

## Современные технологии производства альтернативного молока из растительных продуктов

Дарья И. Шишкина	<sup>1</sup>	<a href="mailto:shishkina.di@rea.ru">shishkina.di@rea.ru</a>	 0000-0002-0620-8465
Александра И. Штовхун	<sup>1</sup>	<a href="mailto:shtovhun.ai@rea.ru">shtovhun.ai@rea.ru</a>	 0000-0002-8039-0349
Евгения Э. Клейн	<sup>1</sup>	<a href="mailto:kleyn.ee@rea.ru">kleyn.ee@rea.ru</a>	 0000-0003-0322-036X
Лидия В. Беркетова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:berketova.lv@rea.ru">berketova.lv@rea.ru</a>	 0000-0002-1798-6131

<sup>1</sup> Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, 117997, Россия

**Аннотация.** В современном мире польза молока животного происхождения ставится под сомнение в связи с распространением среди населения непереносимости лактозы и пищевой аллергии на молочные белки, а также из-за популяризации таких систем питания, как вегетарианство и веганство. В связи с этим на рынке растёт спрос на растительные аналоги коровьего молока, которые изготавливаются из зерновых и бобовых культур, орехов и семян. В данной статье произведён обзор существующих на данный момент традиционных технологий создания заменителей молока на растительной основе, которые используются в массовом коммерческом производстве. Описаны основные этапы технологического сырья. Приводятся некоторые параметры обработки продуктов растительного происхождения при использовании их процесса производства растительных аналогов молока с учетом различий при использовании определенных видов для получения альтернативных молоку напитков. Отмечены преимущества и степень эффективности различных вариантов термической и нетермической обработки. Также рассмотрены инновационные способы улучшения качества растительных аналогов молока, показавшие эффективность применения в лабораторных условиях. Совершенствование и модернизация технологий производства растительных заменителей молока позволяют сохранять в напитках больше питательных веществ, улучшать их сбалансированность и, как следствие, увеличивать пользу для организма человека. От уровня прогрессивности технологий зависит то, в какой степени аналог может заменить традиционное коровье молоко, что очень важно для потребителей, включающих такие аналоги в свой рацион. Дальнейшие исследования в данном направлении позволят не только расширить ассортимент полезных пищевых продуктов на рынке, но также способствуют повышению продовольственной безопасности городов и стран за счет большей доступности для населения качественных источников питательных веществ.

**Ключевые слова:** растительное молоко, омический нагрев, современные технологии, ультразвук, ультрафиолет.

## Modern technologies for the production of alternative milk from plant products

Daria I. Shishkina	<sup>1</sup>	<a href="mailto:shishkina.di@rea.ru">shishkina.di@rea.ru</a>	 0000-0002-0620-8465
Alexandra I. Shtovhun	<sup>1</sup>	<a href="mailto:shtovhun.ai@rea.ru">shtovhun.ai@rea.ru</a>	 0000-0002-8039-0349
Eugenia E. Klein	<sup>1</sup>	<a href="mailto:kleyn.ee@rea.ru">kleyn.ee@rea.ru</a>	 0000-0003-0322-036X
Lydia V. Berketova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:berketova.lv@rea.ru">berketova.lv@rea.ru</a>	 0000-0002-1798-6131

<sup>1</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

**Abstract.** In the modern world, the benefits of animal milk are questioned due to the spread of lactose intolerance and food allergy to milk proteins among the population, as well as due to the popularization of such nutrition systems as vegetarianism and veganism. In this regard, the market is growing demand for vegetable analogues of cow's milk, which are made from cereals and legumes, nuts and seeds. This article provides an overview of the currently existing traditional technologies for creating plant-based milk substitutes that are used in mass commercial production. The main stages of technological raw materials are described. Some parameters of processing of products of plant origin are given when using their production process of plant analogues of milk, taking into account the differences when using certain types to obtain alternative milk drinks. The advantages and the degree of efficiency of various variants of thermal and non-thermal treatment are noted. Innovative ways of improving the quality of vegetable milk analogues, which have shown the effectiveness of their use in laboratory conditions, are also considered. The improvement and modernization of technologies for the production of vegetable milk substitutes make it possible to preserve more nutrients in drinks, improve their balance and, as a result, increase the benefits for the human body. The degree to which an analogue can replace traditional cow's milk depends on the level of technology progressiveness, which is very important for consumers who include such analogues in their diet. Further research in this direction will not only expand the range of healthy food products on the market, but will also contribute to improving the food security of cities and countries due to greater accessibility to the population of high-quality sources of nutrients.

