

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-272-278>

Поступила: 24.04.2023

Поступила после рецензирования: 17.07.2023

Принята в печать: 25.07.2023

© Яшин А. Н., Петров А. Н., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ОБОГАЩЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ ДИЕТОТЕРАПИИ ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Яшин А. Н.^{1,*}, Петров А. Н.²¹ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия² Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

функциональный
продукт,
микронутриенты,
диетотерапия,
магний, цинк, медь

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются ведущей причиной смертности во всем мире. Структура питания населения и диетотерапия остаются важнейшими факторами для профилактики и лечения ССЗ. Результаты научных исследований, полученные за последнее десятилетие, приводят новые данные о роли отдельных микронутриентов в физиологических процессах и патогенезе развития данных групп заболеваний. Цель данного обзора заключалась в исследовании современной роли отдельных микронутриентов (магния, цинка и меди) в патогенезе заболеваний, включая оценку уровня их потребления в различных странах. Кроме того, в обзоре рассматривалась необходимость создания новых функциональных продуктов для использования в диетотерапии пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Включены публикации на русском и английском языках в период с 2011 по 2022 гг. из доступных баз PubMed, ScienceDirect, Scopus, «КиберЛенинка», eLIBRARY, а также из открытых интернет-источников. Исследовательская работа, проведенная в ходе подготовки настоящего обзора, была направлена на изучение сферы профилактики ССЗ, роли и актуальности разработки функциональных пищевых продуктов, обогащенных микронутриентами. Представлены данные о дисфункциях организма человека, обусловленных дефицитом поступления цинка, меди, магния. Приведены физиологические суточные нормы потребления данных микроэлементов в разных странах, установленные в настоящий момент, а также показана динамика изменения норм потребления за последние двадцать лет. Обзор суммирует новые данные о корреляции между риском возникновения определенных видов ССЗ и особенностями усвоения указанных микроэлементов. Приведен анализ регламентирующих условий, действующих на территории РФ, для внесения микроэлементов в пищевые продукты. На основании полученных результатов, сделаны выводы об актуальности дальнейшей разработки функциональных пищевых продуктов, которые не требуют изменения традиционной пищевой модели поведения.

Received 24.04.2023

Accepted in revised 17.07.2023

Accepted for publication 25.07.2023

© Yashin A. N., Petrov A. N., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS ENRICHED WITH TRACE ELEMENTS FOR DIET THERAPY IN CARDIOVASCULAR DISEASES

Alexey N. Yashin^{1,*}, Andrey N. Petrov²¹ Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia² Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia

KEY WORDS:

functional food,
micronutrients, diet
therapy, magnesium,
zinc, copper

ABSTRACT

Cardiovascular diseases (CVDs) remain to be the leading cause of death in the whole world. The structure of nutrition of the population and diet therapy are extremely important factors for prevention and treatment of CVDs. Results of the scientific research obtained over the last decade give new data on the role of certain micronutrients in the physiological processes and pathogenesis of these groups of diseases. The aim of this research was to study the current role of certain trace elements (magnesium, zinc and copper) in the pathogenesis of diseases, including assessment of the level of their intake in different countries. Furthermore, the review considers the necessity of creating new functional products to use in diet therapy for patients with cardiovascular diseases. It includes publications in Russian and English for the period of 2011 to 2022 from open databases PubMed, ScienceDirect, Scopus, CyberLeninka, eLIBRARY as well as from open Internet sources. The research work carried out during preparation of this review was directed to studying the sphere of CVD prevention, role and relevance of the development of functional foods enriched with micronutrients. The data on the dysfunctions of the human body caused by the deficiency of zinc, copper and magnesium intake are presented. The current physiological daily norms for intake of these trace elements in different countries are given, and the dynamics of changes in the norms of intake over the last twenty years is shown. The review summarizes new data on the correlation between the risk of emergence of certain CVD types and the specific features of assimilation of the above-mentioned trace elements. The regulatory conditions acting on the RF territory for introducing trace elements into food products are analyzed. Based on the obtained results, conclusions were made regarding the relevance of the further development of functional foods that do not require changes in the traditional food behavior model.

1. Введение

Несмотря на достижения современной медицины, группа сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) продолжает оказывать существенное влияние на продолжительность и качество жизни населения во всем мире [1,2]. Сформированная научная база исследований

и накопленные клинические данные убедительно показывают, что структура и качество питания населения напрямую влияют на показатели заболеваемости и смертности от ССЗ [3,4]. Остаются дискуссионными вопросы о наиболее эффективной диетотерапии и о роли отдельных компонентов в рационе питания ввиду высокой

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Яшин, А. Н., Петров, А. Н. (2023). Актуальность разработки обогащенных микроэлементами продуктов питания для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях. *Пищевые системы*, 6(3), 272-278. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-272-278>

FOR CITATION: Yashin, A. N., Petrov, A. N. (2023). The relevance of the development of food products enriched with trace elements for diet therapy in cardiovascular diseases. *Food Systems*, 6(3), 272-278. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-272-278>

гетерогенности диет и исследуемых групп [5]. При этом многие исследователи отмечают, что современному человеку крайне сложно обеспечивать себя необходимым и сбалансированным составом микронутриентов [3,6]. Недостаток микронутриентов характерен для разных возрастных групп населения РФ [7–9].

Новые данные научных исследований, полученные за последнее десятилетие, указывают на более тесную связь отдельных микронутриентов в механизмах развития патологических процессов и их роли в профилактике ССЗ, чем считалось ранее. Отмечается важность формы, количества и соотношения поступления микронутриентов, а также значимость персонализированного подхода в определении специализированных пищевых продуктов для восполнения дефицита микронутриентов [7,10,11,12]. Данный подход очевидно повышает необходимость расширять перечень функциональных пищевых продуктов для населения. В таком случае разработка и внедрение новых форм функциональных продуктов питания для населения остается актуальным вопросом.

Целью данного обзора является анализ новых данных о роли отдельных микронутриентов (магний, цинк и медь) в патогенезе ССЗ, современного представления об необходимом уровне их потребления в разных странах и целесообразности включения в диетотерапию при ССЗ.

Задачи исследования — обобщение медицинских рекомендаций по применению отдельных микронутриентов с целью разработки новых функциональных пищевых продуктов для профилактики и диетотерапии при ССЗ.

2. Материалы и методы

Для анализа предметного поля были изучены научные публикации российских и зарубежных авторов, посвященные профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, а также роли и важности разработки функциональных пищевых продуктов, обогащенных микронутриентами. Поиск осуществлялся в доступных на бесплатной основе базах PubMed, ScienceDirect, Scopus, при помощи научных электронных библиотек «КиберЛенинка», eLIBRARY, а также в открытых интернет-источниках. Критерии отбора представлены в Таблице 1. В анализе были использованы опубликованные статьи и обзоры за период с 2011 по 2022 годы.

