

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 582.675.1:581.192.2

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-440-447>

Поступила в редакцию 09.07.2019

Received 09.07.2019

А. Л. Исакова¹, А. В. Исаков¹, Н. А. Коваленко², Е. В. Феськова²,
Г. Н. Супиченко², Т. В. Сачивко¹

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН *NIGELLA SATIVA* L., ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Методом газовой хроматографии изучены компонентный состав эфирного масла семян и жирнокислотный состав липидов семян *Nigella sativa* L., выращенных в условиях Республики Беларусь, с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105[®]/105М» – их аминокислотный состав. В результате изучения компонентного состава эфирного масла нигеллы посевной выявлен главный компонент – монотерпен *n*-цимен, содержание которого составило ~60 %. По результатам исследования жирнокислотного состава липидов семян исследуемых образцов отмечено преобладание омега-6 (линолевая) и омега-9 (олеиновая) ненасыщенных жирных кислот (75,11–76,91 % от суммарного содержания жирных кислот). Перспективными отмечены образцы НП-13/2 (сумма омега-кислот – 77,56 %, содержание линолевой кислоты – 60,16 %) и НП-4 (сумма омега-кислот – 77,55 %, содержание олеиновой кислоты – 18,12 %). В процессе изучения аминокислотного состава в экстрактах семян были идентифицированы четыре незаменимые (лейцин, метионин, валин, треонин) и четыре заменимые (аргинин, пролин, серин, глицин) аминокислоты. Установлено, что для селекционной работы по созданию сортов лекарственного назначения перспективным является образец НП-13/4 (сумма аминокислот – 62,23 %; содержание аргинина, лейцина, треонина – 17,56; 4,95; 4,12 мг/кг соответственно).

Полученные данные свидетельствуют о ценности использования не только экологически и географически отдаленных форм нигеллы посевной, но и выделенных и адаптированных к условиям Беларуси ее образцов гибридного происхождения как исходного материала в селекционной работе при создании сортов лекарственного назначения.

Ключевые слова: *Nigella sativa*, компонентный состав, эфирное масло, жирные кислоты, аминокислоты, селекция, сорт

Для цитирования: Биохимический состав семян *Nigella sativa* L., выращенных в условиях Беларуси / А. Л. Исакова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 440–447. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-440-447>

A. L. Isakova¹, A. V. Isakov¹, N. A. Kovalenko², A. Feskova², G. N. Supichenko², T. V. Sachivko¹

¹Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus²Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS *NIGELLA SATIVA* L., GROWN IN THE CONDITIONS OF BELARUS

Abstract. It was revealed that the main component of the studied samples composition of the essential oil of *Nigella* is monoterpene *p*-cymene, the content of which is ~ 60 %. According to the results of the study of the fatty acid composition of the seed lipids of the studied samples, the prevalence of omega-6 (linoleic) and omega-9 (oleic) unsaturated fatty acids was found (75.11–76.91 % of the total fatty acid content). Samples of NP-13/2 (sum of omega-acids 77.56 %, linoleic acid content – 60.16 %) and NP-4 (sum of omega-acids 77.55 %, oleic acid content – 18.12 %) are promising. In the process of studying the amino acid composition in seed extracts, four essential (leucine, methionine, valine, threonine) and four essential (arginine, proline, serine, glycine) amino acids were identified. A promising sample was NP-13/4 (the sum of amino acids is 62.23 %, the arginine content is 17.56 mg/kg, the leucine is 4.95 mg/kg, and threonine is 4.12 mg/kg).

The obtained data testify to the value of using not only ecologically and geographically distant forms, but also samples of hybrid origin of nigella sown, selected and adapted to the conditions of Belarus, as source material in breeding work when creating varieties of medicinal purpose.

Keywords: *Nigella sativa*, component composition, essential oils, fatty acids, amino acids, selection, variety

For citation: Isakova A. L., Isakov A. V., Kovalenko N. A., Feskova A., Supichenko G. N., Sachivko T. V. Biochemical composition of seeds *Nigella sativa* L., grown in the conditions of Belarus. *Vesti Natsyynal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 4, pp. 440–447 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-440-447>

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь изучаются вопросы интродукции и создания адаптированных к местным условиям сортов нигеллы различного целевого назначения.

