

УДК 615.19.072

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА СЕМЯН *NIGELLA SATIVA* L. ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА

© Л.А. Габидуллаева^{1*}, А.Ш. Рамазанов²

¹ Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН,
ул. М. Гаджиева, 45, Махачкала, 367000 (Россия),
e-mail: lgabibullayeva@inbox.ru

² Дагестанский государственный университет, ул. М. Гаджиева, 43,
Махачкала, 367000 (Россия)

Чернушка посевная (*Nigella sativa* L.) – однолетнее травянистое растение, выращиваемое не только как декоративное, но и издавна используемое в народной медицине. Семена *N. sativa* являются источником биологически активных веществ. В данной работе приводится анализ количественного содержания жирных кислот у образцов различного эколого-географического происхождения. Показано, что семена, выращенные в Дагестане, характеризуются сравнительно высоким содержанием жирного масла. Приводится характеристика качественного и количественного состава жирных кислот в зависимости от их происхождения. Установлено наиболее высокое содержание линолевой и стеариновой жирных кислот у образца из Египта. Содержание пальмитиновой кислоты оказалась наиболее высоким у образца из Саудовской Аравии, а олеиновой – у образца из Азербайджана. Выявленные различия в содержании жирных кислот имеют большое значение, поскольку на их основе могут быть отобраны образцы для селекционных целей. В частности, у образца из Азербайджана обнаружены сравнительно высокие показатели олеиновой кислоты, которые в целом способствуют повышению антиоксидантной активности растительного масла и удлиняют срок хранения.

Ключевые слова: чернушка посевная (*Nigella sativa* L.), семена, сверхкритическая флюидная экстракция, диоксид углерода, жирное масло, жирные кислоты.

Введение

В последние годы в связи с ускоренным использованием ресурсов дикорастущих лекарственных растений актуальным становится развитие сырьевой базы интродуцентов. С учетом развития интенсивных коммерческих отношений, необходимости импортозамещения некоторых лекарственных средств усиливается вовлечение и расширение возделываемых культур, в том числе и жирномасличных пряноароматических видов. Одним из стародавних растений является *Nigella sativa* L. (чернушка посевная), известное под названием «черный тмин». Экстракты семян *N. sativa* обладают противовоспалительной, противодиабетической, антиоксидантной, антибактериальной, противораковой активностью [1–4]. Большинство исследований посвящено изучению эфирного и жирного масла и их главных составляющих. В масле чернушки выявлено большое содержание непредельных жирных кислот, установлено наличие нигеллона, углеводов, а также липолитических ферментов [5–9]. Главными компонентами являются тимохинон, тимогидрохинон, дитимохинон, р-цимен, карвакрол, 4-терпениол, анетол, сесквитерпен лонгифолен, α -пинен и тимол и др. [10–12]. Семена содержат два различных типа алколоидов; а именно производные изохинолина и алкалоиды, содержа-

Габидуллаева Лейла Ахмедовна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории комплексных исследований природных ресурсов Западно-Каспийского региона, e-mail: lgabibullayeva@inbox.ru

Рамазанов Арсен Шамсудинович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической и фармацевтической химии, e-mail: a_ramazanov_@mail.ru

щие индазольное кольцо, такие как нигеллидин и нигеллицин [13–16]. Все эти и ряд других работ показали эффективность применения семян *N. sativa* в лечении многих заболеваний. Однако следует указать на отсутствие каких-либо сведений об особенностях изменения качественного и количественного состава масла и его сопряженности с

* Автор, с которым следует вести переписку.

условиями культивирования. Кроме того, исследования селекции на качество масла, его жирнокислотного состава не проводились, и в этом плане неизвестно о составе сортовых популяций по этому показателю.

Цель данного исследования – сравнительный анализ изменчивости жирнокислотного состава масла четырех образцов *N. sativa* различного эколого-географического происхождения, выращенных в условиях Дагестана.