В стратегию автоматического и ручного поиска были включены следующие комбинации ключевых слов:

- на английском языке: *CVD, cardiovascular nutrition, preventive cardiology, functional nutrition, micronutrients, diet therapy, magnesium, zinc, copper*;
- на русском языке: сердечно-сосудистые заболевания, питание, превентивная кардиология, функциональное питание, микронутриенты, диетотерапия, магний, цинк, медь.

В процессе анализа сохранялась информация об авторах, о годе издания, о ключевых выводах, относящихся к исследовательским вопросам, а также информация о DOI (при наличии). Исключались дубли, нерелевантные источники и публикации с подтвержденным конфликтом интересов.

3. Результаты и обсуждение

В течение последних лет группа сердечно-сосудистых болезней (ССЗ) остается актуальной проблемой в вопросах демографии и увеличения продолжительности жизни населения во всем мире [1,2].

ССЗ — это общий термин для заболеваний, поражающих сердце и кровеносные сосуды, а также обуславливающих такие патологические состояния, как инсульт, ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность [1,3,13]. Как хроническое прогрессирующее бремя для здоровья, развитие сердечно-сосудистых заболеваний связано с различными факторами риска, включая гипертонию, дислипидемию, а также резистентность к инсулину, большинство из них вызывают развитие атеросклероза, повреждение структуры сосудов и склонность к тромбозам [14,15]. Именно ССЗ как класс заболеваний сердца и кровеносных сосудов неинфекционного характера являются негативным социально-экономическим трендом и ведущей причиной смертности и инвалидности во всем мире [16,17].

Отмечается, что общемировой уровень смертности от ССЗ достигает в последнее время 17,9 млн смертей в год, что составляет свыше одной трети от общего уровня смертности [18,19]. В странах с высоким и выше среднего уровнем доходов отмечается тенденция к снижению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, в то время как в странах с уровнем доходов ниже среднего и с низким наблюдается рост смертности — данный показатель сейчас достигает 59% [1,18]. Риск летального исхода от ССЗ увеличивается с возрастом, эти заболевания менее распространены среди молодых возрастных групп [20]. Тем не менее сердечно-сосудистые заболевания по-прежнему являются причиной более 1,4 миллиона смертей в возрасте до 75 лет и около 700 000 смертей в возрасте до 65 лет [18–20]. Среди населения в возрасте до 75 лет процент случаев летального исхода от ССЗ у женщин и мужчин составляет 36% и 35% соответственно. При этом в возрасте до 65 лет пациенты мужского пола более подвержены риску смерти от ССЗ (30%), превышая показатель смертности у женщин (26%). Инсульт и инфаркт миокарда также являются ведущими причинами смертности, от которых страдают 17,3 миллиона человек во всем мире [19].

В России общее число умерших от болезней сердечно-сосудистой этиологии в 2020 году составило 938,5 тысяч человек, что представляет собой 43,9% от всех случаев смерти. При этом 32,6% мужчин и 23,3% женщин погибают от болезней системы кровообращения в трудоспособном возрасте. Ожидается, что к 2030 году это число возрастет до 23,3 миллионов [21].

Рандомизированные клинические и экспериментальные исследования убедительно доказали, что структура питания населения как модифицируемый фактор парадигмы комплексного лечения сердечно-сосудистых заболеваний напрямую влияет на возможность снижения заболеваемости и смертности от ССЗ [3,4,22,23]. Исследования 2019 года на тему взаимосвязи различных болезней и диетической поддержки показали, что отсутствие адекватного рациона питания являлось вторым фактором риска смертности среди женщин и третьим среди мужчин во всем мире. В количественном выражении это составляло 3,48 миллионов смертей (13,5%) и 4,47 миллионов смертей (14,6%) соответственно [3,4]. По оценкам аналитиков, преобладающий процент пациентов с установленными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний в РФ также не придерживаются рациональной модели питания [3,4,24].

Известно, что за счет привычного рациона питания невозможно обеспечить потребности современного человека в микронутриентах, а анализ питания населения свидетельствует об общем глобальном дефиците питательных микроэлементов [3,6]. При этом

Таблица 1. Критерии отбора источников для обзора предметного поля

Table 1. Criteria for selection of sources for review of the subject field

Критерий	Включение	Исключение	Обоснование
Контекст	Объективные данные о роли питания и об отдельных микронутриентах в профилактике и патогенезе ССЗ, связь с функциональным питанием и нормами потребления для населения разных стран	Научные данные, основанные на анализе рациона питания без детализации микронутриентного состава рациона, а также без оценки влияния на ССЗ и на профилактику	Необходимость определить актуальность разработки функциональных пищевых продуктов, обогащенных отдельными микронутриентами, играющими важную патогенетическую роль в развитии ССЗ
Язык	Русский Английский	Публикации на других языках	Ввиду необходимости подтверждения актуальности анализа для разработки функционального продукта для жителей РФ
Период	2011–2022 (включительно)	Нет	Статьи более раннего периода не учитывают полностью современного представления о роли некоторых микроэлементов в патогенезе ССЗ и профилактике.
Типы статей	Обзорные, эмпирические	Источники, не прошедшие рецензирование (блоги, статьи с коммерческим финансированием)	С целью исключения противоречивой информации, публикуемой авторами или организациями с подтвержденным конфликтом интересов
Статус публикации	Опубликованные статьи, рекомендации научных сообществ	Тезисы докладов конференций, сборники без возможности ознакомиться с полным текстом	Необходимость ознакомления с полным текстом публикаций

пищевая ценность и калорийность диетического рациона должны соответствовать не только физической нагрузке каждого человека, но и особенностям и степени тяжести соответствующего заболевания, обеспечивая организм больного необходимой энергией, макро- и микронутриентами [3,4,7,10].

Среди населения РФ отмечается значительный алиментарный недостаток в микронутриентах, дополнительно обремененный факторами несоответствия возрастающего потребления количества продуктов и снижения физической активности [7–9]. Так, в частности, был установлен уровень дефицита у больных с сердечной недостаточностью витамина D от 17 до 68%, витаминов B₁ — до 91%, B₂ — до 27%, B₆ — до 38%. Немаловажную роль играет недостаток таких микронутриентов, как селен (в 20%), цинк (66%), железо (37–61%) [7,8], а дефицит магния у населения РФ занимает лидирующую позицию среди всех микроэлементов [8,9]. Только 14% взрослого населения имеют удовлетворительные показатели уровня потребления микронутриентов, что крайне мало в целом по стране [3,7–9].