Нигелла посевная (*Nigella sativa* L.) является однолетней травянистой культурой семейства Лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.) [1–3]. Семена *Nigella sativa* L. используются в качестве пряности в мясной и рыбной промышленности [4–6]. Жирное масло нигеллы является наиболее ценным продуктом комплексной переработки и представляет интерес для использования в масложировой пищевой промышленности [7, 8]. По антибактериальным свойствам масло нигеллы превосходит пять самых мощных антибиотиков – ампицилин, тетрациклин, котримоксазол, гентамицин и налидиксовую кислоту. Оно оказалось действенным даже против бактерий *Vibrio cholerae* и *Escherichia coli*, которые наиболее устойчивы к лекарственным препаратам [9]. По результатам исследований [10] значительный положительный антидерматофитный и антиоксидантный эффект наблюдался при использовании масла нигеллы посевной с чередованием энилконазола для лечения дерматофитоза (*Trichophyton verrucosum*) у крупного рогатого скота. В результате проведенных исследований отмечено повышение иммунитета и устойчивость обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*) к флуоресцирующей псевдомонаде (*Pseudomonas fluorescens*) при добавлении к корму 4 % масла нигеллы посевной [11], а смертность радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), вызванной некоторыми патогенами, значительно снижалась при добавлении 5 % семян нигеллы посевной к основному корму [12].

Культура находит широкое применение также в медицине, фармакологической промышленности, косметологии, парфюмерии и в декоративном садоводстве [9–14].

В связи с вышеизложенным создание новых перспективных сортов нигеллы посевной, обладающих высоким содержанием жирных и эфирных масел, представляется актуальной задачей.

Цель настоящего исследования – изучение компонентного состава эфирного масла, жирнокислотного состава липидов и аминокислотного состава семян нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.), выращенной на территории Республики Беларусь.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись четыре коллекционных образца нигеллы посевной: НП-13/2 (Германия), НП-13/3 (Индия), НП-13/4 (ННЦ РАН «Никитский ботанический сад», Республика Крым), НП-14/8 (ЮБК), а также два образца гибридного происхождения: сорт Знахарка, отличающийся ранним созреванием семян (94 дня от появления всходов) [15], и НП-4, отличающийся поздним созреванием семян (106 дней от появления всходов) в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь. Биохимические исследования проводили через 80–90 дней после сбора семян в 2017–2018 гг.

Для количественного определения жирнокислотного состава липидов в семенах нигеллы применяли модифицированный метод Welch [16, 17]. Навески образцов помещали в стеклянные ампулы, приливали 1 см³ раствора 2%-ной серной кислоты в метаноле с внутренним стандартом – маргариновой кислотой (C_{17:0}; 1,35 мг/см³). Ампулы запаивали на газовой горелке, гидролиз триацилглицеридов с одновременным метилированием образующихся жирных кислот проводили при температуре (80±1) °C в течение 4 ч. Затем ампулы охлаждали до комнатной температуры, вскрывали и экстрагировали метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) гексаном (0,5 см³). МЭЖК разделяли методом газовой хроматографии на приборе Agilent 7820A GC (Agilent Technologies, США), оснащенный пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой HP-Innowax (0,25 мм×30 м×0,25 мкм (полиэтиленгликоль)). Анализ проводили при скорости потока гелия через колонку 1,36 мл/мин; температуре инжектора – 250 °C, температуре детектора – 275 °C, температуре колонки – 150 °C (1 мин). Затем температуру колонки повышали со скоростью 2,9 °C/мин до 250 °C и выдерживали 3 мин. Объем анализируемой пробы – 1 мкл. Идентификацию МЭЖК производили по времени удерживания при разделении стандартных смесей этих веществ (AccuStandart, США) и оценивали в процентах от весового суммарного содержания по отношению к внутреннему стандарту.

Эфирное масло получали методом водно-паровой дистилляции из измельченных семян. Компонентный состав полученного эфирного масла определяли методом газовой хроматографии на хроматографе «Цвет-800», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и оборудованный капиллярной колонкой Cyclosil B (30 м×0,32 мм×0,25 мкм) в следующем температурном режиме: изотерма при 70 °C в течение 5 мин, подъем температуры до 115 °C со скоростью 3°/мин,

изотерма в течение 20 мин, затем подъем температуры со скоростью 4°/мин до 200 °С, изотерма в течение 10 мин в токе газа-носителя. Газ-носитель – азот с линейной скоростью 16,2 см/с, величина сброса 1 : 26. Температура испарителя – 230 °С, температура детектора – 280 °С. Объем вводимой пробы цельного эфирного масла составлял 0,1 мкл. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Для идентификации основных компонентов эфирного масла проводили сравнение относительных индексов удерживания (ОИУ) компонентов со значениями ОИУ стандартных образцов терпеновых соединений. Расчет ОИУ основных компонентов эфирных масел производили по формуле

$$\text{ОИУ} = 100 \cdot \left\{ \frac{[t'_{R(x)} + q \lg t'_{R(x)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]}{[t'_{R(n+1)} + q \lg t'_{R(n+1)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]} + n \right\},$$

