



Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И., Денисова Е.Л., Онищенко Г.Г.

Гигиеническая оценка включения в рацион источников β -криптоксантина

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. β -криптоксантин является предшественником витамина А. К источникам с высоким уровнем содержания β -криптоксантина относятся разновидности перцев-специй (красный, кайенский, чили, паприка), хурма, папайя, сладкий красный перец.

Цель исследования — гигиеническая оценка структуры пищевых источников β -криптоксантина в рационе и частоты их использования.

Задачи исследования — оценить частоту включения в рацион пищевых источников β -криптоксантина в различные сезоны; выявить пищевые источники β -криптоксантина, отсутствующие в рационе респондентов.

Материалы и методы. Для оценки частоты включения пищевых источников β -криптоксантина в рацион использовался частотный метод, для которого был разработан онлайн-опросник. Опрос проводился на платформе Google Forms в летне-осенний и зимний сезоны. В исследовании приняли участие 282 респондента.

Результаты. В еженедельном рационе более трети респондентов присутствует свежий сладкий перец красного цвета, специи паприка и красный перец. Достоверные сезонные различия включения в рацион пищевых источников β -криптоксантина установлены для хурмы, апельсинов, мандаринов, кукурузы, соуса шрирача, нектаринов и абрикосов. Среди доступных источников β -криптоксантина в рационе большинства опрошенных отсутствуют или присутствуют редко апельсиново-грейпфрутовый сок, персики, нектарины, абрикосы, арбуз, чернослив, перцы халапеньо и чили, соусы, специя кайенский перец.

Ограничения исследования связаны с выборкой возрастной группы (студенты) и регионом наблюдения (Москва и Московская область).

Заключение. Распространёнными пищевыми источниками β -криптоксантина являются свежий и приготовленный сладкий перец (красный, жёлтый и зелёный); специи паприка, красный перец, перец чили и содержащие их картофельные чипсы; апельсиновый сок; сушёная кинза; соус из острых перцев; кориандр; персики. Сезонные источники в летне-осенний период — нектарины и абрикосы, а в зимний период — хурма, апельсины, мандарины, сладкая кукуруза и соус шрирача. Многие доступные пищевые источники β -криптоксантина отсутствуют в рационе большинства респондентов или присутствуют в нём эпизодически.

Ключевые слова: β -криптоксантин; каротиноиды; пищевые источники; частотный опросник

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (протокол заседания № 03-20 от 13.02.2020 г.) и проведено согласно требованиям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.).

Для цитирования: Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И., Денисова Е.Л., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка включения в рацион источников β -криптоксантина. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(4): 400–404. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-4-400-404> <https://elibrary.ru/yvvhmgo>

Для корреспонденции: Кирпиченкова Екатерина Васильевна, e-mail: kirpichenkova_e_v@staff.sechenov.ru

Вклад авторов: Кирпиченкова Е.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста рукописи; Королев А.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста рукописи; Никитенко Е.И. — сбор и обработка данных, редактирование текста рукописи; Денисова Е.Л. — сбор и обработка данных; Онищенко Г.Г. — научное консультирование. Все соавторы — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 16.11.2025 / Принята к печати: 24.03.2026 / Опубликовано: 18.05.2026

Ekaterina V. Kirpichenkova, Aleksei A. Korolev, Elena I. Nikitenko, Elena L. Denisova,
Gennadiy G. Onishchenko

Hygienic evaluation of the inclusion of β -cryptoxanthin sources in the diet

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. β -cryptoxanthin is a vitamin A precursor. Sources with high levels of β -cryptoxanthin are pepper varieties (red, cayenne, chili, paprika), persimmon, papaya, sweet red pepper.

The aim of the study is a hygienic assessment of the structure of food sources of β -cryptoxanthin in the diet and the frequency of their use. The tasks of the study are to assess the frequency of inclusion of food sources of β -cryptoxanthin in the diet in different seasons; to identify food sources of β -cryptoxanthin that are absent in the diet of respondents.

Materials and methods. A frequency method was used to assess the frequency of inclusion of food sources of β -cryptoxanthin in the diet. An online questionnaire was specially developed. The survey was based on the Google forms platform in the summer-autumn and in the winter. The study involved two hundred eighty two respondents.