Алиментарный дефицит микронутриентов связан не только с недостатком их поступления с пищей и водой, но и с избытком, присутствием конкурирующих микроэлементов [3,4,25,26]. В среднестатистическом рационе питания возможно присутствие антинутриентов, затрудняющих перевариваемость отдельных структурных элементов пищевых продуктов и/или препятствующих усвоению микроэлементов [3,4]. Фитаты и фитиновая кислота в рационах, богатых зерновыми продуктами, препятствуют усвоению кальция, магния, железа, цинка, меди. Это происходит из-за особенностей технологической обработки, которая способствует образованию нерастворимых солей с низкой биодоступностью данных минералов. Щавелевая кислота затрудняет всасывание магния, а ксантины, входящие в состав кофе или крепкого чая, приводят к усиленной потере магния из организма [3,27].

Количество и качественный состав получаемых питательных веществ в значительной мере зависит от типа диеты, в связи с чем форма поступления микронутриента через пищу крайне важна. Так как большинство минеральных веществ находится в неактивном состоянии в пищевых продуктах, биодоступность данных веществ, в частности, цинка повышается значительно при образовании комплексных соединений с белком [28]. Биодоступность цинка из твердой пищи может быть намного меньше, чем при употреблении жидких продуктов [28]. В повседневном рационе крайне сложно обеспечить необходимые условия биодоступности нутриентов и их достаточное поступление в организм.

Отдельным отягчающим фактором служит детерминанта долгосрочного приема лекарственных препаратов среди группы пациентов с ССЗ. Это приводит к субклиническому и клиническому дефициту микронутриентов [7,10,28]. Такая форма дефицита может развиваться в течение нескольких месяцев или лет. Однако пациентам с определенными заболеваниями может потребоваться увеличение потребления микроэлементов вследствие подверженности дополнительным рискам [29]. Вызванный лекарственными средствами дефицит микронутриентов может влиять на тенденцию протекания заболевания и на восприимчивость пациента к назначаемой терапии [30], а значимость дефицита магния, цинка и меди для пациентов сердечно-сосудистого профиля подтверждена многочисленными исследованиями.

Проведенные *in vivo* и *in vitro* исследования показали связь между дефицитом цинка и этиопатогенезом сердечно-сосудистых и почечных заболеваний, таких как гипертония, атеросклероз, застойная сердечная недостаточность, ишемическая болезнь сердца и диабет [7,10,30]. Однако на показатель усвоения цинка в организме человека влияет множество факторов. Высокий процент назначения таких групп препаратов, как нестероидные противовоспалительные препараты, диуретики, ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента, могут стать причиной ятрогенного дефицита микронутриентов [9,29]. К примеру, применение тиазидного диуретика приводит к повышенной потере цинка с мочой среди пациентов с артериальной гипертензией в сравнении со здоровыми добровольцами [29,30]. Длительное лечение ингибиторами ангиотензин-превращающего фермента, особенно каптоприлом, может вызвать гипогензину, связанную со снижением обеспеченности организма цинком. На отрицательную динамику усвоения цинка оказывают влияние факторы сердечной и почечной недостаточности, мальабсорбции, инфекционных и воспалительных процессов, паразитарных инвазий, а также пожилой возраст [7,8,31,32].

Дефицит цинка является наиболее значительным патологическим состоянием, включающим нарушения метаболизма металлов в организме [11,31–34]. Позитивная роль данного элемента заключается

в том, что цинк позволяет достичь снижения рисков заболеваемости и смертности от инфаркта миокарда, ишемической болезни сердца, атеросклероза. Снижение данных показателей возможно благодаря наличию выраженных антиоксидантных и противовоспалительных свойств микроэлемента [11,34]. Вследствие этого, цинк играет важную роль в защите клеток от окислительного стресса, дефицит цинка увеличивает восприимчивость организма человека к повреждениям, вызванным окислительным стрессом, повышает осмотическую хрупкость мембран эритроцитов и уровни перекисного окисления липидов в митохондриальных и микросомальных мембранах [31,32,34].

Последствия дефицита цинка включают риски возникновения таких патологических состояний, как генерация апоптоза, окислительный стресс и воспалительные процессы в тканях. Данные патологические процессы могут способствовать развитию и/или поддержанию ряда сердечно-сосудистых заболеваний, включающих артериальную гипертензию, атеросклероз, застойную сердечную недостаточность и ишемическую болезнь сердца, почечную недостаточность [11,31,34]. Повышение риска возникновения застойной сердечной недостаточности и ишемической болезни сердца коррелирует со снижением уровня липопротеидов высокой плотности из-за дефицита микроэлемента цинка [11,35]. Синтез металлопротеинов, которые способствуют снижению перекисного окисления липидов и патологических изменений в кардиомиоцитах, также могут обуславливать падение уровня сывороточного цинка [31,34].

Стоит отметить, что до недавнего времени дефицит меди считался редкостью, но в последнее время возросло количество научных работ, свидетельствующих о том, что дефицит меди действительно может представлять проблему мирового общественного здравоохранения [10,32]. Данные риски связаны с недостаточным потреблением меди и/или повышенными потребностями, связанными с нарушением всасывания, в т. ч. мальабсорбции, а также с высокими потерями микроэлемента и с наследственными заболеваниями [10,32,33]. Имеются данные о том, что возможно возникновение дефицита меди, вызванного избыточным потреблением цинка [7,10,32]. На ухудшение усвоения меди также влияет потребление пищевых продуктов, содержащих глутамат, аспарат, усилители вкуса, ортофосфорную кислоту. Таким образом, нехватка микронутриентов в пищевом рационе и факторы, приводящие к их чрезмерной потере, еще больше усугубляют микронутриентный профиль пациентов, имеющих факторы риска ССЗ [10,27,32,36].

Установлена прямая корреляция между низкими концентрациями меди и частотой возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [7,11]. Дефицит меди в организме человека может приводить к возможности патологического повышения кровяного давления, к снижению свертываемости крови, гипертрофической кардиомиопатии, концентрической гипертрофии сердца с характерными изменениями в структурных, функциональных и биохимических путях миокарда, а также к ишемической болезни сердца. Данная гипертрофия сердца с дефицитом меди и приводит к застойной сердечной недостаточности [7,10,11,32]. Воздействие на определенные органы или ткани включает ослабление структурной целостности сердца и кровеносных сосудов, вызывает нарушение использования энергии сердцем, снижение способности сердца сокращаться, изменение способности кровеносных сосудов контролировать свой диаметр, а также трансформацию структуры и функции циркулирующих клеток крови. В некоторых случаях причина дефекта может быть непосредственно связана со снижением активности специфического медь-зависимого фермента [10,11,27].

