

Научная статья/Research article

УДК 665.33

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-228-239

Владимир Анатольевич Васильев¹, Анна Станиславовна Реснянская²✉

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

²Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹osmiy.7272@mail.ru

²resnyanskaya-as@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЖИРНЫХ КИСЛОТ МАСЕЛ ТЫКВЫ, АРБУЗА И ЧЕРНОГО ТМИНА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования – определить состав жирных кислот для ценных растительных масел прямого холодного отжима (тыквы, арбуза, черного тмина), полученных из сырья, выращенного в Астраханской области. Задачи: получить масла прямого холодного отжима из семян арбуза, тыквы и черного тмина выросших в районах Астраханской области, с четкой привязкой к координатам населенного пункта. Определить состав мажорных и минорных жирных кислот. Произвести расчет важнейших числовых индексов. Собрать литературные данные по заданным критериям для соответствующих масел, полученных в различных странах и регионах, и соотнести их с результатами, полученными в ходе эксперимента. Соответствующее растительное сырье, отобранное в месте произрастания с точно известной географической привязкой, подвергалось переработки с целью получения масла методом прямого отжима. В полученных образцах масла состав жирных кислот определялся методом газовой хроматографии после проведения предварительного гидролиза глицеридов и получения соответствующих метиловых эфиров жирных кислот. В ходе проведенного исследования были получены образцы растительных масел путем холодного прямого отжима из сырья, выращенного в Астраханской области с привязкой к определенному населенному пункту. Для полученных масел из семечек тыквы, арбуза и черного тмина определен состав жирных кислот, произведен расчет преобладающего пула и других соотношений. Полученные результаты проанализированы в контексте имеющихся литературных данных по составу кислот соответствующих масел, произведенных в различных регионах мира. Идентификация состава жирных кислот и расчет их массовых соотношений является важным элементом комплексной процедуры оценки подлинности ценных растительных масел установления места происхождения сырья и производителя.

Ключевые слова: состав жирных кислот, масло тыквы, масло черного тмина, масло арбуза, идентификация подлинности

Для цитирования: Васильев В.А., Реснянская А.С. Исследование состава жирных кислот масел тыквы, арбуза и черного тмина Астраханской области // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 228–239. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-228-239.

Vladimir Anatolyevich Vasilyev¹, Anna Stanislavovna Resnyanskaya²✉

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

¹osmiy.7272@mail.ru

²resnyanskaya-as@yandex.ru

STUDY OF THE FATTY ACIDS OF PUMPKIN, WATERMELON AND BLACK CUMIN OILS IN THE ASTRAKHAN REGION

The increasing demand for high-quality cold-pressed edible vegetable oils is leading to a rise in the number of producers and competition among them. The production of counterfeit products creates unfair advantages for dishonest market participants. Determining the fatty acid composition and calculating their predominant pool in vegetable oils is one of the key criteria for establishing authenticity. The content of individual acids depends on the variety of the raw material, the location and conditions of cultivation, and the method of production, and can therefore be used as part of a comprehensive approach to confirm the product's affiliation with the declared producer and the origin of the raw material. The aim of this work is to determine the fatty acid composition of valuable cold-pressed vegetable oils: pumpkin, watermelon, and black cumin, obtained from raw materials cultivated in the Astrakhan region. The corresponding vegetable raw materials, selected from the growing area with a precisely known geographical reference, were processed to obtain oil through direct pressing. In the obtained oil samples, the fatty acid composition was determined using gas chromatography following the preliminary hydrolysis of glycerides and the production of the corresponding methyl esters of fatty acids. During the conducted research, samples of vegetable oils were obtained through cold direct pressing from raw materials cultivated in the Astrakhan region, linked to a specific locality. For the obtained oils from pumpkin seeds, watermelon, and black cumin, the fatty acid composition was determined, and calculations of the predominant pool and other ratios were performed. The results were analyzed in the context of existing literature data on the acid composition of the corresponding oils produced in various regions of the world. The identification of the fatty acid composition and the calculation of their mass ratios is an important element of a comprehensive procedure for assessing the authenticity of valuable vegetable oils and establishing the origin of the raw material and the producer.

Keywords: fatty acid composition; oils: pumpkin, black cumin, watermelon, authenticity identification; place of origin

For citation: Vasilyev VA, Resnyanskaya AS. Study of the fatty acids of pumpkin, watermelon and black cumin oils in the Astrakhan Region. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):228-239. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-228-239.

Введение. Рост ответственного отношения к состоянию своего здоровья значительно изменил культуру пищевого потребления населения. Приоритет изменился в сторону приобретения простой, здоровой пищи с минимальным количеством химических модификаторов и технологических обработок с максимальным сохранением эндогенных, физиологически дружественных компонентов, полученных из исходного сырья. Растительные масла прямого холодного отжима, в отличие от экстракционных рафинированных, сохраняют исходную композицию биологически активных соединений: фосфолипидов, фитостеринов, витаминов, полифенолов, хлорофилла, полиненасыщенных соединений. Состав жирных кислот различного масленичного сырья сильно отличается. Рост физиологической ценности масел во многом коррелирует с содержанием полиненасыщенных жирных кислот, которые необходимы для протекания большинства биологических процессов в организме человека. Согласно литературным дан-