**Keywords:** vegetable milk, ohmic heating, modern technologies, ultrasound, ultraviolet.

Для цитирования

Шишкина Д.И., Штовхун А.И., Клейн Е.Э., Беркетова Л.В. Современные технологии производства альтернативного молока из растительных продуктов // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 141–148. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-141-148

For citation

Shishkina D.I., Shtovhun A.I., Klein E.E., Berketova L.V. Modern technologies for the production of alternative milk from plant products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 141–148. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-141-148

## Введение

На протяжении последних лет популярность растительных аналогов молока среди потребителей стабильно растёт, в связи с чем увеличивается и предложение на рынке: расширяется ассортимент используемого сырья, разрабатываются новые технологии производства, совершенствуются существующие методы переработки растительных продуктов для лучшего сохранения макро- и микронутриентов и повышения их усвояемости.

Потребители делают выбор в пользу растительного молока по целому ряду причин, в том числе из-за стремления к ведению здорового образа жизни, в целях защиты окружающей среды и из неприятия жестокого обращения с животными.

Растительные аналоги молока широко используются пищевой промышленностью при производстве продуктов питания для людей, придерживающихся веганской системы питания. Данная система питания полностью исключает продукты, в состав которых входит сырьё животного происхождения вне зависимости от количества этого сырья. Согласно проводимым в России опросам, 6% респондентов придерживаются веганской диеты и ещё около 12% опрошенных заинтересованы в том, чтобы начать следовать данному типу питания, в основном с целью улучшения здоровья организма [6]. Как и в случае с коровьим и козьим молоком, заменители на растительной основе являются ингредиентами для йогуртов, сыра, кисломолочных продуктов и десертов. Можно сказать, что практически все виды молочной продукции на сегодняшний день представлены в альтернативных вариантах, сделанные на растительной основе.

Помимо людей, которые добровольно отказываются от употребления молока животного происхождения, растительные аналоги молока необходимы тем потребителям, которые страдают от непереносимости содержащейся в животном молоке лактозы или от аллергии на белки молока. Непереносимость лактозы связана с недостатком фермента лактазы, который необходим для расщепления лактозы до  $\beta$ -D-галактозы и  $\beta$ -D-глюкозы. Симптоматика лактозной непереносимости включает проблемы с желудочно-кишечным трактом, в том числе вздутие живота, повышенное газообразование, диарею и тошноту. В России около 15–20% населения в большей или меньшей степени страдают от непереносимости лактозы, при этом в северных районах страны этот показатель достигает 35% [8].

Другими аргументами в пользу выбора заменителей молока с точки зрения здоровья являются риски развития сердечно-сосудистых заболеваний и повышение уровня холестерина при потреблении продуктов животного происхождения. Эксперименты показали, что суточное потребление молока в количестве двух и более стаканов связано с развитием болезни Паркинсона, что обусловлено превышением дневной нормы D-галактозы (100 мг/кг) [25]. Злаки, бобовые, семена и орехи, из которых производится растительные заменители молока, содержат пищевые волокна, витамины, минералы и антиоксиданты. Эти продукты обладают функциональными свойствами, их потребление снижает риск развития болезни Альцгеймера и некоторых других заболеваний, поражающих мозг человека.

Однако заменители молока на растительной основе также оказывают негативное влияние на здоровье человека. В них зачастую содержится недостаточное количество белка, а также присутствуют вещества, снижающие биодоступность витаминов и минералов. Растительные аналоги молока могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье полости рта, что связано с добавлением сахара для улучшения вкуса продукта и повышения его привлекательности для потребителей.

В этой статье представлен всесторонний обзор существующих на данный момент методов производства заменителей молока на растительной основе, технологий улучшения их химического состава и повышения усвояемости содержащихся в них питательных веществ.

## Технологии производства растительного молока

Существует несколько способов производства заменителей молока из злаков, бобовых и орехов. Общими этапами производства всех альтернативных видов молока являются мокрое измельчение, фильтрация, внесение дополнительных ингредиентов, стерилизация, гомогенизация, упаковка и хранение в холодильнике [5]. Для повышения стабильности получаемого продукта добавляются камеди, а соль и подсластители используются для улучшения сенсорных свойств. Далее подробно будут рассмотрены отдельные этапы, применимые в случае конкретных видов растительных заменителей молока.