где $t'_{R(x)}$, $t'_{R(n)}$, $t'_{R(n+1)}$ – время удерживания анализируемого компонента, n -алкана (C_nH_{2n+2}) и следующего n -алкана ($C_{n+1}H_{2n+4}$) соответственно, причем $t'_{R(n)} < t'_{R(x)} < t'_{R(n+1)}$. Значение q определяли с использованием приведенного времени удерживания трех последовательно выходящих n -алканов по формуле

$$q = \frac{t'_{R(n)} + t'_{R(n+2)} - 2t'_{R(n+1)}}{\lg(t'^2_{R(n+1)} / t'_{R(n)} t'_{R(n+2)})}.$$

В качестве реперных компонентов для расчета ОИУ использовали n -алканы C_7 – C_{16} . Для количественного определения идентифицированных компонентов эфирного масла использовали метод внутренней нормализации без учета относительных поправочных коэффициентов. Содержание компонентов по методу внутренней нормализации рассчитывали по формуле $\omega_i = S_i \cdot 100 / \sum S_p$, где ω_i – содержание i -го компонента в смеси, %; S_i – площадь пика i -го компонента [17].

Все измерения проводили в четырехкратной повторности. Результатами исследования считали средние значения по данным трех экспериментов. Согласно основным техническим данным хроматографа «Цвет-800», допустимые значения относительных СКО времени удерживания и площадей пиков составляют соответственно 1 и 2 %.

Исследование аминокислотного состава экстрактов из семян нигеллы проводили согласно существующей методике М 04-63-2010 («Определение массовой доли синтетических аминокислот и витаминов в кормовых добавках с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105®/105М»). Пробоподготовку проводили путем высокотемпературной экстракции сверхкритических углекислотных экстрактов из семян нигеллы 10%-ным этиловым спиртом на муфельной печи SNOL 1100. Минерализацию проводили, используя режим «без давления», в течение 20 мин, электрофорез – под напряжением в 10 кВт.

Результаты и их обсуждение. В результате газохроматографического разделения эфирного масла нигеллы посевной нами выявлен главный компонент исследованных образцов – ациклический монотерпен (n -цимен), содержание которого составляло ~60 %. Данное соединение придает маслу смолисто-камфорный аромат, что важно для использования нигеллы в качестве специи [18]. Однако известно, что присутствие n -цимена в масле может быть связано с окислительными и изомеризационными превращениями терпенов, в первую очередь γ -терпинена. Во многих эфирных маслах наряду с n -цименом присутствует γ -терпинен [19]. Можно предположить, что такое высокое содержание n -цимена связано не только с естественным накоплением его в семенах, но и с окислительными процессами, происходившими во время хранения семян нигеллы посевной.

Образцы содержали достаточно высокие концентрации α -туйена (~14,0 %), γ -терпинена (~3–10 %) и сабинена (~2–4 %). Содержание остальных компонентов не превышало 5 % (табл. 1).

α -Пинен и β -пинен хорошо распознаются насекомыми и являются важным регулятором их химической коммуникации. Лимонен применяют как репеллент. В косметологии его используют для придания хвойного или цитрусового аромата. Присутствие γ -терпинена в эфирном масле придает ему лимонный запах [18]. Таким образом, семена нигеллы можно использовать не только в пищевой, косметологической промышленности, но и в качестве репеллентов нового поколения.

По компонентному составу эфирное масло семян нигеллы посевной, выращенной в Беларуси, как по качественному, так и по количественному составу несущественно отличалось от эфирного масла, полученного из семян, выращенных в Турции, Италии, Сирии, Германии [20, 21]. Образцы гибридного происхождения (сорт Знахарка и НП-4) близки по содержанию соединений эфирного масла к родительским образцам, что говорит о способности указанных образцов нигеллы посевной накапливать эфирные масла в условиях северо-востока Беларуси не хуже, чем их экологически и географически отдаленные формы, и вследствие этого являться перспективным для селекции материалом.

По результатам газохроматографического анализа установлено, что в семенах нигеллы посевной преобладают линолевая ($C_{18:2}$), олеиновая ($C_{18:1cis}$) и пальмитиновая ($C_{16:0}$) кислоты (табл. 2).

