

Научная статья

УДК 664.34:641.55/.56

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Жирнокислотный состав, свойства и перспективы использования йеменского кунжутного масла

Вахиб Бин Фрейджан¹, Махфуд Аль-Хамади², Анас Али Надхари³, Саад Аль-Арнут⁴,
Махер Али Алмактари⁵, Василий Владимирович Верхотуров⁶✉

¹⁻⁵Санский университет, а/я 1247, Сана, Йеменская Республика

⁶Калининградский государственный технический университет, Советский проспект, 1,
Калининград, Россия, 236022

¹waheeb.bin.freijan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7418-5401>

²m.alhamadi@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-4030-5779>

³alnedhary@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5754-7718>

⁴m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0003-2463-3972>

⁵m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-2512-2325>

✉⁶biovervv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

Аннотация. Семена кунжута (*Sesamum indicum* L.) культивируются на протяжении тысячелетий и широко используются в пищевой промышленности, кулинарии и различных отраслях сельского хозяйства. Цель настоящей статьи – исследовать жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного в Йеменской Республике. В работе описана методика подготовки семян кунжута, экстракция масла, жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного на территории Йемена. Проведенное исследование показывает, что кунжутное масло играет значительную роль в традиционной кухне и культуре Йемена, а также широко применяется в современной пищевой индустрии. Масло используется в технологиях приготовления широкого спектра продуктов питания, таких как хлебобулочные изделия, десерты и кондитерские изделия. Жирнокислотный состав и полезные свойства обуславливают перспективность применения масла, полученного из семян *Sesamum indicum*, в качестве функционального пищевого ингредиента в рационе населения арабских государств и компонента рецептурных композиций традиционных и современных кулинарных изделий, а также эффективного технологического ресурса в процессе переработки и изготовления продукции пищевых предприятий. Качественный и количественный профиль липидных компонентов свидетельствует о потенциальной роли кунжутного масла в обеспечении рационального питания населения республики.

Ключевые слова: кунжут, масло, жирнокислотный состав, физико-химические свойства, пищевые продукты, Йеменская Республика

Для цитирования: Фрейджан В. Б., Аль-Хамади М., Аль-Надхари А., Аль-Арнут С., Али Мактари М., Верхотуров В. В. Жирнокислотный состав, свойства и перспективы использования йеменского кунжутного масла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 129–139. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Original article

Fatty acid composition, properties and prospects for using Yemen sesame oil

Waheeb Bin Frejan¹, Mahfoudh Al-Hamadi², Anas Al-Nadhary³, Saad Al-Arnoot⁴,
Maher Ali Almaqtari⁵, Vasily V. Verkhoturov^{✉6}

¹⁻⁵Sana'a University, Sana'a, Yemen, PO Box 1247

⁶Kaliningrad State Technical University, 1 Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, Russia, 236022

¹waheeb.bin.frejan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7418-5401>

²m.alhamadi@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-4030-5779>

³alnedhary@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5754-7718>

⁴m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0003-2463-3972>

⁵m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-2512-2325>

^{✉6}biovervv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

Abstract. Sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) have been cultivated for thousands of years and are widely used in the food industry, cooking and various agricultural industries. The purpose of this article is to study the fatty acid composition and physicochemical properties of sesame seed oil grown in the Republic of Yemen. The paper describes the methodology for preparing sesame seeds, oil extraction, fatty acid composition and physicochemical properties of sesame seed oil grown in the Republic of Yemen. The study shows that sesame oil plays a significant role in the traditional cuisine and culture Republic of Yemen, and is also widely used in the modern food industry. The oil is used in technologies for preparing a wide range of food products, such as bakery products, desserts and confectionery. The fatty acid composition and properties determine the prospects of using oil obtained from *Sesamum indicum* seeds as a functional food ingredient in the diet of the population of the Arab states and a component of recipe compositions of traditional and modern culinary products, as well as an effective technological resource in the process of manufacturing food products. The qualitative and quantitative profile of lipid components testifies to the potential role of sesame oil in ensuring the rational nutrition of the population of the republic.

Keywords: sesame seeds, oil, fatty acid composition, physical and chemical properties, food products, Republic of Yemen

For citation: Frejan W.B., Al-Hamadi M., Al-Nadhary A., Al-Arnoot S., Al-Maqtari M., Verkhoturov V.V. Fatty acid composition, properties and prospects for using Yemen sesame oil. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):129–139. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Введение. Семена кунжута (*Sesamum indicum* L.) культивируются на протяжении тысячелетий и широко используются в пищевой промышленности, кулинарии и различных отраслях АПК [1]. Помимо восхитительного вкуса и характерной текстуры, семена кунжута имеют сложный химический состав пищевых и биологически активных соединений. Фитохимический состав семян представлен углеводами, азотсодержащими соединениями, витаминами, липидами и антиоксидантами различной структуры, которые обладают физиологической активностью и применяются для профилактики заболеваний раз-

личной этиологии. Биоактивные полипептиды, выделенные из семян кунжута, являются перспективными источниками пищевых добавок, нутрицевтиков и функциональных ингредиентов [2]. Применение кунжута в здоровом питании в различных странах мира становится все более актуальным. Пищевая ценность, химический состав, фармакологические и функциональные свойства зависят от условий хранения и способов переработки кунжута [3, 4].