Для молочных заменителей из сои, кокоса, арахиса, грецкого ореха, кешью, миндаля и фундука растительное сырьё может поставляться в очищенном или не очищенном виде. Если продукт не отделён от скорлупы, то первым этапом является вымачивание в растворах различных веществ.

Очистка с использованием кислоты или щелочи применяется к кунжуту, грецким орехам, тигровым орехам и бразильским орехам. Вместо кислот и щелочей можно также использовать воду, но в этом случае время процесса увеличивается. Например, очищение грецких орехов и миндаля от скорлупы путем замачивания в воде должно проводиться в течение 18–20 часов, а при использовании 2%-ной лимонной кислоты при температуре 90 °С орехи можно очистить от скорлупы за две-три минуты [3]. Тигровые орехи можно очистить от кожуры путем замачивания в лимонной кислоте в течение 24 ч. Щелочные растворы, такие как 1%-ный и 2%-ный гидроксид натрия (NaOH), также используются для очистки грецких и бразильских орехов, однако после обработки продукт необходимо промыть нейтральным раствором, чтобы удалить остатки кислоты или щелочи. При производстве заменителей молока из грецких орехов после 10-минутной обработки 1%-ным NaOH при температуре 90 °С орехи промывают до достижения pH = 7,2 [7]. Кислотная и щелочная очистка позволяет избавиться от токсичных соединений, содержащихся в оболочке орехов, и таким образом преодолеть проблему горечи в конечном продукте.

Получаемое после очистки сырьё подвергается высушиванию, после чего осуществляется процесс обжарки или сухого измельчения. Обжарка повышает стабильность эмульсии и растворимость белкового изолята. Также данный вид термической обработки применяется для снижения концентрации бензальдегида и пиразина и получения нейтрального вкуса при производстве миндального заменителя молока [2]. При производстве кунжутного аналога молока процесс обжарки снижает кислотность, а также предотвращает появление горечи

и мелового привкуса. Сухое измельчение, как правило, не применяется, однако оно может представлять собой альтернативу мокрому измельчению, и существует пример использования данного процесса при производстве молока из миндаля [20].

К некоторым видам растительного сырья, например, к крупам, сое, миндалю и фундуку целесообразно применять замачивание в воде. Этот процесс позволяет ускорить последующую обработку за счёт того, что впитывающие воду зёрна, бобы и орехи набухают и размягчаются [23].

После замачивания в воде осуществляется ошпаривание или бланширование – варка в небольшом количестве жидкости. Основная цель данного процесса – инактивировать ферменты и уменьшить количество патогенных микроорганизмов. В некоторых случаях бланширование позволяет улучшить органолептические качества конечного продукта. Например, инактивация липоксигеназы в соевом молоке позволяет устранить бобовый привкус [11]. Альтернативой процессу бланширования является обработка паром, которая позволяет сохранить больше питательных веществ и, в частности, белка, который при термической обработке в воде переходит в отвар.

Как было сказано ранее, мокрое измельчение является основным этапом производства растительных заменителей молока и применяется практически для всех видов сырья. Злаки, орехи или бобовые вместе с водой измельчаются в блендере. На получаемый в результате этого процесса продукт оказывают влияние такие факторы, как количество добавляемой воды, температура, pH, скорость измельчения [30]. В таблице 1 приведены условия мокрого измельчения для получения различных видов заменителей молока.

Таблица 1.

Условия влажного измельчения некоторых видов растительного сырья при производстве заменителей молока

Table 1.

Conditions of wet grinding of some types of vegetable raw materials in the production of milk substitutes

Вид сырья Raw materials	Условия обработки   Processing conditions		
	Соотношение с водой Water ratio	Время, мин Time, min	Скорость об/мин Speed, rpm
Кунжут   Sesame	1:5	20	20 000
Арахис   Peanut	1:9	8	18 000
Фундук   Hazelnut	1:6	10	10 000
Соевые бобы   Soybean	1:25	20	10 000
Тигровый орех   Tigernut	1:4	20	13 000
Миндаль   Almond	1:9	2	18 000
Грецкий орех   Walnut	1:4,5	5	20 000
Кешью   Cashew	1:3	10	10 000

Чтобы отделить жидкую часть молочного аналога от твёрдых остатков пищевых волокон, применяется процесс фильтрации. В качестве фильтрующих материалов может использоваться марлевая ткань, хлопковая ткань толщиной 25 мкм или полупроницаемая фильтровальная бумага [16].