Экспериментальная часть

Интродукционное испытание проводили на Цудахарской экспериментальной базе (Левашинский район, 1100 м высоты над уровнем моря, с.ш. 42°19'29.7" и в.д. 47°09'52.2") Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра РАН. Посев семян осуществлялся с учетом погодных условий зон выращивания. Для этого на каждом экспериментальном участке, представленном метровыми деланками, проводили посев семян ручным способом, с расстоянием между рядами 20 см и глубиной 3–4 см. Уход за растениями заключался в прополке сорняков. Уборку урожая проводили вручную на стадии полного созревания семян каждого образца. Исследования проводили с использованием общепринятых методов, описанных в соответствующих руководствах [17], а также в специальных инструкциях [18–20].

Материалом для исследования служили семена четырех образцов *N. sativa* различного эколого-географического происхождения (Саудовская Аравия- I, Египет-II, Эфиопия-III, Азербайджан-IV), выращенные в условиях Дагестана. После завершения вегетационного цикла семенной материал был высушен при 30 °С в вентиляционной сушильной печи и хранился в бумажных пакетах при комнатной температуре. Исследование жирнокислотного состава масел осуществляли методом газожидкостной хроматографии до получения метиловых эфиров в соответствии требованиями Государственной фармакопеи XIV издания в некоторой модификации [21].

СКФ-экстракцию углекислым газом проводили на лабораторной экстракционной системе модель SFE 1000M1 – 2-FMC 50 («Waters Corporation», США). Фракцию измельченных семян *N. sativa* (70 г) загружали в 1000 мл сосуд и экстрагировали при 60 °С (температура сушки сырья) потоком углекислого газа 50 кг/с в течение 60 мин при давлениях 250, 350 и 450 атм.

Метиловые эфиры жирных кислот были получены в соответствии с ГОСТ Р 51486-99. Для этого в колбу объемом 100 см³ помещали навеску семян анализируемого образца массой 1 г и добавляли 10 см³ раствора метилата натрия в метаноле (1%). Затем к колбе присоединяли обратный холодильник и через систему пропускали чистый азот в течение 2 мин – для удаления воздуха, находящегося в метанольном растворе, колбе и холодильнике. В дальнейшем систему нагревали до кипения на водяной бане в течение 15 мин, пока раствор не станет прозрачным. После нагревания в колбу добавляли 13 см³ метанольного раствора серной кислоты (5%) и кипятили 20 мин. После охлаждения реакционной смеси добавляли 25 см³ дистиллированной воды. Затем содержимое колбы переносили в делительную воронку вместимостью 100 см³ и дважды экстрагировали гексаном по 10 см³. Полученные экстракты промывали дистиллированной водой по 7 см³ до полного удаления серной кислоты по метиловому оранжевому. В дальнейшем полученный гексановый экстракт метиловых эфиров жирных кислот семян чернушки посевной сушили пропусканием через колонку с безводным сульфатом натрия и анализировали на газовом хроматографе «Маэстро», оснащенный масс-селективным детектором «Agilent Technologies 5975 SeriesMSD».

В результате проведенных исследований были определены условия хроматографирования: капиллярная колонка «Agilent Technologies HP-5MS» длиной 30 м и внутренним диаметром 0.25 мм; начальная температура колонки 150 °С, время выдержки – 5 мин, скорость подъема температуры колонки – 5°С/мин, конечная температура колонки – 210 °С, конечный изотермический участок – 10 мин; температура испарителя – 230 °С, температура инжектора – 230 °С, температура детектора – 230 °С; скорость газа-носителя (гелия) – 1 см³/мин, деление потока – 1 : 40.

Идентификацию пиков на хроматограммах, соответствующих метиловым эфирам жирных кислот, осуществляли сравнением экспериментальных масс-спектров с библиотечными (Wiley275 и NIST98) масс-спектрами. Количественное определение жирных кислот с содержанием атомов углерода C16–C18 проводили по площадям соответствующих пиков на хроматограмме, построенной по полному ионному току.

