соединения: ацетилвитексин и ацетилориент, о которых ранее никогда не сообщалось в семействе *Lamiaceae*. Розмариновая кислота и дайдзеин являются основными компонентами, обнаруженными в семенах чиа, наряду с кофейной кислотой, мицртином, кверцетином [10], [13].

Фармакологическая активность

Семена шалфея являются важным источником омега-3, белков и антиоксидантов, и поэтому их используют, как пищевую добавку. Семена чиа и их масло содержат большое количество природных антиоксидантов, таких как токоферолы, фитостеролы, каротиноиды и полифенольные соединения. Полифенольные соединения являются наиболее важными комплексами, которые способствуют антиоксидантной активности семян чиа [16], [19].

Преимущества жирной кислоты омега-3 для организма человека включают следующее: снижение содержания трех глицеридов и уровня холестерина, противовоспалительная активность, кардиопротекторная и гепатопротекторная активность, антидиабетическое действие и защита от рака, артрита и аутоиммунных заболеваний. Между тем, преимущества омега-6 включают противовоспалительную, антигипертензивную, антикоагулянтную и противораковую активности [11], [13], [16].

Полисахариды, содержащиеся в семенах шалфея, полезны в качестве растворимых пищевых волокон и приводят к образованию геля, окружающего семена при гидратации. Сообщается, что эта слизь в основном состоит из полисахаридов и обладает исключительными физическими свойствами благодаря высокому соотношению растворимых и нерастворимых волокон. Она поглощает воды в 27 раз больше собственного веса. Гелеобразующий феномен возникает при пережевывании семян и продолжается в желудке. Эта слизь оказывает важное влияние на питание и здоровье благодаря: успокаивающему действию на пищеварительный тракт; созданию барьера для ферментов, следовательно, замедлению и уменьшению распада сложных углеводов на сахара; ощущению сытости за счет увеличения объема гидратной массы; увеличению вязкости болуса, которое затем медленно протекает в кишечном тракте, и это делает пищеварение более эффективным и продлевает чувство сытости; растворимым волокнам, образующим слизь, действующим как пробиотик и регулирующим уровень сахара и холестерина в крови [1], [4], [8], [10].

Оценили влияние семян чиа на наличие гипогликемической активности. Было обнаружено, что у крыс, которых кормили высокожировой диетой с высоким содержанием фруктозы, в которой соевое масло было заменено маслом семян чиа, или высокожировой диетой с высоким содержанием фруктозы, содержащей 13,3% семян чиа, наблюдалась более высокая толерантность как к высокому уровню глюкозы, так и к высокому уровню инсулина по сравнению с крысами, которых кормили стандартной высокожировой диетой с высоким содержанием фруктозы. Этот эффект повышения толерантности к глюкозе и инсулину наблюдался как при краткосрочном (6-недельном), так и при долгосрочном (12-недельном) диетическом питании. Кроме того, у группы животных, потреблявших семена *S. hispanica*, наблюдалось снижение концентрации неэтерифицированных жирных кислот в крови. Кроме того, у этих животных снизился уровень маркеров повреждения гепатоцитов, а именно аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ), которые, как правило, повышаются при диете с высоким содержанием жиров и фруктозы [4], [5], [6], [9].

Было исследовано наличие гиполипидемического действия, выявлено, что у крыс, получавших рацион, содержащий семена *S. hispanica* или муку из семян, уровень триглицеридов, холестерина, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП) в крови был ниже, чем у контрольных крыс, получавших казеиновый и безбелковый рацион. Кроме того, у этих животных был повышен уровень липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) по сравнению с контрольной группой. Исследование также показало, что семена *S. hispanica* обладают гипогликемическим действием [6], [9], [17], [18].

Проводились исследования по влиянию сырья шалфея на образование камней в почках. Наблюдалось снижение уровня кальция, оксалатов и фосфатов в моче, что указывает на то, что экстракт семян чиа предотвращает образование камней в почках. Исследования *in vitro* показали, что экстракт семян чиа предотвращает образование камней из оксалата кальция, подавляя начальные стадии формирования кристаллов CaOx, включая зарождение, агрегацию и рост. Авторы предположили, что за эту активность отвечают флавоноиды, содержащиеся в семенах чиа, в основном кверцетин, который благодаря своему антиоксидантному потенциалу предотвращает образование камней в почках [13], [17].