ным, масла арбуза, тыквы и черного тмина являются естественными кладовыми ценных липофильных компонентов и ненасыщенных жирных кислот [1–3]. Если масло тыквенных семечек достаточно давно используется в качестве функционального компонента питания, то масло семечек арбуза и черного тмина только начинает завоевывать рынок. Растущая популярность данных масел обусловлена разносторонней фармакологической активностью: антимикробной, противораковой, радиозащитной и др. [4–6]. Переход основной доли реализации ценных растительных масел из аптечной сети в торговые объекты и маркетплейсы в разы повысил вероятность появления на рынке фальсифицированной продукции. Фальсификация возможна путем замены сырья на более дешевое: использование сырья вне заявленной зоны произрастания, использование процесса экстракции химическими растворителями вместо прямого отжима. Все эти манипуляции приводят к снижению себестоимости производимого про-

дукта и, следовательно, создают объективные предпосылки для недобросовестной конкуренции, в результате которой качественный продукт будет не востребован. Современные тенденции брендинга продукции выдвигают требования не только к качеству продукции, но и к месту происхождения масличного сырья. Бренд астраханских бахчевых широко известен как в России, так и за ее пределами. Производство масел из семян астраханского арбуза, тыквы, черного тмина с указанием места происхождения сырья может дать дополнительные конкурентные преимущества выпускаемой продукции. Исследование состава жирных кислот растительных масел является надежным критерием при определении подлинности ценных растительных масел. Данный критерий лежит в основе ГОСТ 30623-2018 «Межгосударственный стандарт. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы», метод обнаружения фальсификации, в котором все растительные масла в зависимости от преобладающего пула жирных кислот разделены на 8 групп. Масла арбузной и тыквенной семечки, черного тмина относятся к 7-й группе «Растительные масла с максимальной массовой долей линолевой кислоты», преобладающей является линолевая (ω -6) кислота (28–81 % по массе). Учитывая, что жирные кислоты в составе растительных масел присутствуют в виде труднолетучих триглицеридов, перед проведением анализа их гидролизуют до свободных кислот и глицерина с помощью щелочных агентов, затем подвергают этерификации метиловым спиртом при катализе метилатом натрия с образованием соответствующих метиловых эфиров, в виде которых и происходит идентификация [7]. Дополнительная информация может быть получена путем расчета индекса общего содержания насыщенных жирных кислот « Σ SFA: Total saturated fatty acids»; общего содержания ненасыщенных жирных кислот: « Σ UNSFA: Total unsaturated fatty acids»; общего содержания мононенасыщенных жирных кислот: « Σ MUFA: Total monounsaturated fatty acid»; общего содержания полиненасыщенных жирных кислот: « Σ PUFA: Total poly unsaturated fatty acid», отношение доли насыщенных и ненасыщенных жирных кислот [8]. Анализ содержания мажорных и минорных компонентов в пуле жирных кислот, а также основные расчетные числовые индексы можно рассматривать как первичные характеристичес-

кие критерии определения подлинности и места происхождения ценных растительных масел, которые могут быть дополнены данными по анализу стабильных легких изотопов, дифференциального флуоресцентного и микроэлементного анализа и др. [9, 10].

Цель исследования – оценить вклад данных, полученных в ходе анализа жирнокислотного состава ценных растительных масел прямого холодного отжима, в систему для идентификации их подлинности и места происхождения.

Задачи: получить масла прямого холодного отжима из семян арбуза, тыквы и черного тмина, выросших в районах Астраханской области, с четкой привязкой к координатам населенного пункта; определить состав мажорных и минорных жирных кислот; произвести расчет важнейших числовых индексов; собрать литературные данные по заданным критериям для соответствующих масел, полученных в различных странах и регионах, и соотнести их с результатами, полученными в ходе эксперимента.

Объекты и методы. В ходе проведения работы методом газовой хроматографии проводилось определение состава жирных кислот в 4 образцах ценных растительных масел: масло семян тыквы (1 образец), масло семян арбуза (2 образца), масло семян черного тмина (1 образец). Учитывая, что в задачи работы входило получение масел и определение состава жирных кислот для продукции, произведенной из сырья с привязкой к географическим координатам места происхождения, исходные арбузы и тыквы закупались непосредственно в поле (бахче). Масло черного тмина закупалось у фермерского хозяйства, непосредственно выращивающего сырье и производящего масло путем холодного прессования.

Образец № 1. Масло тыквенной семечки, нерафинированное, первого холодного отжима. Регион произрастания сырья: Астраханская область, Харабалинский район, пос. Бугор. Сорт Волжская Серая, вес – 5–7 кг.

Образец № 2. Масло тыквенной семечки, нерафинированное, первого холодного отжима. Регион произрастания сырья: Астраханская область, Камызякский район, с. Чаган. Сорт Гитара, вес 2–3 кг.

Образец № 3. Масло арбузной семечки, нерафинированное, первого холодного отжима. Регион произрастания сырья: Астраханская об-

ласть. Икрянинский район, с. Красные Баррикады. Сорт Астраханский, вес 9–11 кг.

Образец № 4. Масло черного тмина, нерафинированное, первого холодного отжима. Регион произрастания сырья: Астраханская область, Приволжский район, пос. Ивановский.

Семена для выработки растительных масел отбирались из сырья вручную. Для этого в случае тыквы проводилось механическое отделение плацентарной ткани и энкарпия, из которых семена выбирались вручную и промывались дистиллированной водой. Семена арбуза выделялись непосредственно из мякоти. Семечки высушивали до влажности 6 % на анализаторе влажности МХ-50 (A&D, Япония) в изотермическом режиме при 80 °С. Семена измельчались до фракции 2–3 мм с помощью кофемолки Bosch МКМ 6003 (Германия). Масло из очищенных и измельченных семян отжималось с помощью ручного механического шнекового пресса LAOHAO ZYJ0001 (Китай) при температуре 40 °С. Образцы масел хранились в холодильнике при температуре 5 °С в флаконах коричневого стекла объемом 50 см³.