Многочисленные исследования подчеркивают разнообразные полезные свойства семян кунжута для здоровья: антиоксидантное, про-

тивораковое, противовоспалительное, гепатопротекторное, нефропротекторное и нейропротекторное [5]. Высокое содержание масла (50%) и благоприятный баланс моно- и полиненасыщенных жирных кислот и биологически активных соединений, а также устойчивость к водному стрессу делают кунжут перспективной сельскохозяйственной культурой для глобального расширения сельского хозяйства [6]. Растительные масла, получаемые из различных источников (семена, орехи, фрукты и другое сырье), играют важную роль в рационе населения различных стран и поддержании здоровья с помощью правильного питания. Потребление растительных масел оказывает положительное воздействие на здоровье, в том числе благодаря ненасыщенным жирным кислотам и эссенциальным компонентам [7, 8].

Кунжутное масло – один из самых популярных продуктов из кунжута среди потребителей, используется для приготовления различных блюд путем термической обработки. В научных публикациях отмечается влияние температуры и времени обжаривания на сенсорные характеристики, летучие компоненты, состав жирных кислот и окислительную стабильность масла [9, 10]. Спрос на кунжутное масло растет благодаря его питательным и профилактическим свойствам, а также перспективам промышленного применения в качестве альтернативного источника топлива [11, 12]. В доступной научной литературе практически отсутствует информация о химическом составе семян кунжута, выращенного в Республике Йемен.

Цель исследования – изучить жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного в Республике Йемен.

Материалы, методы и объекты исследования. Семена кунжута были отобраны в естественных условиях выращивания при температуре 35 °С на территории центра сельскохозяйственных исследований, расположенного в Вади Хадрамаут (округ Аль-Сувейри, Йемен). Перед дальнейшей обработкой семена в течение трех дней высушивали в естественных условиях. Затем они подвергались очистке от шелухи с последующей дополнительной сушкой при температуре от 100 до 105 °С в течение тридцати

минут. Высушенные измельченные семена использовали для экстракции масла гексаном методом Сокслета.

Для определения характеристик кунжутного масла были использованы аналитические приборы и лабораторные установки: экстрактор Сокслета [13]; вискозиметр (Brookfield RV DV-I+), рефрактометра (TAGO Co. Ltd.); цифровой анализатор влажности (MX-50); плотномер (DMA 35, Anton Paar); спектрофотометр Bruker Tensor 27 FT-IR; газовый хромато-масс-спектрометр Shimadzu GC-17A. Процентное содержание свободных жирных кислот масла из семян было определено по методике [14]. Степень омыления определяли с использованием стандарта [15]. Показатель преломления определен в соответствии с официальными методами [16].

Влажность была измерена с помощью анализатора в течение 30 мин при температуре 105 °С [17]. Вязкость полученного образца измеряли с помощью вискозиметра [18]. Плотность и жирнокислотный состав кунжутного масла анализировали по методике С. Omonhinmin с соавт. [19]. Обработка статистической информации была выполнена с применением пакета прикладных программ STATISTICA.

Результаты исследования. Извлечение кунжутного масла проводили с использованием гексана на аппарате Сокслета. Выход кунжутного масла составил 49±3%, что согласуется с опубликованными ранее данными и указывает на эффективность применяемого метода экстракции. Следует отметить, что аппарат Сокслета – прибор, эффективно используемый для непрерывной экстракции труднорастворимых веществ из растительного сырья. Принцип, основанный на многократном проходе чистого растворителя через образец в определенных условиях, позволяет растворителю извлекать целевые компоненты.

Кунжутное масло имеет ряд уникальных характеристик и физико-химических свойств, которые позволяют использовать данный продукт в различных отраслях – пищевой, фармацевтической, косметической и химико-технологической. Общеизвестно, что цвет кунжутного масла существенно изменяется в диапазоне оттенков – от светлого золотисто-желтого до насыщенно-темного коричневатого цвета – в зависимости от условий предва-

рительной подготовки и способа последующей обработки семян кунжута. В наших исследованиях использовали рациональный способ термической обработки семян кунжута, поэтому цвет масла имел светло-желтый оттенок (рис. 1). Органолептическая оценка

выявила наличие приятного, характерного аромата и мягкого вкуса. Наиболее выраженные органолептические показатели были отмечены у масла, полученного из обжаренных семян кунжута.



