

## ХАРАКТЕРИСТИКА АНАЛОГОВ МОЛОКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗЛАКТОЗНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Е.В. Мирошин**, *egor.miroshin42@gmail.com*

**И.Ю. Резниченко**, *irina.reznichenko@gmail.com*

*Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова,  
Кемерово, Россия*

**Аннотация.** Растительное молоко становится всё более популярным в качестве замены традиционному, во многом благодаря растущему интересу потребителей к более здоровым, экологически чистым и гипоаллергенным продуктам. Цель работы – дать характеристику основным растительным аналогам молока, технологию их получения, обобщить преимущества и проблемы их применения в технологиях пищевых продуктов. При выполнении исследований опирались на методы анализа, систематизации и обобщения. В работе рассмотрены основные растительные источники для получения аналогов молока, включая зерновые (овес, рис), бобовые (сою, горох, арахис), орехи (миндаль, кешью, макадами, кокос), семена (лён, коноплю, кунжут) и псевдозлаки (киноа, амарант). Показано, что каждый вид растительного молока обладает уникальными питательными свойствами и биоактивными соединениями, которые могут способствовать улучшению здоровья, включая снижение уровня холестерина, противовоспалительные свойства, улучшение здоровья сердца и улучшение разнообразия микробиома кишечника. Основным преимуществом растительного молока является возможность употребления людьми с непереносимостью лактозы или аллергией на молочные продукты, а также теми, кто придерживается веганской или растительной диеты. Кроме того, производство растительного молока оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционное, требуя меньше природных ресурсов и производя меньше выбросов парниковых газов. Проблемы широкого применения аналогов молока заключаются в основном в несоответствии содержанию белка или необходимых микронутриентов (таких как кальций, витамин D, витамин B<sub>12</sub>), содержащихся в молоке, что часто требует обогащения для улучшения их питательной ценности. Кроме того, различия во вкусе и текстуре по сравнению с традиционным молоком могут влиять на потребительские предпочтения. Новизна исследований заключается в новом взгляде на расширение направлений использования растительных аналогов молока как сырьевого ингредиента в технологиях пищевых систем с заданными свойствами.

**Ключевые слова:** растительное молоко, источники получения, виды растительного молока, технология получения, пищевая ценность

**Для цитирования:** Мирошин Е.В., Резниченко И.Ю. Характеристика аналогов молока растительного происхождения для производства безлактозной продукции // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 4. С. 12–22. DOI: 10.14529/food250402

Original article

DOI: 10.14529/food250402

## CHARACTERISTICS OF PLANT-BASED MILK ANALOGUES FOR THE PRODUCTION OF LACTOSE-FREE PRODUCTS

*E.V. Miroshin, egor.miroshin42@gmail.com**I.Yu. Reznichenko, irina.reznichenko@gmail.com**Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia*

**Abstract.** Plant-based milk is becoming increasingly popular as a substitute for traditional milk, largely due to growing consumer interest in healthier, more environmentally friendly, and hypoallergenic products. The aim of this study is to characterize the main plant-based milk analogues, their production technology, and to summarize the advantages and challenges of their application in food processing. The research relied on methods of analysis, systematization, and generalization. This study examines the main plant-based sources for producing milk analogues, including grains (oats, rice), legumes (soy, peas, peanuts), nuts (almonds, cashews, macadamia, coconut), seeds (flax, hemp, sesame), and pseudocereals (quinoa, amaranth). Each type of plant-based milk has been shown to possess unique nutritional properties and bioactive compounds that may promote health benefits, including cholesterol reduction, anti-inflammatory properties, improved heart health, and improved gut microbiome diversity. A key benefit of plant-based milks is their suitability for individuals with lactose intolerance or dairy allergies, as well as those following vegan or plant-based diets. Furthermore, plant-based milk production has a lower environmental impact than traditional milk, requiring fewer natural resources and generating fewer greenhouse gas emissions. Challenges to the widespread use of milk analogues primarily stem from inconsistencies in protein content or essential micronutrients (such as calcium, vitamin D, and vitamin B<sub>12</sub>) found in milk, often requiring fortification to improve their nutritional value. Furthermore, differences in taste and texture compared to traditional milk may influence consumer preferences. The novelty of the research lies in its new insights into expanding the use of plant-based milk analogues as raw materials in food systems technologies with tailored properties.

**Keywords:** plant milk, sources of production, types of plant milk, production technology, nutritional value

**For citation:** Miroshin E.V., Reznichenko I.Yu. Characteristics of plant-based milk analogues for the production of lactose-free products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 12–22. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250402

### Введение

Молоко и молочные продукты – продукты питания, которые включают в рацион практически всех возрастных категорий потребителей. Традиционно молоко получают от сельскохозяйственных животных, таких как коровы, буйволы, козы, верблюды и овцы [1].

Молоко и молочные продукты по своей пищевой и биологической ценности характеризуются высоким содержанием макро- и микронутриентов, незаменимых белков, незаменимых жирных кислот и биологически активных соединений, способствующих общему здоровью и развитию человека [2, 3]. Несмотря на то, что коровье молоко богато питательными веществами, некоторые люди не могут его употреблять по разным причинам, вклю-

чая диетические ограничения (например, веганство и вегетарианство), проблемы со здоровьем (например, аллергия и непереносимость лактозы) и экологические соображения, такие как сокращение углеродного следа. Поэтому в последние годы резко возрос спрос на растительные альтернативы молоку, что обусловлено множеством факторов, включая упомянутые, а также изменением пищевых предпочтений [4, 5].