Состав жирных кислот в исследуемых образцах масел определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ 30418-96 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава». Все измерения проводили в условиях трехкратного повторения. Взвешивание образцов масел и реактивов проводилось на аналитических электронных весах AND HR-250AZ (A&D, Япония). Определение метиловых эфиров жирных кислот проводилось на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plus с пламенно-ионизационным детектором (Япония). Колонка капиллярная SolGEI-WAX, 30 м x 0,32 мм x 0,5 мкм #054797 (Trajan Scientific, Австралия). Обработка полученных результатов по площадям пиков проводилась с использованием интегрированного программного обеспечения Lab Solution GC Workstation версия 5, колонка.

Результаты и их обсуждение. Полученные в ходе эксперимента данные по содержанию минорных и мажорных жирных кислот в исследуемых образцах масел приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Состав жирных кислот в образцах масел, %
Composition of fatty acids in oil samples, %**

Жирная кислота	Масло тыквенной семечки (образец № 1)	Масло тыквенной семечки (образец № 2)	Масло арбузной семечки (образец № 3)	Масло черного тмина (образец № 4)
1	2	3	4	5
С.16.0 Гексадекановая (пальмитиновая)	11,7	10,9	11,2	13,0
С.16.1 Гексадеценовая (пальмитинолеиновая)	0,1	0,1	0,1	0,1
С.17.0 Гептадекановая (маргариновая)	Менее 0,1	Менее 0,1	0,1	0,1
С.17.1 Гептадеценовая (маргаринолеиновая)	Менее 0,1	Менее 0,1	0,1	0,1
С.18.0 Октадекановая (стеариновая)	5,7	5,0	6,0	3,0
С.18.1 Октадеценовая (олеиновая)	35,0	37,3	9,9	21,8
С.18.2 Октадекадиеновая (линолевая)	47,1	46,4	71,8	61,3
С.18.3 Октадекатриеновая (линоленовая)	Менее 0,1	Менее 0,1	0,2	0,1
С.20.0 Эйкозановая (арахиновая)	0,1	0,1	Менее 0,1	0,1
С.20.1 Эйкозеновая (гондоиновая)	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
С.14.0 Тетрадекановая (миристиновая)	0,1	0,1	0,2	0,3
С.22.0 Докозановая (бегеновая)	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	0,1
С.22.1 Докозеновая (эруковая)	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1
С.22.2 Докозодиеновая	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1
С.24.0 Тетракозановая (лигноцериновая)	Менее 0,1	Менее 0,1	0,1	Менее 0,1
Всего	99,8	99,9		99,9

Для всесторонней оценки полученных результатов и их объективной интерпретации, в контексте возможностей по выявлению фальсифицированной продукции, были проанализированы и обобщены имеющиеся литературные данные по

составу жирных кислот исследуемых видов масел, полученных в разных географических регионах мира с использованием прямого отжима, экстракции химическими растворителями и сверхкритической углекислотой (табл. 2–4).

Таблица 2

Состав жирных кислот масел семян черного тмина (*Nigella sativa*) из различных регионов
The composition of fatty acids in black cumin seed oils (*Nigella sativa*) from various regions

Способ производства / регион происхождения	Кислота										Источ-ник
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:2	Прочие	
Прямой отжим / Польша	0,2	12,6	0,1	3,3	23,1	56,0	0,3	0,2	2,3	1,9	11
Прямой отжим / Польша	0,2	11,2	1,2	0,4	26,4	55,5	1,2	1,2	0,4	2,3	12
Прямой отжим/ Египет	н.д.	11,8	н.д.	2,6	21,0	62,2	0,2	н.д.*	2,1	0,1	6
Прямой отжим/ Эфиопия	н.д.	11,8	н.д.	2,7	22,1	60,6	0,2	н.д.*	2,2	0,4	6
Прямой отжим / Сирия	н.д.	11,6	н.д.	2,5	21,8	61,4	0,2	н.д.*	2,3	0,3	6
Экстракция по Соклету (гексан)/ Дакка, Бангладеш	0,2	13,1	0,3	2,5	23,0	57,0	0,5	0,2	2,9	0,3	1
Экстракция по Соклету (гексан)/ Россия. Татарстан	н.д.	10,0	н.д.	2,4	23,3	60,6	н.д.	н.д.	2,5	1,2	13
Экстракция по Соклету (гексан)/ Таджикистан	н.д.	12,8	н.д.	3,2	24,6	55,8	н.д.	н.д.	2,3	1,3	13
Экстракция по Соклету/ Израиль	н.д.	12,3	н.д.	2,9	22,2	59,0	н.д.	н.д.	2,5	1,1	13
Среднее значение	0,2	11,9	0,5	2,5	23,1	58,7	0,4	0,5	2,2		
Исследуемый образец № 4	0,3	13,0	0,1	3,0	21,8	61,3	0,1	0,1	< 0,1	0,3	

Примечание: н.д. – нет данных.