Многочисленные доклинические и клинические исследования демонстрируют решающую роль гомеостаза меди в поддержании сердечной функции [7,11,33,37]. Нарушение метаболизма меди, включая дефицит меди или белков транспортеров или связывающих медь белков, приводит к сердечной дисфункции, кардиомиопатии [11,33]. Дефицит меди в организме приводит к значительному риску возникновения сердечно-сосудистой патологии и замедлению процесса формирования коллагена и эластина. Стоит отметить, что полидефицитное состояние по причине отсутствия достаточного поступления не только меди, но и хрома в организме человека усиливает патологические состояния, приводящие к атеросклерозу. К таким состояниям относят повышение холестерина из-за снижения выработки ферментов лецитинхолестеринэстеразы и липопротеинлипазы, а также увеличение содержания триглицеридов и фосфолипидов [34].

Таким образом, очевидно, что дефицит важнейших микронутриентов не всегда поддается своевременной диагностике, но детерминирует развитие или ухудшение протекания многих ССЗ [7,10,33]. Рекомендации по суточному потреблению магния, цинка и меди

Таблица 2. Суточные нормы физиологических потребностей в минеральных веществах для взрослого населения в разных странах, мг/сут

Table 2. Daily norms of the physiological requirements in mineral substances for the adult population in different countries, mg/day

№	Наименование микронутриента	Россия	Великобритания	США	Корея
1	Магний	420	Женщины: 270 Мужчины: 300	Женщины: 310–320 Мужчины: 410–420	Женщины: 240–280 Мужчины: 340–410
2	Цинк	12	Женщины: 7 Мужчины: 9,5	Женщины: 8 Мужчины: 11	Женщины: 7–8 Мужчины: 8–10
3	Медь	1	1,2	0,9	Женщины: 0,50–0,65 Мужчины: 0,65–0,85

дифференцируются в зависимости от страны. Такие различия в нормах потребления могут быть связаны с расхождениями в рационе питания, вызванными разной доступностью пищевых продуктов, парадигмой питания и региональными особенностями в пищевом поведении населения. Исследователи отмечают наличие дефицита цинка среди 20% населения всего мира, при этом наибольший уровень дефицита цинка был отмечен в Африке, Азии и центральных странах Латинской Америки [12,34].

Сравнительная оценка рекомендуемой нормы суточного потребления магния для взрослого населения показала, что потребление магния за последние двадцать лет выросло с 230 мг/сут до 420 мг/сут. При этом значения по цинку и меди остаются неизменными [8,9,12]. Причина может быть обусловлена появлением новых данных о роли перечисленных микроэлементов в биохимических и патологических процессах в организме человека, пониманием взаимосвязи биодоступности микроэлементов с другими веществами в рационе и возможностями диагностики дефицита микроэлементов на субклиническом уровне [7,9,38]. Необходимо обновление рекомендаций по потреблению микронутриентов для населения с учетом всех изменений в рационе и с опорой на последние научные исследования [9,10,39].

Систематизированные данные об актуальных нормах суточных физиологических потребностей в минеральных веществах для взрослого населения в разных странах приведены в Таблице 2 [12].

Данные по нормам суточного потребления микроэлементов для населения России представлены с учетом обновленных в 2021 году методических рекомендаций¹.

Исследователи отмечают, что адекватную норму потребления микронутриентов здоровому населению, а также населению с группой ССЗ трудно обеспечить только за счет поступающей в организм пищи [10,12]. В связи с чем важной социальной парадигмой становится разработка и внедрение обогащенных пищевых продуктов для ликвидации недостаточности соответствующих элементов [40,41]. Данный подход не требует изменения традиционной пищевой модели поведения. Анализ трендов пищевого поведения в РФ показал, что большинство населения с диагностированными ССЗ не соблюдают необходимую диету [8,9,10,12].

Направление развития пищевой промышленности в РФ, в частности, определяется Доктриной², направленной на разработку обогащенных пищевых продуктов. Дополнительно Рекомендации³ разъясняют требования к диетотерапии больных с ССЗ. Диета при ССЗ должна характеризоваться сбалансированным макро- и микронутриентным составом и соблюдением персонализированных параметров диеты, основывающейся на лечебных и профилактических и/или специализированных пищевых продуктах [7,10,11,12] для восполнения дефицита микронутриентов у пациентов. Очевидно, что востребованность функциональных, обогащенных продуктов для населения в целом и для определенных групп, включая пациентов с ССЗ, высокая, и продолжает расти.

Вследствие использования новых технологий при производстве пищевых продуктов значительно расширился ассортимент обога-

щенных витаминами и минеральными веществами продуктов питания. За последние несколько десятилетий на рынке существенно возросло количество пищевых продуктов, обогащенных как витаминами, так и минеральными веществами, что актуализирует необходимость своевременного пересмотра и обновления параметров безопасности продуктов питания [25,27].

В соответствии с требованиями РФ к пищевым продуктам по Нормам⁴, показатель содержания минеральных веществ в обогащенных продуктах должен быть в рамках 15–50% от нормы физиологической потребности человека. Известно об утвержденных нормах отклонений фактического содержания магния в обогащенных пищевых продуктах, что составляет +/-20%, при этом для цинка и меди такие нормы не указываются.

Распространенным способом улучшения качества сырья и готовой продукции является включение комплексов пищевых добавок, в том числе для сохранения макро- и микронутриентного состава. Объем потребления подобных пищевых добавок уже измеряется килограммами в расчете на одного взрослого человека в год. Однако вопрос эффективности и безопасности такого подхода восполнения дефицита микронутриентов остается дискуссионным среди медицинского сообщества и диетологов. Доминирующая часть пищевых добавок имеет искусственное происхождение и ассоциируются с большими рисками для здоровья при длительном употреблении, по сравнению с добавками, произведенными из натурального сырья. В случае использования комбинаций различных пищевых добавок комплексное изучение образующихся соединений в получаемом продукте, а также исследования биодоступности отдельных микронутриентов при совместном употреблении проводятся крайне редко [42].

В Нормам⁵ регламентируется возможность обогащения пищевых продуктов магнием, данные о возможности обогащения пищевых продуктов цинком отсутствуют. При этом, в отличие от ЕС, США и ряда других стран, допускается обогащение медью только таких специализированных пищевых продуктов, как продукты для питания спортсменов, функциональные пищевые продукты и продукты детского питания, диетического (лечебного и профилактического) профиля, а также биологически активные добавки к пище [14,17,29–31]. К пищевым продуктам, разрешенным для обогащения магнием, относятся только группа пищевых концентратов, кондитерские изделия и соль поваренная пищевая. При этом немаловажным вопросом является своевременная актуализация требований СанПиН, касающихся допустимых норм внесения микронутриентов в пищевые продукты [42].

Одним из возможных перспективных способов решения проблемы восполнения дефицита микронутриентов является разработка новых функциональных пищевых продуктов. Во многих странах активно ведутся исследования и разработка функциональных продуктов, которые создаются для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Ожидается рост востребованности таких продуктов, что будет являться вызовом для мировой пищевой промышленности [43]. В последние годы выделилось отдельное направление медицины, кардионутрициология, которая, объединяя научные и практические знания в области кардиологии, диетологии, биохимии, микробиологии и других областей, является подтверждением перспективности и актуальности персонализированного подхода в диетотерапии сердечно-сосудистой патологии [44–46].