Results. More than a third of respondents' weekly diet includes fresh red sweet pepper, paprika, and red pepper spices. Reliable seasonal differences in the inclusion of β -cryptoxanthin food sources in the diet were found for persimmons, oranges, tangerines, corn, Sriracha sauce, nectarines and apricots. Among the available sources of β -cryptoxanthin in the diet of most respondents are absent or rarely present orange-grapefruit juice, peaches, nectarines, apricots, watermelon, prunes, jalapeno and chili peppers, sauces, and cayenne pepper spice.

Limitations. The limitations of this study are the age group analyzed (students) and the region of observation (Moscow and the Moscow region).

Conclusion. Common food sources of β -cryptoxanthin include fresh and cooked red, yellow, and green sweet peppers; paprika, red pepper, and chili pepper spices; potato chips; orange juice; dried cilantro; hot pepper sauce; coriander; peaches. Seasonal sources include nectarines and apricots in the summer and fall; and persimmons, oranges, tangerines, corn, and Sriracha sauce in the winter. A number of readily available food sources of β -cryptoxanthin are absent from the diets in most respondents or are included in them sporadically.

Keywords: β -cryptoxanthin; carotenoids; food sources; food frequency questionnaire

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethical committee of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University) (meeting protocol No. 03–20 dated 13/02/2020), and was carried out in accordance with the requirements of the Declaration of Helsinki for physicians conducting medical and biological research involving human subjects (as amended 2013).

For citation: Kirpichenkova E.V., Korolev A.A., Nikitenko E.I., Denisova E.L., Onishchenko G.G. Hygienic evaluation of the inclusion of β -cryptoxanthin sources in the diet. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(4): 400–404. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-4-400-404> <https://elibrary.ru/yvhmgo> (In Russ.)

For correspondence: Ekaterina V. Kirpichenkova, e-mail: kirpichenkova_e_v@staff.sechenov.ru

Contribution: Kirpichenkova E.V. — the concept and design of the study, collection and processing of material, writing text; Korolev A.A. — the concept and design of the study, editing text; Nikitenko E.I. — collection and processing of material, editing text; Denisova E.L. — collection and processing of material; Onishchenko G.G. — scientific consulting. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: November 11, 2025 / Accepted: March 24, 2026 / Published: May 18, 2026

Введение

β -криптоксантин наряду с α -каротином и β -каротином является предшественником витамина А. Вклад β -криптоксантина в 1 мкг активности ретинола (RAE) составляет 24 мкг [1]. При этом уровень физиологической потребности в β -криптоксантине не установлен. Источники поступления β -криптоксантина в организм — преимущественно продукты растительного происхождения. Самое высокое содержание β -криптоксантина выявлено в специях (красном и кайенском перце (6,25 мг/100 г), паприке (6,19 мг/100 г), перцах рода *Capsicum* (виды *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*)), а также хурме (1,45 мг/100 г) [2, 3]. Кроме того, исследования подтверждают присутствие β -криптоксантина в тропических растениях — листьях тамаринда (*Tamarindus indica* L.), листьях бразильской папайи (*Annona muricata*) и кожуре индийского манго (*Mangifera indica*) [4]. Измельчение овощей и фруктов в процессе приготовления пищи способствует повышению усвоения содержащегося в них β -криптоксантина за счёт разрушения клеточных стенок и выхода пигмента из растительных клеток [5].

В последние годы проводятся исследования, направленные на установление физиологической роли β -криптоксантина в организме. Так, подтверждена его роль в снижении смертности лиц старше 20 лет с бронхимальной астмой [6], однако подобная зависимость у детей (6–11 лет) и подростков (12–16 лет) не обнаружена [7]. Отмечено положительное воздействие β -криптоксантина на снижение частоты болезней системы кровообращения у лиц старше 18 лет [8]. В сочетании с другими каротиноидами (α -каротином и β -каротином, ликопином, лютеином и зеаксантином) β -криптоксантин снижает распространённость метаболически ассоциированной жировой болезни печени [9] и ожирения [10], но не оказывает влияния на показатели смертности от последствий метаболического синдрома [11] и на развитие сердечно-сосудисто-почечно-метаболического синдрома [12]. Экспериментально была установлена защитная роль β -криптоксантина в отношении подоцитов при диабетической нефропатии [13]. Кроме того, β -криптоксантин выступает в качестве защитного фактора в отношении спонтанных аборт у носителей ТТ-генотипа полиморфизма *FTO rs9939609* [14].

