

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105>

УДК 637.1.05

© 2022

Поступила 14.06.2022

Received 14.06.2022



Принята в печать 14.07.2022

Accepted 14.07.2022

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

БЕЗЛАКТОЗНЫЕ МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА

Мохаммед Эль Амине Хелеф¹, Юлия В. Голубцова², Светлана А. Иванова^{2*}

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»;

Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»;

ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Российская Федерация

Аннотация. Молоко является фундаментальным компонентом рациона человека. Приблизительно 60% взрослого населения во всем мире имеет непереносимость лактозы. Непереносимость лактозы возникает из-за неспособности тонкого кишечника вырабатывать достаточное количество фермента для переваривания лактозы. Целью данной работы было исследование перспектив производства безлактозных продуктов. Методом обобщения научных публикаций российских и зарубежных авторов по исследованию структуры и свойств лактозы, по изучению синдрома непереносимости лактозы, методах выделения β -галактозидазы и применению безлактозных продуктов проанализированы статистические и исследовательские данные. В работе установлено, что симптомами непереносимости лактозы являются боли в животе, диарея, метеоризм. Также для людей с непереносимостью лактозы характерен повышенный риск развития различных внекишечных заболеваний, в том числе онкологических. Непереносимость лактозы вынуждает людей потреблять меньшее количество молочных продуктов, что может привести к дефициту кальция и других важных нутриентов. В данной обзорной статье подробно описаны причины, вызывающие непереносимость лактозы, и ее роль в организме человека. Показано, что разработка безлактозных пищевых продуктов функционального назначения для удовлетворения потребностей потребителей является сегодня одним из приоритетных направлений пищевой промышленности. Установлено, что рынок безлактозных молочных продуктов является самым быстрорастущим сегментом молочной промышленности. Также исследованы преимущества включения в свой рацион безлактозных молочных продуктов, а также описаны перспективы их производства. Показано, что безлактозные молочные продукты способны обеспечить человека, неспособного переваривать лактозу, необходимыми питательными веществами, присутствующими в обычных молочных продуктах, такими как кальций и витамины.

Ключевые слова: безлактозные молочные продукты, непереносимость лактозы, лактаза, расщепление лактозы, функциональные продукты питания, молочные продукты, ферменты в молочной промышленности

Для цитирования: Безлактозные молочные продукты: перспективы производства/ Мохаммед Эль Амине Хелеф [и др.] // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 3. С. 94-105. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105>

LACTOSE-FREE DAIRY PRODUCTS: PROSPECTS FOR THE PRODUCTION

Mohammed El Amine Khelef¹, Yulia V. Golubtsova², Svetlana A. Ivanova^{2*}

¹ FSBEI HE "Moscow State University of Food Production";
11 Volokolamskoe shosse, Moscow, 125080, the Russian Federation

² FSBEI HE "Kemerovo State University";
6. Krasnaya st., Kemerovo, 650000, the Russian Federation

Abstract. Milk is a fundamental component of the human diet. Approximately 60% of the adult population worldwide has lactose intolerance. Lactose intolerance occurs due to the inability of the small intestine to produce enough enzymes to digest lactose. The purpose of the research is to study the prospects for the production of lactose-free products. Statistical and research data have been analyzed by the method of generalization of scientific publications of Russian and foreign authors on the study of lactose structure and properties, lactose intolerance syndrome, methods of β -galactosidase isolation and the use of lactose-free products. It has been stated in the research that the symptoms of lactose intolerance include abdominal pain, diarrhea, flatulence. Also, people with lactose intolerance have an increased risk of developing various extra-intestinal diseases, including cancer. Lactose intolerance makes people consume fewer dairy products, which can lead to a deficiency of calcium and other important nutrients. The article describes in detail the causes of lactose intolerance and its role in the human body. It has been shown that the development of lactose-free functional food products that meet the needs of consumers is one of the food industry priorities today. It has been established that the lactose-free dairy products market is the fastest growing segment of the dairy industry. The advantages of including lactose-free dairy products in the human diet have also been investigated, and the prospects for their production described. It has been shown that lactose-free dairy products are able to provide a person unable to digest lactose with the necessary nutrients present in conventional dairy products, such as calcium and vitamins.