¹ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия. Электронный ресурс https://www.gosptrebnadzor.ru/upload/iblock/789/1.-mr-2.3.1.0253_21-normy-pishchevykh-veshchestv.pdf Дата доступа 18.03.2023

² Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации и «Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 г.» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р) Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/420363999> Дата доступа 25.03.2023

³ Методические рекомендации № 374-ПД/624 «Диетическая терапия при сердечно-сосудистых заболеваниях». Утверждены Минсоздравразвития 28.12.2006 г. Электронный ресурс https://e-ecolog.ru/docs/_zkkxwA5CAk0ulc4K-RZuy Дата доступа 25.03.2023

⁴ Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078–01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/901806306> Дата доступа 25.03.2023

⁵ Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078–01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/901806306> Дата доступа 25.03.2023

Орехи как натуральный продукт с оптимальным содержанием микронутриентов обладают подтвержденными преимуществами для создания функциональных продуктов, используемых при ССЗ. Крупные исследования, такие как *Nurses' Health Study* и *Physicians Health Study*, продемонстрировали положительное влияние включения в рацион орехов на показатель общей смертности [48,49]. Как пример, употребление грецких орехов в профилактических целях не только восполняет суточную потребность в микронутриентах, но и способствует снижению уровня липопротеидов низкой плотности в сыворотке крови [50,51]. Использование различных форм переработки орехов может способствовать разработке новых функциональных продуктов для диетотерапии при ССЗ.

Таким образом, очевидна необходимость дальнейшего изучения методов и подходов обогащения пищевых продуктов с использованием натурального сырья для создания комплексной поддержки населения, включая диетотерапию при сердечно-сосудистых заболеваниях.

4. Выводы

Сердечно-сосудистые заболевания сохраняют доминирующую долю диагностированных случаев в структуре заболеваемости и смертности населения РФ, в том числе трудоспособного возраста. Обеспечить адекватный микронутриентный статус населения РФ

представляется возможным путем включения в рацион питания необходимых микронутриентов. При этом усредненный рацион питания населения не обеспечивает достаточного поступления макро- и микронутриентов без значительного увеличения оптимальной суточной калорийности.

Диетическая поддержка является ключевым модифицируемым фактором, позволяющим влиять на течение сердечно-сосудистого заболевания. Большая часть больных с диагностированными ССЗ имеют дисбаланс усвоения и/или выведения некоторых микроэлементов, в том числе магния, цинка и меди, что актуализирует целесообразность разработки, производства и потребления обогащенных пищевых продуктов для персонализированной диетотерапии. Такие разработки должны учитывать данные исследований *in vivo* и *in vitro* по установлению взаимосвязей между поступлением в организм ряда микронутриентов и риском развития ССЗ, а также характером их протекания.