Семена шалфея и масло из них можно использовать в качестве ингредиентов для получения функциональных продуктов питания, например, в хлебулочных изделиях. Семена не содержат глютена. Целиакия в последнее время стала одним из самых важных пищевых заболеваний, и диеты без глютена все чаще встречаются, но они в большинстве случаев несбалансированные и бедны клетчаткой, железом, кальцием и богаты насыщенными жирами. Добавление чиа в безглютеновую муку улучшает ее питательные качества и не оказывает негативного влияния на органолептические показатели. Поэтому растет использование семян в пищевой промышленности для производства хлеба, батончиков, печенья и продуктов для завтрака, особенно в США, Латинской Америке и Австралии. Известно, что цельные или предварительно увлажненные семена дают лучшие результаты по сравнению с молотыми семенами для производства хлеба с точки зрения меньшего удельного объема и более высокой твердости. Концентрация семян влияет на текстуру и цвет, но не на вкус хлеба, идеальное количество семян чиа составляет 3% [7], [8], [14], [15].

Семена шалфея получили широкое применение в косметологии. Содержащиеся в семенах фенольные кислоты, обладают антиоксидантными и противомикробными свойствами, которые особенно широко используются в косметологии. Эти соединения можно найти как в общедоступных косметических средствах, так и в профессиональных препаратах, используемых для процедур в салонах красоты. Процедуры с применением этих кислот препятствуют фотостарению кожи, а также обладают депигментирующими свойствами, контролируя активность тирозиназы, которая поддерживает равномерную пигментацию кожи. Кроме того, фенольные кислоты облегчают симптомы акне и атопического дерматита [13], [19].

Заключение

В последние годы семена чиа набирают популярность в пищевой, диетической и косметической промышленности не только благодаря своему ценному химическому составу и биологической активности, но и из-за своей доступности. Семена чиа содержат полезные для здоровья жирные кислоты омега-3 и омега-6 в соотношении 3:1. Жирные кислоты снижают накопление липидов. Эффективно контролируют окисление жирных кислот в адипоцитах, что помогает подавлять воспалительные маркеры, связанные с ожирением. Семена чиа являются хорошим выбором полезного масла для поддержания сбалансированного липидного профиля сыворотки крови. Однако, в отличие от витамина Е и коэнзима Q10, клиническая оценка биологической активности и безопасности семян чиа *in vivo* все еще ограничена. Кроме того, необходимо изучить подробности о механизмах гиполипидемического действия китайских семян и сравнить их с таковыми у изолированных жирных кислот омега-3 и омега-6.

Семена чиа можно рассматривать как перспективный компонент оздоровительной пищи с большим биологическим и технологическим потенциалом. Однако, как и другие перспективные растения и продукты природного происхождения, шалфей испанский требует проведения доскональных исследований на людях для определения его безопасности, механизмов действия, а также эффективности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Agarwal A. Nutritional and Functional New Perspectives and Potential Health Benefits of Quinoa and Chia Seeds / A. Agarwal, A.D. Tripathi, T. Kumar [et al.] // *Antioxidants* (Basel). — 2023. — № 7.
2. Amtaghri S. Ethnopharmacology, Nutritional Value, Therapeutic Effects, Phytochemistry, and Toxicology of *Salvia hispanica* L.: A Review / S. Amtaghri, M. Eddouks // *Curr Top Med Chem*. — 2023. — № 28. — P. 2621–2639.
3. Çelik Ş. Comprehensive phytochemical analysis of *Salvia hispanica* L. callus extracts using LC-MS/MS / Ş. Çelik, G. Dervişoğlu, E. İzol [et al.] // *Biomed Chromatogr*. — 2024. — № 10.
4. Creus A. Dietary *Salvia hispanica* L. reduces cardiac oxidative stress of dyslipidemic insulin-resistant rats / A. Creus, A. Chicco, S.M. Álvarez [et al.] // *Appl Physiol Nutr Metab*. — 2020. — № 7. — P. 761–768.