Keywords: lactose-free dairy products, lactose intolerance, lactase, lactose breakdown, functional foods, dairy products, enzymes in the dairy industry

For citation: Khelef M.E.A. [et al.] Lactose-Free dairy products: prospects for the production. *New technologies*. 2022; 18(3): 94-105. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105>

Введение

Молоко является фундаментальным компонентом рациона человека. Это особый тип пищи, уникальный для млекопитающих, который является единственной пищей для младенцев млекопитающих в первые месяцы жизни.

Молоко, кроме белков, жиров, витаминов и минералов, содержит углеводы, состоящие из лактозы и других важных

олигосахаридов, поддерживающих развитие пробиотических бактерий, в частности бифидобактерий, в кишечнике младенца, для защиты желудочно-кишечного тракта ребенка от инфекций. Молочные продукты благодаря своему составу являются полноценными продуктами как для взрослых, так и детей [1, с. 39].

Методы исследований

Объектами данного исследования являлись научные публикации российских и зарубежных авторов по исследованию структуры и свойств лактозы, по изучению синдрома непереносимости лактозы, методах выделения β -галактозидазы и применению безлактозных продуктов. Был проведен поиск в PubMed исследований, опубликованных в период с 1999 по 2022 годы, с использованием нескольких комбинаций ключевых слов, включая следующие: безлактозные молочные продукты, непереносимость лактозы, лактаза, расщепление лактозы, функциональные продукты питания, молочные продукты, молоко, дефицит лактозы, ферменты в молочной промышленности. Статьи, доступные только в виде рефератов, библиографии, редакционных статей, статей, написанных не на английском и русском языках, были исключены. Основным методом было обобщение. В частности, были проанализированы статистические и исследовательские данные, относящиеся к исследованию структуры и свойств лактозы, методов выделения β -галактозидазы и изучение существующего ассортимента безлактозных продуктов.

Результаты и их обсуждение

Синдром непереносимости лактозы

Известно, что более 60% населения не могут употреблять в пищу молочные продукты, поскольку имеют активность фермента лактазы низкого уровня и пониженную способность переваривать лактозу из молочных продуктов [2, с. 1675]. В Америке это около 50%, в Азии 70%, в Африке почти 100% населения. В Соединенных Штатах неспособность переваривать лактозу имеет 15% населения среди белых, 53% среди мексиканских американцев и 80% среди афроамериканцев. В Европе распространенность составляет в среднем около 28%, при этом наблюдаются колебания от 2% в Скандинавии до 70% в Южной Италии [3, с. 61]. Для объяснения этих различий было выдвинуто несколько гипотез.

Одна из теорий основана на том, что молочные продукты играли важную роль в питании жителей Северной Европы. Это помогло вызвать естественный отбор субъектов, способных переваривать лактозу. Кроме того, сосуществование на одной и той же территории популяций, состоящих из субъектов с переносимостью и непереносимостью лактозы, связано с миграциями, которые произошли с течением времени [4, с. 738].

Непереносимость лактозы возникает, когда тонкий кишечник не вырабатывает достаточное количество фермента лактазы-флоризин гидролазы для переваривания лактозы – сахара, содержащегося в молоке [5]. Это изменение определяет повышенную осмотическую нагрузку в тонком кишечнике и ферментацию лактозы бактериальной флорой, что приводит к высокой продукции короткоцепочечных жирных кислот и газа. Затем появляются боли в животе, диарея и метеоризм. В дополнение к этим проблемам было обнаружено, что у лиц с непереносимостью лактозы повышен риск развития различных внекишечных заболеваний, в том числе онкологических.

Согласно Хейману [6, с. 1280], к состояниям непереносимости/мальабсорбции/дефицита лактозы относятся следующие термины:

– Непереносимость лактозы – это клинический синдром одного или нескольких из следующих симптомов: боль в животе, диарея, тошнота, метеоризм и/или вздутие живота после приема лактозы или пищевых продуктов, содержащих лактозу.

– Мальабсорбция лактозы – это физиологическая проблема, которая проявляется непереносимостью лактозы и связана с дисбалансом между количеством потребляемой лактозы и способностью лактазы гидролизовать дисахарид.