Рисунок 1. Визуализация этапов выделения кунжутного масла из семян *Sesamum indicum* и внешний вид готового продукта (Йемен)

Figure 1. Visualization of the stages of extracting sesame oil from *Sesamum indicum* seeds and the appearance of the finished product (Yemen)

Процент свободных жирных кислот в кунжутном масле составил $3,3 \pm 0,5\%$, что является одним из показателей качества и свежести растительного масла. Высокое содержание свободных кислот влияет на технологичность масла в производстве пищевых продуктов и полуфабрикатов. Процент свободных жирных кислот в растительном (кунжутном) масле представляет собой количественный показатель содержания в свободной форме органических кислот в процессе гидролиза сложноэфирных связей в молекулах триглицеридов.

Свободные жирные кислоты образуются вследствие гидролиза сложноэфирных связей триглицеридов, который протекает во время хранения масла и активизируется при неблагоприятных условиях производства и транспортировки. Данный показатель является критерием стабильности растительного масла, пищевой ценности и сохранности продукта. Кислотность кунжутного масла является ключевым показателем его качества и технологических характеристик, усложняет процессы очистки и рафинирования масла, сокращает срок хранения. Масло с низкой кислотностью целесообразно использовать при производстве кондитерских изделий, маргаринов, майонезов и других продуктов, а с по-

вышенной – для технических целей (например, химико-технологических и фармацевтических).

Йодное число – важнейший физико-химический показатель качества любого масла, отражающий степень ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав масла. Высокое йодное число указывает на значительное количество двойных связей в остатках ненасыщенных жирных кислот, с которыми вступают в реакцию присоединения молекулы йода. Безусловно, ненасыщенные жирные кислоты играют важную роль в обмене веществ, функционировании клеточных мембран, выработке гормонов и поддержании общего здоровья организма, поэтому кунжутное масло является продуктом, обладающим профилактическими свойствами. Следует отметить, что в кулинарии арабских стран, в том числе Республики Йемен, кунжутное масло используется в салатах и холодных закусках (рис. 2).

Показатель преломления кунжутного масла составил $1,48 \pm 0,01$, что свидетельствует о высоком содержании атомов углерода в жирно-кислотном составе. Данный показатель характеризует угол отклонения луча света при переходе из воздуха в среду масла и рассчитывается относительно эталонного мате-

риала (воздуха). Технологические значения показателя преломления – критерий при проверке фальсификации, при регистрации изменений, происходящих в ходе рафинации, фильтрации и упаковки масла. Плотность масла ($0,84 \pm 0,02$ г/мл при $25\text{ }^\circ\text{C}$) является

важным физическим параметром, характеризующим массу единицы объема масла при определенной температуре. Плотность зависит от химического состава, природы исходного сырья и особенностей технологического процесса изготовления масла.

