

## Анализ биохимического состава и антиоксидантных свойств орехов, реализуемых на потребительском рынке


Людмила П. Нилова<sup>1</sup> nilova\_l\_p@mail.ru  0000-0002-5154-7095  
Светлана М. Малютенкова<sup>1</sup> malutesha66@mail.ru  0000-0002-8081-6688

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

**Аннотация.** Представлены результаты исследований биохимического состава и антиоксидантных свойств орехов, реализуемых на потребительском рынке г. Санкт-Петербурга. Объектами исследований выбраны ядра орехов: сладкого миндаля, фундука, кешью, грецкого ореха. В орехах определяли общее содержание липидов по Сокслету, жирно-кислотный состав, содержание витамина Е, фракционный состав токоферолов и фитостеролов, общих фенольных соединений и флавоноидов, антиоксидантную активность методом FRAP с хлоридом железа, *o*-фенантролином и Тритоном X 100. Орехи отличались содержанием липидов (42,6–65,4%) с преобладанием ненасыщенных жирных кислот от 80,4 до 92,4 относительных %. В составе жирных кислот миндаля, фундука и кешью превалировала олеиновая кислота, а в грецких орехах – линолевая. Наибольшее количество полиненасыщенных жирных кислот содержал грецкий орех. Антиоксидантные свойства орехов формировались комплексом водо- и жирорастворимых антиоксидантов. Жирорастворимые антиоксиданты включали витамин Е с преобладанием  $\alpha$ -токоферола в ядрах сладкого миндаля и фундука,  $\gamma$ -токоферола – в грецком орехе и кешью. Все фракции токоферолов содержали только ядра сладкого миндаля. В липидах фундука отсутствовали  $\gamma$ - и  $\delta$ -токоферолы, а в кешью и грецком орехе –  $\beta$ -токоферолы. В составе фитостеролов идентифицированы  $\beta$ -ситостерол, кампестерол и стигмастерол с преобладанием  $\beta$ -ситостерола во всех ядрах орехов. Водорастворимые антиоксиданты представлены преимущественно фенольными соединениями, количество которых варьирует в широких пределах в зависимости от вида орехов: кешью < миндаль < фундук < грецкий орех. Установлено, что фенольные соединения оказывают существенное влияние ( $R^2=0,985$ ) на значения антиоксидантной активности (FRAP).

**Ключевые слова:** миндаль, фундук, кешью, грецкий орех, жирно-кислотный состав, стерины, токоферолы, флавоноиды, FRAP

## Analysis of biochemical composition and antioxidant properties of nuts sold in the consumer market

Liudmila P. Nilova<sup>1</sup> nilova\_l\_p@mail.ru  0000-0002-5154-7095  
Svetlana M. Malyutenkova<sup>1</sup> malutesha66@mail.ru  0000-0002-8081-6688

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

**Abstract.** The results of studies of the biochemical composition and antioxidant properties of nuts sold in the consumer market of St. Petersburg were presented in the work. The objects of research were kernels of nuts: sweet almonds, hazelnuts, cashews, walnuts. Total Soxhlet lipids, fatty acid composition, vitamin E, fractional composition of tocopherols and phytosterols, total phenolic compounds and flavonoids, antioxidant activity by FRAP with ferric chloride, *o*-phenanthroline and Triton X 100 were determined in nuts. Nuts varied in lipid content (42.6–65.4%) with a predominance of unsaturated fatty acids from 80.4 to 92.4 relative%. Oleic acid prevailed in the fatty acids of almonds, hazelnuts and cashews, while linoleic acid prevailed in walnuts. Walnuts contained the highest amount of polyunsaturated fatty acids. The antioxidant properties of nuts were formed by a complex of water and fat-soluble antioxidants. Fat-soluble antioxidants included vitamin E with a predominance of  $\alpha$ -tocopherol in the kernels of sweet almonds and hazelnuts,  $\gamma$ -tocopherol – in walnuts and cashews. Only sweet almond kernels contained all the tocopherol fractions.  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherols were absent in hazelnut lipids, while  $\beta$ -tocopherols were absent in cashews and walnuts.  $\beta$ -sitosterol, campesterol and stigmastanol with a predominance of  $\beta$ -sitosterol were identified in the composition of phytosterols in all nut kernels. Water-soluble antioxidants are mainly represented by phenolic compounds, the amount of which varies widely depending on the type of nuts: cashews < almonds < hazelnuts < walnuts. Phenolic compounds were found to have a significant effect ( $R^2 = 0.985$ ) on the values of antioxidant activity (FRAP).