Таблица 3

Состав жирных кислот масел семян тыквы (*Cucurbita*) из различных регионов
Composition of fatty acids in pumpkin seed oils (*Cucurbita*) from various regions

Способ производства / вид / регион происхождения	Кислота										Источ-ник
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Прямой отжим / Польша	н.д.	11,8	н.д.	15,5	34,2	37,9	0,7	н.д.	н.д.	14	
СО ₂ экстракция / Польша	0,1	10,7	н.д.	13,3	35,4	39,8	0,7	н.д.	н.д.	14	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прямой отжим / Польша	0,3	12,6	0,6	8,3	24,1	52,4	0,8	н.д.	н.д.	12
Прямой отжиме из необжаренных семян / Польша	0,1	10,4	0,1	6,4	37,7	44,9	н.д.	0,4	н.д.	15
Прямой отжим из обжаренных семян / Польша	0,1	10,4	0,1	6,4	38,3	44,3	н.д.	0,4	н.д.	15
Экстракция (гексан) / Мадагаскар	2,3	33,1	н.д.	15,9	36,3	7,3	2,0	0,9	2,2	16
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Польша	н.д.	14,5	н.д.	6,3	18,8	59,1	0,4	н.д.	н.д.	2
Прямой отжим / <i>Cucurbita pepo</i> / Польша	н.д.	12,8	н.д.	4,2	17,7	64,2	0,4	н.д.	н.д.	2
Прямой отжим / <i>Cucurbita moschata</i> / Польша	н.д.	11,2	н.д.	4,6	14,1	68,9	0,4	н.д.	н.д.	2
СО ₂ экстракция / <i>Cucurbita pepo</i> / Россия, Астраханская область	0,4	22,4	0,4	7,1	4,5	29,3	н.д.	0,3	н.д.	17
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Сербия	н.д.	14,8	н.д.	6,0	29,4	46,1	н.д.	н.д.	н.д.	17,18
Масло прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Италия	н.д.	14,2	н.д.	5,8	41,7	37,2	н.д.	н.д.	н.д.	19
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Узбекистан	0,1	10,7	0,6	8,6	38,4	39,8	н.д.	н.д.	н.д.	20
Среднее значение	0,5	14,6	0,4	7,8	28,5	43,4	0,7	0,4	2,2	
Требования ГОСТ 30623-2018	<0,1	10,0–13,0	<0,1	4,7–6,2	22,0–39,0	43,0–59,0	<0,4	<0,5	<0,1	
Исследуемый образец № 1 <i>Cucurbita maxima</i>	0,1	11,7	0,1	5,7	28,0	54,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Исследуемый образец № 2 <i>Cucurbita moschata</i>	0,1	10,9	0,1	5,0	27,3	56,4	<0,1	<0,1	<0,1	

Примечания: н.д. – нет данных. Жирным обозначены значения за пределами ГОСТа.

Таблица 4

**Состав жирных кислот масел семян арбуза (*Citrullus lanatus* L.) из различных регионов
Composition of fatty acids in watermelon seed oils (*Citrullus lanatus* L.) from various regions**

Способ производства / регион происхождения	Кислота										Источ-ник
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямой отжим / Россия	н.д.	10,6	0,2	6,2	24,4	58,0	0,3	0,2	–	0,2	21
Прямой отжим / Болгария	0,3	15,0	0,1	1,3	18,8	63,6	0,1	0,3	0,2	0,1	22
Прямой отжим / Греция	0,4	16,0	0,1	6,5	18,3	58,7	–	0,2	0,1	0,2	22
Прямой отжим / Алжир	н.д.	9,6	0,1	6,3	16,6	66,9	0,2	–	–	0,3	23
Прямой отжим / Марокко	0,1	10,3	0,1	7,0	14,8	67,1	0,3	0,3	0,1	н.д.	24
Экстракция по Соклету (гексан) / Рабат, Марокко	0,1	10,3	0,1	6,8	14,8	67,4	0,2	0,3	0,1	н.д.	24
Ультразвуковая экстракция (гексан) / Рабат, Марокко	0,1	10,3	0,1	7,0	14,8	67,1	0,3	0,3	0,1	н.д.	24
Прямой отжим / Марокко	0,1	10,1	0,1	8,0	19,1	61,8	0,5	0,3	0,1	н.д.	24
Прямой отжим / Великобритания	0,3	11,8	0,3	4,4	27,0	54,6	0,3	0,4	0,3	н.д.	25

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Прямой отжим, рафинированное / Италия	0,3	12,2	0,2	4,9	28,2	52,9	0,4	0,3	0,2	н.д.	25
Экстракция (гексан) / Польша	0,1	11,0	0,1	8,5	17,0	62,3	0,2	0,4	0,1	н.д.*	25
Прямой отжим / Греция	н.д.	11,0	0,1	7,1	12,2	66,8	0,9	0,1	0,1	0,1	11
СО ₂ экстракция / Россия, Астраханская область	0,2	15,3	8,2	6,8	3,2	43,0	н.д.*	н.д.*	н.д.	н.д.	17
Среднее значение	0,2	12,7	0,2	6,3	17,6	62,3	0,3	0,3	0,1	0,2	
Требования ГОСТ 30623-2018	<0,2	9,8–16,2	<0,1	6,3–13,8	10,8–23,0	45,1–72,6	<1,0	<0,1	<0,1	<0,1	
Исследуемый образец № 3 <i>Citrullus lanatus</i> L.	0,2	11,2	0,1	6,0	9,9	71,8	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	

Примечания: н.д. – нет данных. Жирным обозначены значения за пределами ГОСТа.

Как видно из приведенных выше данных, показатели доли жирных кислот в составе масел колеблются в достаточно широких пределах, даже в рамках одного исследования. Поэтому для повышения достоверности дискриминации подлинности образцов, помимо абсолютных значений показателей, целесообразно использовать расчетные характеристические индексы жирных кислот масел: общее содержание насыщенных жирных кислот (Σ SFA, Total saturated fatty acids); общее содержание ненасыщенных жирных кислот (Σ UNSFA, Total unsaturated fatty

acids); общее содержание мононенасыщенных жирных кислот (Σ MUFA, Total monounsaturated fatty acid); общее содержание полиненасыщенных жирных кислот (Σ PUFA, Total polyunsaturated fatty acid); отношение доли насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (SFA/UNSFA). Полученные данные, по соответствующим индексам для исследуемых образцов, приводятся в таблице 5 в сравнении с аналогичными показателями, рассчитанными по данным, взятым из литературных источников.