Прогнозы предполагают, что мировые доходы от продажи аналогов молока вырастут до 38 млрд долларов США к 2029 году по сравнению с 23 млрд долларов США в 2023 году [6].

Растительные заменители молока получают из различных источников: бобовые (соя,

горох, арахис), злаки (овес, рис), масличные семена (лен, кунжут) и орехи (миндаль, кешью, кокос). Они разрабатываются как потенциальные заменители коровьего молока, при этом некоторые из них обладают схожей функциональностью и сенсорными характеристиками [7]. Однако из-за различий в производственных процессах и используемого растительного сырья сенсорные свойства аналогов, такие как вкус, цвет и консистенция, отличаются от свойств коровьего молока [8].

Аналоги молока – это эмульсии, изготовленные из механически измельченного растительного сырья, содержащие такие компоненты, как жир, сахара, минералы и белки. Такой метод получения носит название «сверху вниз» и предполагает разрушение тканей растительного сырья для получения водной дисперсии мелких частиц [9]. Технологический процесс, который носит название «снизу вверх», предполагает гомогенизацию воды, растительного масла и растительных эмульгаторов для получения коллоидной дисперсии. Включает в себя выбор сырья, замачивание, измельчение и смешивание с водой с последующей гомогенизацией и фильтрацией для достижения жидкой консистенции, напоминающей обычное коровье молоко [10]. Для повышения стабильности, улучшения пищевой ценности и органолептических свойств этих продуктов часто применяются передовые методы обработки, такие как ферментативный гидролиз, ферментация и термическая обработка [11, 12].

Одним из ключевых преимуществ растительных заменителей молока является их потенциальная польза для здоровья. Они от природы не содержат холестерина, часто содержат меньше насыщенных жиров и могут быть источником полезных биоактивных соединений, таких как полифенолы, фитостерины и антиоксиданты [4]. Их пригодность для людей с непереносимостью лактозы или аллергией на молочные продукты делает их необходимым диетическим вариантом для всё большего числа потребителей. Кроме того, по сравнению с традиционным молочным производством, растительные альтернативы молоку оказывают меньшее воздействие на окружающую среду, требуя меньше природных ресурсов и производя меньше выбросов парниковых газов, что делает их более экологичным выбором [13]. Несмотря на эти преимущества, существует ряд проблем, препятст-

вующих широкому внедрению растительных альтернатив молоку. Во-первых, продукты, полученные с применением аналогов молока, уступают по качеству и количеству белка, по сравнению с коровьим молоком, поэтому их необходимо дополнительно обогащать необходимыми питательными веществами. Кроме того, нежелательные сенсорные характеристики, такие как зернистая текстура, посторонние привкусы и расслоение фаз, часто влияют на потребительскую приемлемость. Для улучшения вкуса, текстуры и стабильности этих продуктов обычно используются пищевые добавки, такие как эмульгаторы, стабилизаторы и усилители вкуса [4, 12, 14]. Поскольку потребительский спрос на растительные заменители молока продолжает расти, исследования и инновации имеют решающее значение для оптимизации их питательного состава, сенсорных характеристик и функциональных свойств [15].

Цель обзора – дать научно обоснованную характеристику основным растительным аналогам молока, обобщить преимущества и проблемы их применения в технологии пищевых продуктов, что позволит понять их роль в питании и будущих достижениях в области пищевых технологий.

#### **Объекты и методы**

Объектами исследований являлись растительные аналоги молока, полученные из различного растительного сырья. В качестве методов применяли анализ, обобщение, систематизацию данных. Поиск отечественных и зарубежных источников осуществляли в электронных научных базах за последние десять лет. Ключевыми словами служили: аналоги молока, растительные аналоги молока, пищевая ценность аналогов молока, растительное молоко, использование аналогов молока.

#### **Результаты и их обсуждение**

*Необходимость в растительных заменителях молока*

Растительное молоко привлекло значительное внимание в качестве основного заменителя коровьего молока, особенно среди людей с непереносимостью лактозы, аллергией на молоко и страдающих гиперхолестеринемией. Оно становится все более интегрированным в повседневную жизнь, продажи на рынке резко возросли, и оно все чаще ассоциируется с устойчивым развитием и защитой окружающей среды. Благодаря своим питательным и функциональным преимуществам

растительное молоко показывает многообещающие перспективы развития [1].

Растительное молоко считается питательным, экологичным и вегетарианским продуктом питания, и за последнее десятилетие оно стало самым быстрорастущим напитком во многих странах мира. Пищевая ценность, вкус и калорийность являются главными факторами, которые потребители наиболее всего ценят в отношении растительного молока. На китайском рынке, например, кокосовое молоко является самым популярным растительным молоком с самым высоким уровнем покупок (61,2 %), за ним следует соевое молоко (53,9 %) [16]. В Европе объемы потребления растительного молока за последние шесть лет увеличились на 47 %, в Северной Америке ежегодный прирост составляет 5,9 %, в Латинской Америке – на 13,2 %, в Африке и Ближнем Востоке – на 9,6 %, в России продажи растительных аналогов молока выросли с 2024 года на 31 % в денежном выражении [17–19].