При проведении математической обработки полученных экспериментальных данных применяли лицензионную систему обработки данных Statistica v. 5.5 с учетом общепринятых методов статистической об-

работки [22]. Для каждого количественного показателя исследуемого признака рассчитывали среднее арифметическое значение и его ошибку. Оценку вариабельности морфометрических показателей проводили по величине коэффициента изменчивости (CV), используя шкалу уровней изменчивости С.А. Мамаева (1975): $CV < 7\%$ – очень низкий уровень, $CV = 7-12\%$ – низкий, $CV = 13-20\%$ – средний, $CV = 21-40\%$ – высокий, $CV > 40\%$ – очень высокий. Характер корреляционных взаимодействий между учтенными признаками оценивали по шкале Чеддока [23].

Обсуждение результатов

Сравнительную оценку влияния факторов среды, обусловленных условиями выращивания (высотный градиент, экспозиция склона, условия года), проводили с использованием дисперсионного анализа. В процессе обработки и описания полученных результатов применяли методы корреляционного, регрессионного, дискриминантного, кластерного анализов.

В ходе проведенного анализа выявлено, что процентное содержание жирного масла семян изменялось от 22 до 34% в зависимости от происхождения образца (табл. 1). То есть семена *N. sativa*, выращенные в условиях Дагестана, могут быть отнесены к «масличному» сырью, поскольку согласно международной классификации, как промышленное масличное сырье могут рассматриваться растительные объекты, содержание липидной фракции в которых составляет не менее 18%.

Сравнительно низким оказалось содержание масла в азербайджанском образце (22%), а наиболее высоким – в образце из Египта (34%). Интродукционный анализ и учет морфологических признаков и фенологических дат показал, что у исследуемых образцов наблюдалась дифференциация не только по химическому составу масел, но и по семенной продуктивности («масса семян на растении»), а также по биологическому типу (продолжительность жизненного цикла). Возможно, что в период формирования и созревания семян наиболее благоприятны повышенные среднесуточные температуры. В связи с этим низкие показатели содержания масла у образца азербайджанского происхождения мы связываем с более поздними календарными сроками (на 8–12 дней) прохождения вегетационного периода по сравнению с остальными образцами.

Компонентный анализ состава жирного масла *N. sativa* выявил в его составе следующие жирные кислоты – насыщенные: пальмитиновую и стеариновую; мононенасыщенную – олеиновую и полиненасыщенную – линолевою. Как показывают средние показатели, более высоким оказалось содержание пальмитиновой кислоты для образца из Саудовской Аравии, олеиновой – у образца из Азербайджана, линолевой и стеариновой – у образца из Египта.

Полученные экстракты образцов *N. sativa* по содержанию наибольшей из кислот могут быть отнесены к линолевому типу. Для оценки достоверности различий между образцами был рассчитан *t*-критерий Стьюдента, который выявил достоверную разницу в содержании 3 жирных кислот (табл. 2).

Наиболее существенными оказались различия средних значений у образца из Азербайджана. Наряду с этим в пределах каждого образца установлены уровни варьирования жирных кислот (табл. 3).

К сильноизменчивым можно отнести стеариновую кислоту ($CV = 23.1\%$); к среднеизменчивым – олеиновую (14.1%) и пальмитиновую (10.6%); к слабоизменчивым – линолевою (3.5%). Если оценивать вариабельность жирнокислотного состава в зависимости от происхождения образца, то наиболее высоким оно оказалось также у семян азербайджанского происхождения.

Таблица 1. Сравнительная характеристика процентного содержания жирного масла в различных образцах *N. sativa* в условиях Дагестана

Образец	Содержание жирного масла, %
I	26
II	34
III	24
IV	22

Таблица 2. Сравнительная характеристика содержания жирных кислот (%) *N. sativa* L.