Для улучшения физико-химических и органолептических показателей растительных аналогов молока в них вносят различные дополнительные ингредиенты, помимо основного сырья. Аскорбиновая кислота добавляется к ингредиентам для предотвращения окисления. Добавление ксантановой камеди в количестве 0,05 г./100 мл перед термической обработкой сгущает заменители молока из орехов и повышает коллоидную стабильность конечного продукта [14]. Также ксантановая камедь (0,33% по массе) используется в рисовых альтернативах молока для ингибирования осаждения частиц [23]. Чтобы предотвратить клейстеризацию крахмала во время термической обработки можно добавлять 0,05% фермента  $\alpha$ -амилазы, который гидролизует гранулы крахмала [12]. Для улучшения вкуса растительных аналогов молока в них добавляются сахарный тростник, морская соль, ваниль, какао и различные сиропы [19].

Помимо сенсорных характеристик производимого продукта, важным критерием для потенциальных потребителей является химический состав, в том числе содержание белка, витаминов и минералов. В связи с этим, необходимо в процессе производства обеспечивать сбалансированный состав растительных аналогов молока. Это достигается, например, путём смешивания нескольких видов сырья. Также возможным решением является разработка продуктов из растительного сырья с наибольшим содержанием белка, например, из нута, чечевицы или гороха [17]. Дополнительно в растительные аналоги молока вносятся кальций и витамины А, В2, В1, В12, D2 и Е.

Следующим этапом, особенно важным в условиях массового производства, является пастеризация или стерилизация. Обработка продукта при высоких температурах позволяет с одной стороны, пролонгировать сроки хранения, а с другой – обеспечить поддержание высокого качества протяжением всего времени нахождения продукта на полках магазинов.

Чтобы заменитель молока на растительной основе был однородным и напоминал коровье молоко по консистенции, применяется процесс гомогенизации под давлением. От этого

этапа производства зависит коллоидная стабильность получаемого напитка, поэтому очень важно подобрать нужный режим. Исследования показывают, что чем больше давление в процессе, тем более устойчивым к расслоению будет продукт и там привлекательней будет его внешний вид, включая цвет и прозрачность. [15].

Несмотря на то, что традиционные технологии производства растительных аналогов молока поставлены на поток и широко применяются в пищевой промышленности, многие учёные активно занимаются разработкой инновационных способов приготовления данного продукта. Основными направлениями проведения экспериментов являются технологии, связанные с ультрафиолетовым излучением, воздействием ультразвука, омическим нагревом, использованием импульсного электрического поля и высокого давления.

Ультразвук продемонстрировал свою эффективность в повышении физической стабильности миндального заменителя молока при воздействии в течение 5 мин мощностью 300 Вт, кокосового заменителя молока при воздействии в течение 13 мин интенсивностью 55 Вт/см<sup>2</sup> и арахисового заменителя молока при воздействии в течение 3 мин мощностью 400 Вт [18]. Это обусловлено тем, что под воздействием ультразвука происходит разрушение клеток и уменьшение размера частиц, что способствует новым взаимодействиям между частицами и позволяет увеличить стабильность продукта и изменить его реологические свойства. Реологические свойства могут изменяться временно или постоянно, в зависимости от применяемой энергии ультразвука, времени обработки и температуры [13].

Ультразвук может положительно повлиять на питательные и биологически активные свойства растительных заменителей молока. Например, при проведении эксперимента по воздействию на соевое молоко в течение 16 мин. ультразвуком мощностью 400 Вт и частотой 25 кГц, было зафиксировано повышение усвояемости белка на 7,4% за счёт снижения содержания ингибитора трипсина на 52% [28].

Современная технология импульсного электрического поля основана на прямом воздействии силовых импульсов на пищевые продукты, помещенные между двумя электродами, в течение от микро – до наносекунды с интенсивностью 10–80 кВ/см [27]. Время обработки импульсным электрическим полем может быть рассчитано путем умножения эффективной

длительности импульса на количество импульсов. Величина и время импульсного электрического поля контролируются генератором напряжения и геометрией электрода. Данная технология является экологичной и используется в пищевой промышленности для инактивации ферментов и микроорганизмов. В ходе экспериментов по оценке влияния импульсного электрического поля на миндальный заменитель молока было отмечено уменьшение размера частиц, оказавшее положительное влияние на физическую стабильность продукта [22]. Также исследования демонстрируют увеличение срока хранения миндального молока, обработанного импульсным электрическим полем интенсивностью 28 кВ/см, за счёт инактивации липоксигеназы и пероксидазы на 50% и 45% соответственно [21].