Наибольшее содержание линолевой кислоты отмечено у образца НП-13/2 (60,16 %), олеиновой кислоты (*cis* + *trans*) – у образца НП-13/3 (18,12 %). Доля пальмитиновой кислоты составляла в среднем 11,62 %, арахисовой кислоты – 0,12, эйкозодиеновой – 3,04, стеариновой – 1,90 %.

Содержание α -линоленовой (омега-3) кислоты у исследуемых образцов колебалась от 0,29 до 0,47 %, причем по этому показателю особенно выделялись образцы НП-13/2 и НП-14/8. Сумма омега-кислот в исследуемых образцах составляла 75,69–77,56 %.

Масло, имеющее высокое содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты, обладает повышенной устойчивостью к разрушающим факторам тепла и света, что делает его предпочтительным в использовании для пищевых и кулинарных целей, а высокое содержание линолевой и α -линоленовой кислот в маслах свидетельствует о их лекарственной ценности [22].

Наибольший выход масла отмечен у образцов НП-13/3 (Индия) и НП-4 (Беларусь) – 37,83 и 36,12 % соответственно. В среднем по образцам нигеллы посевной выход жирного масла составил 35 %.

По результатам жирно-кислотного исследования липидов семян нигеллы посевной, выращенной в условиях Республики Беларусь, выявлено высокое содержание

Т а б л и ц а 1. Компонентный состав эфирных масел *Nigella sativa* L.

Table 1. Composition of the essential oils of *Nigella sativa* L.

Компонент	Содержание, %					
	НП-13/2	НП-13/3	НП-13/4	НП-14/8	Сорт Знахарка	НП-4
α -Туйена	16,63	14,41	9,41	15,60	13,52	10,04
α -Пинен	3,26	2,90	1,95	3,01	1,71	2,03
Сабинен	3,74	3,56	2,83	3,64	3,35	2,73
β -Пинен	0,31	0,27	0,28	0,27	0,29	0,32
Лимонен	1,70	1,75	1,64	1,71	1,61	1,55
<i>n</i> -Цимен	59,40	64,04	68,6	63,52	63,67	63,71
γ -Терпинен	5,72	4,33	5,04	3,30	5,62	9,98
Фенхон	1,92	2,16	2,73	2,36	2,29	2,11
Метилхавикол	0,10	0,19	0,20	0,20	0,22	0,12
Терпинен-4-ол	0,21	0,22	0,48	0,22	0,24	0,40
Борнилацетат	0,12	0,03	–	–	0,03	–
Нераль	0,13	0,20	–	0,26	0,29	–
Гераниаль	0,46	0,16	0,31	0,21	0,14	0,31
Карвакрол	0,95	0,56	0,93	0,76	0,56	1,12

Т а б л и ц а 2. Жирнокислотный состав липидов семян *Nigella sativa* L.

Table 2. Fatty acid composition of seed lipids *Nigella sativa* L.

Жирная кислота	Содержание жирных кислот, %					
	НП-13/2	НП-13/3	НП-13/4	НП-14/8	Сорт Знахарка	Образец НП-4
Миристиновая $C_{14:0}$	0,15	0,21	0,25	0,26	0,24	0,29
Пальмитиновая $C_{16:0}$	11,33	12,00	11,68	11,36	11,70	11,64
Пальмитолеиновая ($\omega 7$) $C_{16:1}$	0,27	0,30	0,27	0,23	0,24	0,28
Стеариновая $C_{18:0}$	1,71	2,05	1,82	1,89	1,99	1,93
<i>Cis</i> -олеиновая ($\omega 9$) $C_{18:1cis}$	15,34	16,74	15,04	14,76	16,70	15,18
<i>Trans</i> -олеиновая ($\omega 9$) $C_{18:1trans}$	1,32	1,38	1,82	1,71	1,26	2,29
Линолевая ($\omega 6$) $C_{18:2}$	60,16	58,57	58,44	59,30	57,15	59,44
α -линоленовая ($\omega 3$) $C_{18:3}$	0,47	0,29	0,32	0,47	0,34	0,36
Арахисовая $C_{20:0}$	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12
Гондоиновая $C_{20:1}$	0,27	0,31	0,26	0,27	0,33	0,27
Эйкозодиеновая $C_{20:2}$	3,26	2,76	3,06	3,26	2,77	3,11
Сумма ($\omega 9$, $\omega 6$ кислот)	76,82	76,69	75,30	75,77	75,11	76,91
Сумма ($\omega 3$, $\omega 7$, $\omega 9$, $\omega 6$ кислот)	77,56	77,28	75,89	76,47	75,69	77,55
Выход масла, %	34,26	37,83	35,15	34,66	32,17	36,12

омега-6 и омега-9 ненасыщенных жирных кислот. В сравнении с коллекционными (родительскими) образцами отмечены незначительные различия по содержанию незаменимых кислот у образцов гибридного происхождения, что свидетельствует о ценности использования данных образцов в селекционной работе при создании сортов лекарственного назначения.