Жирная кислота	$\bar{X} \pm S_x$				
	I	II	III	IV	$\sum (n=16)$
Пальмитиновая (C16:0)	13.0±0.1	12.3±0.2	12.5±0.1	10.0±0.5	12±1
Стеариновая (C18:0)	1.8±0.2	2.7±0.1	2.0±0.1	2.5±0.9	2.0±0.5
Олеиновая (C18:1)	24.3±0.1	23.1±0.3	24.7±0.2	30±2	25±4
Линолевая (C18:2)	61.0±0.1	61.7±0.3	60.8±0.2	58±1	61±2

Таблица 3. Коэффициент вариации (%) содержания жирных кислот в различных образцах *N. sativa* L.

Жирная кислота	I	II	III	IV	Σ (n=16)
Пальмитиновая (C16:0)	1.9	1.0	1.8	13.6	10.6
Стеариновая (C18:0)	13.2	1.7	4.0	8.8	23.1
Олеиновая (C18:1)	1.5	1.4	2.9	15.6	14.1
Линолевая (C18:2)	0.6	0.6	1.4	5.5	3.5

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что погодные условия в период цветения и интенсивного маслообразования способствовали большему накоплению омега-6 кислоты (C18:2) у группы скороспелых образцов (Саудовская Аравия, Египет, Эфиопия), но сравнительно более низкому содержанию ее у позднеспелого образца (Азербайджан).

При этом различные образцы отличаются не только количественным содержанием жирных кислот, но и характером тесноты связей между ними. Так, у одних образцов (Саудовская Аравия, Эфиопия) линолевая кислота имеет достоверные отрицательные связи с пальмитиновой кислотой, а у других – положительные (Азербайджан). Общими для большинства образцов (Египет, Эфиопия, Азербайджан) оказались установленные отрицательные связи между линолевой и олеиновой кислотами.

Следует отметить также, что полученные результаты процентного содержания олеиновой кислоты у образца азербайджанского происхождения оказались наиболее высокими как среди образцов, прошедших интродукционное испытание в условиях Дагестана, так и по сравнению с имеющимся в литературе данными [24], что, на наш взгляд, связано с влиянием условий интродукции. Этот факт указывал в своих работах С.А. Иванов (1946), когда при выращивании растений в северных и высокогорных районах накапливаются жирные кислоты менее насыщенного характера [25].

Однако возможно, что высокое содержание олеиновой кислоты в масле семян *N. sativa* не зависит от масличности семян. Это было подтверждено результатами корреляционного анализа объединенной выборки, где между олеиновой кислотой и масличностью выявлена достоверная отрицательная связь. Кроме того, обнаружена достоверная отрицательная корреляция между олеиновой кислотой и семенной продуктивностью *N. sativa* (-0.62). В отличие от последней, установлены положительные связи между продуктивностью семян и процентным содержанием пальмитиновой (0.71) и линолевой (0.54) кислотами.

Наряду с этим выявлены отрицательные корреляционные связи содержания пальмитиновой, стеариновой и линолевой кислот и длительностью вегетации (табл. 4).

Анализ зависимости их процентного содержания от продолжительности вегетации свидетельствует о зависимом снижении синтеза жирных кислот при снижении температурных показателей и увеличении влажности. В то время как содержание олеиновой кислоты возрастает с удлинением сроков прохождения вегетационного периода.

По результатам корреляционного анализа между олеиновой кислотой и продолжительностью жизненного цикла установлена положительная корреляционная связь. Известно, что увеличение содержания олеиновой кислоты в семенах способствует повышению антиоксидантной активности растительного масла и удлиняет срок хранения. Для оценки влияния различного происхождения образцов на содержание жирных кислот был проведен дисперсионный анализ (рис.).

По результатам анализа установлено достоверное влияние разнообразия образцов на содержание всех жирных кислот. Наиболее сильное влияние фактор «образцы» оказывает на изменчивость содержания стеариновой кислоты (91.8%), а наименьшее – на линолевою кислоту (40.3%).