Рост объемов потребления аналогов молока, таким образом, диктует необходимость изучения возможности расширения ассортимента продуктов на их основе за счет разработки не только молочных, но и других видов изделий. Знание пищевой ценности и свойств аналогов молока, как факторов, формирующих качество, позволит обосновать выбор продукта с их использованием.

#### *Аналоги молока*

Растительное молоко – это немолочные аналоги, получаемые из различных растительных источников, включая орехи, семена, зерновые и бобовые культуры. Оно служит заменой традиционному коровьему молоку и широко употребляется людьми с непереносимостью лактозы, аллергией на молочные продукты или сторонниками веганской диеты. Эти аналоги различаются по вкусу, текстуре и питательной ценности в зависимости от источника получения.

Одна из самых известных категорий растительного молока – это ореховое молоко, к которому относится молоко из миндаля, кешью, макадамии, фундука, грецкого ореха. Миндальное молоко является одним из самых распространенных благодаря своему лёгкому ореховому вкусу и низкой калорийности. Оно богато витамином Е, антиоксидантом, известным своей способностью укреплять иммунитет и стимулировать защитные функции орга-

низма [20]. Молоко из кешью имеет кремовую текстуру и часто используется для приготовления кофе [21]. Молоко из макадамии характеризуется сливочным и насыщенным вкусом, высоким содержанием полезных для сердца мононенасыщенных жиров [22]. Молоко из фундука имеет естественно сладкий ореховый вкус и часто используется в десертах, в то время как молоко из грецкого ореха выделяется высоким содержанием омега-3 жирных кислот, необходимых для жировых тканей головного мозга и профилактике аутоиммунных заболеваний [23]. Отечественными учеными предложена технология получения молока из ядер фундука и установлена возможность его применения для продуктов лечебно-профилактического питания [24].

Рассмотрена возможность получения кедрового молока из ядер кедрового ореха и полуобезжиренной кедровой муки [25]. Предложен способ получения молока в виде эмульсии и ее стабилизации ультразвуковым воздействием в режиме развитой кавитации. Кедровое молоко отличается от других аналогов повышенным содержанием белков, доля которых составляет 1,9–3,4 % и жиров, содержание которых составляет 1,8–3,3 % [25].

Экспериментально установлена возможность замены коровьего молока на миндальное, кокосовое, овсяное и рисовое в составе йогуртов на основе заквасок Наринэ, Полезная партия, Биовестин [26].

Другая категория – молоко на основе семян, к которому относятся молоко из конопли, льна, кунжута и подсолнечника. Эти растительные виды молока богаты незаменимыми жирными кислотами и часто употребляются людьми, которые ищут богатые питательными веществами аналоги. Конопляное молоко, изготовленное из семян конопли, имеет слегка землистый вкус и богато полиненасыщенными жирными кислотами (омега-3 и омега-6), которые, как доказано, полезны для здоровья сердечно-сосудистой системы [27]. Льняное молоко – это мягкий и нейтральный на вкус вариант, известный высоким содержанием омега-3, способный предотвращать кардиотоксичность, вызванную химиотерапией, у женщин с раком молочной железы [28]. Кунжутное молоко содержит высококачественный белок и лигнаны [29]. Молоко из семян подсолнечника является менее известным, но ценным аналогом, богатым витами-

ном Е, магнием, полиненасыщенными жирными кислотами.

Молоко на основе зерновых, включая овсяное, рисовое, является еще одной популярной категорией. Овсяное молоко пользуется спросом благодаря своей естественной кремообразной консистенции и легкой сладости, которая достигается за счет естественного расщепления овсяного крахмала на простые сахара в процессе обработки. Оно также является хорошим источником бета-глюканов, типа растворимой клетчатки, которая способствует снижению уровня холестерина [30]. В овсяном молоке содержатся витамины биотин, D, E, B<sub>1</sub>, из минеральных веществ – марганец, однако оно бедно кальцием. Для улучшения сенсорных характеристик овсяного молока используют различные технологические приемы. Обрабатывают под высоким давлением (600 МПа) [31]; добавляют диацетил, лимонен, коричный альдегид; применяют низкотемпературную обработку зерен [32]. Показано, что овсяное молоко может служить основным сырьем для производства кисломолочных напитков с включением в состав свежей или мороженой ягоды [33], мороженого с применением сиропа шиповника [34].

Рисовое молоко является одним из самых гипоаллергенных вариантов растительного молока, что делает его подходящим для людей с множественной пищевой аллергией. Богатое фосфором, магнием и калием, оно поддерживает иммунную функцию, обладает защитными свойствами против рака и повышает устойчивость к патогенам. По сравнению с другими немолочными альтернативами, рисовое молоко имеет заметно более низкое соотношение липидов к белку, что делает его идеальным выбором для тех, кто контролирует уровень холестерина или испытывает проблемы с пищеварением из-за богатой белком пищи [35].

Молоко из киноа – менее распространенный, но питательный вариант, поскольку содержит все незаменимые аминокислоты, витамины группы B, богато магнием, марганцем, селеном, калием по сравнению с другими аналогами [36].

Молоко на основе бобовых, особенно соевое, гороховое и нутовое, ценится за высокое содержание белка. Соевое молоко по питательной ценности схоже с коровьим молоком, поскольку содержит схожий уровень белка и сбалансированный аминокислотный профиль.