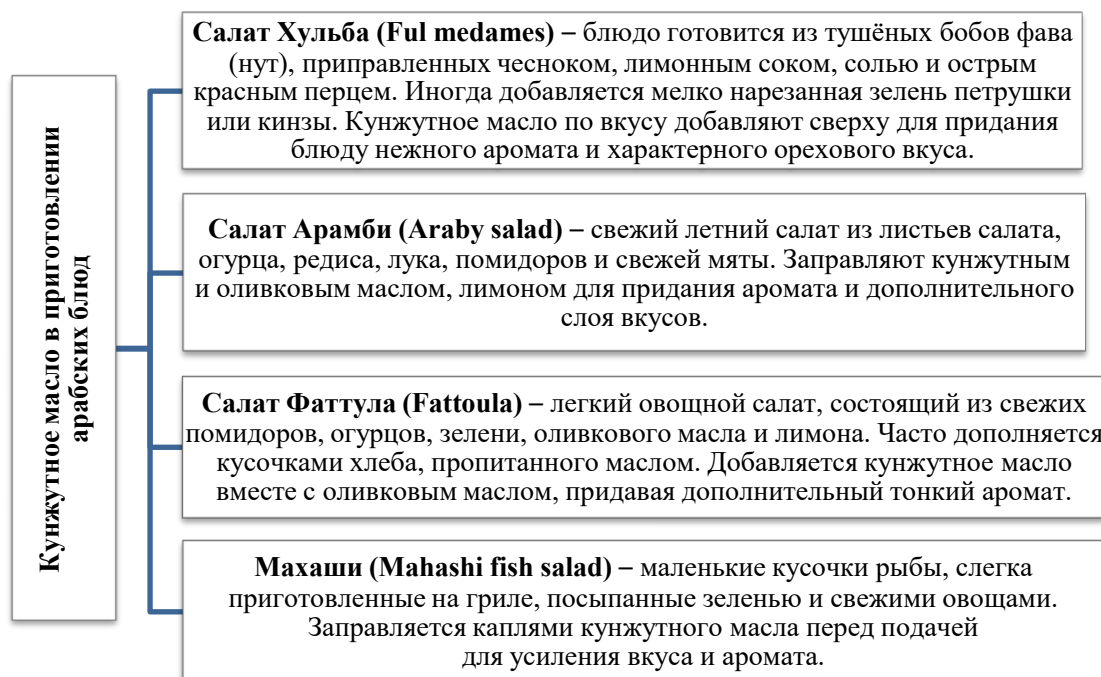


Рисунок 2. Примеры использования кунжутного масла из семян *Sesamum indicum* для приготовления блюд арабской кухни

Figure 2. Examples of using sesame oil made from *Sesamum indicum* seeds in Arabic cuisine

Контроль плотности при стандартизации и сертификации позволяет убедиться в соблюдении технологий производства и избежать подделок. Вязкость масла достигла максимума при $25\text{ }^\circ\text{C}$, составив $29,86$ сПз, что характеризует сопротивление жидкости течению под действием приложенной силы. Вязкость масла зависит от множества факторов, включая температуру, степень очистки и т. д. Данный показатель учитывается при процессах фильтрации, транспортировании и упаковке, а также позволяет выбрать оптимальные режимы нагрева с целью энергосбережения и сохранения ценных компонентов. Физико-химические показатели кунжутного масла представлены в таблице 1.

Жирнокислотный состав кунжутного масла – важнейший показатель, определяющий его качество, пищевую ценность, функциональные и технологические свойства.

Таблица 1. Свойства масла из семян кунжута, выращенного в Йемене

Table 1. Properties of sesame oil from seeds grown in Yemen

| Параметры | Единицы | Результаты |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
| Содержание масла | % | 49 |
| СЖК (в виде олеиновой кислоты) | % | $3,3 \pm 0,5$ |
| Кислотное число | мг NaOH/г | $7,2 \pm 0,1$ |
| Йодное число | г/100 г | $101,2 \pm 0,1$ |
| Число омыления | мг KOH/г | $187,0 \pm 0,1$ |
| Показатель преломления | – | $1,48 \pm 0,01$ |
| Содержание влаги | % | $0,06 \pm 0,03$ |
| Плотность | г/мл | $0,84 \pm 0,02$ |
| Вязкость | сПз | 29,86 |

Состав, содержание жирных кислот и количественное их соотношение непосредственно влияют на его назначение, способы обработки и оценку с точки зрения питания и безопасности. Структурные и физико-химические особенности жирных кислот позволяют проводить селективную очистку масла и получать фракции для конкретных продуктов (маргарина, кондитерские изделия, корма для животных). Знание жирнокислотного состава масел позволяет целенаправленно создавать специализированные масла с заданными свойствами и выбирать оптимальные способы экстракции, рафинации и дезодорирования,

позволяя минимизировать отходы и повысить выход готового продукта.

В следующей серии экспериментов определен жирнокислотный состав йеменского кунжутного масла с богатым содержанием жирных кислот, среди которых доминируют важные для человека ненасыщенные соединения (рис. 3). Практически 85% всех жирных кислот составляют моно- и полиненасыщенные кислоты, что позволяет отнести кунжутное масло к ценной части рациона человека, поскольку эти соединения являются важными структурными компонентами мембран и участвуют в различных метаболических процессах клетки.



Рисунок 3. Состав жирных кислот масла семян кунжута, выращенного в Йемене
Figure 3. Fatty acid composition of sesame seed oil produced in Yemen

Кроме того, ненасыщенные кислоты придают маслу специфический приятный ореховый аромат и тонкий пикантный вкус, что объясняет популярность кунжутного масла в традиционной арабской кухне. Насыщенные жирные кислоты присутствуют в количестве около 15%. Благодаря физическим и химическим свойствам кислот кунжутное масло является важным пищевым ингредиентом рецептов. Растительное масло используют в кулинарной обработке – для жарки, приготовления холодных соусов и маринадов. Таким образом, содержание в кунжутном масле полезных жирных кислот определяет его широкое применение как полезного компонента питания, незаменимого помощника кулинара

и надежного сырья для пищевой промышленности.

Жирнокислотный профиль кунжутного масла сильно зависит от генетических, агрономических и экологических факторов. Изменчивость температуры, количества осадков, химического состава почвы, сорта и методов экстракции значительно влияет на соотношение и количественное содержание жирных кислот в растительном масле [20]. Эти естественные различия объясняют незначительные отклонения, наблюдаемые между нашими результатами и данными о составе масла из семян кунжута, выращенного в других странах – Индии, Эфиопии и Бразилии.