Таблица 5

Сводная таблица основных числовых индексов соотношения кислот
Summary table of key numerical indices of acid ratios

Способ производства / вид / регион происхождения	Индекс				
	Σ SFA	Σ UNSFA	Σ MUFA	Σ PUFA	SFA/UNSFA
1	2	3	4	5	6
Масло семян черного тмина (<i>Nigella sativa</i>)¹					
Прямой отжим / Польша	16,4	83,6	23,2	60,4	0,196
Прямой отжим / Польша	12,2	87,8	27,6	60,2	0,139
Прямой отжим / Египет	16,6	83,4	21,0	62,4	0,199
Прямой отжим / Эфиопия	17,1	82,9	22,1	60,7	0,206
Прямой отжим / Сирия	16,6	83,4	21,8	61,6	0,199
Экстракция по Соклету (гексан) / Дакка, Бангладеш	16,0	84,0	23,3	60,7	0,191
Экстракция по Соклету (гексан) / Россия. Татарстан	14,9	85,1	23,3	61,8	0,176
Экстракция по Соклету (гексан) / Таджикистан	18,3	81,7	24,6	57,1	0,223
Экстракция по Соклету / Израиль	17,7	82,3	22,2	60,1	0,215
Среднее значение	16,2	83,8	23,2	60,6	0,190
Образец № 4	16,5	83,5	21,6	61,9	0,197
Масло семян тыквы (<i>Cucurbita</i>)²					
Прямой отжим / Польша	27,3	72,7	34,2	38,5	0,375
СО ₂ экстракция / Польша	24,1	75,9	35,4	40,5	0,317

1	2	3	4	5	6
Прямой отжим / Польша	21,2	78,8	24,7	54,1	0,270
Прямой отжим из необжаренных семян / Польша	17,3	82,7	37,8	44,9	0,209
Прямой отжим из обжаренных семян / Польша	17,3	82,7	38,4	44,3	0,209
Экстракция (гексан) / Мадагаскар	51,3	48,7	36,3	12,4	1,050
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Польша	20,2	78,1	18,8	59,3	0,258
Прямой отжим / <i>Cucurbita pepo</i> / Польша	17,5	82,1	17,7	64,8	0,212
Прямой отжим / <i>Cucurbita moschata</i> / Польша	17,0	83,7	14,1	68,9	0,204
СО ₂ экстракция / <i>Cucurbita pepo</i> / Россия, Астраханская область ⁴	30,2	69,8	4,5	65,3	0,432
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Сербия	20,8	79,2	29,4	49,8	0,262
Масло прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Италия	20,0	80,0	41,7	38,3	0,250
Прямой отжим / <i>Cucurbita maxima</i> / Узбекистан	21,1	78,9	39,0	39,9	0,267
Среднее значение	20,3	79,7	30,7	46,3	0,251
Требования ГОСТ 30623-2018	14,7–20,3	79,5–85,3	22,0–39,0	40,7–63,3	0,172–0,254
Образец № 1	17,5	82,5	28,0	54,5	0,212
Образец № 2	16,3	83,7	27,3	56,4	0,195
Масло масел семян арбуза (<i>Citrullus lanatus</i> L.)³					
Прямой отжим / Россия	17,3	82,7	24,6	58,1	0,209
Прямой отжим / Болгария	16,9	73,1	19,1	54,0	0,231
Прямой отжим / Греция	23,3	76,7	18,5	58,2	0,303
Прямой отжим / Северный Алжир	16,2	83,8	16,7	67,1	0,193
Прямой отжим / Рабат, Марокко	17,7	82,3	15,0	67,3	0,215
Экстракция по Соклету (гексан) / Рабат, Марокко	17,5	82,5	15,0	67,5	0,212
Ультразвуковая экстракция (гексан) / Рабат, Марокко	17,7	82,3	15,0	67,3	0,215
Прямой отжим / Рабат, Марокко	18,5	81,5	19,3	62,2	0,226
Прямой отжим / Великобритания	17,3	82,7	27,7	55,0	0,209
Прямой отжим, рафинированное / Италия	17,7	82,3	28,7	53,6	0,215
Экстракция гексан / Польша	20,2	79,8	17,2	62,6	0,253
Прямой отжим / Греция	19,4	80,6	12,4	68,2	0,240
СО ₂ экстракция / Россия. Астраханская область ⁴	30,1	69,9	11,4	58,5	0,432
Среднее значение	17,5	80,9	19,1	61,8	0,226
Требования ГОСТ 30623-2018	16,3–30,4	69,6–83,7	10,9–23,0	46,6–72,6	0,197–0,436
Образец № 3	17,6	82,4	10,1	72,0	0,21

Примечания: жирным обозначены значения за пределами ГОСТа; ¹ссылки на литературные источники приводятся в таблице 2; ²ссылки на литературные источники приводятся в таблице 3; ³ссылки на литературные источники приводятся в таблице 4; ⁴данные не учитывались при расчете среднего значения.

Сравнительный анализ полученных результатов по составу жирных кислот исследуемых растительных масел с литературными, а также с требованиями нормативных документов показал следующее. Образцы масел тыквы и арбуза

полностью соответствуют требованиям ГОСТ 30623-2018 «Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации». В соответствии с требованиями нормативного документа дан-

ные масла отнесены к 7-й классификационной группе «Масла с максимальным содержанием линолевой (октадекадиеновой) кислоты». В исследуемых образцах масел тыквы (№ 1, 2) содержание линолевой кислоты составило 54,5 и 56,4 % соответственно, что значительно выше медианного показателя по данному виду масел. В масле арбуза (образец № 3) на долю полиненасыщенных кислот приходится 78 % от общего количества, что говорит о высоком качестве исследуемого масла. По данному показателю масло, полученное из семечек астраханского арбуза, значительно превышает средний показатель в 61,8 %.