Оно также богато изофлавонами, растительными соединениями, которые могут оказывать благотворное влияние на здоровье сердца и гормональную регуляцию, и фитостеролами, способствующими снижению уровня холестерина [37, 38]. Соевое молоко, полученное путем бланширования зерен, снижает активность ингибиторов трипсина, что улучшает их усвояемость. Соевое молоко как сырье находит применение в технологии получения пищевых систем с улучшенными сенсорными характеристиками и повышенной пищевой ценностью. Например, благодаря дополнительному обогащению селеном в органической форме и бразильским орехом, измельченным до размера частиц эмульсии соевого молока, показана возможность получения белковых напитков альтернативным молочным [39]. Предложен состав мягкого сырного продукта, приготовленного по технологии чеддеризации с включением соевого молока [40].

Гороховое молоко, изготовленное из желтого гороха, – еще один богатый белком аналог с кремообразной текстурой и нейтральным вкусом, часто обогащенный необходимыми питательными веществами, такими как витамин D и кальций. Нутовое молоко, хотя и встречается реже, является хорошим источником растительного белка и клетчатки, что делает его питательным дополнением к молоку на основе бобовых. Кокосовое молоко, получаемое из мякоти кокосов, является уникальным растительным молоком благодаря своему ярко выраженному тропическому вкусу и высокому содержанию триглицеридов средней цепи. Оно широко используется в кулинарии, особенно в кухнях Юго-Восточной Азии и Индии. Однако кокосовое молоко содержит меньше белка по сравнению с другими видами растительного молока и часто сочетается с другими ингредиентами для улучшения его пищевой ценности [41].

Растительное молоко на основе псевдозлаков получают из таких злаков, как амарант, тефф и т. д., и представляет собой растущий сегмент индустрии растительных напитков. Псевдозлаки ценятся за высокую питательную ценность, отсутствие глютена и экологическую безопасность. Они богаты белками, пищевыми волокнами, биоактивными соединениями и незаменимыми аминокислотами, что делает их подходящими для потребителей, заботящихся о своем здоровье, и людей с

диетическими ограничениями. Псевдозлаки, такие как амарант и киноа, содержат полноценные белки со всеми незаменимыми аминокислотами и, как и многие традиционные злаки, они также являются богатым источником витаминов, особенно витаминов группы В, и минералов, таких как кальций, магний и железо. Наличие фенольных соединений и антиоксидантов способствует их противовоспалительному и гипогликемическому действию [42].

Процесс производства растительного молока на основе псевдозлаков включает очистку и замачивание зерен с последующим измельчением до получения однородной массы. Нагревание используется для инактивации ферментов, а фильтрация помогает удалить твердые частицы. Иногда также производится обогащение определенными витаминами и минералами. Они также подвергаются ферментации молочнокислыми бактериями для снижения содержания антипитательных веществ и повышения биодоступности питательных веществ, что способствует улучшению здоровья пищеварительной системы, и делает их подходящим выбором для потребителей, ищущих устойчивые альтернативы [43]. Кроме того, некоторые виды растительного молока производятся в виде смесей или обогащенных версий для улучшения их вкуса, текстуры или пищевой ценности. Например,

миндально-овсяные смеси сочетают в себе кремообразную текстуру овса с легким ореховым привкусом миндаля. Многие коммерчески доступные виды растительного молока обогащены кальцием, витамином D и витамином B<sub>12</sub>, что делает их более сопоставимыми с обычным молоком по питательной ценности. Существуют также версии, обогащенные белком, в которые производители добавляют гороховый или соевый белок для улучшения общего содержания белка в молоке.

В таблице приведены виды растительных аналогов молока, их отличительные особенности в пищевой ценности.

Каждый вид растительного молока отличается полезными свойствами, а также набором витаминов и микроэлементов, которые имеет исходное сырье.

#### Выводы

Анализ материала позволяет сказать, что многие виды растительного молока характеризуются антиоксидантной активностью, содержанием полиненасыщенных жирных кислот, жирорастворимыми витаминами, но недостаточным количеством белка, низкой биодоступностью минеральных и витаминных веществ, что представляет собой проблему для потребления растительных заменителей молока по сравнению с коровьим молоком. Хотя растительное сырье имеет высокое содержание фенолов, некоторые

Таблица

Виды растительных аналогов молока и их пищевая ценность

Вид аналога молока	Основное сырье для производства	Отличительная особенность пищевой ценности
Ореховое молоко	Миндаль, кешью, фундук, макадами, грецкий орех, кедровый орех	Высокое содержание антиоксидантов, мононенасыщенных жирных кислот, белка [20, 21, 25]
Молоко на основе семян	Лен, конопля, кунжут, подсолнечник	Высокое содержание белка и липидов, наличие полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6) [27–29]
Молоко на основе зерновых культур	Овес, рис	Высокое содержание пищевых волокон при отсутствии насыщенных жиров, источник бета-глюканов [29], высокое содержание фосфора, магния, калия [35]
Молоко на основе бобовых культур	Соя, горох, нут	Высокое содержание белка, изофлавоноидов, фитостеролов, незаменимых жирных кислот омега-3, омега-6 [37, 38]
Молоко на основе псевдозлаков	Амарант, тефф, киноа	Высокое содержание белка, пищевых волокон и минеральных веществ: кальций, магний, железо [42, 43]

этапы обработки приводят к снижению антиоксидантной активности и количества биологически активных соединений в конечном продукте. Недостаточное содержание белка можно устранить, смешивая различные виды растительных заменителей молока [44]. Вкусовые характеристики можно улучшать путем применения новых технологических

приемов. Расширение направлений использование растительных аналогов молока, как сырьевого ингредиента, в технологиях пищевых систем с заданными свойствами можно рассматривать как актуальное, в связи с растущей долей потребителей продуктов специализированной направленности и дополненной пищевой ценности.