Омический нагрев – это новая нетрадиционная термическая технология, применяемая при переработке упакованных и неупакованных напитков на растительной основе. В этом процессе на пищевую матрицу подается электрический ток частотой от 50 до 60 Гц, который выделяет тепловую энергию из-за электрического сопротивления. Электрическая энергия, подаваемая на систему, проходит через резистивную среду, способствуя реорганизации ионов и увеличивая степень перемешивания молекул, в результате чего происходит выделение тепла [29]. Такая термическая обработка эффективна для ферментативной инактивации. Омический нагрев воздействует на активные центры ферментов, удаляя металлические простетические группы из металлоэнзимов, таким образом, денатурируя ферменты. Омический нагрев также снижает патогенную микробную нагрузку в результате разрыва клеточных мембран микроорганизмов под воздействием тепла [9].

Ультрафиолетовое излучение также является нетрадиционным методом обработки напитков на растительной основе. Эта технология основана на бактерицидном эффекте, вызванном ультрафиолетовым излучением. Ультрафиолетовое излучение (от 250 до 260 нм) способствует разрушению или мутации дезоксирибонуклеиновой кислоты микроорганизмов, изменяя их морфологическую структуру и функцию размножения [24]. В исследованиях потенциальное бактерицидное действие ультрафиолетового излучения оценивалось по инактивации *Salmonella Enteritidis* в соевом заменителе молока. Излучение длиной волны 253,7 нм воздействовало на напиток при

температурах от 4 до 30 °С, при дозах облучения от 0 до 10 Дж/см<sup>2</sup> в течение различных периодов времени – от 0 до 48 мин. Наибольшей микробиологической инактивации ( $5,40 \pm 0,17 \log$  КОЕ/мл) соответствовала обработка при 18 °С [24]. Обработка ультрафиолетовым излучением ведёт к минимальным изменениям сенсорных или питательных свойств продуктов. При такой обработке низкая температура не способствует разложению термочувствительных соединений, присутствующих в пище, сохраняя полезные свойства продуктов.

Обработка под высоким давлением – это современная нетепловая технология, предполагающая использование значения давления от 100 до 1000 МПа. Обработка под высоким давлением имеет ряд преимуществ по сравнению с обычной пастеризацией. Главное преимущество связано с минимальным воздействием этой технологии на сенсорные и питательные характеристики продукта. Обработка под высоким давлением не разрушает ковалентные связи белков, витаминов, антиоксидантов и летучих соединений продуктов. Кроме того, такая обработка снижает патогенную микробную нагрузку, инактивирует эндогенные ферменты, улучшает реологические свойства продуктов [26]. Обработка под высоким давлением также оказывает различное физическое воздействие на частицы обработанных жидкостей. Явления кавитации, турбулентности и сдвига, вызванные такой обработкой, способствуют уменьшению размера частиц, что обеспечивает большую физическую стабильность продукта. Например, аналог молока на основе сои, обработанный при 172 МПа и 85 °С в течение 30 минут, в ходе эксперимента демонстрировал значительную устойчивость к разделению фаз [10].

Выбор того или иного метода зависит от его эффективности в отношении поддержания коллоидной стабильности растительного заменителя молока. Также целесообразно использовать те методы, которые позволяют свести к минимуму потребность в химических добавках, таких как гидроколлоиды и эмульгаторы, которые традиционно используются в качестве стабилизаторов. В основном, в экспериментах с новыми технологиями делается упор на возможности ингибирования ферментов, снижения активности микроорганизмов и уменьшения размеров частиц в напитках. Интерес для дальнейшего изучения представляют возможности сочетания нескольких методов

обработки продукта с целью достижения наибольшей эффективности в обеспечении высоких физико-химических и органолептических качеств.

### **Заключение**

Проблема совершенствования технологий производства аналогов молока на растительной основе остаётся актуальной в связи с потребностью улучшать химический состав продуктов-заменителей, их физико-химические и органолептические качества. Применение тех или иных традиционных методов обработки зависит от выбора сырья и может включать или не включать такие этапы, как кислотно-щелочная обработка, вымачивание в воде, сушка, обжарка и бланширование.