– Первичная лактазная недостаточность связана с относительным или абсолютным отсутствием лактазы, которое развивается в детстве в разном возрасте

у разных расовых групп и является наиболее частой причиной мальабсорбции лактозы и непереносимости лактозы. Первичный дефицит лактазы также называют гиполактазией взрослого типа, неперсистенцией лактазы или наследственным дефицитом лактазы».

– Вторичный дефицит лактазы – это дефицит лактазы, возникающий в результате повреждения тонкой кишки, такого как острый гастроэнтерит, персистирующая диарея, разрастание тонкой кишки, химиотерапия рака или другие причины повреждения слизистой оболочки тонкой кишки, и может проявляться в любом возрасте, но встречается чаще в младенчестве.

– Врожденная недостаточность лактазы встречается крайне редко; телеологически нельзя было ожидать, что дети с врожденным дефицитом лактазы выживут до XX века, когда не было доступных и адекватных по питательным свойствам безлактозных заменителей грудного молока.

– Недостаточность лактазы в процессе развития в настоящее время определяется как относительная недостаточность лактазы, наблюдаемая у недоношенных детей со сроком гестации менее 34 недель [7, с. 1901082].

Непереносимость лактозы в первую очередь относится к синдрому, проявляющемуся различными симптомами при употреблении продуктов, содержащих лактозу. Это одна из наиболее распространенных форм пищевой непереносимости, возникающая при снижении активности лактазы в щеточной кайме слизистой оболочки тонкой кишки [8, с. 31].

Структура и свойства лактозы

Лактаза или β -галактозидаза представляет собой фермент тонкой кишки, расположенный в щеточной кайме, который превращает лактозу в галактозу и глюкозу. Без этого фермента составляющие моносахариды не могут стать доступными для переносчиков моносахаридов в

кишечнике и, следовательно, попасть в кровотоки из кишечника. Врожденный дефицит лактазы приводит к осмотической диарее и отсутствию роста, вызванным непереваренной лактозой, остающейся в пищеварительной системе. Лактазная недостаточность с поздним началом (первичная лактазная недостаточность) становится преобладающей в более позднем возрасте [7, с. 1901082].

Младенцы обычно рождаются с достаточным количеством лактазы, чтобы переваривать лактозу грудного молока. Однако к трем годам около двух третей населения мира перестает вырабатывать высокий уровень лактазы, что приводит к разной степени плохой абсорбции лактозы [9, с. 1620]. Частота непереносимости лактозы у людей составляет около 1/60 000 новорожденных, хотя, вероятно, около 70% людей имеют сниженную способность переваривать лактозу после младенчества [10, с. 2].

Лактоза – это дисахарид, состоящий из d-глюкозы и d-галактозы. Биохимически он содержит две альдогексозы и классифицируется как O- β -d-галактопиранозил-(1-4)- β -глюкоза (см. рис. 1).

Слева находится галактоза, а справа две молекулы глюкозы, соединенные друг с другом гликозидной связью 1–4 [11, с. 1994].

Лактоза – основной углевод молока млекопитающих. Для переваривания этого дисахарида в полезные моносахариды, глюкозу и галактозу необходима активность генетически контролируемого кишечного фермента лактазы. Хотя обе молекулы могут использоваться для получения энергии, функции галактозы вносят вклад в организацию развития для неврологических, структурных и иммунологических ролей. Ее можно использовать в качестве строительного материала в организме, например для синтеза галактоцереброзидов – предшественников миелинизации в созревающей нервной системе. Дефекты уникального пути катаболизма галактозы Лелуара могут

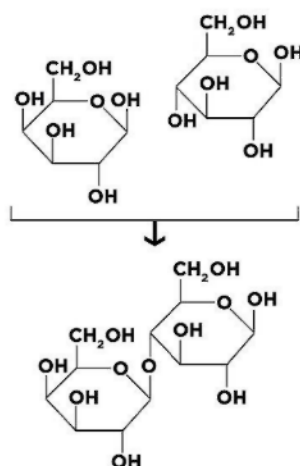


Рис. 1. Молекула дисахарида β -*D*-лактозы и две молекулы, составляющие лактозу.