### Список литературы

1. Garg A., Sharma S., Verma P. Plant Based Legume Extracts as Milk Alternatives – A Review // *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2025. 13. 109–118. DOI: 10.11648/j.jfns.20251303.11.
2. Jemaa M.B., Gamra R., Falleh H. et al. Plant-based milk alternative: nutritional profiling, physical characterization and sensorial assessment // *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. 4(2), 108–120.
3. Reyes-Jurado F., Soto-Reyes N., Dávila-Rodríguez M. et al. Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics // *Food Reviews International*. 2023. 39(4), 2320–2351. DOI: 10.1080/87559129.2021.1952421
4. Rehal J., Thapa A., Kaushal P. Benefits and challenges in plant-based milk alternatives. 2025. 12. 1–11. DOI: 10.37446/jinagri/ra/12.2.2025.1-11.
5. Magwere A., Keast R., Gamlath S. et al. A Comparative Study of the Sensory and Physicochemical Properties of Cow Milk and Plant-Based Milk Alternatives // *Journal of Food Science*. 2025. 90. DOI: 10.1111/1750-3841.70370.
6. URL: <https://www.statista.com/forecasts/693055/dairy-alternatives-global-sales-value>
7. McClements D.J., Lu J., Grossmann L. Proposed Methods for Testing and Comparing the Emulsifying Properties of Proteins From Animal, Plant, and Alternative Sources // *Colloids and Interfaces*. 2022. 2. 19. DOI: 10.3390/colloids6020019. URL: <https://www.mdpi.com/2504-5377/6/2/19>.
8. Moss R., LeBlanc J., Gorman M. et al. A Prospective Review of the Sensory Properties of Plant-Based Dairy and Meat Alternatives With a Focus on Texture // *Foods*. 2023. 12. 8. 1709. DOI: 10.3390/foods12081709. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/8/1709>.
9. Chen X., Niu H., McClements D.J. Utilization of bottom-up approaches to produce plant-based milk analogs: a review of compositional, structural, physicochemical, functional, and nutritional properties // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025. P. 1–24. DOI: 10.1080/10408398.2025.2544771
10. Thakur N., Gupta N., Sood M. et al. Plant based milk alternatives an emerging segment: A review // *The Pharma Innovation Journal*. 2022. 11(9), 2752–2758.
11. Silva A.R., Silva M.M., Ribeiro B.D. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk // *Food Research International*. 2020. 131, 108972. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108972
12. Karoui R., Bouaicha I. A review on nutritional quality of animal and plant-based milk alternatives: a focus on protein // *Frontiers in Nutrition*. 2024. 11, 1378556. DOI: 10.3389/fnut.2024.1378556
13. Painter P. A Nutritional and Environmental Impact Comparison of Skim Dairy Milk and Plant Beverages: A Review // *Medical Research Archives*. 2025. 13. DOI: 10.18103/mra.v13i4.6498.
14. Liu Q., Wang K., Shen Y., Yu X. Nutritional value and sensory attributes of plant-based fermented milk: A comprehensive review // *Food Science and Technology International*. 2025. 10820132251368699. DOI: 10.1177/10820132251368699.
15. Paul A.A., Kumar S., Kumar V., Sharma R. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020. 60(18), 3005–3023. DOI: 10.1080/10408398.2019.1674243
16. Wang A., Tan C., Yu W. et al. Consumer Preference and Purchase Intention for Plant Milk: A Survey of Chinese Market // *Foods*. 2025. 14. 1240. DOI: 10.3390/foods14071240.
17. Растительные напитки. Обзор ВЭД. URL: [https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2023/06/Обзор-ВЭД\\_Растительные-напитки.pdf](https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2023/06/Обзор-ВЭД_Растительные-напитки.pdf) (дата обращения 25.09.2025)