Немногочисленные исследования посвящены определению уровня поступления β -криптоксантина с пищевыми источниками [15, 16]. Так, по данным, полученным с помощью частотных опросников, в Испании суточный уровень поступления β -криптоксантина составил 1,36 мг, в Великобритании — 0,99 мг, в Нидерландах — 0,97 мг, в Ирландии — 0,78 мг, во Франции — 0,45 мг, в Китае — 0,24 мг,

в США — 0,18 мг. В ряде стран аналогичные исследования проводились с учётом различий в гендерных группах: в Австралии суточный уровень поступления β -криптоксантина составил 0,32 мг для мужчин и 0,35 мг для женщин, в Японии — 0,56 и 0,49 мг соответственно.

Большинство исследований фактического питания в Российской Федерации направлено на комплексную оценку рациона по сбалансированности основных нутриентов, в то время как результаты оценки приоритетных источников поступления β -криптоксантина в доступной литературе отсутствуют. В связи с этим задачами данного исследования являются оценка частоты включения в рацион пищевых источников β -криптоксантина в различные сезоны и установление пищевых источников β -криптоксантина, отсутствующих в рационе респондентов.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), в июне — октябре 2023 г. и феврале — марте 2025 г. С целью установления частоты включения пищевых источников β -криптоксантина в рацион использовали апробированный ранее вариант частотного метода изучения фактического питания [17]. Специально для данного исследования был разработан онлайн-опросник, включающий перечень источников β -криптоксантина, доступных на продовольственном рынке России. Основные пищевые источники β -криптоксантина существенно различаются по содержанию каротиноида в 100 г: специи на основе перцев (чили, паприка, красный, кайенский) содержат 3,49–6,25 мг β -криптоксантина; хурма свежая (сушёная) — 1,45/1,92 мг; папайя, сладкий красный перец, перец чили, мандарины — 0,41–0,59 мг; сладкий перец (жёлтый, оранжевый, зелёный), апельсиновый сок, кукуруза, персик, апельсин, нектарин, абрикос, перец халапеньо, чернослив — 0,1–0,18 мг [3]. Опросник предусматривал указание респондентами частоты включения в рацион представленных пищевых источников (ежедневно, 5–6 раз в неделю, 3–4 раза в неделю, 1–2 раза в неделю, 1–2 раза в месяц, никогда). Полученные данные использовали для формирования групп сравнения при анализе результатов исследования. Опрос проводился в онлайн-режиме на платформе Google Forms среди студентов Сеченовского Университета. Всего в опросе приняли участие 282 студента (119 — в летне-осенний период и 163 — в зимний период). Подробная характеристика участников исследования представлена в табл. 1.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика участников исследования
Characteristics of the study participants

Участники Participants	Сезон / Season						Всего In total
	Лето 2023 / Summer 2023		Осень 2023 / Fall 2023		Зима 2025 / Winter 2025		
	число участников number of participants	средний возраст, лет average age, years	число участников number of participants	средний возраст, лет average age, years	число участников number of participants	средний возраст, лет average age, years	
Женщины / Women	54	23.6 ± 2.6	44	22.2 ± 1.1	123	21.9 ± 1.4	221
Мужчины / Men	11	22.9 ± 4.3	10	22.2 ± 1.5	40	22.3 ± 2.6	61
Всего / In total	65	—	54	—	163	—	282

Таблица 2 / Table 2

Сезонные пищевые источники β-криптоксантина в еженедельном рационе
Seasonal dietary sources of β-cryptoxanthin in the weekly diet

Пищевые источники β-криптоксантина Dietary sources of β-cryptoxanthin	Число респондентов, абс. (%) / Number of participants, abs (%)		p
	лето — осень Summer – Fall	зима Winter	
Хурма / Persimmon	2 (13.3)	13 (86.7)	0.029
Мандарины / Tangerines	26 (23.4)	84 (76.4)	< 0.001
Апельсины / Oranges	24 (32.0)	51 (68.0)	0.037
Нектарины / Nectarines	21 (61.8)	13 (38.2)	0.014
Абрикосы / Apricots	20 (74.1)	7 (25.9)	< 0.001
Приготовленный перец чили / Cooked chili pepper	0 (0.0)	7 (100.0)	0.023
Кукуруза в составе блюд / Sweet corn in the dishes	11 (18.0)	50 (82.0)	< 0.001
Овощная смесь из кукурузы и зелёного горошка Vegetable mix of sweet corn and green peas	11 (25.6)	32 (74.4)	0.017
Соус шрирача / Sriracha sauce	3 (13.6)	19 (86.4)	0.006

Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95%-е доверительные интервалы для процентных долей рассчитывали по методу Клоппера — Пирсона. Сравнение процентных долей при анализе четырёхпольных таблиц сопряжённости выполняли с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10). В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей рассчитывали отношение шансов с 95%-м доверительным интервалом (ОШ; 95% ДИ). При нулевых значениях числа наблюдений в ячейках таблицы сопряжённости расчёт отношения шансов выполняли с поправкой Холдейна — Энскомб. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.8.2 (разработчик ООО «Статтех», Россия).

Результаты

Оценка полученных данных показала, что респонденты включают в еженедельный рацион 48 различных пищевых источников β-криптоксантина, при этом статистически значимые различия с учётом сезонного фактора были установлены в отношении девяти продуктов (табл. 2).

Сезонными пищевыми источниками β-криптоксантина в летне-осенний период являются нектарины и абрикосы; в зимний период — хурма, мандарины, апельсины, кукуруза, соус шрирача. Для перца чили нельзя однозначно установить влияние сезонного фактора из-за небольшой доли респондентов, включающих данный продукт в еженедельный рацион.

Независимо от сезона в еженедельном рационе респондентов как мужского, так и женского пола чаще других источников β-криптоксантина присутствуют свежий сладкий перец красного цвета (53,5% респондентов), специя паприка (39%), специя красный перец (35,5%), свежий жёлтый и зелёный сладкий перец (27%), картофельные чипсы со специями (25,9%), приготовленный сладкий перец красного цвета (18,4%), апельсиновый сок (17,4%), сушёная кинза (16,7%), соус из острых перцев (15,6%), персики и специя перец чили — по 11%.

При оценке полученных результатов был установлен ряд доступных источников β-криптоксантина, включаемых в рацион редко (1–2 раза в месяц) либо отсутствующих в рационе большинства участников исследования. Из фруктовых соков редко присутствуют в рационе 72 и 48,2% респондентов соответственно апельсиновый сок и персиковый сок, а апельсиново-грейпфрутовый сок никогда не употребляют 64,2% студентов. Низкая частота включения в рацион мандаринового, арбузного сока и сока папайи, вероятно, обусловлена их малой доступностью в розничной торговой сети. Несмотря на доступность в летне-осенний период арбуза, персиков, нектаринов и абрикосов, они редко входят в рацион 60,5; 58; 55,5 и 45,4% респондентов соответственно. Из консервированных фруктов по сравнению с папайей и мандаринами персики являются наиболее доступными, но и они отсутствуют в рационе 72% респондентов. Аналогичная ситуация наблюдается и в отношении чернослива — 69,1% участников исследования никогда не включают его в свой рацион. Из разновидностей перцев наименее популярны у опрошенных халапеньо и чили как в свежем, так и в приготовленном виде. Большинство респондентов (более 75,1%) никогда не включают указанные перцы в свой рацион. Из специй реже других присутствует в рационе

кайенский перец: только 10,6% опрошенных включают его в рацион 1–2 раза в месяц. Такие соусы, как шрирача, тако, релиш, отсутствуют в рационе более 80% респондентов. Полагаем, что подобные результаты обусловлены пищевыми привычками участников исследования.

Обсуждение

Для оценки присутствия источников β -криптоксантина в рационе хорошо зарекомендовал себя частотный метод, а полученные результаты сопоставимы с данными семидневных пищевых дневников [18], но не всегда коррелируют с измеренными концентрациями каротиноида в плазме крови [19].

По данным исследований, проведённых в европейских странах, наибольший вклад в суточное поступление β -криптоксантина вносят пищевые продукты, отнесённые нами к основным источникам. Так, в Испании наиболее распространёнными пищевыми источниками β -криптоксантина являются апельсины, апельсиновый сок, мандарины и сладкий перец красного цвета, во Франции и Северной Ирландии — апельсиновый сок и апельсины, в Ирландии — апельсины и мандарины, в Нидерландах — мандарины и апельсиновый сок. По данным оценки фактического питания, проведённой в США [16], наиболее распространёнными источниками β -криптоксантина являются апельсины, персики и абрикосы, что отличается от результатов, полученных в данном исследовании. При этом нами установлены приоритетные

данные о сезонности включения в рацион различных источников β -криптоксантина при отсутствии достоверных различий между гендерными группами.