Среднесрочная оптимизация и перспективная диверсификация пищевого рациона населения страны, включая разработку и внедрение функциональных продуктов с использованием натурального сырья для профилактики и диетотерапии социально значимых заболеваний, являются одними из главных задач пищевой промышленности в России и согласуются с общемировыми тенденциями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Altamura, S., Del Pinto, R., Pietropaoli, D., Ferri, C. (2023). Oral health as a modifiable risk factor for cardiovascular diseases. *Trends in Cardiovascular Medicine*, *https://doi.org/10.1016/j.tcm.2023.03.003* (In Press)
- Peng, G., Jialong Y., Chen L., Li, L. (2023). Glycometabolism reprogramming: Implications for cardiovascular diseases. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 179, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2023.03.003>
- Кочеткова, А. А., Воробьева, В. М., Воробьева, И. С., Саркисян, В. А., Зорина, Е. Е., Шатнюк, Л. Н. и др. (2016). Теоретические и практические аспекты разработки специализированных пищевых продуктов для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях. *Пищевая промышленность*, 8, 8–12.
- Погожева, А. В., Богданов, А. Р., Дербенева, С. А. (2015). Диетотерапия сердечно-сосудистых заболеваний. Общие принципы. *Практическая диетология*, 4(16), 36–40.
- Liese, A. D., Krebs-Smith, S. M., Subar, A. F., George, S. M., Harmon, B. E., Neuhauser, M. L. et al. (2015). The dietary patterns methods project: Synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance. *The Journal of Nutrition*, 145(3), 393–402. <https://doi.org/10.3945/jn.114.205336>
- Qin, P., Huang, C., Jiang, B., Wang, X., Yang, Y., Ma, J. et al. (2021). Dietary carbohydrate quantity and quality and risk of cardiovascular disease, all-cause, cardiovascular and cancer mortality: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 42(2), 148–165. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.12.010>
- Дербенева, С. А., Погожева, А. В., Воробьева, В. М., Залетова, Т. С., Котенкова, Е. А., Кочеткова, А. А. и др. (2021). Применение специализированных пищевых продуктов в диетотерапии больных с кардиоваскулярной патологией. Санкт-Петербург: Научные технологии, 2021.
- Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А., Рисник, Д. В., Никитюк, Д. Б., Тутельян, В. А. (2017). Обеспеченность населения России микронутриентами: возможности ее коррекции. Состояние проблемы. *Вопросы питания*, 86(4), 113–124.
- Коденцова, В. М., Рисник, Д. В. (2020). Микронутриентные метаболические сети и множественный дефицит микронутриентов: обоснование преимуществ витаминно-минеральных комплексов. *Микроэлементы в медицине*, 21(4), 3–20. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-4-3-20>
- Барановский, А. Ю. (2015). Диеты для сердца. *Практическая диетология*, 4(16), 42–59.
- Kang, Y. J. (2011). Copper and homocysteine in cardiovascular diseases. *Pharmacology & Therapeutics*, 129(3), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2010.11.004>
- Попова, А. Ю., Тутельян, В. А., Никитюк, Д. Б. (2021). О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. *Вопросы питания*, 90(4(536)), 6–19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>
- Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E. L., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C. et al. (2013). Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 347, Article f6879. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6879>
- Ahmadmehrab, S. A., Tang, W. H. W. (2017). Gut microbiome and its role in cardiovascular diseases. *Current Opinion in Cardiology*, 32(6), 761–766. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000445>
- Zhang, Z., Xu, G., Liu, D., Zhu, W., Fan, X., Liu, X. (2017). Dietary fiber consumption and risk of stroke. *European Journal of Epidemiology*, 28(2), 119–130. <https://doi.org/10.1007/s10654-013-9783-1>
- Zhang, X., Gérard, P. (2022). Diet-gut microbiota interactions on cardiovascular disease. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 1528–1540. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.03.028>
- Kong, X., Zhang, B., Hua, Y., Zhu, Y., Li, W., Wang, D. et al. (2019). Efficient l-lactic acid production from corn cob residue using metabolically engineered thermotolerant yeast. *Bioresource Technology*, 273, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.018>
- Visseren, F. L. J., Mach, F., Smulders, Y. M., Carballo, D., Koskinas, K. C., Bäck, M. et al. (2021). ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *European Heart Journal*, 42(34), 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
- WHO. (2017). Fact sheets. Cardiovascular diseases. Retrieved from https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1 Accessed January 31, 2023
- Самородская, И. В., Бубнова, М. Г., Акулова, О. А., Драпкина, О. М. (2022). Показатели мужской и женской смертности от острых форм ишемической болезни сердца в пятилетних возрастных группах в Российской Федерации: о чем говорят цифры? *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*, 21(12), Статья 3460. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3460>
- Смелов, П. А., Никитина, С. Ю. (2021). Здоровоохранение в России. Статистический сборник. Москва, Росстат, 2021.
- Houston, M. C. (2010). The role of cellular micronutrient analysis, nutraceuticals, vitamins, antioxidants and minerals in the prevention and treatment of hypertension and cardiovascular disease. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*, 4(3), 165–185. <https://doi.org/10.1177/1753944710368205>
- Сметнева, Н. С., Погожева, А. В., Васильев, Ю. Л., Дыдыкин, С. С., Дыдыкина, И. С., Коваленко, А. А. (2020). Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Вопросы питания*, 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Porciello, G., Montagnese, C., Crispo, A., Grimaldi, M., Libra, M., Vitale, S. et al. (2020). Mediterranean diet and quality of life in women treated for breast cancer: A baseline analysis of DEDiCa multicentre trial. *PLOS ONE*, 15(10), Article e0239803. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239803>
- Galstyan, A. G., Aksenova, L. M., Lisitsyn, A. B., Oganesyants, L. A., Petrov, A. N. (2019). Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 89(2), 211–213. <https://doi.org/10.31857/S0869-587389539-542>
- Хуршудян, С. А., Галстян, А. Г. (2018). Качество пищевых продуктов. Термины, определения и противоречия. *Контроль качества продукции*, 1, 48–49.
- Донская, Г. А., Харитонов, Д. В. (2016). Продукты завтрашнего дня. *Переработка молока*, 1(195), 16–19.
- Ших, Е. В., Махова, А. А., Чемерис, А. В., Торышов, И. А. (2021). Ятрогенные дефициты микронутриентов. *Вопросы питания*, 90(4(536)), 53–63. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-53-63>
- Xue, M., Wang, D., Zhou, F., Du, Z., Zhai, H., Wang, M. et al. (2020). Effects of selenium combined with zinc amendment on zinc fractions and bioavailability in calcareous soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, Article 110082. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110082>
- Samaras, D., Samaras, N., Lang, P.-O., Genton, L., Frangos, E., Pichard, C. (2013). Effects of widely used drugs on micronutrients: A story rarely told. *Nutrition*, 29(4), 605–610. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.11.011>
- Jurowski, K., Szewczyk, B., Nowak, G., Piekoszewski, W. (2014). Biological consequences of zinc deficiency in the pathomechanisms of selected diseases. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 19(7), 1069–1079. <https://doi.org/10.1007/s00775-014-1139-0>
- Altarelli, M., Ben-Hamouda, N., Schneider, A., Berger, M. M. (2019). Copper deficiency: Causes, manifestations, and treatment. *Nutrition in Clinical Practice*, 34(4), 504–513. <https://doi.org/10.1002/ncp.10328>
- Hoffman, H. N., Phylly, R. L., Fleming, C. R. (1988). Zinc — induced copper deficiency. *Gastroenterology*, 94(2), 508–512. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(88\)90445-3](https://doi.org/10.1016/0016-5085(88)90445-3)
- Gupta, S., Brazier, A. K. M., Lowe, N. M. (2019). Zinc deficiency in low- and middle-income countries: Prevalence and approaches for mitigation. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 33(5), 624–643. <https://doi.org/10.1111/jhn.12791>
- Eshak, E. S., Iso, H., Yamagishi, K., Maruyama, K., Umesawa, M., Tamakoshi, A. (2018). Associations between copper and zinc intakes from diet and mor-