Масло черного тмина (образец № 4) формально не упоминается в ГОСТ 30623-2018, вероятно, в связи с тем, что наиболее широкое распространение в России оно получило после 2020 г. в связи с резким увеличением интереса к нему из-за содержания биологически активных соединений, обладающих широким спектром действия. Превалирующей жирной кислотой в масле черного тмина является линолевая, на долю которой приходится 61,3 % от их суммы (медианное значение 58,7 %), поэтому данное масло также можно отнести к 7-й аналитической группе. Соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в образцах 1, 2, 3, 4 составляет соответственно 212; 0,195; 0,210; 0,197, что свидетельствует о их высоком качестве. Приводимые в литературе данные о составе жирных кислот не всегда соответствуют требованиям российского стандарта, что свидетельствует об априори заложенных в нем высоких требованиях к качеству отечественных премиальных масел.

Значительный диссонанс полученных результатов с данными, приводимыми по составу масел, полученных из семян астраханского арбуза и тыквы, приводимыми в работе [17], отно-

сительно низкого содержания олеиновой кислоты (значительно ниже требований ГОСТ 30623-2018 и большинства остальных источников), видимо, обусловлен способом выделения: сверхкритическая флюидная экстракция, в результате которой происходит селективная экстракция триглицеридов в зависимости от состава кислот. Отличительными особенностями исследуемых масел являются низкое содержание насыщенных кислот и практически полное отсутствие эйкозеновой, докозановой и арахидоновой кислот при их медианном содержании на уровне 0,3–0,5 %. Также образцы характеризуются следовым содержанием линоленовой кислоты, при этом в большинстве остальных масел ее доля составляет 0,3–0,7 %.

Заключение. Образцы премиальных растительных масел прямого отжима, произведенных из масличного сырья Астраханской области, отличаются сбалансированным составом жирных кислот и полностью соответствуют критериям подлинности, установленным требованиями ГОСТ 30623-2018. Анализ состава жирных кислот в большинстве случаев позволяет дифференцировать подделки растительных масел в части подмены масличного сырья. Данные по количественному составу жирных кислот, дополненные информацией, полученной по результатам исследования состава стабильных легких изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$ дифференциальной флуоресцентной спектроскопией, микроэлементного анализа и др., совмещенные в единую матрицу данных, могут являться основой для машинного обучения в целях создания автоматизированной системы, способной в короткие сроки определять вероятность подделки растительного масла по всем параметрам сырья: место происхождения, способ производства и конкретный производитель.

Список источников

1. Kabir Y., Shirakawa H., Komai M. Nutritional composition of the indigenous cultivar of black cumin seeds from Bangladesh // *Progress in Nutrition*. 2019. Vol. 21, P. 428–434. DOI: 10.23751/pn.v21i1-S.6556.
2. Grajzer M., Kozłowska W., Zalewski I., et al. Nutraceutical Prospects of Pumpkin Seeds: A Study on the Lipid Fraction Composition and Oxidative Stability Across Eleven Varieties // *Foods*. 2025. Vol. 14, N 3. P. 354. DOI: 10.3390/foods14030354.
3. Keke M., Okpo S., Anakpoha O. Extraction and Characterization of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Seed Oil // *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*. 2023. Vol. 6, N 2. P. 1–9. DOI: 10.53982/ajerd.2023.0602.01-j.