Также для улучшения свойств конечного продукта в процессе производства могут применяться инновационные термические и нетермические способы воздействия на продукт. Описанные в данной статье технологии в лабораторных условиях позволили безопасно улучшить реологические свойства различных видов растительных заменителей молока, повысили их физическую стабильность и снизили количество веществ, препятствующих усвоению макро- и микронутриентов из растительного молока. Дальнейшие исследования в данном направлении могут включать эксперименты с более широким спектром продуктов, в том числе нутовым, гречневым, овсяным и другими видами растительных аналогов молока.

### **Литература**

- 1 Богданова Н.М. Лактазная недостаточность и непереносимость лактозы: основные факторы развития и принципы диетотерапии // Медицина: теория и практика. 2020. № 1. С. 62–70.
- 2 Борисова А.В., Макарова Н.В., Хамтова Э.Х. Сравнительная характеристика содержания фенольных веществ и антиоксидантной активности некоторых видов употребляемых в пищу орехов // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 95–104.
- 3 Жебо А.В., Уварова Н.Г. Оценка качества орехового сырья для производства напитков // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2020. № 3 (104). С. 153–159.
- 4 Лаврова Л.Ю. Разработка технологии и рецептур биопродуктов на основе растительного молока // Foodindustry. 2019. № 2. С. 43–50.
- 5 Меренкова С.П., Андросова Н.В. Актуальные аспекты производства напитков на растительном сырье // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. № 3. С. 57–67.
- 6 Питкин В.А., Холодная Л.А. Сравнительная характеристика социального одобрения феномена вегетарианства в России и Великобритании // Вестник ВГУИТ. 2020. № 3 (85). С. 110–116.
- 7 Султанова М.Ж., Абдрахманов Х.А., Акжанов Н., Экстракция околоплодника грецкого ореха и характеристика их фенольных соединений // Известия НВ АУК. 2022. № 3 (67). С. 233–242.
- 8 Ястребова Д.П., Платонова А.А. Молоко для взрослых: вред или польза // FORCIPE. 2019. С. 575–576.
- 9 Atuonwu J.C., Leadley C., Bosman A., Tassou S.A. High-pressure processing, microwave, ohmic, and conventional thermal pasteurization: quality aspects and energy economics // J. Food Process Eng. 2020. Vol. 43.
- 10 Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // J. Funct. Foods. 2020. Vol. 70. Article 103975.
- 11 Bolarinwa I.F., Aruna T.E., Adejuyitan J.A. Development and quality evaluation of soy-walnut milk drinks // International Food Research Journal. 2018. Vol. 25. Pp. 2033–2041.
- 12 Codina-Torrella I. и др. Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high-pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension // Food Microbiology. 2018. Vol. 69. Pp. 143–150.
- 13 Cui R., Zhu F. Ultrasound modified polysaccharides: a review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications // Trends Food Sci Technol. 2021. Vol. 107. Pp. 491–508.
- 14 Ermiş E., Güneş R., Zent I. Characterization of hazelnut milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* // Gıda. 2018. Vol. 43. Pp. 677–686.
- 15 Gul O., Atalar I., Saricaoglu F.T., Yazici F. Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology // Journal of Food Processing and Preservation. 2018. Pp. 1–11.
- 16 Ilyasoglu H., Yilmaz F. Preliminary investigation of yoghurt enriched with hazelnut milk // International Food Research Journal. 2019. Vol. 26. Pp. 631–637.
- 17 Jeske S., Bez J., Arendt E.K., Zannini E. Formation, stability, and sensory characteristics of a lentil-based milk substitute as affected by homogenization and pasteurization // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245. Pp. 1519–1531.
- 18 Lu X., Chen J., Zheng M. Effect of high-intensity ultrasound irradiation on the stability and structural features of coconut-grain milk composite systems utilizing maize kernels and starch with different amylose contents // Ultrason Sonochem. 2019. Vol. 55. Pp. 135–148.
- 19 Makinde M.F., Adebile V.T. Influence of processing treatments on quality of vegetable milk from almond (*Terminalia catappa*) kernels // Acta Scientific Nutritional Health. 2018. Vol 2. Pp. 37–42.

- 20 Makinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016. Vol. 56. Pp. 339–349.
- 21 Nazir A. и др. Effect of pulsed electric field and thermal treatments on the bioactive compounds, enzymes, microbial, and physical stability of almond milk during storage // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 44
- 22 Nazir A., Zahoor A., Abdur R. Impact of pulsed electric field on rheological, structural, and physicochemical properties of almond milk // *The Journal of Food Process Engineering*. 2019. Vol. 42.
- 23 Padma M., Jagannadarao P., Edukondalu L. Physico-chemical analysis of milk prepared from broken rice // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7. Pp. 426–428.
- 24 Possas A., Valero A., García-Gimeno R.M. Influence of temperature on the inactivation kinetics of *Salmonella* Enteritidis by the application of UV-C technology in soymilk // *Food Control*. 2018. Vol. 94. Pp. 132–139.
- 25 Rita S.A., B. Luciana B. Milk and Parkinson disease: Could galactose be the missing link? // *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 2019. Vol. 12. Pp. 91–118.
- 26 Szczepańska J., Barba F.J., Skapska S. High pressure processing of carrot juice: effect of static and multi-pulsed pressure on the polyphenolic profile, oxidoreductases activity and colour // *Food Chem*. 2020. Vol. 307. Article 125549.
- 27 Taha A., Casanova F., Šimonis P. Pulsed Electric Field: Fundamentals and Effects on the Structural and Techno-Functional Properties of Dairy and Plant Proteins // *Foods*. 2022. Vol. 11.
- 28 Vanga S.K., Wang J., Raghavan V. Effect of ultrasound and microwave processing on the structure, in-vitro digestibility and trypsin inhibitor activity of soymilk proteins // *LWT*. 2020. Vol. 131. Article 109708.
- 29 Wattanayon W., Udornpijitkul P., Kamonpatana P. Ohmic heating of a solid-liquid food mixture in an electrically conductive package // *J. Food Eng.* 2021. Vol. 289.
- 30 Zaaboul F., Raza H., Cao C. The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 280. Pp. 270–277.

### References

- 1 Bogdanova N.M. Lactase deficiency and lactose intolerance: the main factors of development and principles of diet therapy // *Medicine: theory and practice*. 2020. No. 1. pp. 62–70.
- 2 Borisova A.V., Makarova N.V., Khamtova E.H. Comparative characteristics of the content of phenolic substances and antioxidant activity of some types of nuts consumed in food // *Chemistry of vegetable raw materials*. 2022. No.2. pp. 95–104.
- 3 Zhebo A.V., Uvarova N.G. Evaluation of the quality of nut raw materials for the production of beverages // *Bulletin of the Khabarovsk State University of Economics and Law*. 2020. No.3 (104). pp. 153–159.
- 4 Lavrova L. Yu. Development of technology and formulations of bio-products based on vegetable milk // *Food industry*. 2019. No.2. pp. 43–50.
- 5 Merenkova S.P., Androsova N.V. Actual aspects of beverage production on vegetable raw materials // *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2018. No.3. pp. 57–67.
- 6 Pitkin V.A., Kholodnaya L.A. Comparative characteristics of social approval of the phenomenon of vegetarianism in Russia and Great Britain // *Vestnik VSUIT*. 2020. No. 3 (85). pp. 110–116.
- 7 Sultanova M. Zh., Abdrakhmanov H.A., Akzhanov N., Walnut pericarp extraction and characterization of their phenolic compounds // *Izvestiya NV AUK*. 2022. No.3 (67). pp. 233–242.
- 8 Yastrebova D.P., Platonova A.A. Milk for adults: harm or benefit // *FORCIPE*. 2019. pp. 575–576.
- 9 Atuonwu J.C., Leadley C., Bosman A., Tassou S.A. High-pressure processing, microwave, ohmic, and conventional thermal pasteurization: quality aspects and energy economics // *J. Food Process Eng.* 2020. Vol. 43.
- 10 Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // *J. Funct. Foods*. 2020. Vol. 70. Article 103975.
- 11 Bolarinwa I.F., Aruna T.E., Adejuyitan J.A. Development and quality evaluation of soy-walnut milk drinks // *International Food Research Journal*. 2018. Vol. 25. Pp. 2033–2041.
- 12 Codina-Torrella I. et al. Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high-pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension // *Food Microbiology*. 2018. Vol. 69. Pp. 143–150.
- 13 Cui R., Zhu F. Ultrasound modified polysaccharides: a review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications // *Trends Food Sci Technol*. 2021. Vol. 107. Pp. 491–508.
- 14 Ermiş E., Güneş R., Zent I. Characterization of hazelnut milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* // *Gida*. 2018. Vol. 43. Pp. 677–686.
- 15 Gul O. et al. Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018. Pp. 1–11.
- 16 Ilyasoglu H., Yilmaz F. Preliminary investigation of yoghurt enriched with hazelnut milk // *International Food Research Journal*. 2019. Vol. 26. Pp. 631–637.
- 17 Jeske S., Bez J., Arendt E.K., Zannini E. Formation, stability, and sensory characteristics of a lentil-based milk substitute as affected by homogenization and pasteurization // *European Food Research and Technology*. 2019. Vol. 245. Pp. 1519–1531.
- 18 Lu X., Chen J., Zheng M. Effect of high-intensity ultrasound irradiation on the stability and structural features of coconut-grain milk composite systems utilizing maize kernels and starch with different amylose contents // *Ultrason Sonochem*. 2019. Vol. 55. Pp. 135–148.
- 19 Makinde M.F., Adebile V.T. Influence of processing treatments on quality of vegetable milk from almond (*Terminalia catappa*) kernels // *Acta Scientific Nutritional Health*. 2018. Vol 2. Pp. 37–42.