Таблица 4. Результаты корреляционного анализа *N. sativa* L. между содержанием жирных кислот и общей масличностью

Жирная кислота	Содержание жирного масла (%)	Масса семян на растении	Продолжительность жизненного цикла
Пальмитиновая (C16:0)	–	0.72**	-0.80***
Стеариновая (C18:0)	0.91***	–	-0.68**
Олеиновая (C18:1)	-0.56*	-0.62**	0.75**
Линолевая (C18:2)	–	0.54*	-0.63**

Примечание: n=16, * – уровень достоверности при $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$; *** – $P < 0.001$.

Таким образом, впервые в горных условиях проведен интродукционный анализ четырех образцов, полученные репродуцированные семена подвергнуты количественному и качественному химическому анализу. Образцы, интродуцированные в условиях среднегорья, могут быть отнесены к линолевому типу. Выявлено, что у образца азербайджанского происхождения растения отличались более длительным вегетационным периодом, низкой семенной продуктивностью, а также низкой масличностью. Кроме того, у этого образца полученные данные по компонентному составу жирного масла выявили сравнительно низкие показатели содержания линолевой кислоты, и более высокие – олеиновой. Возможно, это связано с недостаточной селекцией на масличность по сравнению с другими образцами на родине. Установлено, что наибольшее содержание незаменимой линолевой (омега-6) кислоты, которая важна для нормального функционирования клеточных и субклеточных мембран, имеет масло из семян египетского происхождения, что определяет его потенциальную биологическую ценность.

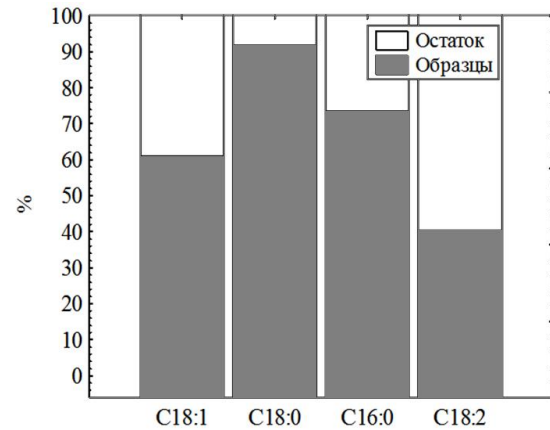
Статистически установлено наличие положительной взаимозависимости между процентным содержанием незаменимой линолевой (омега-6) кислоты и семенной продуктивностью. Выявлены достоверные отрицательные корреляционные связи между содержанием линолевой, пальмитиновой и стеариновой кислот и продолжительностью жизненного цикла, в то время как для содержания олеиновой кислоты выявлена обратная картина.

Выводы

Выращивание *N. sativa* в условиях Дагестана перспективно для получения семян и извлечения масла «черного тмина». Наиболее эффективным оказалось использование семян египетского происхождения, который по количественному содержанию жирного масла (34%) в сходных условиях выращивания превосходит остальные образцы. Эколого-географическое происхождение образцов вносит наиболее высокий вклад в изменчивость содержания стеариновой кислоты, а наименьший – в содержание линолевой кислоты. Специфичность качественного и количественного состава жирных кислот позволяет рекомендовать определение жирнокислотного состава в качестве показателя подлинности лекарственного растительного сырья *N. sativa*.