4. Oloyede G., Aderibigbe S.A. Chemical and Physicochemical Composition of Watermelon Seed Oil (*Citrullus lanatus* L.) and Investigation of the Antioxidant Activity. In: VI International Conference on Advances in Bio-Informatics, Bio-Technology and Environmental Engineering – ABBE 2018. DOI: 10.15224/978-1-63248-148-1-08.
5. Oriola A.O. Turmeric-Black Cumin Essential Oils and Their Capacity to Attenuate Free Radicals, Protein Denaturation, and Cancer Proliferation // *Molecules*. 2024. Vol. 29, N15. P. 3523. DOI: 10.3390/molecules29153523.
6. Abdel-Razek A.G., Hassanein M.M.M., Moawad S., et al. Assessment of the Quality, Bioactive Compounds, and Antimicrobial Activity of Egyptian, Ethiopian, and Syrian Black Cumin Oils // *Molecules*. 2024. Vol. 29. P. 4985. DOI: 10.3390/molecules29214985.
7. Никонова А.А., Шишляников С.М., Шишляникова Т.А., и др. Определение свободных и этерифицированных жирных кислот в гидробионтах с различным содержанием полиненасыщенных кислот методом газожидкостной хроматографии // *Журнал аналитической химии*. 2020. Т. 75, № 10. С. 907–920. DOI: 10.31857/S0044450220100102.
8. Özçakmak S., Almatar M., Var I., et al. Investigation on the Microbiological Quality and Fatty Acid Methyl Esters Composition of Commercially Available Cold-pressed *Nigella sativa* L. Oil // *Current Analytical Chemistry*. 2023. Vol. 19. DOI: 10.2174/0115734110265562230927091336.
9. Васильев В.А., Реснянская А.С. Идентификация подлинности масла виноградных семян методом изотопного анализа углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ EA-IRMS // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2024. № 2. С. 10–18. DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-2-10-18.
10. Васильев В.А., Реснянская А.С. Использование 3D-спектров флуоресценции для идентификации подлинности масла виноградной косточки // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2024. № 3. С. 10–17. DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-3-10-17.
11. Bialek A., Bialek M., Jelińska M., et al. Fatty acid composition and oxidative characteristics of novel edible oils in Poland // *CyTA – Journal of Food*. 2016. Vol. 15. P. 1–8. DOI: 10.1080/19476337.2016.1190406.
12. Kamińska W., Rzycka-Szczupak K., Przybylska-Balcerek A., et al. Behavior at Air/Water Interface and Oxidative Stability of Vegetable Oils Analyzed Through Langmuir Monolayer Technique // *Molecules*. 2025. Vol. 30. P. 170. DOI: 10.3390/molecules30010170.
13. Горяинов С.В., Хромов А.В., Бакуреза Г., и др. Результаты сравнительного исследования состава масел семян *Nigella Sativa* L. // *Фармация и фармакология*. 2020. Т. 8, № 1. С. 29–39. DOI: 10.19163/2307-9266-2020-8-1-29-39.
14. Hu T., Zhou L., Kong F., et al. Effects of Extraction Strategies on Yield, Physicochemical and Antioxidant Properties of Pumpkin Seed Oil // *Foods*. 2023. Vol. 12. P. 3351. DOI: 10.3390/foods12183351.
15. Raczyk M., Siger A., Radziejewska-Kubzdela E., et al. Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils // *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2017. Vol. 16. P. 293–301. DOI: 10.17306/J.AFS.0494.
16. Rakotondrazafy N., Faraso H., Ramanandraibe V. Seed Oil Extraction of *Cucurbita maxima* Duchesne Growing in Madagascar: Impact of Storage and Use of a Cineole-Rich Essential Oil as a Green Solvent // *Records of Agricultural and Food Chemistry*. 2023. Vol. 3. P. 1–8. DOI: 10.25135/rfac.15.2212.2662.
17. Ковалев В.Б., Великородов А.В., Тырков А.Г., и др. Химический состав масел семян некоторых бахчевых культур астраханской области, выделенных методом сверхкритической флюидной экстракции // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 12-1. С. 54–57. EDN: UZONRF.
18. Hu Z., Pei G., Wang P., et al. Biliverdin Reductase A (BVRA) Mediates Macrophage Expression of Interleukin-10 in Injured Kidney // *International journal of molecular sciences*. 2015. Vol. 16. P. 22621–22635. DOI: 10.3390/ijms160922621.
19. Montesano D., Blasi F., Simonetti M.S., et al. Chemical and Nutritional Characterization of Seed Oil from *Cucurbita maxima* L. (var. *Berrettina*) Pumpkin // *Foods*. 2018. Vol. 7, N 3. P. 30. DOI: 10.3390/foods7030030.

20. Рузибаев А.Т., Ходжаев С.Ф., Арипов М.М.У. Исследование физико-химические показатели бахчевых культур, выращенные в Узбекистане и их масел // *Universum: технические науки*. 2017. № 7. EDN: ZAONPD.
21. Ульянова О.В., Мартовщук Е.В., Овсепьян Г.Х., и др. Исследование состава арбузных семян как сырья для получения орехозаменителя // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2006. № 2-3. EDN: KVKZGR.
22. Angelova-Romova M., Simeonova Zh., Petkova Zh., et al. Lipid composition of watermelon seed oil // *Bulgarian Chemical Communications*. 2019. Vol. 51. P. 268–272.
23. Brahmi F., Chennit B., Batrouni H., et al. Valorization of apricot, melon, and watermelon by-products by extracting vegetable oils from their seeds and formulating margarine // *OCL*. 2023. Vol. 30. DOI: 10.1051/ocl/2023009.
24. Ouassor I., Aqil Yo., Belmaghraoui W., et al. Characterization of two Moroccan watermelon seeds oil varieties by three different extraction methods // *OCL*. 2020. Vol. 27. P. 13. DOI: 10.1051/ocl/2020010.
25. Siol M., Witkowska B., Mańko-Jurkowska D., et al. Comprehensive Evaluation of the Nutritional Quality of Stored Watermelon Seed Oils // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, N 2. P. 830. DOI: 10.3390/app15020830.