- 20 Makinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. Vol. 56. Pp. 339–349.
- 21 Nazir A. et al. Effect of pulsed electric field and thermal treatments on the bioactive compounds, enzymes, microbial, and physical stability of almond milk during storage // Journal of Food Processing and Preservation. 2020. Vol. 44
- 22 Nazir A., Zahoor A., Abdur R. Impact of pulsed electric field on rheological, structural, and physicochemical properties of almond milk // The Journal of Food Process Engineering. 2019. Vol. 42.
- 23 Padma M., Jagannadarao P., Edukondalu L. Physico-chemical analysis of milk prepared from broken rice // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. Vol. 7. Pp. 426–428.
- 24 Possas A., Valero A., García-Gimeno R.M. Influence of temperature on the inactivation kinetics of Salmonella Enteritidis by the application of UV-C technology in soymilk // Food Control. 2018. Vol. 94. Pp. 132–139.
- 25 Rita S.A., B. Luciana B. Milk and Parkinson disease: Could galactose be the missing link? // Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism. 2019. Vol. 12. Pp. 91–118.
- 26 Szczepańska J., Barba F.J., Skapska S. High pressure processing of carrot juice: effect of static and multi-pulsed pressure on the polyphenolic profile, oxidoreductases activity and colour // Food Chem. 2020. Vol. 307. Article 125549.
- 27 Taha A., Casanova F., Šimonis P. Pulsed Electric Field: Fundamentals and Effects on the Structural and Techno-Functional Properties of Dairy and Plant Proteins // Foods. 2022. Vol. 11.
- 28 Vanga S.K., Wang J., Raghavan V. Effect of ultrasound and microwave processing on the structure, in-vitro digestibility and trypsin inhibitor activity of soymilk proteins // LWT. 2020. Vol. 131. Article 109708.
- 29 Wattanayon W., Udornpijitkul P., Kamonpatana P. Ohmic heating of a solid-liquid food mixture in an electrically conductive package // J. Food Eng. 2021. Vol. 289.
- 30 Zaaboul F., Raza H., Cao C. The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies // Food Chemistry. 2019. Vol. 280. Pp. 270–277.

#### Сведения об авторах

**Дарья И. Шишкина** старший преподаватель, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, 117997, Россия, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>

**Александра И. Штовхун** ассистент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, 117997, Россия, shtovhun.ai@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8039-0349>

**Евгения Э. Клейн** студент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, 117997, Россия, kleyn.ee@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0322-036X>

**Лидия В. Беркетова** к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, 117997, Россия, berketova.lv@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1798-6131>

#### Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Information about authors

**Daria I. Shishkina** Senior lector, Restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>

**Alexandra I. Shtovhun** Assistant., Restaurant business department), Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, shtovhun.ai@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8039-0349>

**Eugenia E. Klein** Student, Restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, kleyn.ee@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0322-036X>

**Lydia V. Berketova** c.t.s, docent, Restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, berketova.lv@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1798-6131>

#### Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

<b>Поступила</b> 25/10/2022	<b>После редакции</b> 10/11/2022	<b>Принята в печать</b> 18/11/2022
<b>Received</b> 25/10/2022	<b>Accepted in revised</b> 10/11/2022	<b>Accepted</b> 18/11/2022