Список литературы

1. Islam M.T., Roich Khan Md., Mishra S.K. An updated literature-based review: Phytochemistry, pharmacology and therapeutic promises of *Nigella sativa* L. // *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*. 2019. Vol. 19. Pp. 115–129. DOI: 10.1016/S1875-5364(16)30088-7.
2. Enomoto S., Assano R., Iwahori Y., Narui T., Okada Y., Singab A.N., Okuyama T. Hematological studies of black cumin oil from the seeds of *Nigella sativa* L. // *Biol. Pharm. Bull.* 2001. Vol. 24. N3. Pp. 307–310.
3. Асилбекова Д.Т., Бобакулов Х.М. Исследование липидов, жирных кислот и липофильных веществ семян *Consolida ambigua* (L.) P.W. Ball & Heywood и *Nigella sativa* L. // *Химия растительного сырья*. 2021. №1. С. 105–112.
4. Khazdair M.R., Ghafari S., Sadeghi M. Possible therapeutic effects of *Nigella sativa* and its thymoquinone on COVID-19 // *Pharm. Biol.* 2021. Vol. 59. N1. Pp. 696–703. DOI: 10.1080/13880209.2021.1931353.
5. Benkaci-Ali F., Baaliouamur A., Wathelet J.P., Marlier M. Chemical composition and physicochemical characteristics of fixed oils from Algerian *Nigella sativa* seeds // *Chem. Nat. Compd.* 2012. Vol. 47. N6. Pp. 925–931.
6. Piras A., Rosa A., Marongiu B., Porcedda S., Falconieri D., Dessi M.A., Ozcelik B. Koca U. Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of *Nigella sativa* L. extracted by supercritical carbon dioxide // *Industrial Crops and Products*. 2013. Vol. 46. Pp. 317–323.
7. Datta A.K., Saha A., Bhattacharya A., Mandal A., Paul R., Sengupta S. Black cumin (*Nigella sativa* L.) – a review // *J. Plant Dev Sci.* 2012. Vol. 4. Pp. 1–43.
8. Феськова Е.В., Игнатовец О.С., Тычина И.Н., Савич И.М., Святяшук Д.С. Определение компонентного состава семян чернушки посевной (*Nigella sativa*) // *Труды БГТУ. Серия 2*. 2018. №2. С. 167–170.



Относительные компоненты дисперсии

9. Рудь Н.К., Сампиев А.М., Давитавян Н.А. Основные результаты фитохимического и фармакологического исследования чернушки посевной // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2013. №25. С. 207–212.
10. Salehi B., Quispe C., Imran M., Ul-Haq I., Živković J., Abu-Reidah I.M., Sen S., Taheri Y., Acharya K., Azadi H., Del Mar Contreras M., Segura-Carretero A., Mnayer D., Sethi G., Martorell M., Abdull Razis A.F., Sunusi U., Kamal R.M., Rasul Suleria H.A., Sharifi-Rad J. *Nigella* Plants – Traditional Uses, Bioactive Phytoconstituents, Preclinical and Clinical Studies // *Frontiers in Pharmacology*. 2021. Vol. 12. Pp. 1–26. DOI: 10.3389/fphar.2021.625386.
11. Pop R.M. Future Perspectives on *Nigella sativa*: Characterization and Pharmacological Properties. Series: Herbs and Herbalism. New York: Nova Biomedical, 2018. 280 p.
12. Ijaz H., Tulain U.R., Qureshi J., Danish Z., Musayab S., Akhtar M.F., Saleem A., Khan K.K., Zaman M., Waheed I., Khan I., Abdel-Daim M. Review: *Nigella sativa* (Prophetic Medicine): A Review // *Pak. J. Pharm. Sci.* 2017. Vol. 30. N1. Pp. 229–234.
13. Sultana S., Asif H.M., Akhtar N., Iqbal A., Nazar H., Rehman R.U. *Nigella sativa*: monograph // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2015. Vol. 4. N4. Pp. 103–106.
14. Wajs A., Bonikowski R., Kalembe D. Composition of essential oil from seeds of *Nigella sativa* L. cultivated in Poland // *Flavour and Fragrance Journal*. 2008. Vol. 23. N2. Pp. 126–132. DOI: 10.1002/ffj.1866.
15. D'Antuono L.F., Moretti A., Lovato A.F.S. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. // *Industrial Crops and Products*. 2002. Vol. 15. Pp. 59–69.
16. Nergiz C., Otles S. Chemical composition of *Nigella sativa* seeds // *Food chemistry*. 1993. Pp. 259–261.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1979. 416 с.
18. Abdolrahimi B. The effect of harvest index, yield and yield components of three varieties of black seed (*Nigella sativa*) in different planting densities // *Int. J. of AgriScience*. 2012. Vol. 2. N1. Pp. 93–101.
19. Tonçer I. Ö., Kizil S. Effect of seed rate on agronomic and technological characters of *Nigella sativa* L. // *International Journal of Agriculture & Biology*. 2004. N6(3). Pp. 529–532.
20. Talafih K.A., Haddad N.I., Hattar B.I., Kharallah K. Effect of some agricultural practices on the productivity of black cummin (*Nigella sativa* L.) grown under rainfed semi-arid conditions // *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 2007. Vol. 3. N4. Pp. 385–397.
21. Daukšas E., Venskutonis P.R., Sivik B. Comparison of oil from *Nigella damascena* seed recovered by pressing, conventional solvent extraction and carbon dioxide extraction // *Journal of food science*. 2002. Vol. 67. N3. Pp. 1021–1024.
22. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., 1973. 343 с.
23. Сизова Т.М. Статистика: учебное пособие. СПб., 2005. 80 с.
24. Kiralan M., Özkan G., Bayrak A., Ramadan M.F. Physicochemical properties and stability of black cummin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods // *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 57. Pp. 52–58.
25. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М., 1969. 454 с.