Образец НП-13/2 (сумма омега-кислот составляет 77,56 %, содержание линолевой кислоты – 60,16 %) и образец НП-4 (сумма омега-кислот составляет 77,55 %, содержание линолевой кислоты – 59,44 %) можно отнести к перспективным для использования их в дальнейшей селекционной работе.

В процессе изучения аминокислотного состава в экстрактах семян были идентифицированы четыре незаменимые (лейцин, метионин, валин, треонин) и четыре заменимые (аргинин, пролин, серин, глицин) аминокислоты (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Содержание аминокислот в семенах *Nigella sativa* L.

Table 3. Amino acid content in the seeds of *Nigella sativa* L.

Образец	Аминокислотный профиль, мг/кг								ССА, %
	Лейцин	Аргинин	Метионин	Валин	Треонин	Пролин	Серин	Глицин	
НП-13/2	4,38	17,59	0,06	0,65	3,24	6,69	2,12	2,35	51,23
НП-13/3	3,29	15,41	0,07	0,72	3,52	6,25	1,94	2,97	58,25
НП-13/4	4,95	17,56	0,05	0,55	4,12	7,84	2,04	3,25	62,23
НП-14/8	3,95	15,29	0,06	0,49	3,23	7,56	2,33	3,46	57,12
Сорт Знахарка	2,45	15,02	0,07	0,41	2,04	5,77	1,73	2,48	52,32
НП-4	2,95	16,02	0,07	0,39	3,04	6,77	1,26	2,48	47,20

Среди незаменимых аминокислот в изученных образцах нигеллы посевной были выделены лейцин (от 2,45 мг/кг у сорта Знахарка до 4,95 мг/кг у образца НП-13/4), валин (от 0,39 мг/кг у образца НП-4 до 0,72 мг/кг у образца НП-13/3) и треонин (от 2,04 мг/кг у сорта Знахарка до 4,12 мг/кг у образца НП-13/4). По содержанию метионина существенных различий не выявлено.

В составе заменимых аминокислот в изученных образцах были выделены аргинин (от 15,02 мг/кг у сорта Знахарка до 17,59 мг/кг у НП-13/2), пролин (от 5,77 мг/кг у сорта Знахарка до 7,84 мг/кг у НП-13/4), серин (от 1,26 мг/кг у НП-4 до 2,33 мг/кг у НП-13/4) и глицин (от 2,35 мг/кг у образца НП-13/2 до 3,46 мг/кг у образца НП-14/8). Наибольшее содержание аминокислот выявлено в семенах образца НП-13/4 (62,23 %), наименьшее – у образца НП-4 (47,20 %).

Таким образом, выявлено, что в семенах образцов *N. sativa* L., выращенных в условиях Беларуси, преобладала аминокислота аргинин, играющая значимую роль в работе сердечно-сосудистой системы [23]. Перспективным образцом отмечен образец НП-13/4 (содержание аминокислот – 62,23 %; содержание аргинина, лейцина, треонина – 17,56; 4,95 и 4,12 мг/кг соответственно).

Следует отметить, что количество извлекаемых аминокислот из растительного сырья зависит от применяемых методик и оборудования и может различаться в пределах образца. Так, по данным Н. К. Рудь, А. М. Сампиева [24], изучавших аминокислотный состав сверхкритических углекислотных экстрактов из семян нигеллы посевной, извлекаемость аминокислот из растительного сырья в большей степени происходила при повышении температуры и давления, и суммарное содержание аминокислот, таким образом, составляло 21,87–175,34 мг/кг. При этом преобладали аминокислоты с тем же качественным составом, что и в наших исследованиях.

Заключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований дана биохимическая характеристика семян *Nigella sativa* L., выращенных в условиях Беларуси. Определены перспективные образцы как исходный материал для дальнейшей селекционной работы по созданию сортов лекарственного назначения.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках проекта B18M-019 «Создание исходного материала нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) для селекции в условиях Беларуси», № госрегистрации в ГУ «БелИСА» 20181745 от 11.10.2018.