References

1. Kabir Y, Shirakawa H, Komai M. Nutritional composition of the indigenous cultivar of black cumin seeds from Bangladesh. *Progress in Nutrition*. 2019;21:428-434. DOI: 10.23751/pn.v21i1-S.6556.
2. Grajzer M, Kozłowska W, Zalewski I, et al. Nutraceutical prospects of pumpkin seeds: a study on the lipid fraction composition and oxidative stability across eleven varieties. *Foods*. 2025;14(3):354. DOI: 10.3390/foods14030354.
3. Keke M, Okpo S, Anakpoha O. Extraction and characterization of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed oil. *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*. 2023;6(2):1-9. DOI: 10.53982/ajerd.2023.0602.01-j.
4. Oloyede G, Aderibigbe SA. Chemical and physicochemical composition of watermelon seed oil (*Citrullus lanatus* L.) and investigation of the antioxidant activity chemical constituents and antioxidant activity. In: VI International Conference on Advances in Bio-Informatics, Bio-Technology and Environmental Engineering – ABBE 2018. DOI: 10.15224/978-1-63248-148-1-08.
5. Oriola AO. Turmeric-black cumin essential oils and their capacity to attenuate free radicals, protein denaturation, and cancer proliferation. *Molecules*. 2024;29(15):3523. DOI: 10.3390/molecules29153523.
6. Abdel-Razek AG, Hassanein MMM, Moawad S, et al. Assessment of the quality, bioactive compounds, and antimicrobial activity of egyptian, ethiopian, and syrian black cumin oils. *Molecules*. 2024;29(21):4985. DOI: 10.3390/molecules29214985.
7. Nikonova AA, Shishlyannikov SM, Shishlyannikova TA, et al. Determination of free and esterified fatty acids in hydrocoles of different content of polyunsaturated fatty acids by gas–liquid chromatography. *Journal of Analytical Chemistry*. 2020;75(10):907-920. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0044450220100102.
8. Özçakmak S, Almatar M, Var I, et al. Investigation on the Microbiological Quality and Fatty Acid Methyl Esters Composition of Commercially Available Cold-pressed *Nigella sativa* L. Oil. *Current Analytical Chemistry*. 2023;19. DOI: 10.2174/0115734110265562230927091336.
9. Vasilyev VA, Resnyanskaya AS. Authentication of grape seed oil by isotopic analysis of carbon 13C/12C EA-IRMS. *Processes and Food Production Equipment*. 2024;2(60):10-18. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-2-10-18.
10. Vasilyev VA, Resnyanskaya AS. Using 3D fluorescence spectra to identify the authenticity of grape seed oil. *Processes and Food Production Equipment*. 2024;3(61):10-17. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-3-10-17.
11. Bialek A, Bialek M, Jelińska M, et al. Fatty acid composition and oxidative characteristics of novel edible oils in Poland. *CyTA - Journal of Food*. 2016;15:1-8. DOI: 10.1080/19476337.2016.1190406.

12. Kamińska W, Rzyńska-Szczupak K, Przybylska-Balcerek A, et al. Behavior at air/water interface and oxidative stability of vegetable oils analyzed through langmuir monolayer technique. *Molecules*. 2025;30:170. DOI: 10.3390/molecules30010170.
13. Goryainov SV, Khromov AV, Bakureza G, et al. Results of a comparative study of *Nigella Sativa* L. seeds oils composition. *Pharmacy & Pharmacology*. 2020;8(1):29-39. (In Russ.). DOI: 10.19163/2307-9266-2020-8-1-29-39.
14. Hu Z, Pei G, Wang P, et al. Biliverdin reductase a (BVRA) mediates macrophage expression of interleukin-10 in injured kidney. *International journal of molecular sciences*. 2023;12:3351. DOI: 10.3390/foods12183351.
15. Raczyk M, Siger A, Radziejewska-Kubzdela E, et al. Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2017;16:293-301. DOI: 10.17306/J.AFS.0494.
16. Rakotondrazafy N, Faraso H, Ramanandraibe V. Seed oil extraction of cucurbita maxima duchesne growing in madagascar: impact of storage and use of a cineole-rich essential oil as a green solvent. *Records of Agricultural and Food Chemistry*. 2023;3:1-8. DOI: 10.25135/rfac.15.2212.2662.
17. Kovalev VB, Velikorodov AV, Tyrkov AG, et al. Chemical composition of some oil seeds melons Astrakhan Region, the extracted method of supercritical fluid extraction. *Fundamental Research*. 2015;12-1:54-57. (In Russ.). EDN: UZONRF.
18. Hu Z, Pei G, Wang P, et al. Biliverdin Reductase A (BVRA) Mediates macrophage expression of interleukin-10 in injured kidney. *International journal of molecular sciences*. 2015;16:22621-22635. DOI: 10.3390/ijms160922621.
19. Montesano D, Blasi F, Simonetti MS, et al. Chemical and nutritional characterization of seed oil from *Cucurbita maxima* L. (var. *Berrettina*) pumpkin. *Foods*. 2018;7(3):30. DOI: 10.3390/foods7030030.
20. Ruzibaev A, Khodjaev S, Aripov M. Study of the physical and chemical characteristics of melons grown in Uzbekistan and their oils. *Universum: technical sciences*. 2017;7(40). (In Russ.). EDN: ZAOHPD.
21. Ul'yanova OV, Martovshchuk YeV., Ovsep'yan GK, et al. Issledovaniye sostava arbuznykh semyan kak syr'ya dlya polucheniya orekhozamenitelya. *News of universities. Food Technology*. 2006;2-3(291-292):24. (In Russ.). EDN: KVKZGR.
22. Angelova-Romova M, Simeonova Zh, Petkova Zh, et al. Lipid composition of watermelon seed oil. *Bulgarian Chemical Communications*. 2019;51:268-272.
23. Brahmi F, Chennit B, Batrouni H, et al. Valorization of apricot, melon, and watermelon by-products by extracting vegetable oils from their seeds and formulating margarine. *OCL*. 2023;30. DOI: 10.1051/ocl/2023009.
24. Ouassor I, Aqil Yo, Belmaghraoui W, et al. Characterization of two Moroccan watermelon seeds oil varieties by three different extraction methods. *OCL*. 2020;27:13. DOI: 10.1051/ocl/2020010.
25. Siol M, Witkowska B, Mańko-Jurkowska D, et al. Comprehensive Evaluation of the Nutritional Quality of Stored Watermelon Seed Oils. *Applied Sciences*. 2025;15(2):830. DOI: 10.3390/app15020830.

Статья принята к публикации 03.02.2026 / The article accepted for publication 03.02.2026.

Информация об авторах:

Владимир Анатольевич Васильев, научный сотрудник научно-исследовательской части, кандидат химических наук

Анна Станиславовна Реснянская, доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии, кандидат химических наук, доцент

Information about the authors:

Vladimir Anatolyevich Vasilyev, Researcher at the Research Department, Candidate of Chemical Sciences

Anna Stanislavovna Resnyanskaya, Associate Professor at the Department of Fundamental and Applied Chemistry, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor