DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114

Оригинальная статья/Research article

УДК 634.74 Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (Hippophaë rhamnoides L.) северо-запада России

 Людмила П. Нилова
 1
 nilo

 Светлана М. Малютенкова
 1
 mal

nilova_l_p@mail.ru malutesha66@mail.ru © 0000-0002-5154-7095 © 0000-0002-8081-6688

1 Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул., Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. Плоды облепихи благодаря содержанию комплексов водо- и жирорастворимых антиоксидантов обладают лечебнопрофилактическими свойствами. Их содержание зависит от видов, подвидов, разновидностей, ботанических сортов, экологогеографического происхождения плодов облепихи. В работе представлены результаты исследований состава антиоксидантов и антиоксидантной активности трех ботанических сортов облепихи крушиновидной (Hippophaë rhamnoides L.), произрастающей в Ленинградской области северо-западного региона России. В составе антиоксидантного комплекса исследовано содержание антиоксидантов фенольного типа (фенольных соединений, флавоноидов, фенольных кислот) и витамин С. Наибольшая вариабельность водорастворимых антиоксидантов облепихи связана с содержанием витамина С - от 82 до 297 мг/100г в зависимости от ботанического сорта. Содержание общих фенольных соединений составило 600-795 мг/100г, а флавоноидов и фенольных кислот – 265–346 и 105–170 мг/100г, соответственно. В составе комплекса жирорастворимых антиоксидантов плодов облепихи разных сортов исследовано содержание витамина Е и каротиноидов, которое составило 6,9-8,3 и 10,7-14,9 мг/100г, соответственно. Содержание витамина С оказывает влияние на формирование антиоксидантных свойств, определенных DPPH методом и кулонометрическим титрованием водных и спиртовых фракций, формируя ряд ботанических сортов облепихи: Оранжевая> Витаминная> Великан. Антиоксидантная активность спиртовых фракций выше, чем водных в 1,3-1,7 раза в зависимости от ботанического сорта плодов облепихи. Содержание антиоксидантов фенольного типа (общих фенольных соединений, флавоноидов и фенольных кислот) оказало влияние на антиоксидантную активность, определенную методом FRAP, формируя ряд сортов облепихи: Витаминная > Оранжевая > Великан

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, ботанический сорт, антиоксидантный комплекс, регион произрастания антиоксиланты

Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) of northwest Russia

Liudmila P. Nilova
Svetlana M. Malyutenkova

1

nilova_l_p@mail.ru malutesha66@mail.ru 0000-0002-5154-7095

1 0000-0002-8081-6688

1 Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

Abstract. Sea buckthorn fruits, due to the content of complexes of water- and fat-soluble antioxidants, have therapeutic and prophylactic properties. Their content depends on the species, subspecies, varieties, botanical varieties, ecological and geographical origin of sea buckthorn fruits. The paper presents the results of studies of the composition of antioxidants and antioxidant activity of three botanical varieties of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L*.) growing in the Leningrad region of the northwestern region of Russia. As part of the antioxidant complex, the content of phenolic antioxidants (phenolic compounds, flavonoids, phenolic acids) and vitamin C was investigated. The greatest variability of water-soluble sea buckthorn antioxidants is associated with the content of vitamin C – from 82 to 297 mg/100g, depending on the botanical variety. The content of total phenolic compounds was 600–795 mg/100g, and the content of flavonoids and phenolic acids was 265–346 and 105–170 mg/100g, respectively. In the complex of fat-soluble antioxidants of sea buckthorn fruits of different varieties, the content of vitamin E and carotenoids was investigated, which was 6.9–8.3 and 10.7–14.9 mg/100g, respectively. The content of vitamin C influences the formation of antioxidant properties determined by the DPPH method and coulometric titration of water and alcohol fractions, forming a number of botanical varieties of sea buckthorn: Orange> Vitamin> Giant. The antioxidant activity of alcoholic fractions is 1.3–1.7 times higher than that of aqueous fractions, depending on the botanical variety of sea buckthorn fruits. The content of phenolic antioxidants (total phenolic compounds, flavonoids and phenolic acids) influenced the antioxidant activity determined by the FRAP method, forming a number of sea buckthorn varieties: Vitamin> Orange> Giant

Keywords: sea buckthorn buckthorn, botanical variety, antioxidant complex, growing region, antioxidants

Введение

Облепиха крушиновидная (*Hippophaë* rhamnoides L.) является самым распространенным видом облепихи, произрастающим в РФ. Общеизвестны лечебные свойства облепихи, причем не только плодов, но и листьев, семян, коры, которые связывают с содержанием в них

Для цитирования

Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides L.*) северо-запада России // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 108–114. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-108-114

комплекса водо- и жирорастворимых антиоксидантов [1–3]. Именно благодаря комплексу антиоксидантов облепиху используют в профилактических и лечебных целях для поддержания сердечно-сосудистой и иммунной систем, липидного обмена, как противовоспалительные, заживляющие и антирадиационные средства [4, 5].

For citation

Nilova L.P., Malyutenkova S.M. Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) of northwest Russia. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 108–114. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-1-108-114

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В зависимости от видов, подвидов, разновидностей и эколого-географического происхождения облепиха сильно различается биохимическим составом. Содержание антиоксидантов может варьировать от десятков до тысяч мг/ 100 г., особенно витамина С и антиоксидантов фенольного типа. Наибольшее количество антиоксидантов содержит облепиха, произрастающая в Китае, но которое может сильно варьировать. Так, среди четырех подвидов Hippophaë rhamnoides L. subsp., подвид Sinensis показал наибольшее общее содержание фенольных соединений (38,7 г/кг СВ). с преобладанием их в свободном состоянии [6]. В европейской облепихе антиоксидантов содержится меньше. В разных сортах одного вида облепихи, произрастающих в Чехии, общее содержание фенольных соединений варьирует от 0.70 до 3.62 г/кг. а флавоноидов – от 0.55– 4,11 мг/г [7, 8]. Четыре сорта облепихи из Румынии имеют меньшие вариации в составе фенольных антиоксидантов. Общее содержание полифенолов в ягодах колеблется в пределах, мг/г, 10,12-18,66, флавоноидов -6,57-9,01, что коррелирует со значениями антиоксидантной активности [9]. Содержание фенольных соединений облепихи, произрастающей в Алтайском крае, в зависимости от сортов и гидридов отличается еще большей вариабельностью на уровне 42%. Такой разброс данных связывают не только с ботаническими признаками, но и сроками сбора плодов [10]. Общую антиоксидантную активность в значительной степени связывают с общими фенольными соединениями, в частности с изорамнетин-3-рутинозидом и изорамнетин-3- глюкозид. Клеточную антиоксидантную активность и антипролиферативную активность биохимических веществ связывают с фенольными кислотами и флавоноидными агликонами [6, 11].

Наибольшая изменчивость от различных внешних и внутренних факторов в облепихе установлена для витамина С — от 28 до 2500 мг/100 г. [7, 12]. При этом значительное влияние оказывают сроки сбора плодов с преобладанием витамина С в начальной стадии и дальнейшим его расходованием при созревании плодов [1].

Комплекс жирорастворимых антиоксидантов в облепихе представлен токоферолами, токотриенолами, каротиноидами, фитостеролами [3, 12, 13]. Среди токоферолов преобладает α-токоферол 80–85%. Доля остальных изомеров в десятки раз меньше и приблизительно в равном соотношении [12, 12]. Количество токотриенолов варьирует в пределах 1,5–8,1 мг/100г почти с равным соотношением всех изомеров, за исключением о́-токоферола, который не обнаружен [3].

Изменчивость в содержании каротиноидов связана не только с общим их содержанием, но и преобладанием отдельных представителей каротинов или ксантофиллов. В мякоти плодов облепихи могут преобладать каротины, в частности β-каротин, но и его количество также может сильно варьировать от 4.6 до 26 мг/100 г. [3, 14]. Из 9 исследованных сортов облепихи в восьми случаях преобладали каротины [14]. В алтайской облепихе содержание α- и β-каротинов в среднем было почти одинаковым, но вариативность результатов в зависимости от сорта доходила до 80%. При этом сумма лютеина и ликопина была больше, чем сумма α- и β-каротинов. Колебания в общем содержании фитостеролов не так выражены и находятся в пределах 20-30 г./кг с преобладанием В-ситостерола [3]. При исследовании влияния срока сбора плодов облепихи на содержание β-ситостерола установлено максимальное его накопление в средний период.

Антиоксидантный комплекс облепихи позволяет использовать ее плоды и продукты переработки в производстве нутрицевтиков, пищевых продуктов, косметологии [16–18].

Цель работы – проведение сравнительного анализа состава антиоксидантов и антиоксидантной активности плодов облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides L.*) разных ботанических сортов, произрастающей в северозападном регионе России.

Материалы и методы

Объектами исследований явились три ботанических сорта плодов облепихи, различающихся органолептическими показателями (вкусом и крупностью плодов), произрастающие в Ленинградской области. Плоды облепихи сорта «Оранжевая» были темно-оранжевого цвета, овальной формы, кислого с легкой терпкостью вкуса, средняя масса плода 0,67 г. Плоды сорта «Витаминная» были овально-округлые выраженного оранжевого цвета, умеренно кислые, средняя масса плода 0,56 г. Плоды сорта «Великан» были цилиндрической формы, крупные со средней массой плода 0,88 г., оранжево-желтые, сладковато-кисловатого вкуса. Сбор плодов облепихи осуществляли в первой половине сентября, замораживали при температуре минус 18 °C, хранили при этой температуре до проведения исследований.

Исследования проводили в целых плодах в трехкратной повторности, растирая плоды в экстрагентах согласно методам исследований, при этом семена облепихи не участвовали в исследовании. Содержание сахаров определяли методом Бертрана по ГОСТ 13192, общую кислотность — визуальным методом прямого титрования гидроксидом натрия с пересчетом на яблочную кислоту.

индивидуальных антиоксидантов определяли аскорбиновую кислоту титриметрическим методом с визуальным определением конца титрования по ГОСТ 24556; общие фенольные соединения определяли спектрофотометрически при 725 нм с использованием реактива Фолина-Чокальтеу в пересчете на галловую кислоту; общее содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически при 510 нм с хлоридом алюминия в пересчете на рутин [19]. Общее содержание фенольных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту определяли на спектрофотометре при длине волны 327 нм предварительного экстрагирования 95%-ным этанолом [20]. Определение суммы каротиноидов проводили спектрофотометрически при длине волны 450 нм после предварительного экстрагирования гексаном по ІОСТ 8756.22. Витамин Е определяли методом Эммери-Энгеля с о-фенантролином спектрофотометрически при длине волны 520 нм.

Антиоксидантные свойства определяли с использованием методов FRAP, DPPH и кулонометрического титрования. Определение FRAP с хлоридом железа и о-фенантролином и DPPH со стабильным свободным радикалом дифенилпикрилгидразилом в пересчете на аскорбиновую кислоту определяли на спектрофотометре при длинах волн 593 нм и 517 нм, соответственно. Кулонометрическое титрование осуществляли в водных и этанольных экстрактах плодов облепихи на кулонометре «Эксперт-006» в пересчете на рутин.

Результаты

Исследуемые образцы плодов облепихи различались содержанием сахаров и титруемых

соответствовало кислот (рисунок 1), что их вкусовым характеристикам. Но вкусовые характеристики формировало соотношение сахаров и кислот. Так, по содержанию сахаров сорта плодов облепихи распределились: Великан> Витаминная > Оранжевая, а по содержанию кислот ряд имел другой вид: Оранжевая> Великан> Витаминная. В результате образцы сортов «Витаминная» и «Великан» имели практически одинаковый сахарокислотный индекс, а образцы сорта «Оранжевая» в 1,67 раз меньше. Более выраженный сладковатый вкус у образцов плодов сорта «Великан» по сравнению с сортом «Витаминная» мог быть связан с вариациями моносахаридов – преобладанием с более сладким вкусом, а возможно, и присутствием многоатомных спиртов [3, 9].

Исследуемые образцы плодов облепихи различались составом антиоксидантов (таблица 1). В целом фенольные соединения преобладали в плодах сорта «Витаминная», включая флавоноиды и фенолокислоты. В образцах плодов сорта «Оранжевая» фенольных соединений было больше, чем в сорте Великан на 13%, но меньше по сравнение с сортом Витаминная на 14,5%. И хотя флавоноидов в этих плодах было меньше всего, но фенолокислот больше, чем в сорте «Великан». По общему содержанию фенольных соединений плоды облепихи северо-запада РФ приближаются к европейским сортам облепихи, но превышают значения, полученные в алтайских сортообразцах облепихи, возможно, из-за исследования плодов на поздних сроках созревания [7, 8, 10]. Доля флавоноидов в составе фенольных соединений составляет от 35 до 49%, а фенольных кислот – 17–21%.

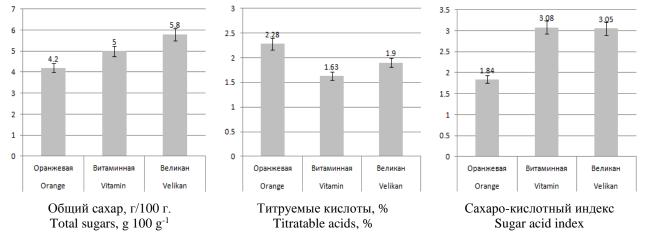


Рисунок 1. Содержание и соотношение общих сахаров и титруемых кислот в различных ботанических сортах плодов облепихи

Figure 1. Content and ratio of total sugars and titratable acids in various botanical varieties of sea buckthorn fruits

Таблица 1. Содержание индивидуальных антиоксидантов в различных ботанических сортах плодов облепихи, мг/100 г

Table 1. Content of individual antioxidants in various botanical varieties of sea buckthorn

Антиоксиданты Antioxidants	Плоды облепихи крушиновидной сортов Sea buckthorn fruits of varieties		
	Оранжевая Orange	Витаминная Vitamin	Великан Velikan
Фенольные соединения Total fenolic content	680 ± 20	795 ± 22	600 ± 21
Флавоноиды Total flavonoids	265 ± 5	346 ± 2	291 ± 2
Фенольные кислоты Total phenolic acids	145 ± 6	170 ± 4	105 ± 5
Витамин С Vitamin C	$297,0 \pm 5,9$	$136,0 \pm 4,1$	$82,0 \pm 2,5$
Витамин E Vitamin E	$8,3 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,3$	$6,9 \pm 0,3$
Сумма каротиноидов Carotenoid content	$12,5 \pm 0,2$	$14,9 \pm 0,2$	$10,7 \pm 0,2$

Наибольшие отличия у исследуемых образцов облепихи были установлены в содержании витамина С: Оранжевая> Витаминная> Великан (таблица 1). Разница между максимальным и минимальным значениями составила 262%. По данным [1, 21] у плодов облепихи, произрастающих в России, содержание витамина С может колебаться от 80 до 280 мг/100 г. с уменьшением его содержания в плодах полной степени зрелости. Сорт «Оранжевая» по содержанию витамина С был приближен для плодов этого сорта, произрастающих в Красноярском крае, который был лидером среди нескольких изученных сортов [21]. Содержание витамина С в плодах облепихи может быть еще больше и доходить до 350 мг/100 г., что было установлено у четырех сортов облепихи из девяти изученных в Чехии [7].

Содержание витамина Е в исследуемых образцах плодов облепихи отличалось в меньшей степени, но наименьшие значения были у плодов сорта «Великан». Сорта «Оранжевая» и «Витаминная» не имели статистически значимых отклонений. Можно сказать, что исследуемые плоды имели среднее содержание витамина Е, так как по данным [7] содержание витамина Е у девяти сортов плодов облепихи колеблется от 6,98 до 29,91 мг/100г. У сорта облепихи «Иня» из Алтайского края содержание витамина Е всего лишь 5,2 мг/100г, а у сорта «Новость Алтая» – 2,87 мг/100г [13, 21].

Незначительные отличия между сортами облепихи были установлены в содержании каротиноидов. Они преобладали в сорте «Витаминная», где их количество составило 14,9 мг/100г. В сорте «Оранжевая» их было меньше на 18%, но больше на 14,4%, чем в сорте «Великан». Похожие результаты были получены в содержании каротиноидов при исследовании четырех сортов плодов облепихи, произрастающих в Румынии, и четырех сортов, произрастающих в Польше [9, 14]. В целом содержание каротиноидов в исследованных образцах не очень высокое, но количество каротиноидов уменьшается с достижением полной зрелости плодов. В Алтайской облепихе с середины августа до середины сентября содержание каротиноидов может снизиться на 25% [1]. Некоторые сорта облепихи в Китае и Пакистане могут содержать до 800 мг/100г каротиноидов [12].

Комплекс антиоксидантов плодов облепихи сформировал их антиоксидантные свойства, которые были изучены разными методами (таблица 2). FRAP тест охарактеризовал антиоксидантную активность различных ботанических сортов облепихи как ряд: Витаминная > Оранжевая > Великан, что повторило ряд фенольных антиоксидантов. DPPH тест, характеризующий антирадикальную активность, выстроил другой ряд: Оранжевая > Витаминная > Великан, повторяющий ряд витамина С в зависимости от ботанических сортов. Полученные значения DPPH были приближены к данным, полученных другими авторами, которые колебались в зависимости от сортов обленихи от 8,73-42,25 мг/г СВ [9, 11]. Сильную зависимость антиоксидантной активности от содержания витамина С установили в различных сортах облепихи, произрастающей в Китае [6]. При этом авторы не установили влияния содержания жирорастворимых антиоксидантов (каротиноидов и витамина Е) на антиоксидантные свойства из-за изменчивости их содержания в процессе созревания плодов.

При использовании кулонометрического титрования спиртовые фракции имели более высокие значения антиоксидантной активности, связанной с переходом агликонов флавоноидов. Наибольшие отличия были зафиксированы в плодах сорта «Оранжевая»: антиоксидантная активность спиртовых фракций была выше в 1,7 раза, чем водных фракций. Причем между сортами «Оранжевая» и «Витаминная» статистически значимых различий антиоксидантной активности спиртовых фракций не установлено.

Таблица 2.

Антиоксидантная активность различных ботанических сортов плодов облепихи

Table 2.

Antioxidant activity of various botanical varieties of sea buckthorn fruits

	Антиоксидантная активность, мг аскорбиновой		Кулонометрическое титрование,	
Плоды облепихи Sea buckthorn	кислоты/г сухих веществ		мг рутина/г сухих веществ	
	Antioxidant activity, mg ascorbic acid/g dry matter		Coulometric titration, mg rutin/g dry matter	
	FRAP	DPPH	водные фракции aqueous fractions	спиртовые фракции alcohol fractions
Оранжевая Orange	$6,15 \pm 0,25$	$11,20 \pm 0,40$	$17,74 \pm 0,25$	$29,85 \pm 1,20$
Витаминная Vitamin	$6,90 \pm 0,22$	$9,52 \pm 0,40$	$17,48 \pm 0,20$	$27,64 \pm 1,10$
Великан Giant	$4,85 \pm 0,22$	$6,35 \pm 0,30$	$16,87 \pm 0,20$	$21,76 \pm 1,00$

Заключение

Плоды облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides L.*), произрастающей в Ленинградской области, содержат комплекс водо- и жирорастворимых антиоксидантов, приближенный по составу к плодам, произрастающим в Европе. В зависимости от ботанических сортов плоды могут содержать, мг/100г: фенольные соединения — 600—795; флавоноиды — 265—346; фенолокислоты — 105—170; витамин С — 82—297; витамин Е — 6,9—8,3; каротиноиды — 10,7—14,9. Антиоксидантная активность плодов

облепихи зависит, в первую очередь, от количества витамина С и антиоксидантов фенольного типа. На значения FRAP теста оказывают влияние антиоксиданты фенольного типа, формируя ряд сортов облепихи: Витаминная> Оранжевая> Великан. На значения DPPH теста оказывает влияние содержание витамина С, формируя ряд сортов облепихи: Оранжевая> Витаминная> Великан. Антиоксидантная активность спиртовых фракций выше, чем водных в 1,3–1,7 раза в зависимости от ботанического сорта плодов облепихи.

Литература

- 1 Земцова А.Я., Зубарев Ю.А., Гунин А.В. Оценка сортообразцов облепихи разного экологогеографического происхождения по биохимическому составу плодов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 48–52.
- 2 Burri S.C.M., Ekholm A., Håkansson Å., Tornberg E. et al. Antioxidant capacity and major phenol compounds of horticultural plant materials not usually used // Journal of Functional Foods. 2017. № 38. P. 119–127. doi: 10.1016/j.jff.2017.09.003
- 3 Ciesarova Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F. et al. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review // Food Research International. 2020. № 133. 109170 doi: 10.1016/j.foodres.2020.109170.
- 4 Brno A.V. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) as a potential source of nutraceutics and its therapeutic possibilities A review // ACTA VET. BRNO. 2015. № 84. P. 257–268. doi: 10.2754/avb201584030257
- 5 Eccleston C., Baoru Y., Tahvonen R., Kallio H. et al. Effects of an antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans // J. Nutr. Biochem. 2002. № 13 (6). P. 346–354. doi: 10.1016/s0955–2863(02)00179–1
- 6 Guo R., Guo X., Li T., Fu X. et al. Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) berries // Food Chemistry. 2017. № 221. P. 997–1003. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.063
- 7 Sytarova I., Orsavova Ja., Snopek L., Mlčeka J. et al. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times // Food Chemistry 2020. № 310. 125784. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125784
- 8 Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T. et al. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries // International Journal of Molecular Sciences. 2015. № 16. P. 24673–24706. doi:10.3390/ijms161024673
- 9 Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P. et al. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides L.*) Varieties // Molecules. 2020. № 25. P. 1170–1192. doi:10.3390/molecules25051170
- 10 Земцова А.Я., Зубарев Ю.А., гунин А.В., Мерзель Й.Т. Общее содержание фенольных веществ в плодах сортообразцов облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.) различного эколого-географического происхождения // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2016. № 15. С. 478–479.
- 11 Dienait e L., Pukalskas A., Pukalskien e M., Pereira C.V. et al. Phytochemical Composition, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Defatted Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) Berry Pomace Fractions Consecutively Recovered by Pressurized Ethanol and Water // Antioxidants. 2020. V. 9. P. 274–296. doi:10.3390/antiox9040274
- 12 Bal L.M., Meda V., Naik S.N., Satya S. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals // Food Research International. 2011. № 44. P. 1718–1727. doi:10.1016/j.foodres.2011.03.002
- 13 Земцова А.Я., Зубарев Ю.А., гунин А.В. Токоферолы плодовой мякоти четырех подвидов облепихи ($Hippopha\ddot{e}$ rhamnoides L.) в условиях лесостепи Алтайского края // Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 147–155. doi: 10.14258/jcprm.2019014256
- 14 Kruczek M., Świderski A., Mech-Nowak A., Krol K. Antioxidant capacity of crude extracts containing carotenoids from the berries of various cultivars of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) // Acta Biochimica Polonika. 2012. № 59 (1). P.135–137.

- 15 Курегян А.Г., Печинский С.В., Карандеева Е.А. Сравнительный анализ каротиноидов облепихового масла методом тонкослойной хроматографии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. С. 507–513.
- 16 Nilova L., Malyutenkova S. The possibility of using powdered sea-buckthorn in the development of bakery products with antioxidant properties // Agronomy Research. 2018. № 16 (S2). P. 1444–1456. doi: 10.15159/AR.18.055.
- 17 Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Nowicka P. Anti-diabetic, anti-cholinesterase, and antioxidant potential, chemical composition and sensory evaluation of novel sea buckthorn-based smoothies // Food Chemistry. 2021. № 338. 128105. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128105
- 18 Mosanu A.G., Sturza R., Opris O., Lung I. et al. Effect of lipophilic sea buckthorn extract on cream cheese properties // J Food Sci Technol., 2020. № 57 (2). P. 628–637. doi: 10.1007/s13197–019–04094-w
 - 19 Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции. СПб: ГИОРД, 2016. 480 с.
- 20 Абрамова Я.И., Калинкина Г.И., Чучалин В.С. Разработка методики количественного определения фенольных соединений в желчегонном сборе № 2 // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 265–268.
- 21 Гуленкова Г.С. Особенности биохимического состава плодов облепихи // Вестник КрасГАУ. 2013. № 11. С. 262–265.

References

- 1 Zemtsova A.Ya., Zubarev Yu.A., Gunin A.V. Assessment of sea buckthorn cultivars of different ecological and geographic origin according to the biochemical composition of fruits. Achievements of Science and Technology. 2016. vol. 30. no 9. pp. 48–52. (in Russian).
- 2 Burri S.C.M., Ekholm A., Håkansson Å., Tornberg E. et al. Antioxidant capacity and major phenol compounds of horticultural plant materials not usually used. Journal of Functional Foods. 2017. no. 38. pp. 119–127. doi: 10.1016/j.jff.2017.09.003
- 3 Ciesarova Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F. et al. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. Food Research International. 2020. no. 133. 109170. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109170
- 4 Brno A.V. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) as a potential source of nutraceutics and its therapeutic possibilities A review. ACTA VET. BRNO. 2015. no. 84. pp. 257–268. doi: 10.2754/avb201584030257
- 5 Eccleston C., Baoru Y., Tahvonen R., Kallio H. et al. Effects of an antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans. J. Nutr. Biochem. 2002. vol. 13. no. 6. pp. 346–354. doi: 10.1016/s0955–2863(02)00179–1
- 6 Guo R., Guo X., Li T., Fu X. et al. Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) berries. Food Chemistry. 2017. no. 221. pp. 997–1003. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.063
- 7 Sytařova I., Orsavova Ja., Snopek L., Mlčeka J. et al. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times. Food Chemistry. 2020. no. 310. 125784. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125784
- 8 Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T. et al. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. International Journal of Molecular Sciences. 2015. no. 16. pp. 24673–24706. doi:10.3390/ijms161024673.
- 9 Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P. et al. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides L.*) Varieties. Molecules. 2020. no. 25. pp. 1170–1192. doi:10.3390/molecules25051170
- 10 Zemtsova A.Ya., Zubarev Yu.A., Gunin A.V., Merzel J.T. The total content of phenolic substances in the fruits of sea buckthorn varieties (*Hippophaë rhamnoides L.*) of various ecological and geographical origin. Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. 2016. no. 15. pp. 478–479. (in Russian).
- 11 Dienait e L., Pukalskas A., Pukalskien e M., Pereira C.V. et al. Phytochemical Composition, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Defatted Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) Berry Pomace Fractions Consecutively Recovered by Pressurized Ethanol and Water. Antioxidants 2020. no. 9. pp. 274–296. doi:10.3390/antiox9040274
- 12 Bal L.M., Meda V., Naik S.N., Satya S. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. Food Research International. 2011. no 44. pp. 1718–1727. doi:10.1016/j.foodres.2011.03.002
- 13 Zemtsova A.Ya., Zubarev Yu.A., Gunin A.V. Tocopherols of fruit pulp of four subspecies of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) in the forest-steppe conditions of the Altai Territory. Chemistry of plant raw materials. 2019. no. 1. pp. 147–155. doi: 10.14258/jcprm.2019014256. (in Russian).
- 14 Kruczek M., Świderski A., Mech-Nowak A., Krol K. Antioxidant capacity of crude extracts containing carotenoids from the berries of various cultivars of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Acta Biochimica Polonika. 2012. vol. 59. no. 1. pp. 135–137.
- 15 Kuregyan A.G., Pechinsky S.V., Karandeeva E.A. Comparative analysis of sea buckthorn oil carotenoids by thin layer chromatography. Modern problems of science and education. 2015. no. 2–2. pp. 507–513. (in Russian).
- 16 Nilova L., Malyutenkova S. The possibility of using powdered sea-buckthorn in the development of bakery products with antioxidant properties. Agronomy Research. 2018. vol. 16. no. S2. pp. 1444–1456. doi: 10.15159/AR.18.055
- 17 Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Nowicka P. Anti-diabetic, anti-cholinesterase, and antioxidant potential, chemical composition and sensory evaluation of novel sea buckthorn-based smoothies. Food Chemistry. 2021. no. 338. 128105. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128105
- 18 Mosanu A.G., Sturza R., Opris O., Lung I. et al. Effect of lipophilic sea buckthorn extract on cream cheese properties. J Food Sci Technol. 2020. no. 57 (2). pp. 628–637. doi: 10.1007/s13197–019–04094-w
- 19 Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Workshop on biochemistry of agricultural products. SPb, GIORD, 2016. 480 p. (in Russian). 20 Abramova Ya.I., Kalinkina G.I., Chuchalin V.S. Development of a method for the quantitative determination of phenolic compounds in the cholagogue collection. Chemistry of plant raw materials. 2011. no. 4. pp. 265–268. (in Russian).
- 21 Gulenkova G.S. Features of the biochemical composition of sea buckthorn fruits. Bulletin of KrasGAU. 2013. no. 11. pp. 262–265. (in Russian).

Сведения об авторах

Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova 1 p@mail.ru Dhttps://orcid.org/0000-0002-5154-7095

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, malutesha66@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-8081-6688

Вклад авторов

Людмила П. Нилова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат Светлана М. Малютенкова предложила методику проведения эксперимента

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Liudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, graduate school of service and trade, institute of industrial management, economics and trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nilova_l_p@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-5154-7095

Svetlana M. Malvutenkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, graduate school of service and trade, institute of industrial management, economics and trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, malutesha66@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-8081-6688

Contribution Liudmila P. Nilova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Svetlana M. Malyutenkova proposed a scheme of the experiment

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/01/2021	После редакции 12/02/2021	Принята в печать 04/03/2021
Received 11/01/2021	Accepted in revised 12/02/2021	Accepted 04/03/2021