Acknowledgements. This work was financially supported by the BRFFR in the framework of the project B18M-019 “Creation of the source material of the sowing nigella (*Nigella sativa* L.) for breeding in the conditions of Belarus”, state registration number at GU BelISA 20181745 dated 10.11.2018.

Список использованных источников

- Исакова, А.Л. Некоторые аспекты возделывания нигеллы / А.Л. Исакова, В.Н. Прохоров // Наше сел. хоз-во. – 2019. – № 3. – С. 108–110.
- Исакова, А.Л. Нигелла – перспективная эфиромасличная культура / А.Л. Исакова, А.В. Исаков // Наше сел. хоз-во. – 2016. – № 11. – С. 83–85.
- Исакова, А.Л. Особенности развития образцов нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь / А.Л. Исакова, А.В. Исаков, В.Н. Прохоров // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 79–82.
- Datta, A. K. Black cumin (*Nigella sativa* L.) – a review / A. K. Datta, A. Saha, A. Bhattacharya // J. Plant Development Sci. – 2012. – Vol. 4, N 1. – P. 1–43.
- Немтинов, В.И. Нигелла посевная в Крыму / В.И. Немтинов // Картофель и овощи. – 2016. – № 10. – С. 22–23.
- Алиева, А.К. Совершенствование рецептуры спредов и жировых компонентов с учетом запросов потребителей / А.К. Алиева, Дж. С. Казиахмедов // Технично-технол. проблемы сервиса. – 2014. – Т. 27, № 1. – С. 85–88.
- Курако, У.М. Разработка технологии халяльного паштета из печени индейки методом обогащения маслом черного тмина / У.М. Курако // Аграр. науч. журн. – 2016. – № 3. – С. 52–56.
- Рудь, Н.К. Основные результаты фитохимического и фармакологического исследования чернушки посевной (обзор) / Н.К. Рудь, А.М. Сампиев, Н.А. Давитаян // Науч. вед. Белгород. гос. ун-та. Сер. Медицина. Фармация. – 2013. – № 25. – С. 207–212.
- Balikci, E. Antidermatophyte and antioxidant activities of *Nigella sativa* alone and in combination with enilconazole in treatment of dermatophytosis in cattle / E. Balikci // Veterinárni Medicina. – 2016. – Vol. 61, N 10. – P. 539–545. <https://doi.org/10.17221/32/2015-vetmed>
- Effect of *Nigella sativa* (black cumin seed) to enhance the immunity of common carp (*Cyprinus carpio*) against *Pseudomonas fluorescens* / S. Khondoker [et al.] // Am. J. Life Sci. – 2016. – Vol. 4, N 3. – P. 87–92. <https://doi.org/10.11648/j.ajls.20160403.14>
- Antioxidant and antibacterial effects of *Nigella sativa* L. seed and *Echinophora platyloba* dc. Leaf extracts on rainbow trout (oncorhynchus mykiss) filets during refrigeration storage / S. Raeisi [et al.] // IJBPA. – 2015. – Vol. 4, N 5. – P. 3101–3114.
- Longato, E. Nutritional and zootechnical aspects of *Nigella sativa*: a review / E. Longato, G. Meineri, P.G. Peiretti // J. Animal Plant Sci. – 2015. – Vol. 25, N 4. – P. 921–934.
- Rathee, P.S. Antimicrobial activity of essential oil, fixed oil and unsaponifiable matter of *Nigella sativa* Linn. / P.S. Rathee, S.H. Mishra, R. Kaushal // Ind. J. Pharm. Sci. – 1982. – Vol. 44, N 1. – P. 8–10.
- Al-Beitawi, N. Effect of feeding different levels of *Nigella sativa* seeds (black cumin) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks / N. Al-Beitawi, S.S. El-Ghousein // Int. J. Poultry Sci. – 2008. – Vol. 7, N 7. – P. 715–721. <https://doi.org/10.3923/ijps.2008.715.721>
- Характеристика сорта Знахарка нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) / А.Л. Исакова [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 1. – С. 79–81.
- Феськова, Е.В. Семена льна масличного сорта Солнечный – источник биологически активных веществ / Е.В. Феськова, В.Н. Леонтьев, В.В. Титок // Тр. БГТУ. Сер. 4: Химия, технология орган. веществ и биотехнология. – 2009. – Т. 1, № 4. – С. 201–203.
- Welch, R. W. A micro-method for the estimation of oil content and composition in seeds crops / R. W. Welch // J. Sci. Food Agr. – 1977. – Vol. 28, N 7. – P. 635–638. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740280710>
- Некоторые биохимические характеристики *Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn / О.И. Коротков [и др.] // Бюл. Гос. Никит. ботан. сада. – 2018. – № 128. – С. 76–83.
- Усов, А.П. Химия душистых и биологически активных веществ : учеб. пособие / А.П. Усов, В.Е. Тарасов, М.Г. Крапивина. – Краснодар : Кубан. гос. технол. ун-т, 2006. – 242 с.
- Volatiles distribution in *Nigella* species (black cumin seeds) and in response to roasting as analyzed via solid-phase microextraction (SPME) coupled to chemometrics / M. A. Farag [et al.] // Industr. Crops Products. – 2017. – Vol. 108. – P. 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.011>
- Wajs, A. Composition of essential oil from seeds of *Nigella sativa* L. cultivated in Poland / A. Wajs, R. Bonikowski, D. Kalembe // Flav. Fragr. J. – 2008. – Vol. 23, N 2. – P. 126–132. <https://doi.org/10.1002/ffj.1866>
- Мюррей, М. Жирные кислоты и наше здоровье / М. Мюррей. – М. : Корал Клаб, 1999. – 32 с.
- Артемьева, Е.П. Аминокислоты и белки : учеб.-метод. пособие / Е.П. Артемьева. – Екатеринбург : Урал. гос. ун-т путей сообщения, 2006. – 31 с.
- Рудь, Н.К. Сравнительное изучение аминокислотного состава сверхкритических углекислотных экстрактов из семян чернушки посевной / Н.К. Рудь, А.М. Сампиев [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – М., 2005. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11668>. – Дата доступа : 16.02.2018.

References

1. Isakova A. L., Prokhorov V. N. Some aspects of nigella cultivation. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our agriculture], 2019, no. 3, pp. 108–110 (in Russian).
2. Isakova A. L., Isakov A. V. Nigella – promising oil-bearing culture. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our agriculture], 2016, no. 11, pp. 83–85 (in Russian).
3. Isakova A. L., Isakov A. V., Prokhorov V. N. Features of the development of *Nigella sativa* L. samples under the conditions of the northeast zone of the Republic of Belarus. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2016, no. 3, pp. 79–82 (in Russian).
4. Datta A. K., Saha A., Bhattacharya A. Black cumin (*Nigella sativa* L.) – a review. *Journal of Plant Development Sciences*, 2012, vol. 4, no. 1, pp. 1–43.
5. Nemtinov I. I. Nigella sown in the Crimea. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and vegetables], 2016, no. 10, pp. 22–23 (in Russian).
6. Alieva A. K., Kaziakhmedov Dzh. S. Improving the formulation of spreads and fat components with the needs of consumers. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological problems of service], 2014, vol. 27, no. 1, pp. 85–88 (in Russian).
7. Kurako U. M. Development of technology of halal paste from turkey liver with the method of enrichment of black cumin oil. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* [Agrarian scientific journal], 2016, no. 3, pp. 52–56 (in Russian).
8. Rud N. K., Sampiev A. M., Davitavyan N. A. The main results of the phytochemical and pharmacological studies of the black crumbs (review). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Meditsina. Farmatsiya* [Scientific reports of Belgorod State University], 2013, no. 25, pp. 207–212 (in Russian).
9. Balicki E. Antidermatophyte and antioxidant activities of *Nigella sativa* alone and in combination with cattle. *Veterinarni Medicina*, 2016, vol. 61, no. 10, pp. 539–545. <https://doi.org/10.17221/32/2015-vetmed>
10. Khondoker S., Hossain M. M., Hasan-Uj-Jaman, Alam E., Zaman F. U., Tabassum N. Effects of *Nigella sativa* (black cumin seed) to enhance the immunity of common carp (*Cyprinus carpio*) against *Pseudomonas fluorescens*. *American Journal of Life Sciences*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 87–92. <https://doi.org/10.11648/j.ajls.20160403.14>
11. Raeisi S., Sharifi-Rad M., Shaban-Pour B., Ojagh S. M., Alishahi A. R. Antioxidant and antibacterial effects of *Nigella sativa* L. seed and *Echinophora platyloba* dc. Leaf extracts on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigeration. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS)*, 2015, vol. 4, no. 5, pp. 3101–3114.
12. Longato E., Meineri G., Peiretti P. G. Nutritional and zootechnical aspects of *Nigella sativa*: a review. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2015, vol. 25, no. 4, pp. 921–934.
13. Rathee P. S., Mishra S. H., Kaushal R. Antimicrobial activity of essential oil, fixed oil and unsaponifiable matter of *Nigella sativa* Linn. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1982, vol. 44, no. 1, pp. 8–10.
14. Al-Beitawi N., El-Ghousein S. S. Effects of feeding different levels of seeds (black cumin) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*, 2008, vol. 7, no. 7, pp. 715–721. <https://doi.org/10.3923 / ijps.2008.715.721>
15. Isakova A. L., Isakov A. V., Prokhorov V. N., Kovalenko N. A., Fes'kova E. V. Characteristics of the variety Znakharka nigella (*Nigella sativa* L.). *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2019, no. 1, pp. 79–81 (in Russian).
16. Fes'kova E. V., Leont'ev V. N., Titok V. V. Seeds of flax oily variety Solnechnyi – a source of biologically active substances. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 4. Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 4. Chemistry and technology of organic substances.], 2009, vol. 1, no. 4, pp. 201–203 (in Russian).
17. Welch R. W. A micro-method for the estimation of oil content and composition in seeds crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1977, vol. 28, no. 7, pp. 635–638. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740280710>
18. Korotkov O. I., Shevchuk O. M., Shatko V. G., Timashova L. A., Fes'kov S. A. Some biochemical characteristics of *Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden], 2018, no. 128, pp. 76–83 (in Russian).
19. Usov A. P., Tarasov V. E., Krapivina M. G. *Chemistry of fragrant and biologically active substances*. Krasnodar, Kuban State Technological University, 2006. 242 p. (in Russian).
20. Farag M. A., El-Kersh D. M., Rasheed D. M., Heiss A. G. Volatiles distribution in the *Nigella* species (black cumin seeds) and analyzed in solid-phase microextraction (SPME) and coupled to chemometrics. *Industrial Crops and Products*, 2017, vol. 108, pp. 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.011>
21. Wajs A., Bonikowski R., Kalemba D. Composition of *Nigella sativa* L. cultivated in Poland. *Flavour and Fragrance Journal*, 2008, vol. 23, no. 2, pp. 126–132. <https://doi.org/10.1002/ffj.1866>
22. Murray M. *Fatty acids and our health*. Moscow, Coral Club Publ., 1999. 32 p. (in Russian).
23. Artem'eva E. P. *Amino acids and proteins*. Yekaterinburg, 2006, Ural State University of Communication. 31 p. (in Russian).
24. Rud' N. K., Sampiev A. M. A comparative study of the amino acid composition of supercritical carbon dioxide extracts from seeds of a black cumin seed [Electronic resource]. *Modern problems of science and education*. Moscow, 2005. Available at: <http://www.science-education.ru/en/article/view?id=11668> (accessed 02.16.2018) (in Russian).

Информация об авторах

Исакова Анастасия Леонидовна – аспирант. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Республика Беларусь). E-mail: nastyaisakova213@gmail.com

Исаков Андрей Васильевич – канд. с.-х. наук, доцент. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Республика Беларусь). E-mail: isakov141@rambler.ru

Коваленко Наталья Александровна – канд. хим. наук, доцент. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kovalenko@belstu.by

Феськова Елена Владимировна – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lena.feskova@mail.ru

Супиченко Галина Николаевна – канд. хим. наук, ст. преподаватель. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Supichenko@belstu.by

Сачивко Татьяна Владимировна – канд. с.-х. наук, доцент. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Республика Беларусь). E-mail: sachyuka@rambler.ru

Information about the authors

Anastasia L. Isakova – Postgraduate student. Belarusian State Agricultural Academy (5, Michurin Str., 213407, Gorki, Republic of Belarus). E-mail: nastyaisakova213@gmail.com

Andrey V. Isakov – Ph. D. (Agric.), Assistant professor. Belarusian State Agricultural Academy (5, Michurin Str., 213407, Gorki, Republic of Belarus). E-mail: isakov141@rambler.ru

Natalya A. Kovalenko – Ph. D. (Chem.), Assistant professor. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kovalenko@belstu.by

Alena V. Feskova – Ph. D. (Eng.), Senior researcher. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lena.feskova@mail.ru

Galina N. Supichenko – Ph. D. (Chem.), Senior lecturer. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Supichenko@belstu.by

Tatyana V. Sachivko – Ph. D. (Agric.), Assistant professor. Belarusian State Agricultural Academy (5, Michurin Str., 213407, Gorki, Republic of Belarus). E-mail: sachyuka@rambler.ru