- tality from cardiovascular disease in a large population-based prospective cohort study. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 56, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.02.008>
36. Girerd, N. (2022). Is the correction of micronutrient deficiencies the next step in heart failure management? *Journal of Internal Medicine*, 291(6), 710–712. <https://doi.org/10.1111/joim.13455>
 37. Hänsch, R., Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>
 38. Петров, А. Н., Кондратенко, В. В. (2018). Инновационный вектор современных технологий хранения, переработки и оценки качества пищевой продукции. *Научные труды Северо-Кавказского федерального научно-го центра садоводства, виноградарства, виноделия*, 21, 9–13. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-21-9-13>
 39. Оганесянц, Л. А., Хуршудян, С. А., Галстян А. Г. (2018). Мониторинг качества пищевых продуктов — базовый элемент стратегии. *Контроль качества продукции*, 4, 56–59.
 40. Хуршудян, С. А. (2009). Функциональные продукты питания: проблемы на фоне стабильного роста. *Пищевая промышленность*, 1, 8–9.
 41. Маюрикова, Л. А., Кокшаров, А. А., Крапива, Т. В., Новоселов, С. В. (2020). Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности. *Техника и технология пищевых производств*, 50(1), 124–139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>
 42. Лисицын, А. Б., Чернуха, И. М., Лунина, О. И. (2018). Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом. *Теория и практика переработки мяса*, 3(1), 29–45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45>
 43. Azevedo, L., Serafim, M. S. M., Maltarollo, V. G., Grabrucker, A. M., Granato, D. (2022). Atherosclerosis fate in the era of tailored functional foods: Evidence-based guidelines elicited from structure- and ligand — based approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.010>
 44. Стародубова, А. В., Ливанцова, Е. Н., Дербенева, С. А., Косюра, С. Д., Поленова, Н. В., Вараева, Ю. Р. (2020). Кардионутрициология: лечебное питание в профилактике и лечении ведущей патологии современности. *Вопросы питания*, 89(4), 146–160. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10049>
 45. Minich, D. M., Bland, J. S. (2013). Personalized lifestyle medicine: Relevance for nutrition and lifestyle recommendations. *The Scientific World Journal*, 2013, Article 129841. <https://doi.org/10.1155/2013/129841>
 46. Ueland, Ø., Altintzoglou, T., Kirkhus, B., Lindberg, D., Rognsá, G. H., Rosnes, J. T. et al. (2020). Perspectives on personalised food. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.021>
 47. Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., Salas-Salvadó, J. (2015). Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts. *The British Journal of Nutrition*, 113(Suppl 2), S79–S95. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003250>
 48. Bao, Y., Han, J., Hu, F. B., Giovannucci, E. L., Stampfer, M. J., Willett, W. C. et al. (2013). The Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. *The New England Journal of Medicine*, 369(21), 2001–2011. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1307352>
 49. Hsieh, T. T., Petrone, A. B., Gaziano, J. M., Djoussé, L. (2015). Nut consumption and risk of mortality in the Physicians' Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(2), 404–412. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.099846>
 50. Sabaté, J., Wien, M. (2010). Nuts, blood lipids and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(1), 131–136
 51. Ros, E. (2015). Nuts and CVD. *The British Journal of Nutrition*, 113(Suppl 2), S111–S120. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003924>
- ## REFERENCES
1. Altamura, S., Del Pinto, R., Pietropaoli, D., Ferri, C. (2023). Oral health as a modifiable risk factor for cardiovascular diseases. *Trends in Cardiovascular Medicine*, <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2023.03.003> (In Press)
 2. Peng, G., Jialong Y., Chen L., Li, L. (2023). Glycometabolism reprogramming: Implications for cardiovascular diseases. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 179, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2023.03.003>
 3. Kochetkova, A. A., Vorobieva, V. M., Vorobieva, I. S., Sarkisyan, V. A., Zorina, E. E., Shatnyuk, L. N. et al. (2016). Theoretical and practical aspects of the specialized food for diet therapy in cardiovascular diseases development. *Food Industry*, 8, 8–12. (In Russian)
 4. Pogozheva, A. V., Bogdanov, A. R., Dербенева, S. A. (2015). Diyetoterapiya serdechno-sosudistyykh zabolevaniy. Obshchiye printsipy. *Prakticheskaya Diyetologiya*, 4(16), 36–40. (In Russian)
 5. Liese, A. D., Krebs-Smith, S. M., Subar, A. F., George, S. M., Harmon, B. E., Neuhouser, M. L. et al. (2015). The dietary patterns methods project: Synthesis of findings across cohorts and relevance to dietary guidance. *The Journal of Nutrition*, 145(3), 393–402. <https://doi.org/10.3945/jn.114.205336>
 6. Qin, P., Huang, C., Jiang, B., Wang, X., Yang, Y., Ma, J. et al. (2021). Dietary carbohydrate quantity and quality and risk of cardiovascular disease, all-cause, cardiovascular and cancer mortality: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 42(2), 148–165. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.12.010>
 7. Dербенева, S. A., Pogozheva, A. V., Vorobieva, V. M., Zaletova, T. S., Kotenkova, E. A., Kochetkova, A. A. et al. (2021). The use of specialized food products in the diet therapy of patients with cardiovascular pathology. Saint Petersburg: Science-intensive Technologies, 2021.
 8. Kodentsova, V. M., Vrzhesinskaya, O. A., Risnik, D. V., Nikityuk, D. B., Tutelyan, V. A. (2017). Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy Pitaniia*, 86(4), 113–24. (In Russian)
 9. Kodentsova, V. M., Risnik, D. V. (2020). Micronutrient metabolic networks and multiple micronutrient deficiency: A rationale for the advantages of vitamin-mineral supplements. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*, 21(4), 3–20. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-4-3-20> (In Russian)
 10. Baranovsky, A. Yu. (2015). Diets for the heart. *Prakticheskaya Diyetologiya*, 4(16), 42–59. (In Russian)
 11. Kang, Y. J. (2011). Copper and homocysteine in cardiovascular diseases. *Pharmacology & Therapeutics*, 129(3), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2010.11.004>
 12. Popova, A. Yu., Tutelyan, V. A., Nikityuk, D. B. (2021). On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy Pitaniia*, 90(4(536)), 6–19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19> (In Russian)
 13. Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E. L., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C. et al. (2013). Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 347, Article f6879. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6879>
 14. Ahmadmehrabi, S. A., Tang, W. H. W. (2017). Gut microbiome and its role in cardiovascular diseases. *Current Opinion in Cardiology*, 32(6), 761–766. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000445>
 15. Zhang, Z., Xu, G., Liu, D., Zhu, W., Fan, X., Liu, X. (2017). Dietary fiber consumption and risk of stroke. *European Journal of Epidemiology*, 28(2), 119–130. <https://doi.org/10.1007/s10654-015-9783-1>
 16. Zhang, X., Gérard, P. (2022). Diet-gut microbiota interactions on cardiovascular disease. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 1528–1540. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.03.028>
 17. Kong, X., Zhang, B., Hua, Y., Zhu, Y., Li, W., Wang, D. et al. (2019). Efficient L-lactic acid production from corn cob residue using metabolically engineered thermo-tolerant yeast. *Bioresource Technology*, 273, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.018>
 18. Visseren, F. L. J., Mach, F., Smulders, Y. M., Carballo, D., Koskinas, K. C., Bäck, M. et al. (2021). ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *European Heart Journal*, 42(34), 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
 19. WHO. (2017). Fact sheets. Cardiovascular diseases. Retrieved from https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1 Accessed January 31, 2023
 20. Samorodskaya, I. V., Bubnova, M. G., Akulova, O. A., Drapkina, O. M. (2022). Male and female mortality rates due to acute types of coronary artery disease in five-year age groups in the Russian Federation: what do the numbers mean? *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 21(12), Article 3460. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3460> (In Russian)
 21. Smelov, P. A., Nikitina, S. Yu. (2021). Health care in Russia. Statistical collection. Moscow: Rosstat, 2021.
 22. Houston M. C. (2010). The role of cellular micronutrient analysis, nutraceuticals, vitamins, antioxidants and minerals in the prevention and treatment of hypertension and cardiovascular disease. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*, 4(3), 165–183. <https://doi.org/10.1177/1753944710368205>
 23. Smetneva, N. S., Pogozheva, A. V., Vasil'ev, Yu. L., Dydykin, S. S., Dydykina, I. S., Kovalenko, A. A. (2020). The role of optimal nutrition in the prevention of cardiovascular diseases. *Voprosy Pitaniia*, 89(3), 114–24. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035> (In Russian)
 24. Porciello, G., Montagnese, C., Crispo, A., Grimaldi, M., Libra, M., Vitale, S. et al. (2020). Mediterranean diet and quality of life in women treated for breast cancer: A baseline analysis of DEDiCa multicentre trial. *PLOS ONE*, 15(10), Article e0239803. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239803>
 25. Galstyan, A. G., Aksenova, L. M., Lisitsyn, A. B., Oganessyants, L. A., Petrov, A. N. (2019). Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 89(2), 211–213. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>
 26. Khurshudyan, S. A., Galstyan, A. G. (2018). Food quality. Terms, definitions and contradictions. *Product Quality Control*, 1, 48–49. (In Russian)
 27. Donskaya, G. A., Kharitonov, D. V. (2016). Products of tomorrow. *Milk Processing*, 1(195), 16–19. (In Russian)
 28. Shikh, E. V., Makhova, A. A., Chemeris, A. V., Tormyshev, I. A. (2021). Iatrogenic deficits of micronutrients. *Voprosy Pitaniia*, 90(4(536)), 53–63. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-53-63> (In Russian)
 29. Xue, M., Wang, D., Zhou, F., Du, Z., Zhai, H., Wang, M. et al. (2020). Effects of selenium combined with zinc amendment on zinc fractions and bioavailability in calcareous soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, Article 110082. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110082>
 30. Samaras, D., Samaras, N., Lang, P.-O., Genton, L., Frangos, E., Pichard, C. (2013). Effects of widely used drugs on micronutrients: A story rarely told. *Nutrition*, 29(4), 605–610. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.11.011>
 31. Jurowski, K., Szewczyk, B., Nowak, G., Piekoszewski, W. (2014). Biological consequences of zinc deficiency in the pathomechanisms of selected diseases. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 19(7), 1069–1079. <https://doi.org/10.1007/s00775-014-1139-0>
 32. Altarelli, M., Ben-Hamouda, N., Schneider, A., Berger, M. M. (2019). Copper deficiency: Causes, manifestations, and treatment. *Nutrition in Clinical Practice*, 34(4), 504–513. <https://doi.org/10.1002/ncp.10328>
 33. Hoffman, H. N., Phylly, R. L., Fleming, C. R. (1988). Zinc — induced copper deficiency. *Gastroenterology*, 94(2), 508–512. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(88\)90445-3](https://doi.org/10.1016/0016-5085(88)90445-3)
 34. Gupta, S., Brazier, A. K. M., Lowe, N. M. (2019). Zinc deficiency in low- and middle-income countries: Prevalence and approaches for mitigation. *Journal*