5. El-Feky A.M. *Salvia hispanica* L. seeds extract alleviate encephalopathy in streptozotocin-induced diabetes in rats: role of oxidative stress, neurotransmitters, DNA and histological indices. / A.M. El-Feky, M.M. Elbatany, A.F. Aboul Naser [et al.] // *Biomarkers*. — 2022. — № 5. — P. 427–440.
6. Fadwa E.O. Antihyperglycemic and Antidyslipidemic Activities of the Aqueous *Salvia hispanica* Extract in Diabetic Rat / E.O. Fadwa, A. Amsayef, M. Eddouks // *Cardiovasc Hematol Agents Med Chem*. — 2022. — № 1. — P. 60–66.
7. Karimi M. Effects of chia seed (*Salvia hispanica* L.) supplementation on cardiometabolic health in overweight subjects: a systematic review and meta-analysis of RCTs / M. Karimi, S. Pirzad, N. Shirsalimi [et al.] // *Nutr Metab (Lond)*. — 2024. — № 1.
8. Khalid W. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders / W. Khalid, M.S. Arshad, A. Aziz [et al.] // *Food Sci Nutr*. — 2022. — № 1. — P. 3–16.
9. Khan G. Effect of *Salvia hispanica* (Chia seeds) and *Foeniculum vulgare* (Fennel seeds) against weight-loss and lipid profile in obese human subjects. / G. Khan, M.I. Hussain, J. Gull Khan [et al.] // *Pak J Pharm Sci*. — 2024. — № 1. — P. 231–234.
10. Knez H.M. Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview-Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application / H.M. Knez, M. Ivanovski, D. Cör [et al.] // *Molecules*. — 2019. — № 25.
11. Kulczyński B. The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge / B. Kulczyński, M. Taczanowski, D. Kmieciak // *Nutrients*. — 2019. — № 6.
12. Mitrović J. Characterization of free and insoluble-bound phenolics of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds / J. Mitrović, N. Nikolić, I. Karabegović [et al.] // *Nat Prod Res*. — 2022. — № 36. — P. 385–389.
13. Motyka S. The Current State of Knowledge on *Salvia hispanica* and *Salviae hispanicae* semen (Chia Seeds) / S. Motyka, K. Koc, H. Ekiert [et al.] // *Molecules*. — 2022. — № 27.
14. Oliva M.E. *Salvia hispanica* L. (chia) seed promotes body fat depletion and modulates adipocyte lipid handling in sucrose-rich diet-fed rats / M.E. Oliva, M.D.R. Ferreira, M.B. Vega Joubert // *Food Res Int*. — 2021. — № 1.
15. Rabail R. An overview of chia seed (*Salvia hispanica* L.) bioactive peptides' derivation and utilization as an emerging nutraceutical food / R. Rabail, M.R. Khan, H.M. Mehwish [et al.] // *Front Biosci (Landmark Ed)*. — 2021. — № 26. — P. 643–654.
16. Silva L.A. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption and lipid profile: a systematic review and meta-analysis / L.A. Silva, B.J.F. Verneque, A.P.L. Mota [et al.] // *Food Funct*. — 2021. — № 19. — P. 8835–8849.
17. Tavera-Hernández R. Chia (*Salvia hispanica* L.), a Pre-Hispanic Food in the Treatment of Diabetes Mellitus: Hypoglycemic, Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Inhibitory Properties of α -Glucosidase and α -Amylase, and in the Prevention of Cardiovascular Disease / R. Tavera-Hernández, M. Jiménez-Estrada, J.J. Alvarado-Sansininea [et al.] // *Molecules*. — 2023. — № 24.
18. Vega Joubert M.B. *Salvia hispanica* L. (chia) seed improves liver inflammation and endothelial dysfunction in an experimental model of metabolic syndrome / M.B. Vega Joubert, V. Degraeve, P. Ingaramo [et al.] // *Food Funct*. — 2022. — № 21. — P. 11249–11261.
19. Zare T. Chia (*Salvia hispanica* L.), a functional 'superfood': new insights into its botanical, genetic and nutraceutical characteristics / T. Zare, A. Fournier-Level, B. Ebert [et al.] // *Ann Bot*. — 2024. — № 1.
20. Salgado V.D.S.C.N. Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Germination: a Brief Review / V.D.S.C.N. Salgado, L. Zago, A.E.C. Antunes [et al.] // *Plant Foods Hum Nutr*. — 2022. — № 77. — P. 485–494.