В последние годы с повышением уровня интереса населения к здоровому питанию и ростом осведомленности о здоровье потребление кунжута и продуктов его переработки становится все более актуальным. На международном рынке резко вырос спрос на семена кунжута, причем основными странами-потребителями являются страны Азии и Востока. Кунжут – один из самых популярных продуктов среди потребителей, входит в состав рецептов различных арабских блюд.

На рынке можно приобрести традиционные продукты, которые пользуются большой популярностью у потребителей, включая кунжутное масло, кунжутную пасту, кунжутные конфеты, кунжутные пирожные и другую выпечку, а также пельмени с кунжутной начинкой. Традиционная йеменская кухня известна своими уникальными вкусовыми сочетаниями и использованием различных специй и растительных масел, которые придают вкус и аромат блюду.

Среди традиционных блюд, содержащих кунжут и кунжутное масло, особое внимание заслуживает выпечка – хлебобулочные и кондитерские изделия: Малавах (Malawah); Маамуль (Ma'amoul); Манакиш (Manakish); Bint Al sahn (Bint as-Sahn); Баразек (Barazek). Использование масличных семян в хлебобулочных изделиях в последние годы приобрело популярность благодаря их органолептическим, текстурным и питательным свойствам. Добавление масличных семян изменяет реологию теста, объем изделий и их текстуру, влияя на их органолептические характеристики и привлекательность для потребителя [21].

Хлебобулочные изделия входят в число наиболее широко потребляемых продуктов питания в мире, однако в их традиционных рецептурах часто отсутствуют необходимые питательные вещества, такие как высококачественные белки, пищевые волокна и биологически активные соединения. Для решения этой проблемы было проведено множество исследований по использованию семян различных сельскохозяйственных культур для обогащения мучных и сахаристых изделий.

Семена кунжута используются при приготовлении кулинарных блюд и кондитерской продукции в качестве пищевого и вкусового ингредиента, в том числе с целью увеличения сроков хранения за счет антиокислительной

активности [22–24]. Так, кунжут и масло из него входят в рецептуру популярной йеменской выпечки Bint Al sahn (Bint as-Sahn): мука 450 г (+50 г на «подпыл» лепёшек); дрожжи сухие 1 ч. л.; вода 150 мл; сахар 1 ст. л.; яйца 3 шт.; масло сливочное 150 г (75 г – в тесто, 75 г – для смазки); масло кунжутное 2 ст. л.; кунжут для посыпки 1 ст. л.; соль 1 ч. л.; мёд 2 ст. л. (для подачи).

Кухня Йемена – богатое наследие кулинарных традиций, сформировавшееся под влиянием географического расположения страны, природно-климатических условий и национально-исторических связей со странами Ближнего Востока и Аравийского полуострова. Кухня Йемена характеризуется разнообразием блюд, основанных на зерновых культурах, мясе, овощах и специях, отражающих богатство природы, национальное и религиозное многообразие населения Ближнего Востока.

Кунжут в йеменской кухне используют в качестве текстурного ингредиента или в виде кунжутного масла для приготовления разных блюд: салатов, выпечки, соусов и халвы. Большинство хлебобулочных изделий из местных зерновых культур отличается по ингредиентному составу и технологии приготовления (Рашуш – Rashoosh; Джакхунун – Jachnun; Малавах – Malawach). Хлеб всегда считался популярным продуктом питания в Йемене, он является важной составляющей культуры страны [25].

Выводы. Проведенное исследование показывает, что кунжутное масло играет значительную роль в традиционной кухне и культуре Йемена, а также широко применяется в современной пищевой промышленности. В промышленном секторе оно находит применение в технологиях приготовления широкого спектра продуктов питания, таких как хлебобулочные изделия, мясные и рыбные блюда, десерты и кондитерские изделия. В настоящей статье представлена методика экстракции масла из семян кунжута, выращенного в Республике Йемен. Проведен анализ ключевых физико-химических показателей и представлена качественная характеристика жирно-кислотного профиля. Результаты исследования подтвердили перспективность применения масла, полученного из семян *Sesamum indicum*, в качестве функционального пище-

вого ингредиента в рационе населения арабских государств и компонента рецептурных композиций традиционных и современных кулинарных изделий, а также эффективного технологического ресурса в процессе переработки и изготовления продукции пищевых

предприятий. Качественный и количественный профиль липидных компонентов свидетельствует о потенциальной роли кунжутного масла в обеспечении рационального питания населения республики.