18. Рынок альтернативного молока в России. URL: <https://dzen.ru/a/aCJQdxy8WRM72uPh> (дата обращения 25.09.2025)
19. Федорова М.А. Состояние рынка альтернативных молочных продуктов в России // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022. № 3. С. 42–55.
20. Singar S., Kadyan S., Patoine C. et al. The Effects of Almond Consumption on Cardiovascular Health and Gut Microbiome: A Comprehensive Review // *Nutrients*. 2024. 16(12), 1964. DOI: 10.3390/nu16121964
21. Pan W., Zheng Z., Li P. et. al. Effects of enzymatic modification on the stability of cashew-based milk // *Food & Function*. 2023. 14. DOI: 10.1039/D3FO01013A.
22. Machado A., Silva K., Miranda B. et al. Development and characterization of a nut-based beverage of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) and macadamia (*Macadamia integrifolia*) // *Food Science and Technology*. 2024. 44. DOI: 10.5327/fst.02223.
23. Sen L., Okur S. Effect of hazelnut type, hydrocolloid concentrations and ultrasound applications on physicochemical and sensory characteristics of hazelnut-based milks // *Food Chemistry*. 2022. 402. 134288. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134288.
24. Разработка технологии получения растительного молока из ядер фундука / Т.И. Тимофеевко, Н.Ф. Гринь, Т.А. Шахрай [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2013. № 1(331). С. 45–46. EDN: PZFNDD.
25. Егорова Е.Ю. Современные подходы к получению протеиновых напитков на растительной основе // *Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова*. 2018. № 2(46). С. 143–150. EDN: YLJSDB.
26. Чачина С.Б., Падерина Е.Е., Денисова Е.П. Получение безлактозных биопродуктов на основе растительного белка со сниженными антипитательными факторами // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. 2025. № 2. С. 60–86. DOI: 10.15593/2224-9400/2025.2.05. EDN: FRATYI.
27. Thakur A., Morya S., Kasankala L. Hemp Seed and Its Milk Analog: A Review on Specialties, Significance and Emerging Needs // *Journal of Natural Fibers*. 2025. 22. 2474136. DOI: 10.1080/15440478.2025.2474136.
28. Rathod N., Soni A., Meena P., Sharma H. Non-dairy Dietary Approach for Lactose Intolerant // *Lactose Hydrolysis in Dairy Products*. 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-78207-7\_7.
29. Ayana I., Elgarhy M., Alotibi F. et al. Artificial Intelligence-Powered Optimization and Milk Permeate Upcycling for Innovative Sesame Milk with Enhanced Probiotic Viability and Sensory Appeal // *ACS Omega*. 2024. 9. 25189–25202. DOI: 10.1021/acsomega.4c02824.
30. Yu, Y., Li, X., Zhang, J., et al. Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food Chemistry: X*. 2023. 19. 100859. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100859.
31. Ahmad I., Lopez-Martinez J.M., Sadiq M.B. Impact of high-pressure processing on rheological, dispersive, and sensorial quality attributes of oat milk // *Journal of Food Science and Technology*. 2025. 62(3), 508–518. DOI: 10.1007/s13197-024-06040-x
32. Han Y., Cheng J.H., Sun D.W. Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. 59(5), 794–811. DOI: 10.1080/10408398.2018.1555131
33. Яковлева Д.П. Оценка эффективности производства растительного молока на территории Алтайского края // *Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета*. 2022. № 1. С. 102–104. EDN: HUCFMF.
34. Разработка мороженого из различных видов молока с повышенным содержанием витамина С / А.В. Борисова, А.Н. Иванова, Н.В. Чикова, Е.О. Бурлак // *Ползуновский вестник*. 2022. № 1. С. 39–46. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.005. EDN: NMXIQK.
35. Romulo A., Kirana V. Evaluation of viability and chemical properties of fermented black rice-milk alternatives // *BIO Web of Conferences*. 2025. 172. DOI: 10.1051/bioconf/202517204010.
36. Araújo G., Campos V., Silva J. et al. Preparation And Evaluation Of A Mixed Vegetable Drink Based On Coconut Milk, Amaranth, Quinoa And Acerola // *IOSR Journal of Business and Management*. 2024. 26. 21–29. DOI: 10.9790/487X-2612042129.

37. Huang Y., Paviani B., Fukagawa N. et al. Comprehensive oligosaccharide profiling of commercial almond milk, soy milk, and soy flour // *Food Chemistry*. 2023. 409. 135267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.135267.
38. Kusumahastuti D.K.A., Lewerissa K.B., Cahyanti M.N. et al. Physicochemical Properties of Yoghurt Analog from Peanut and Soy Milk // *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 2025. 11(2), 614–620. DOI: 10.29303/jppipa.v11i2.10058
39. Агутова С.И., Глотова И.А., Галочкина Н.А. Фортификация пищевой ценности и функциональных свойств соевого белкового напитка // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2022. № 4. С. 100–106. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-4-100-106. EDN: GNVDXO.
40. Резниченко И.Ю., Фролова Н.А. Влияние ферментных препаратов на качество мягкого сырного продукта с растительным // *Вестник биотехнологии*. 2024. № 2. С. 6–16. EDN: RAGESX.
41. Castro A. Design and Performance Evaluation of Coconut Milk Extractor for Cleaner Production // *Int. J. Agric. Food Sci*. 2025. 7(9). 377–384. DOI: 10.33545/2664844X.2025.v7.i9e.768.
42. Li H., Zhu F., Li G. Beverages developed from pseudocereals (quinoa, buckwheat, and amaranth): Nutritional and functional properties // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. 24(1). e70081. DOI: 10.1111/1541-4337.70081
43. Deziderio M.A., de Souza H.F., Kamimura E.S., Petrus R.R. Plant-based fermented beverages: Development and characterization // *Foods*. 2023. 12(22), 4128. DOI: 10.3390/foods12224128
44. Aydar E., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // *Journal of Functional Foods*. 2020. 70. 103975. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975.