Поступила в редакцию 28 августа 2022 г.

После переработки 18 ноября 2022 г.

Принята к публикации 27 августа 2023 г.

Для цитирования: Габидуллаева Л.А., Рамазанов А.Ш. Жирнокислотный состав масла семян *Nigella sativa* L. при интродукции в условиях Дагестана // *Химия растительного сырья*. 2023. №3. С. 219–225. DOI: 10.14258/jcrpm.20230311784.

Gabibullaeva L.A.^{1*}, Ramazanov A.Sh.² FATTY ACID COMPOSITION OF *NIGELLA SATIVA* L. SEED OIL INTRODUCED IN DAGESTAN

¹ Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, ul. M. Gadzhieva, 45, Makhachkala, 367000 (Russia), e-mail: lgabibullayeva@inbox.ru

² Dagestan State University, ul. M. Gadzhieva, 43, Makhachkala, 367000 (Russia)

Nigella sativa L. is an annual herbaceous plant grown not only as an ornamental plant, but also has been used in folk medicine. *N. sativa* seeds are a source of biologically active substances. This paper provides an analysis of the quantitative content of fatty acids in samples of various ecological and geographical origin. It is shown that seeds grown in Dagestan are characterized by a relatively high content of fatty oil. The characteristics of the qualitative and quantitative composition of fatty acids, depending on their origin, are given. The highest content of linoleic and stearic fatty acids was found in the sample from Egypt. Palmitic acid was the highest in the sample from Saudi Arabia, and oleic acid was the highest in the sample from Azerbaijan. The revealed differences in the fat content are of great importance, since samples for breeding purposes can be selected on their basis. In particular, the sample from Azerbaijan showed relatively high levels of oleic acid, which generally contributes to the increase in the antioxidant activity of vegetable oil and lengthens of the keeping period.

Keywords: *Nigella sativa* L., seeds, supercritical fluid extraction, carbon dioxide, fatty oil, fatty acids.