Ограничениями исследования являются анализируемая возрастная группа и регион наблюдения: все участники были студентами Сеченовского Университета определённой возрастной группы, проживавшие в момент опроса в Московском регионе.

Заключение

С гигиенических позиций для обеспечения значимого (на уровне других каротиноидов) поступления β -криптоксантина (1–5 мг в сутки) следует еженедельно включать в рацион не менее 8–10 порций продуктов — основных источников каротиноида. В зависимости от времени года такими продуктами могут быть хурма, сладкий перец, кукуруза, мандарины, апельсины (в том числе сок), персики, нектарины, абрикосы, чернослив. В то же время различные специи и соусы на основе разнообразных сортов горького перца могут считаться только дополнительными источниками β -криптоксантина, включаемыми в рацион в соответствии с субъективными предпочтениями отдельных людей и также не имеющими широкого распространения в рамках организованного питания. При этом, как показали наши исследования, ряд специй на основе перцев используют в еженедельном неорганизованном питании от 11 до 39% респондентов.

Литература

(п.п. 1–16, 18, 19 см. References)

17. Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И., Денисова Е.Л., Фетисов Р.Н., Петрова Е.С. и др. Изучение содержания ликопина в

рационе различными методами воспроизведения. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(2): 182–6. <https://elibrary.ru/prffbw>

References

1. Melse-Boonstra A., Vossenaar M., van Loo-Bouwman C.A., Kraemer K., de Pee S., West K.P., et al. Dietary vitamin A intake recommendations revisited: global confusion requires alignment of the units of conversion and expression. *Public Health Nutr.* 2017; 20(11): 1903–6. <https://doi.org/10.1017/S1368980017000477>
2. Ro N., Oh H., Ko H.C., Yi J., Na Y.W., Haile M. Genome-wide analysis of fruit color and carotenoid content in Capsicum core collection. *Plants (Basel)*. 2024; 13(18): 2562. <https://doi.org/10.3390/plants13182562>
3. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central Food Search. Cryptoxanthin, beta. Available at: <https://fdc.nal.usda.gov/food-search?component=1120>
4. Toscano Oviedo M.A., García Zapateiro L.A., Quintana S.E. Tropical fruits as a potential source for the recovery of bioactive compounds: *Tamarindus indica* L., *Annona muricata*, *Psidium guajava* and *Mangifera indica*. *J. Food Sci. Technol.* 2024; 61(11): 2027–35. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05983-5>
5. Victoria-Campos C., Ornelas-Paz J., Ruiz-Cruz S., Ornelas-Paz J., Cervantes-Paz B., Rios C., et al. Dietary sources, bioavailability and health effects of carotenoids. *Biotechnia*. 2022; 25(1): 156–68. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v25i1.1809>
6. Zhang G., Li X., Zheng X. Associations of serum carotenoids with asthma and mortality in the US adults. *Heliyon*. 2024; 10(3): e24992. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24992>
7. He F., Zhang Y., Ming L. Association between dietary carotenoid intakes and the risk of asthma in children and adolescents: evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey 2007–2016. *Transl. Pediatr.* 2024; 13(7): 1141–51. <https://doi.org/10.21037/tp-24-117>
8. Wang M., Tang R., Zhou R., Qian Y., Di D. The protective effect of serum carotenoids on cardiovascular disease: a cross-sectional study from the general US adult population. *Front. Nutr.* 2023; 10: 1154239. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1154239>
9. Yu J., Guo P. Association between dietary intake of carotenoids and metabolic dysfunction-associated fatty liver disease in US adults: National Health and Nutrition Examination Survey 2017 – March 2020. *Public Health Nutr.* 2024; 27(1): e168. <https://doi.org/10.1017/S1368980024001502>
10. Yu X., Yuan C., Song X., Zhang H. Association of dietary carotenoids intakes with obesity in adults: NHANES 2007–2018. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)*. 2023; 69(6): 402–11. <https://doi.org/10.3177/jnsv.69.402>
11. Han J., Wang R., Bai L., Liu Y., Liao M., Zhang L., et al. Impact of serum carotenoids on cardiovascular mortality risk in middle-aged and elderly adults with metabolic syndrome. *Front. Nutr.* 2024; 11: 1465972. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1465972>
12. Chen M., Cai S., Jia Q., Suo Y., Tang Y., Shi Y., et al. Inverse relationship between serum carotenoid levels and cardiovascular-kidney-metabolic syndrome among the general adult population. *J. Diabetes*. 2025; 17(2): e70046. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.70046>
13. Ke J., Zang H., Liu Y., Teng Q., Hua J., Peng D., et al. β -cryptoxanthin suppresses oxidative stress via activation of the Nrf2/HO-1 signaling pathway in diabetic kidney disease. *Front. Pharmacol.* 2024; 15: 1480629. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1480629>
14. Amjadi A., Abbasi Mobarakeh K., Doaei S., Dorosti M., Nami S., Mirshafaei S.R., et al. Interactions of spontaneous abortion with FTO gene and dietary carotenoids: a case-control study. *J. Nutr. Sci.* 2024; 13: e75. <https://doi.org/10.1017/jns.2024.55>
15. Toti E., Chen C.O., Palmer M., Villano Valencia D., Peluso I. Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition? *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2018; 2018: 4637861. <https://doi.org/10.1155/2018/4637861>
16. Olmedilla-Alonso B., Rodríguez-Rodríguez E., Beltrán-de-Miguel B., Estévez-Santiago R. Dietary β -cryptoxanthin and α -carotene have greater apparent bioavailability than β -carotene in subjects from countries with different dietary patterns. *Nutrients*. 2020; 12(9): 2639. <https://doi.org/10.3390/nu12092639>
17. Kiprichenkova E.V., Korolev A.A., Nikitenko E.I., Denisova E.L., Fetisov R.N., Petrova E.S., et al. The study of lycopene content in the diet by various assessment methods. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(2): 182–6. <https://elibrary.ru/prffbw> (in Russian)
18. Kucianski T., Mayr H.L., Tierney A., Vally H., Thomas C.J., Karimi L., et al. The assessment of dietary carotenoid intake of the Cardio-Med FFQ using food records and biomarkers in an Australian cardiologic cohort: a pilot validation. *J. Nutr. Sci.* 2024; 13: e20. <https://doi.org/10.1017/jns.2024.6>
19. Burrows T.L., Hutchesson M.J., Rollo M.E., Boggess M.M., Guest M., Collins C.E. Fruit and vegetable intake assessed by food frequency questionnaire and plasma carotenoids: a validation study in adults. *Nutrients*. 2015; 7(5): 3240–51. <https://doi.org/10.3390/nu7053240>