#### References

1. Garg A., Sharma S., Verma P. Plant Based Legume Extracts as Milk Alternatives – A Review. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2025. 13. 109–118. DOI: 10.11648/j.jfns.20251303.11.
2. Jemaa M.B., Gamra R., Falleh H., Ksouri R., Beji R.S. Plant-based milk alternative: nutritional profiling, physical characterization and sensorial assessment. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. 4(2), 108–120.
3. Reyes-Jurado F., Soto-Reyes N., Dávila-Rodríguez M., Lorenzo-Leal A.C., Jiménez-Munguía M.T., Mani-López E., López-Malo A. Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*. 2023. 39(4), 2320–2351. DOI: 10.1080/87559129.2021.1952421
4. Rehal J., Thapa A., Kaushal P. Benefits and challenges in plant-based milk alternatives. 2025. 12. 1–11. DOI: 10.37446/jinagri/ra/12.2.2025.1-11.
5. Magwere A., Keast R., Gamlath S., Nandorfy D., Pematilleke N., Gambetta J. A Comparative Study of the Sensory and Physicochemical Properties of Cow Milk and Plant-Based Milk Alternatives. *Journal of Food Science*. 2025. 90. DOI: 10.1111/1750-3841.70370.
6. URL: <https://www.statista.com/forecasts/693055/dairy-alternatives-global-sales-value>
7. McClements D.J., Lu J., Grossmann L. Proposed Methods for Testing and Comparing the Emulsifying Properties of Proteins From Animal, Plant, and Alternative Sources. *Colloids and Interfaces*. 2022. 2. 19. DOI: 10.3390/colloids6020019. URL: <https://www.mdpi.com/2504-5377/6/2/19>.
8. Moss R., LeBlanc J., Gorman M., Ritchie C., Duizer L., McSweeney M.B. A Prospective Review of the Sensory Properties of Plant-Based Dairy and Meat Alternatives With a Focus on Texture. *Foods*. 2023. 12. 8. 1709. DOI: 10.3390/foods12081709. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/8/1709>.
9. Chen X., Niu H., McClements D.J. Utilization of bottom-up approaches to produce plant-based milk analogs: a review of compositional, structural, physicochemical, functional, and nutritional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025. 1–24. DOI: 10.1080/10408398.2025.2544771
10. Thakur N., Gupta N., Sood M., Bandral J.D., Singh J., Bhat A., Rafiq N. Plant based milk alternatives an emerging segment: A review. *The Pharma Innovation Journal*. 2022. 11(9), 2752–2758.
11. Silva A.R., Silva M.M., Ribeiro B.D. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*. 2020. 131, 108972. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108972

12. Karoui R., Bouaicha I. A review on nutritional quality of animal and plant-based milk alternatives: a focus on protein. *Frontiers in Nutrition*. 2024. 11, 1378556. DOI: 10.3389/fnut.2024.1378556
13. Painter P. A Nutritional and Environmental Impact Comparison of Skim Dairy Milk and Plant Beverages: A Review. *Medical Research Archives*. 2025. 13. DOI: 10.18103/mra.v13i4.6498.
14. Liu Q., Wang K., Shen Y., Yu X. Nutritional value and sensory attributes of plant-based fermented milk: A comprehensive review. *Food Science and Technology International*. 2025. 10820132251368699. DOI: 10.1177/10820132251368699.
15. Paul A.A., Kumar S., Kumar V., Sharma R. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020. 60(18), 3005–3023. DOI: 10.1080/10408398.2019.1674243
16. Wang A., Tan C., Yu W., Zou L., Wu D., Liu X. Consumer Preference and Purchase Intention for Plant Milk: A Survey of Chinese Market. *Foods*. 2025. 14. 1240. DOI: 10.3390/foods14071240.
17. *Rastitel'nye napitki. Obzor VED* [Plant-Based Beverages. Foreign Economic Activity Review. URL: [https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2023/06/Обзор-ВЭД\\_Растительный-напитки.pdf](https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2023/06/Обзор-ВЭД_Растительный-напитки.pdf);
18. *Rynok al'ternativnogo moloka v Rossii* [Alternative Milk Market in Russia]. URL: <https://dzen.ru/a/aCJQdxy8WRM72uPh>
19. Fedorova M.A. State of the Alternative Dairy Products Market in Russia. *Socioeconomic and Humanitarian Journal*. 2022, no. 3. pp. 42–55. (In Russ.)
20. Singar S., Kadyan S., Patoine C., Park G., Arjmandi B., Nagpal R. The Effects of Almond Consumption on Cardiovascular Health and Gut Microbiome: A Comprehensive Review. *Nutrients*. 2024. 16(12), 1964. DOI: 10.3390/nu16121964
21. Pan W., Zheng Z., Li P. et al. Effects of enzymatic modification on the stability of cashew-based milk. *Food & Function*. 2023. 14. DOI: 10.1039/D3FO01013A.
22. Machado A., Silva K., Miranda B. et al.. Development and characterization of a nut-based beverage of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) and macadamia (*Macadamia integrifolia*). *Food Science and Technology*. 2024. 44. DOI: 10.5327/fst.02223.
23. Sen L., Okur S. Effect of hazelnut type, hydrocolloid concentrations and ultrasound applications on physicochemical and sensory characteristics of hazelnut-based milks. *Food Chemistry*. 2022. 402. 134288. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134288.
24. Timofeenko T.I., Grin N.F., Shakhrai T.A. [et al.] Development of technology for obtaining plant-based milk from hazelnut kernels. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2013, no. 1 (331), pp. 45–46. (In Russ.) EDN: PZFNDD.
25. Egorova E.Yu. Modern approaches to obtaining plant-based protein drinks. *News of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov*. 2018, no. 2 (46), pp. 143–150. (In Russ.) EDN: YLJSDB.
26. Chachina S.B., Paderina E.E., Denisova E.P. Production of lactose-free bioproducts based on plant protein with reduced antinutritional factors. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology*. 2025, no. 2, pp. 60–86. (In Russ.) DOI: 10.15593/2224-9400/2025.2.05. EDN: FRATIY.
27. Thakur A., Morya S., Kasankala L. Hemp Seed and Its Milk Analog: A Review on Specialties, Significance and Emerging Needs. *Journal of Natural Fibers*. 2025. 22. 2474136. DOI: 10.1080/15440478.2025.2474136.
28. Rathod N., Soni A., Meena P., Sharma H. Non-dairy Dietary Approach for Lactose Intolerant. *Lactose Hydrolysis in Dairy Products*. 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-78207-7\_7.
29. Ayana I., Elgarhy M., Alotibi F. et al. Artificial Intelligence-Powered Optimization and Milk Permeate Upcycling for Innovative Sesame Milk with Enhanced Probiotic Viability and Sensory Appeal. *ACS Omega*. 2024. 9. 25189–25202. DOI: 10.1021/acsomega.4c02824.
30. Yu Y., Li X., Zhang J. et al. Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food Chemistry: X*. 2023. 19. 100859. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100859.
31. Ahmad I., Lopez-Martinez J.M., Sadiq M.B. Impact of high-pressure processing on rheological, dispersive, and sensorial quality attributes of oat milk. *Journal of Food Science and Technology*. 2025. 62(3), 508–518. DOI: 10.1007/s13197-024-06040-x
32. Han Y., Cheng J.H., Sun D.W. Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. 59(5), 794–811. DOI: 10.1080/10408398.2018.1555131