Список литературы

1. Structural characterization and prebiotic activity of oligosaccharides derived from sesame meal produced by different oil extraction methods / H.F. Duan, X.R. Chen, R. Zhang [et al.] // Food research international. 2026. No. 225. P. 118032. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.118032
2. Mostashari P., Mousavi Khaneghah A. Sesame Seeds: A Nutrient-Rich Superfood // Foods. 2024. Vol. 13. No. 8. P. 1153. DOI: 10.3390/foods13081153
3. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications / P. Wei, F. Zhao, Z. Wang [et al.] // Nutrients. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 4079. DOI: 10.3390/nu14194079
4. Black sesame seeds: Nutritional value, health benefits, and food industrial applications / Z. Xu, M. Li, J. Nanjie [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2024. Vol. 153. No. 1. P. 104740. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104740
5. A systematic review on the nutrition, health benefits, and allergy risks of sesame seeds / J. Zhao, J. Fan, J. Tang [et al.] // Food chemistry. 2026. No. 500. P. 147516. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.147516.
6. Sesame, an Underutilized Oil Seed Crop: Breeding Achievements and Future Challenges / S. Rauf, T. Basharat, A. Gebeyehu [et al.] // Plants. 2024. Vol. 13. No.18. P. 2662. DOI: 10.3390/plants13182662
7. Health Effects of Various Edible Vegetable Oil: An Umbrella Review // P. T. Voon, C. M. Ng, Y. T. Ng [et al.] // Advances in nutrition. 2024. Vol. 15. No. 9. P. 100276. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100276
8. Physicochemical Properties, Fatty Acid Composition, and Nutritional Quality of Thai Perilla Seed Oil, Sesame Seed Oil, and Their Blended Oil / R. Singanusong, J. Judphol, S. Jiamyangyuen, S. Rungchang // Journal of oleo science. 2026. Vol. 75. Is. 3. P. 225–237. DOI: 10.5650/jos.ess25211
9. Gülen S., Günal-Köroğlu D., Turan S. Effects of cold-pressed oil additives in varying proportions: Physico-chemical characteristics of mayonnaises // Food chemistry. 2025. No. 469. P. 142576. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142576
10. Effects of Roasting Conditions on the Quality of Sesame Oil: Sensory Profiles, Volatile Components, Fatty Acids and Oxidative Stability / M. Zheng, Y. Chen, P. Yang [et al.] // Foods. 2026. Vol. 15. No. 1. P. 146. DOI: 10.3390/foods15010146
11. Reyad S., Albakry B. S. Sesame oil, properties and advantages // The Future of Biology. 2022. No. 1. Pp.1–9. DOI: 10.37229/fsa.fjb.2022.03.15
12. Comprehensive Investigations into the Oil Extraction Process of Yellowish and Blackish Sesame Varieties, Parameters Optimization, and Absorbance Spectra Characteristics / A. Kabutey, S.H. Kibret, S.S. Soe, M. Musayev // Foods. 2025. Vol. 14. No. 19. P. 3450. DOI: 10.3390/foods14193450
13. Effect of diet contains sesame seed on adult Wistar rat testis / J.A. Mahabadi, H.H. Bafrani, H. Nikzad [et al.] // International Journal of Morphology. 2013. Vol. 31. No. 1. Pp. 197–202. DOI: 10.4067/S0717-95022013000100033
14. Utilization of Moringa oleifera oil for biodiesel production: A systematic review / C. A. Omonhinmin, E. Olomukoro, A. Ayoola, E. Egwim // AIMS Energy . 2020. Vol. 8. No. 1. Pp. 102–121. DOI: 10.3934/energy.2020.1.102
15. Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils / M. M. Özcan, K. Ghafoor, F. Al Juhaimi [et al.] // South African Journal of Botany. 2019. No. 124. Pp. 333–337. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.010
16. Palm olein as renewable raw materials for industrial and pharmaceutical products applications: Chemical characterization and physicochemical properties studies / D. Derawi, B. M. Abdullah, H. Z. Huri [et al.] // Advances in Materials Science and Engineering. 2014. No. 2014. P. 134063. DOI: 10.1155/2014/134063
17. Das M. Composition of seed and characteristics of oil from Karingda / M. Das, S. K. Das, S. H. Suthar // International Journal of Food Science and Technology. 2002. Vol. 37. No. 8. Pp. 893–896. DOI: 10.1046/j.1365-2621.2002.00638