**Keywords:** almonds, hazelnuts, cashews, walnuts, fatty acid composition, sterols, tocopherols, flavonoids, FRAP

### Введение

Орехи уже давно признаны источником питательных веществ в традиционных диетах многих стран мира. Их рассматривают как источники растительного белка, пищевых волокон и липидов [1, 2]. Наиболее важное значение имеют липиды орехов. Их благоприятный жирно-кислотный состав с преобладанием ненасыщенных жирных кислот и биологически-активных веществ (БАВ) – токоферолов,

фитостеролов и фитостанолов, способствует снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний [3, 4]. В 2003 году FDA (Food and Drug Administration), США рекомендовало включение в диету лесных орехов, включая миндаль, фундук, кешью и грецкий орех, в количестве 42,5 г в день как часть диеты с низким содержанием насыщенных жиров и холестерина для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний [5]. Другие данные свидетельствуют о том, что снижению

Для цитирования

Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Анализ биохимического состава и антиоксидантных свойств орехов, реализуемых на потребительском рынке // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 124–130. doi:10.20914/2310-1202-2020-2-124-130

For citation

Nilova L.P., Malyutenkova S.M. Analysis of biochemical composition and antioxidant properties of nuts sold in the consumer market. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 124–130. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-2-124-130

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

риска сердечно-сосудистых заболеваний способствует высокое содержания в орехах антиоксидантов фенольной природы, которые повышают антиоксидантную защиту организма [6, 7].

Орехи содержат водо- и жирорастворимые антиоксиданты. Их количество варьирует от вида и ботанического сорта орехов, географических факторов, а также в каком виде их употребляют (сырые, обжаренные или пищевые продукты с их использованием) [1, 8, 9]. Употребление орехов в смеси с сухофруктами не всегда приносит пользу, синергетический эффект антиоксидантов уставлен только для смесей инжир-грецкий орех, инжир-фундук и абрикос-фундук. Сочетание миндаля с сухофруктами, напротив, обуславливает антагонистический эффект в модельных системах пищеварения [10].

Максимальное количество фенольных соединений содержат орехи пекан (1284–2016 мг/100 г) и каштан (1580–3673 мг/100 г), в фундуке много проантоцианидов, причем в большей степени в виде олигомеров и полимеров [1, 11]. Содержание флавоноидов очень низкое почти во всех орехах, в основном в составе фенольных соединений преобладают фенольные кислоты преимущественно в связанном состоянии [12–14]. Увеличение их количества повышает антиоксидантную активность орехов, теснота взаимосвязи может составлять  $R^2 = 0,9901$ , как было установлено для грецкий орехов, реализуемых в США [3]. Среди четырех видов исследованных орехов (миндаль, фундук, грецкий орех и арахис), реализуемых в торговле в России, наибольшей антиоксидантной активностью обладал грецкий орех [15]. Комплекс водорастворимых антиоксидантов орехов может дополняться присутствием аскорбиновой кислоты, но обычно зрелые орехи ее не содержат или содержат в незначительных количествах – до 15 мг/100 г [16]. Лидером по содержанию аскорбиновой кислоты считается каштан съедобный (40–70 мг/100 г), но необходимость термической обработки для употребления существенно снижает ее содержание (в 2,5–3 раза) [17]. Обработка орехов – удаление кожуры и, особенно обжаривание, снижают содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность [6, 18, 19]. В кожуре фундука может содержаться 51,9 и 203,1 мг эквивалента галловой кислоты/г и токоферолов от 226 до 593 мкг/г с преобладанием  $\alpha$ -токоферола. Общая антиоксидантная активность составляет от 309 до 1375 мкмоль эквивалента тролокса/г кожуры фундука, что более чем в 100 раз выше, чем для фундука без кожуры [19]. Обжаренная кожура фундука содержит наибольшее количество общих фенольных кислот по сравнению с натуральными и жареными орехами [14].

Высокое содержание липидов в орехах обеспечивает их жирорастворимыми антиоксидантами, в первую очередь токоферолами. Различные виды орехов отличаются не только их общим количеством, но и качественным составом. Самое высокое содержание  $\alpha$ -токоферола у миндаля и фундука, которое может достигать до 24,2 и 31,4 мг/100 г экстрагированного масла соответственно.  $\beta$ - и  $\gamma$ -токоферолы преобладают в бразильских орехах, кешью, арахисе, орехах пекан, кедровом орехе, фисташках и грецких орехах.  $\beta$ -токоферол практически отсутствует или его количество составляет менее 4 мг/100 г экстрагированного масла [20, 21]. На фракционный состав витамина Е оказывает влияние видовое разнообразие орехов. Так, в 24 сортах миндаля композиция токоферолов, мг/100 г, включает  $\alpha$ -токоферол (8,0–20,9),  $\gamma$ -токоферол (0,08–0,59),  $\beta$ -токоферол (0,02–0,12) и  $\alpha$ -токотриенол (0,01–0,30) [22]. Каротиноиды не оказывают значительного влияния на антиоксидантные свойства орехов, так как содержатся в микроколичествах или полностью отсутствуют. Только фисташки богаты лютеином / зеаксантином и  $\beta$ -каротином при общем содержании каротиноидов 1–3 мг/100 г [20, 21, 23].

Антиоксидантные свойства липидов орехов дополняются фитостеролами. Их количество в орехах составляет, в мг/100 г сухого вещества, от 15,9 для каштанов до 255,2 для фисташек, причем более половины в свободной форме. В большинстве орехов  $\beta$ -ситостерин является основным фитостеролом, составляя 62,4–87,1% [23, 24].

Но, несмотря на присутствие в орехах различных антиоксидантов, при обжарке или иной термической обработке происходит их значительная потеря [6, 20, 21], что может снизить роль орехов, реализуемых на потребительском рынке преимущественно в обжаренном виде, в проявлении их антиоксидантных свойств.

**Цель работы** – изучение биохимического состава и антиоксидантных свойств, наиболее распространенных на потребительском рынке ядер орехов.

### Материалы и методы

В качестве объектов исследований были выбраны самые распространенные в розничной торговле ядра орехов: миндаля сладкого обжаренные «О'Кей», производства ЗАО «Орехпром», г. Краснодар, страна происхождения Россия; фундука обжаренного цельного «Семушка», производства ООО «Комсервис», Московская обл., страна происхождения Грузия; кешью жареные «ZackRoma», производства ООО «БиоПак», г. Москва, страна происхождения Вьетнам; грецкого ореха «Семушка», производства ООО «Комсервис», Московская обл., страна происхождения Чили. Ядра орехов были приобретены в розничной торговле г. Санкт-Петербурга.

В ядрах орехов определяли общее содержание липидов, жирно-кислотный состав, содержание витамина Е и фракционный состав токоферолов и фитостеролов, содержание общих фенольных соединений и флавоноидов, антиоксидантную активность.

**Исследование липидов.** Общее количество липидов определяли по Сокслету. Подготовку пробы для определения жирно-кислотного состава и БАВ осуществляли путем измельчения пробы ядер орехов с гексаном. Гексановую фракцию отделяли, а затем гексан отгоняли в ротационном испарителе. Определение жирно-кислотного состава проводили методом газовой хроматографии по ГОСТ 31665–2012 на хроматографе Agilent 6890 Series, Agilent Technologies, США. Витамин Е определяли методом Эммери-Энгеля с ортофенантролином спектрофотометрически при длине волны 520 нм. Фракционный состав токоферолов и фитостеролов определяли хромато-масс-спектрометрией на газовом хроматографе «MAESTRO 7820A» с масс-селективным детектором модели «5975». Регистрацию масс-спектров проводили в интервале масс от 40 до 800 m/z. Полученные масс-спектры идентифицировали с помощью электронных библиотечных масс-спектров прибора (библиотеки NIST11.L., DD2011.L.). Относительное содержание гомологов токоферолов и фитостеролов рассчитывали по площади пиков и выражали в относительных% (% отн.).

**Исследование фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности** ядер орехов проводили на спектрофотометре SHIMADZU 1240 («SHIMADZU», Япония). Общие фенольные соединения определяли методом Фолина-Чокальтеу при длине волны 750 нм. Полученные результаты выражены в мг галловой кислоты. Общие флавоноиды

определяли по ГОСТ 55312–2012 при длине волны 420 нм. Полученные результаты выражали в мг рутина. Антиоксидантную активность определяли методом FRAP с хлоридом железа, орто-фенантролином и Тритоном X 100 при длине волны 505 нм. Результаты выражали в пересчете на тролокс (trolox 97%, Acros organics, USA) – тролокс эквивалент (ТЭ).

### Результаты и обсуждение

Исследуемые образцы ядер орехов различались содержанием липидов, которое варьировало от 42,6% в кешью до 65,4% в фундуке, и составом жирных кислот (таблица 1). И хотя ненасыщенные жирные кислоты преобладали в липидах всех орехов (80,4–92,4% отн.), но их количество зависело от вида и имело ряд: кешью < грецкий орех < фундук < миндаль. В липидах миндаля, фундука и кешью превалировала олеиновая кислота, а в грецких орехах – линолевая. Линоленовая кислота в достаточном количестве содержалась только в грецком орехе, в миндале и кешью составило менее 1%, а в фундуке не была идентифицирована. В результате грецкий орех лидировал по содержанию полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), суммарное количество которых достигло 72,2%. В целом исследуемые образцы орехов имели типичный жирно-кислотный состав, соответствующий опубликованным данным в научной литературе [1, 13, 16, 23].

Таблица 1.

Жирно-кислотный состав образцов ядер орехов

Table 1.

Fatty acid composition of nut kernel samples

Жирные кислоты   Fatty acids			Ядра орехов   Nut kernels			
			миндаль сладкий almond sweet	фундук hazelnut	кешью cashew	грецкий орех walnut
Липиды, %   Lipids, %			56,4	65,4	42,6	64,8
Миристиновая   Myristic	C <sub>14:0</sub>		0,1	-	0,1	-
Пальмитиновая   Palmitic	C <sub>16:0</sub>		4,9	5,4	10,5	7,5
Пальмитолеиновая   Palmitoleic	C <sub>16:1</sub>		0,2	0,2	0,5	-
Стеариновая   Stearic	C <sub>18:0</sub>		2,2	2,2	8,5	3,4
Олеиновая   Oleic	C <sub>18:1</sub>		65,0	78,5	61,2	16,7
Линолевая   Linoleic	C <sub>18:2</sub>		26,1	13,5	18,2	61,4
Линоленовая   Linolenic	C <sub>18:3</sub>		0,8	-	0,3	10,8
Арахидиновая   Arachidic	C <sub>20:0</sub>		0,4	0,2	0,5	0,1
Гадолеиновая   Gadoleic	C <sub>20:1</sub>		0,3	-	0,2	0,1
Сумма насыщенных жирных кислот   Total SFA			7,6	7,8	19,6	11,0
Сумма мононенасыщенных жирных кислот Total MFA			65,5	78,7	61,9	16,8
Сумма ПНЖК   Total PUFA			26,9	13,5	18,5	72,2

Липиды орехов содержали витамин Е, лидером среди них был грецкий орех (таблица 2). В сладком миндале его количество было меньше на 20,5%, а фундуке – на 56,6%

по сравнению с грецким орехом. Меньше всего витамина Е содержали кешью. В зависимости от фракционного состава токоферолов, липиды орехов можно было разделить на две группы.

В сладком миндале и фундуке преобладал  $\alpha$ -токоферол 91,0 и 96,2%, соответственно, обладающий максимальной биологической активностью. В грецком орехе и кешью преобладал  $\gamma$ -токоферол, обладающий большей антиоксидантной активностью, чем  $\alpha$ -токоферол. Причем в орехах кешью  $\gamma$ -токоферола было больше в 1,8 раз, чем в грецком орехе, зато  $\delta$ -токоферола, наоборот, меньше в 4,5 раза.

Не во всех липидах орехов были идентифицированы четыре фракции токоферолов. Все фракции содержал только сладкий миндаль. В липидах фундука отсутствовали  $\gamma$ - и  $\delta$ -токоферолы, а в кешью и грецком орехе –  $\beta$ -токоферолы. Исходя из состава токоферолов, наибольшее количество антиоксидантов липидной природы содержит грецкий орех.

Таблица 2.

Содержание витамина Е, фитостеролов и их фракционный состав в образцах ядер орехов

Table 2.

Content of vitamin E, phytosterols and their fractional composition in samples of nut kernels

Биологически активные вещества   Biologically active substances	Ядра орехов   Nut kernels			
	миндаль сладкий almond sweet	фундук hazelnut	кешью cashew	грецкий орех walnut
Витамин Е, мг/100 г   Vitamin E, mg / 100 g	28,4 ± 1,0	15,5 ± 0,6	6,9 ± 0,3	35,7 ± 1,0
в том числе токоферолы, % отн.   including tocopherols, % rel.				
$\alpha$ -токоферол   $\alpha$ -tocopherol	91,0	96,2	13,6	27,8
$\beta$ -токоферол   $\beta$ – tocopherol	1,5	3,8	–	–
$\gamma$ -токоферол   $\gamma$ – tocopherol	3,4	–	80,3	44,7
$\delta$ -токоферол   $\delta$ – tocopherol	0,1	–	6,1	27,5
Фитостеролы, мг/100 г   Phytosterols, mg / 100 g	108,0 ± 4,0	122,0 ± 4,0	128,2 ± 4,0	102,5 ± 4,0
в том числе, % отн.   including, % rel.				
$\beta$ -ситостерол   $\beta$ -sitosterol	92,5	93,2	92,9	88,9
кампестерол   campesterol	4,2	6,3	6,5	9,7
стигмастерол   stigmasterol	3,3	0,5	0,6	1,4

Различия в содержании фитостеролов между орехами были не столь существенными по сравнению с токоферолами. Между максимальным содержанием фитостеролов в кешью и минимальным в грецком орехе разница составила 20%. Были идентифицированы три фитостерола –  $\beta$ -ситостерол, кампестерол и стигмастерол. Во всех орехах преобладал  $\beta$ -ситостерол, в зависимости от количества которого получился ряд: грецкий орех < миндаль < фундук < кешью. Это подтверждает данные других исследователей о преобладании  $\beta$ -ситостерола в составе липидов орехов, хотя его доля по данным [24] составляет 87,1%. На втором месте по количественному содержанию находился кампестерол, хотя в миндале его количество было незначительно больше, чем стигмастерола. А вот в фундуке и кешью на долю стигмастерола приходилось не более 0,6%.

Все образцы орехов содержали фенольные соединения, количество которых варьировало в широких пределах в зависимости от вида орехов: кешью < миндаль < фундук < грецкий орех (таблица 3). Аналогичная зависимость была получена при исследовании орехов, реализуемых в торговле г. Самара [15], где содержание фенольных соединений максимальным было

у грецкого ореха и превышало фундук и миндаль в 12 и 14 раз, соответственно. Но грецкий орех, реализуемый в г. Самара, содержал в 2,5 раза меньше фенольных соединений, чем реализуемый в г. Санкт-Петербург. В тоже время Chen с соавторами [23] определили, что в грецких орехах содержание фенольных соединений доходило до 1625 мг/100 г, и было максимальным из восьми исследованных лесных орехов. Это подтверждает многофакторное влияние на их биохимический состав.

В составе фенольных соединений доля флавоноидов была незначительна и не превышала 3,9% (миндаль), 1,2% (фундук). В грецком орехе доля флавоноидов составила лишь 0,2%. В исследуемых образцах сладкого миндаля количество флавоноидов было больше на 1,84 мг/100 г, чем в официальной базе Министерства сельского хозяйства США [16], хотя по другим орехам, полученные значения не достигли среднестатистических данных.

Фенольные соединения орехов в большей степени содержат фенольные кислоты, а также проантоцианидины [1, 3, 23], что также оказывает влияние на их антиоксидантные свойства.

Таблица 3.

Фенольные соединения, флавоноиды и антиоксидантная активность образцов ядер орехов

Table 3.

## Phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity of nut kernel samples

Биологически активные вещества Biologically active substances	Ядра орехов   Nut kernels			
	миндаль сладкий almond sweet	фундук hazelnut	кешью cashew	грецкий орех walnut
Фенольные соединения, мг галловой кислоты/100 г Phenolic compounds, mg gallic acid / 100 g	428,6 ± 10,5	865,4 ± 10,0	254,2 ± 10,0	1366,0 ± 12,0
Флавоноиды, мг рутина / 100 г Flavonoids, mg rutin/100g	16,84 ± 0,30	10,26 ± 0,25	2,18 ± 0,10	2,90 ± 0,10
Антиоксидантная активность, мг тролокс экв./100 г Antioxidant activity, mg trolox eq./100 g	26,70 ± 0,60	57,9 ± 0,82	11,98 ± 0,50	81,2 ± 1,85

Антиоксидантная активность орехов, определенная методом FRAP, изменялась в широких пределах с минимальным значением у орехов кешью и максимальным у грецкого ореха. В фундуке и миндале значения антиоксидантной активности были ниже на 28,7 и 67,1%, чем у грецких орехов. Похожие данные были получены [15], где значения антиоксидантной активности, определенной этим же методом, установили последовательность: миндаль < фундук < грецкий орех.

Для установления влияния основных БАВ на антиоксидантные свойства исследуемых образцов ядер орехов были рассчитаны коэффициенты корреляции ( $R^2$ ) (таблица 4), которые установили наибольшее влияние фенольных соединений. Его коэффициент корреляции  $R^2$  составил 0,985. Зависимость между флавоноидами и значениями FRAP полностью отсутствовала, а жирорастворимые антиоксиданты – витамин Е и фитостеролы оказывали влияние, но слабое.

Таблица 4.

Зависимость ( $R^2$ ) антиоксидантной активности (FRAP) образцов орехов от содержания в них биологически активных веществ

Table 4.

Dependence ( $R^2$ ) of antioxidant activity (FRAP) of nut samples on the content of biologically active substances in them

Антиоксидантная активность Antioxidant activity	Витамин Е Vitamin E	Фитостеролы Phytosterols	Фенольные соединения Phenolic compounds	Флавоноиды Flavonoids	P-value
FRAP	0,435	0,361	0,985	0,038	<0,05

Возможно это связано с преобладанием в составе витамина Е токоферолов, причем  $\alpha$ -токоферола, обладающего самой низкой антиоксидантной активностью среди гомологов токоферола, а токотриенолов, обладающие большей антиоксидантной активностью, в работе не исследовались. Таким образом, можно говорить о формировании антиоксидантных свойств орехов под влиянием фенольных соединений, что подтверждает исследования, проведенные другими авторами. Так, Wu с соавторами [25], исследуя антиоксидантную активность гидрофильных и липофильных фракций орехов, установили, что она обусловлена гидрофильными антиоксидантами. Их доля в сладком миндале, фундуке и грецком орехе составляет 96%, в кешью 76%.

**Заключение**

Ядра орехов сладкого миндаля, фундука, кешью и грецкого ореха, реализуемые на потребительском рынке г. Санкт-Петербурга, хотя и

отличаются содержанием липидов (42,6–65,4%), но в их составе преобладают ненасыщенные жирные кислоты от 80,4 до 92,4 отн. %. В составе жирных кислот миндаля, фундука и кешью преобладала олеиновая кислота, а в грецких орехах – линолевая. Наибольшее количество полиненасыщенных жирных кислот содержит грецкий орех.

Антиоксидантные свойства орехов формирует комплекс водо- и жирорастворимых антиоксидантов. Жирорастворимые антиоксиданты включают витамин Е с преобладанием  $\alpha$ -токоферола в сладком миндале и фундуке,  $\gamma$ -токоферола – в грецком орехе и кешью, и фитостеролов с преобладанием  $\beta$ -ситостерола во всех исследованных орехах. Водорастворимые антиоксиданты представлены преимущественно фенольными соединениями с максимальным их содержанием в грецком орехе, которые оказывают существенное влияние на значения FRAP.

## Литература

- 1 Alasalvar C., Bollin B.W. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects // *British Journal of Nutrition*. 2015. № 113. P. S68–78. doi:10.1017/S0007114514003729
- 2 Yada S., Lapsley K., Huang G. A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011. V. 24. № 4–5. P. 469–480. doi:10.1016/j.jfca.2011.01.007
- 3 Yang J., Liu H.R., Halim L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds // *LWT – Food Science and Technology*. 2009. V. 42. № 1. P. 1–8. doi:10.1016/j.lwt.2008.07.007
- 4 Albert C.M., Gaziano J.M., Willett W.C., Manson J.E. et al. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the physicians' health study // *Archives of Internal Medicine*. 2002. № 162. P. 1382–1387. doi:10.1001/archinte.162.12.1382
- 5 Food and Drug Administration (FDA), Qualifi Health Claims: Letter of Enforcement Discretion – Nuts and Coronary Heart Disease, Docket № 02P-0505, Food and Drug Administration, Washington, DC, 2003.
- 6 Chang S.K., Alasalvar C., Bolling B.W., Shahid F. Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review // *Journal of Functional Foods*. 2016. № 26. P. 88–122. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.029
- 7 Alasalvar C., Salvadó J.S., Ros E. Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits // *Food Chemistry*. 2020. V. 314. 126192. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126192.
- 8 Болотова А.С. Химический состав орехов интродуцированных сортов сладкого миндаля в южном Кыргызстане // *Sciences of Europe*. 2017. № 13 (13). С. 8–12.
- 9 Нилова Л.П., Шеленга Т.В., Василов В.В. Влияние муки кедрового ореха на биохимический состав изделий из пшеничной муки // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2017. № 2 (43). С. 3–8.
- 10 Kamiloglu S., Pasli A.A., Ozelik B., Capanoglu E. Evaluating the *in vitro* bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts // *LWT – Food Science and Technology*. 2014. V. 56. № 2. P. 284–289. doi:10.1016/j.lwt.2013.11.040
- 11 Lainas K., Alasalvar C., Bolling B.W. Effects of roasting on proanthocyanidin contents of Turkish Tombul hazelnut and its skin // *Journal of Functional Foods*. 2016. № 23. P. 647–653. doi:10.1016/j.jff.2016.03.029
- 12 Kalogeropoulos N., Chiou A., Ioannou M.S., Karathanos V.T. Nutritional evaluation and health promoting activities of nuts and seeds cultivated in Greece // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2013. № 64. P. 757–767. doi: 10.3109/09
- 13 Slatnar A., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Veberic R. et al. HPLC-MSn identification and quantification of phenolic compounds in hazelnut kernels, oil and bagasse pellets // *Food Research International*. 2014. № 64. P. 783–789. doi:10.1016/j.foodres.2014.08.009
- 14 Pelvan E., Olgun E.Ö., Karadağ A., Alasalvar C. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin) // *Food Chemistry*. 2018. № 244. P. 102–108. doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.011
- 15 Дмитриева А.Н., Макарова Н.В. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств орехоплодного сырья // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 12. С. 40–43.
- 16 U.S. Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19. URL: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search
- 17 Barros A., Nunes F.M., Gonzalves B., Bennett R.N. et al. Effect of cooking on total vitamin C contents and antioxidant activity of sweet chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) // *Food Chemistry*. 2011. № 128. P. 165–172. doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.013
- 18 Taş N.G., Gökmen V. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review // *Current Opinion in Food Science*. 2017. № 14. P. 103–109. doi:10.1016/j.cofs.2017.03.001
- 19 Taş N.G., Gökmen V. Bioactive compounds in different hazelnut varieties and their skins. // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. № 43. P. 203–208. doi:10.1016/j.jfca.2015.07.003
- 20 Stuetz W., Schlörmann W., Gle M. B-vitamins, carotenoids and  $\alpha$ - $\gamma$ -tocopherol in raw and roasted nuts // *Food Chemistry*. 2017. № 221. P. 222–227. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.065
- 21 Kornsteiner M., Wagner K.-H., Elmadfa I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types // *Food Chemistry*. 2006. V. 98. № 2. P. 381–387. doi:10.1016/j.foodchem.2005.07.033
- 22 Kerry Yi.Zh., Wilkinson L., Wirthensohn M.G. Lipophilic antioxidant content of almonds (*Prunus dulcis*): A regional and varietal study // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. № 39. P. 120–127. doi:10.1016/j.jfca.2014.12.003
- 23 Chen C.-Y.O., Blumberg J.B. Phytochemical composition of nuts // *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. 2008. V. 17. № 1. P. 329–332. doi:10.6133/apjcn.2008.17.s1.81
- 24 Wang M., Zhang L., Wu X., Zhao Ya. et al. Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE/GC-MS // *LWT – Food Science and Technology*. 2019. № 100. P. 355–361. doi:10.1016/j.lwt.2018.10.077
- 25 Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States // *J. Agric. Food Chem.*, 2004. № 52. P. 4026–4037. doi: 10.1021/jf049696w.

## References

- 1 Alasalvar C., Bollin B.W. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*. 2015. no. 113. pp. 68–78. doi: 10.1017/S0007114514003729
- 2 Yada S., Lapsley K., Huang G. A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011. vol. 24. no. 4–5. pp. 469–480. doi: 10.1016/j.jfca.2011.01.007
- 3 Yang J., Liu H.R., Halim L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT – Food Science and Technology*. 2009. vol. 42. no. 1. pp. 1–8. doi:10.1016/j.lwt.2008.07.007
- 4 Albert C.M., Gaziano J.M., Willett W.C., Manson J.E. et al. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the physicians' health study. *Archives of Internal Medicine*. 2002. no. 162. pp. 1382–1387. doi: 10.1001/archinte.162.12.1382
- 5 Food and Drug Administration (FDA), Qualifi Health Claims: Letter of Enforcement Discretion – Nuts and Coronary Heart Disease, Docket № 02P-0505, Food and Drug Administration, Washington, DC, 2003.
- 6 Chang S.K., Alasalvar C., Bolling B.W., Shahid F. Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review. *Journal of Functional Foods*. 2016. no. 26. pp. 88–122. doi: 10.1016/j.jff.2016.06.029
- 7 Alasalvar C., Salvadó J.S., Ros E. Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits. *Food Chemistry*. 2020. no. 314. 126192. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126192



- 8 Bolotova A.S. Chemical composition of nuts of introduced varieties of sweet almonds in southern Kyrgyzstan. *Sciences of Europe*. 2017. № 13 (13). pp. 8–12. (in Russian).
- 9 Nilova L.P., Shelenga T.V., Vasipov V.V. Influence of pine nut flour on biochemical composition of bakery products. *Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs*. 2017. no. 2 (43). pp. 3–8. (in Russian).
- 10 Kamiloglu S., Pasli A.A., Ozelik B., Capanoglu E. Evaluating the *in vitro* bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts. *LWT – Food Science and Technology*. 2014. vol. 56. no. 2. pp. 284–289. doi: 10.1016/j.lwt.2013.11.040
- 11 Lainas K., Alasalvar C., Bolling B.W. Effects of roasting on proanthocyanidin contents of Turkish Tombul hazelnut and its skin. *Journal of Functional Foods*. 2016. no. 23. pp. 647–653. doi: 10.1016/j.jff.2016.03.029
- 12 Kalogeropoulos N., Chiou A., Ioannou M.S., Karathanos, V.T. Nutritional evaluation and health promoting activities of nuts and seeds cultivated in Greece. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2013. no. 64. pp. 757–767. doi: 10.3109/09637486.2013.793298
- 13 Slatnar A., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Veberic R. et al. HPLC-MSn identification and quantification of phenolic compounds in hazelnut kernels, oil and bagasse pellets. *Food Research International*. 2014. no. 64. pp. 783–789. doi: 10.1016/j.foodres.2014.08.009
- 14 Pelvan E., Olgun E.Ö., Karadağ A., Alasalvar C. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). *Food Chemistry*. 2018. no. 244. pp. 102–108. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.011
- 15 Dmitrieva A.N., Makarova N.V. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of nut raw materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2015. no. 12. pp. 40–43. (in Russian).
- 16 U.S. Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19. Available at: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>.
- 17 Barros A., Nunes F.M., Gonzalves B., Bennett R.N. et al. Effect of cooking on total vitamin C contents and antioxidant activity of sweet chestnuts (*Castanea sativa* Mill.). *Food Chemistry*. 2011. no. 128. pp. 165–172. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.013
- 18 Taş N.G., Gökmen V. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review. *Current Opinion in Food Science*. 2017. no. 14. pp. 103–109. doi: 10.1016/j.cofs.2017.03.001
- 19 Taş N.G., Gökmen V. Bioactive compounds in different hazelnut varieties and their skins. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. no. 43. pp. 203–208. doi: 10.1016/j.jfca.2015.07.003
- 20 Stuetz W., Schlörmann W., Gle M. B-vitamins, carotenoids and  $\alpha$ - $\gamma$ -tocopherol in raw and roasted nuts. *Food Chemistry*. 2017. no. 221. pp. 222–227. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.10.065
- 21 Kornsteiner M., Wagner K.-H., Elmadfa I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*. 2006. vol. 98. no. 2. pp. 381–387. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.033
- 22 Kerry Yi.Zh., Wilkinson L., Wirthensohn M.G. Lipophilic antioxidant content of almonds (*Prunus dulcis*): A regional and varietal study. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. no. 39. pp. 120–127. doi: 10.1016/j.jfca.2014.12.003
- 23 Chen C.-Y.O., Blumberg J.B. Phytochemical composition of nuts // *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. 2008. vol. 17. no. 1. pp. 329–332. doi: 10.6133/apjcn.2008.17.s1.81
- 24 Wang M., Zhang L., Wu X., Zhao Ya. et al. Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE/GC–MS. *LWT – Food Science and Technology*. 2019. no. 100. pp. 355–361. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.077
- 25 Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.* 2004. no. 52. pp. 4026–4037. doi: 10.1021/jf049696w. (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\_l\_p@mail.ru

<https://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, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova\_l\_p@mail.ru

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

**Svetlana M. Malyutenkova** 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 28/04/2020	После редакции 07/05/2020	Принята в печать 16/05/2020
Received 28/04/2020	Accepted in revised 07/05/2020	Accepted 16/05/2020