Сведения об авторах

Кирпиченкова Екатерина Васильевна, канд. мед. наук, доцент, доцент каф. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: kiprichenkova_e_v@staff.sechenov.ru

Королев Алексей Анатольевич, доктор мед. наук, профессор, профессор каф. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: korolev.a@1msmu.ru

Никитенко Елена Ивановна, канд. мед. наук, доцент, доцент каф. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: nikitenko_e_i@staff.sechenov.ru

Денисова Елена Леонидовна, канд. мед. наук, доцент, доцент каф. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: denisova_e_l@staff.sechenov.ru

Опищенко Геннадий Григорьевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, зав. каф. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: ecolog.n@lmsmu.ru

About the authors

Ekaterina V. Kirpichenkova, PhD (Medicine), associate professor, Department of human ecology and environmental hygiene, I.M., Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7594-8336> E-mail: kirpichenkova_e_v@staff.sechenov.ru

Aleksei A. Korolev, DSc (Medicine), professor, professor, Department of human ecology and environmental hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2294-7444> E-mail: korolev.a@lmsmu.ru

Elena I. Nikitenko, PhD (Medicine), associate professor, Department of human ecology and environmental hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2302-3008> E-mail: nikitenko_e_i@staff.sechenov.ru

Elena L. Denisova, PhD (Medicine), associate professor, Department of human ecology and environmental hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5141-1841> E-mail: denisova_e_l@staff.sechenov.ru

Gennadiy G. Onishchenko, DSc (Medicine), professor, academician of RAS, Head, Department of Human Ecology and Environmental Hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0135-7258> E-mail: ecolog.n@lmsmu.ru