18. Sensory and Physicochemical Qualities of Palm Olein and Sesame Seed Oil Blends during Frying of Banana Chips / S. M. Abdulkarim, M. W. Myat, H. M. Ghazali [et al.] // *Journal of Agricultural Science*. 2010. Vol. 2. No. 4. Pp. 18–29. DOI: 10.5539/jas.v2n4p18
19. Physicochemical Characteristics of Malaysian Crude Palm Kernel Oil / M.A. Bahadi, M.F.M. Yusoff, A.W.M. Japir [et al.] // *Malaysian Journal of Chemistry*. 2019. Vol. 21. No 2. Pp. 17–27.
20. Associations of the Seed Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm with Agronomic Traits and FAD2 Variations / E.-G. Kim, S. Lee, T.-J. Yang [et al.] // *Plants*. 2024. Vol. 13. No. 12. P. 1590. DOI: 10.3390/plants13121590
21. de Lamo B., Gómez M. Bread Enrichment with Oilseeds. A Review // *Foods*. 2018. Vol. 7. No. 11. P. 191. DOI: 10.3390/foods7110191
22. Authenticity assessment of commercial bakery products with chia, flax and sesame seeds: Application of targeted and untargeted metabolomics results from seeds and lab-scale cookies / F.I. Brigante, A.L. Mas, A. Erban [et al.] // *Food Control*. 2022. Vol. 140. No. 1. P. 109114. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109114
23. Al-Alwani H.I. The effect of replacing wheat flour with sesame and flax flour on the chemical composition, fatty acids, and antioxidant properties of biscuits / H. I. Al-Alwani, N. J. Fadhil, S. I. Yousif // *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 23. No. 4. P. 74–84. DOI: 10.25130/tjas.23.4.7
24. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products / F. Saman, A. Ammar, A. Khushi [et al.] // *Applied Food Research*. 2025. Vol. 5. No. 2. P. 101534. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101534
25. Al-Mussali M. S., Al-Gahri M. A. Nutritive Value of Commonly Consumed Bread in Yemen // *Journal of Chemistry*. 2009. Vol. 6. No. 2. P. 975960. DOI: 10.1155/2009/975960

References

1. Duan H.F., Chen X.R., Zhang R. [et al.]. Structural characterization and prebiotic activity of oligosaccharides derived from sesame meal produced by different oil extraction methods. *Food research international*. 2026;(225):118032. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.118032
2. Mostashari P., Mousavi Khaneghah A. Sesame Seeds: A Nutrient-Rich Superfood. *Foods*. 2024;13(8):1153. DOI: 10.3390/foods13081153
3. Wei P., Zhao F., Wang Z. [et al.]. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications. *Nutrients*. 2022;14(19): 4079. DOI: 10.3390/nu14194079
4. Xu. Z., Li M., Nanjie J. [et al.]. Black sesame seeds: Nutritional value, health benefits, and food industrial applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2024;153(1):104740. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104740
5. Zhao J., Fan J., Tang J. [et al.]. A systematic review on the nutrition, health benefits, and allergy risks of sesame seeds. *Food chemistry*. 2026;(500):147516. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.147516
6. Rauf S., Basharat T., Gebeyehu A. [et al.]. Sesame, an Underutilized Oil Seed Crop: Breeding Achievements and Future Challenges. *Plants*. 2024;13(18):2662. DOI: 10.3390/plants13182662
7. Voon P.T., Ng C.M., Ng Y.T. [et al.]. Health Effects of Various Edible Vegetable Oil: An Umbrella Review. *Advances in nutrition*. 2024;15(9):100276. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100276
8. Singanusong R., Judphol J., Jiamyangyuen S., Rungchang S. Physicochemical Properties, Fatty Acid Composition, and Nutritional Quality of Thai Perilla Seed Oil, Sesame Seed Oil, and Their Blended Oil. *Journal of oleo science*. 2026;75(3):225–237. DOI: 10.5650/jos.ess25211
9. Gülen S., Günal-Köroğlu D., Turan S. Effects of cold-pressed oil additives in varying proportions: Physico-chemical characteristics of mayonnaises. *Turan. Food chemistry*. 2025;(469):142576. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142576
10. Zheng M., Chen Y., Yang P. [et al.]. Effects of Roasting Conditions on the Quality of Sesame Oil: Sensory Profiles, Volatile Components, Fatty Acids and Oxidative Stability. *Foods*. 2026;15(1):146. DOI: 10.3390/foods15010146
11. Reyad S., Albakry B.S. Sesame oil, properties and advantages. *The Future of Biology*. 2022;(1):1–9. DOI: 10.37229/fsa.fjb.2022.03.15
12. Kabutey A., Kibret S.H., Soe S.S., Musayev M. Comprehensive Investigations into the Oil Extraction Process of Yellowish and Blackish Sesame Varieties, Parameters Optimization, and Absorbance Spectra Characteristics. *Foods*. 2025;14(19):3450. DOI: 10.3390/foods14193450