33. Yakovleva D.P. Evaluation of the efficiency of plant-based milk production in the Altai Territory. *Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University*. 2022, no. 1, pp. 102–104. (In Russ.) EDN: HUCFMF.
34. Borisova A.V., Ivanova A.N., Chikova N.V., Burlak E.O. Development of ice cream from various types of milk with increased content of vitamin C. *Polzunovsky Bulletin*. 2022, no. 1, pp. 39–46. (In Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.005. EDN: NMXIQK.
35. Romulo A., Kirana V. Evaluation of viability and chemical properties of fermented black rice-milk alternatives. *BIO Web of Conferences*. 2025. 172. DOI: 10.1051/bioconf/202517204010.
36. Araújo G., Campos V., Silva J., Carvalho N., Viroli S. Preparation And Evaluation Of A Mixed Vegetable Drink Based On Coconut Milk, Amaranth, Quinoa And Acerola. *IOSR Journal of Business and Management*. 2024. 26. 21–29. DOI: 10.9790/487X-2612042129.
37. Huang Y., Paviani B., Fukagawa N. et al. Comprehensive oligosaccharide profiling of commercial almond milk, soy milk, and soy flour. *Food Chemistry*. 2023. 409. 135267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.135267.
38. Kusumahastuti D.K.A., Lewerissa K.B., Cahyanti M.N. et al. Physicochemical Properties of Yoghurt Analog from Peanut and Soy Milk. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 2025. 11(2), 614–620. DOI: 10.29303/jppipa.v11i2.10058
39. Agutova S.I., Glotova I.A., Galochkina N.A. Fortification of nutritional value and functional properties of soy protein drink. *Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. 2022, no. 4, pp. 100–106. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-4-100-106. (In Russ.) EDN: GNVDXO.
40. Reznichenko I.Yu., Frolova N.A. Influence of enzyme preparations on the quality of soft cheese product with vegetable. *Bulletin of biotechnology*. 2024, no. 2, pp. 6–16. (In Russ.) EDN: RAGESX.
41. Castro A. Design and Performance Evaluation of Coconut Milk Extractor for Cleaner Production. *Int. J. Agric. Food Sci*. 2025. 7(9). 377–384. DOI: 10.33545/2664844X.2025.v7.i9e.768.
42. Li H., Zhu F., Li G. Beverages developed from pseudocereals (quinoa, buckwheat, and amaranth): Nutritional and functional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. 24(1). e70081. DOI: 10.1111/1541-4337.70081
43. Deziderio M. A., de Souza H.F., Kamimura E.S., Petrus R.R. Plant-based fermented beverages: Development and characterization. *Foods*. 2023. 12(22), 4128. DOI: 10.3390/foods12224128
44. Aydar E., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*. 2020. 70. 103975. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975.

#### **Информация об авторах**

**Мирошин Егор Витальевич**, аспирант, Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Россия; egor.miroshin42@gmail.com

**Резниченко Ирина Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания, Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Россия; irina.reznichenko@gmail.com

#### **Information about the authors**

**Egor V. Miroshin**, postgraduate, Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia; egor.miroshin42@gmail.com

**Irina Yu. Reznichenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Biotechnology and Food Production, Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia; irina.reznichenko@gmail.com

**Статья поступила в редакцию 10.10.2025.**  
**The article was submitted 10.10.2025.**