- of Human Nutrition and Dietetics, 33(5), 624–643. <https://doi.org/10.1111/jhn.12791>
35. Eshak, E.S., Iso, H., Yamagishi, K., Maruyama, K., Umesawa, M., Akiko Tamakoshi, A. (2018). Associations between copper and zinc intakes from diet and mortality from cardiovascular disease in a large population-based prospective cohort study. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 56, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.02.008>
 36. Girerd, N. (2022). Is the correction of micronutrient deficiencies the next step in heart failure management? *Journal of Internal Medicine*, 291(6), 710–712. <https://doi.org/10.1111/joim.13455>
 37. Hänsch, R., Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>
 38. Petrov, A. N., Kondratenko, V. V. (2018). Innovative vector of modern technologies of storage, processing and evaluation of food products quality. *Scientific works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking*, 21, 9–13. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-21-9-13> (In Russian)
 39. Oganeyants, L. A., Khurshudyan, S. A., Galstyan, A. G. (2018). Monitoring the quality of food products — a basic element of the strategy. *Quality Control of Products*, 4, 56–59. (In Russian)
 40. Khurshudyan, S. A. (2009). Functional foods: Problems amid steady growth. *Food Industry*, 1, 8–9. (In Russian)
 41. Mayurnikova, L.A., Koksharov, A.A., Krapiva, T.V., Novoselov S. V. (2020). Food fortification as a preventive factor of micronutrient deficiency. *Food Processing: Techniques and Technology*, 50(1), 124–139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139> (In Russian)
 42. Lisitsyn, A.B., Chernukha, I.M., Lunina, O.I. (2018). Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad. *Theory and Practice of Meat Processing*, 3(1), 29–45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45> (In Russian)
 43. Azevedo, L., Serafim, M.S.M., Maltarollo, V.G., Grabrucker, A.M., Granato, D. (2022). Atherosclerosis fate in the era of tailored functional foods: Evidence-based guidelines elicited from structure- and ligand-based approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.010>
 44. Starodubova, A.V., Livantsova, E.N., Derbeneva, S.A., Kosyura, S.D., Polenova, N.V., Varava, Yu.R. (2020). Cardiovascular nutrition: Disease management and prevention as major public health problem nowadays. *Voprosy Pitaniya*, 89(4), 146–160. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10049> (In Russian)
 45. Minich, D.M., Bland, J.S. (2013). Personalized lifestyle medicine: Relevance for nutrition and lifestyle recommendations. *The Scientific World Journal*, 2013, Article 129841. <https://doi.org/10.1155/2013/129841>
 46. Ueland, Ø., Altintzoglou, T., Kirkhus, B., Lindberg, D., Rognså, G.H., Rosnes, J.T. et al. (2020). Perspectives on personalised food. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.021>
 47. Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., Salas-Salvadó, J. (2015). Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts. *The British Journal of Nutrition*, 113(Suppl 2), S79–S93. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003250>
 48. Bao, Y., Han, J., Hu, F.B., Giovannucci, E. L., Stampfer, M. J., Willett, W. C. et al. (2013). Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. *The New England Journal of Medicine*, 369(21), 2001–11. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1307352>
 49. Hsieh, T. T., Petrone, A. B., Gaziano, J. M., Djoussé, L. (2015). Nut consumption and risk of mortality in the Physicians' Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(2), 407–412. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.099846>
 50. Sabaté, J., Wien, M. (2010). Nuts, blood lipids and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(1), 131–136.
 51. Ros, E. (2015). Nuts and CVD. *The British Journal of Nutrition*, 113(Suppl 2), S111–S120. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003924>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ		AUTHOR INFORMATION	
Принадлежность к организации		Affiliation	
Яшин Алексей Николаевич — аспирант, кафедра «Технологии молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия», Российский биотехнологический университет 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11 Тел.: +7–913–903–08–55 E-mail: yashin.doc@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0006-9789-4267 * автор для контактов		Alexey N. Yashin , Postgraduate Student, Department of Technology of Milk, Probiotic Dairy Products and Cheese Making, Russian Biotechnological University 11, Volokolamsk Highway, 125080, Moscow, Russia Tel.: +7–913–903–08–55 E-mail: yashin.doc@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0006-9789-4267 *corresponding author	
Петров Андрей Николаевич — доктор технических наук, академик РАН, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности 115093, Москва, ул. Люсиновская, 35/7 Тел.: +7–499–236–31–64 E-mail: info@vnimi.org ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9879-482X		Andrey N. Petrov , Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Principal Researcher, Russian Dairy Research Institute 35/7, Lusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russia Tel.: +7–499–236–31–64 E-mail: info@vnimi.org ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9879-482X	
Критерии авторства		Contribution	
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.		Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.	
Конфликт интересов		Conflict of interest	
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.		The authors declare no conflict of interest.	