13. Mahabadi J.A., Bafrani H.H., Nikzad H. [et al.]. Effect of diet contains sesame seed on adult Wistar rat testis. *International Journal of Morphology*. 2013;31(1):197–202. DOI: 10.4067/S0717-95022013000100033
14. Omonhinmin C.A., Olomukoro E., Ayoola A., Egwim E. Utilization of Moringa oleifera oil for biodiesel production: A systematic review. *AIMS Energy*. 2020;8(1):102–121. DOI: 10.3934/energy.2020.1.102
15. Özcan M.M., Ghafoor K., Al Juhaimi F. [et al.]. Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils. *South African Journal of Botany*. 2019;(124):333–337. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.010
16. Derawi D., Abdullah B.M., Huri H.Z. [et al.]. Palm olein as renewable raw materials for industrial and pharmaceutical products applications: Chemical characterization and physicochemical properties studies. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2014;(2014):134063. DOI: 10.1155/2014/134063
17. Das M., Das S.K., Suthar S.H. Composition of seed and characteristics of oil from Karingda. *International Journal of Food Science and Technology*. 2002;37(8):893–896. DOI: 10.1046/j.1365-2621.2002.00638
18. Abdulkarim S.M., Myat M.W., Ghazali H.M. [et al.]. Sensory and Physicochemical Qualities of Palm Olein and Sesame Seed Oil Blends during Frying of Banana Chips. *Journal of Agricultural Science*. 2010;2(4):18–29. DOI: 10.5539/jas.v2n4p18
19. Bahadi M.A., Yusoff M.F.M., Japir A.W.M. [et al.]. Physicochemical Characteristics of Malaysian Crude Palm Kernel Oil. *Malaysian Journal of Chemistry*. 2019;21(2):17–27.
20. Kim E.-G., Lee S., Yang T.-J. [et al.]. Associations of the Seed Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm with Agronomic Traits and FAD2 Variations. *Plants*. 2024;13(12):1590. DOI: 10.3390/plants13121590
21. de Lamo B., Gómez M. Bread Enrichment with Oilseeds. A Review. *Foods*. 2018;7(11):191. DOI: 10.3390/foods711019122
22. Brigante F.I., Mas A.L., Erban A. [et al.]. Authenticity assessment of commercial bakery products with chia, flax and sesame seeds: Application of targeted and untargeted metabolomics results from seeds and lab-scale cookies. *Food Control*. 2022;140(1):109114. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109114
23. Al-Alwani H.I., Fadhil N.J., Yousif S.I. The effect of replacing wheat flour with sesame and flax flour on the chemical composition, fatty acids, and antioxidant properties of biscuits. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023;23(4):74–84. DOI: 10.25130/tjas.23.4.7
24. Saman F., Ammar A., Khushi A. [et al.]. F. Saman, A. Ammar, A. Khushi [et al.]. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products. *Applied Food Research*. 2025;5(2):101534. DOI: 101534. 10.1016/j.afres.2025.101534
25. Al-Mussali M.S., Al-Gahri M.A. Nutritive Value of Commonly Consumed Bread in Yemen. *Journal of Chemistry*. 2009;6(2):975960. DOI: 10.1155/2009/975960

Сведения об авторах

Фрейджан Вахиб Бин – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет

Аль-Хамуди Махфуд – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 57218317236

Аль-Надхари Анас – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет образования, филиал Хавлан, Санский университет

Аль-Арнут Саад – доктор философии (биология), доцент кафедры биологических наук, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 59941964400

Али Алмактари Махер – доктор философии (химия), профессор кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 54890627100

Верхотуров Василий Владимирович – доктор биологических наук, профессор института агроинженерии и пищевых систем, Калининградский государственный технический университет, SPIN-код: 2947-5104, Author ID: 287647, Scopus ID: 6701351908

Information about the authors

Waheeb Bin Frejan – Ph.D. (Chemistry), Associate Professor of Chemistry Department; Faculty of Science, Sana'a University

Mahfoudh Al-Hamadi – Ph.D. (Chemistry), Associate Professor of Chemistry Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 57218317236

Anas Al-Nadhary – Ph.D. (Chemistry); Associate Professor of Chemistry Department; Faculty of Education, Khawlan Branch, Sana'a University

Saad Al-Arnoot – Ph.D. (Biological), Associate Professor of Biological Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 59941964400

Maher Ali Almaqtari – Ph.D. (Chemistry), Professor of Chemistry Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 54890627100

Vasily V. Verkhoturov – Doctor of Biological Sciences; Director of the Institute of Agroengineering and Food Systems, Kaliningrad State Technical University, SPIN-code: 2947-5104, Author ID: 287647, Scopus ID: 6701351908

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 01.04.2026;
одобрена после рецензирования 20.04.2026;
принята к публикации 27.04.2026.*

*The article was submitted 01.04.2026;
approved after reviewing 20.04.2026;
accepted for publication 27.04.2026.*