References

1. Islam M.T., Roich Khan Md., Mishra S.K. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 2019, vol. 19, pp. 115–129. DOI: 10.1016/S1875-5364(16)30088-7.
2. Enomoto S., Assano R., Iwahori Y., Narui T., Okada Y., Singab A.N., Okuyama T. *Biol. Pharm. Bull.*, 2001, vol. 24, no. 3, pp. 307–310.
3. Asilbekova D.T., Bobakulov Kh.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 105–112. (in Russ.).
4. Khazdair M.R., Ghafari S., Sadeghi M. *Pharm. Biol.*, 2021, vol. 59, no. 1, pp. 696–703. DOI: 10.1080/13880209.2021.1931353.
5. Benkaci-Ali F., Baaliouamur A., Wathelet J.P., Marlier M. *Chem. Nat. Compd.*, 2012, vol. 47, no. 6, pp. 925–931.
6. Piras A., Rosa A., Marongiu B., Porcedda S., Falconieri D., Dessi M.A., Ozelcik B. Koca U. *Industrial Crops and Products*, 2013, vol. 46, pp. 317–323.
7. Datta A.K., Saha A., Bhattacharya A., Mandal A., Paul R., Sengupta S. *J. Plant Dev Sci.*, 2012, vol. 4, pp. 1–43.
8. Fes'kova Ye.V., Ignatovets O.S., Tychina I.N., Savich I.M., Svityashchuk D.S. *Trudy BGTU. Seriya 2*, 2018, no. 2, pp. 167–170. (in Russ.).
9. Rud' N.K., Sampiyev A.M., Davitavyan N.A. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 25, pp. 207–212. (in Russ.).
10. Salehi B., Quispe C., Imran M., Ul-Haq I., Živković J., Abu-Reidah I.M., Sen S., Taheri Y., Acharya K., Azadi H., Del Mar Contreras M., Segura-Carretero A., Mnayer D., Sethi G., Martorell M., Abdull Razis A.F., Sunusi U., Kamal R.M., Rasul Suleria H.A., Sharifi-Rad J. *Frontiers in Pharmacology*, 2021, vol. 12, pp. 1–26. DOI: 10.3389/fphar.2021.625386.
11. Pop R.M. *Future Perspectives on Nigella sativa: Characterization and Pharmacological Properties. Series: Herbs and Herbalism*. New York: Nova Biomedical, 2018, 280 p.
12. Ijaz H., Tulain U.R., Qureshi J., Danish Z., Musayab S., Akhtar M.F., Saleem A., Khan K.K., Zaman M., Waheed I., Khan I., Abdel-Daim M. *Pak. J. Pharm. Sci.*, 2017, vol. 30, no. 1, pp. 229–234.
13. Sultana S., Asif H.M., Akhtar N., Iqbal A., Nazar H., Rehman R.U. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2015, vol. 4, no. 4, pp. 103–106.
14. Wajs A., Bonikowski R., Kalembe D. *Flavour and Fragrance Journal*, 2008, vol. 23, no. 2, pp. 126–132. DOI: 10.1002/ffj.1866.
15. D'Antuono L.F., Moretti A., Lovato A.F.S. *Industrial Crops and Products*, 2002, vol. 15, pp. 59–69.
16. Nergiz C., Otles S. *Food chemistry*, 1993, pp. 259–261.
17. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy*. [Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results]. Moscow, 1979, 416 p. (in Russ.).
18. Abdolrahimi B. *Int. J. of AgriScience*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 93–101.
19. Tonçerl Ö., Kizil S. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2004, no. 6(3), pp. 529–532.
20. Talafih K.A., Haddad N.I., Hattar B.I., Kharallah K. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2007, vol. 3, no. 4, pp. 385–397.
21. Daukšas E., Venskutonis P.R., Sivik B. *Journal of food science*, 2002, vol. 67, no. 3, pp. 1021–1024.
22. Lakin G.F. *Biometriya*. [Biometrics]. Moscow, 1973, 343 p. (in Russ.).
23. Sizova T.M. *Statistika: uchebnoye posobiye*. [Statistics: textbook]. St. Petersburg, 2005, 80 p. (in Russ.).
24. Kiralan M., Özkan G., Bayrak A., Ramadan M.F. *Industrial Crops and Products*, 2014, vol. 57, pp. 52–58.
25. Shcherbakov V.G. *Biokhimiya i tovarovedeniye maslichnogo syr'ya*. [Biochemistry and commodity science of oilseed raw materials]. Moscow, 1969, 454 p. (in Russ.).

Received August 28, 2022

Revised November 18, 2022

Accepted August 27, 2023

For citing: Gabibullaeva L.A., Ramazanov A.Sh. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 219–225. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.20230311784.

* Corresponding author.