Fig. 1. A molecule of β -*D*-lactose disaccharide and two molecules that make up lactose

привести к серьезным последствиям в некоторых системах органов. Ряд других субстратов для лактазы вносит аналогичный вклад в структурные и иммунологические функции.

Лактоза обычно содержится в молочных продуктах, таких как молоко, йогурт, сливки, масло, мороженое и сыр. Однако так называемую «скрытую лактозу» также можно найти в некоторых хлебах и выпечке, готовых к употреблению сухих завтраках, супах быстрого приготовления, кондитерских изделиях, печенье, заправках для салатов, сосисках, соусах, смесях для напитков и маргарине. Кроме того, лактоза также может быть скрыта в рецептурных и безрецептурных препаратах [12, с. 1599].

Непереносимость лактозы была признана только в последние 50 лет и в настоящее время определяется как клинический синдром, характеризующийся болью, вздутием живота, метеоризмом и диареей, которые возникают после употребления лактозы [12, с. 1599].

Применение безлактозных продуктов

Лечение лактозной непереносимости в основном состоит из уменьшения или исключения лактозы из рациона до исчезновения симптомов, а также добавления лактазы и индукции адаптации микробиоты толстой кишки пробиотиками.

Однако коровье молоко является одним из основных источников кальция и ряда других витаминов и минералов, и полное исключение молочных продуктов из рациона может способствовать развитию заболеваний костей, таких как остеопения и остеопороз.

Кроме того, в современной промышленности широкое распространение получило использование лактозы и продуктов, полученных из молока, в немолочных продуктах (например, хлебобулочные изделия, сухие завтраки, напитки и переработанное мясо), так называемая «скрытая лактоза». В связи с этим, строгое соблюдение безлактозной диеты становится сложной задачей для больных лактозной непереносимостью, вынужденных постоянно проверять все продукты и этикетки.

Учитывая, что в настоящее время отсутствует конкретное пороговое значение, устанавливающее политику маркировки «безлактозных» продуктов, также нет универсального закона, регулирующего производство и коммерциализацию «безлактозных» продуктов, выявление конкретных безопасных и подходящих продуктов с общепризнанным лактозным статусом может помочь потребителям [13, с. 1].

Разработка безлактозных пищевых продуктов функционального назначения

для удовлетворения потребностей потребителей является сегодня одним из приоритетных направлений пищевой промышленности [14, с. 26]. Чтобы удовлетворить потребности людей с непереносимостью лактозы в кальции и высококачественном белке, мировая молочная промышленность разработала безлактозные продукты с добавлением экзогенной лактазы, β -галактозидазы, которая предварительно расщепляет лактозу в молоке на глюкозу и галактозу [15, с. 1219].

Безлактозные молочные продукты способны обеспечить человека, неспособного переваривать лактозу, необходимыми питательными веществами, присутствующими в обычных молочных продуктах, такими как кальций и витамины. В последние годы качество и разнообразие продуктов в сегменте безлактозных молочных продуктов значительно увеличились, что дает потребителям более привлекательные продукты для выбора. Рынок безлактозных молочных продуктов является самым быстрорастущим сегментом молочной промышленности. Ожидается, что к 2022 году оборот безлактозных молочных продуктов достигнет 9 миллиардов евро, и они по-прежнему будут опережать рост продаж молочных продуктов в целом (7,3% против 2,3%). Питьевое молоко является крупнейшей категорией безлактозных молочных продуктов, составляет две трети рынка и обеспечивает абсолютный рост этой категории. Вторая категория — безлактозные йогурты, оборот которых к 2020 году достиг 1 миллиарда евро. Ожидается, что самый быстрый рост продаж безлактозных сыров (8,4%) в течение прогнозируемого периода будет продолжаться. Крупнейшим и наиболее быстрорастущим рынком безлактозных продуктов является Западная Европа, за ней следует Латинская Америка [16, с. 551].

Параллельно с расширением ассортимента безлактозных молочных продуктов разрабатываются и совершенствуются методы определения лактозы

в низколактозных и безлактозных молочных продуктах. Однако в настоящее время не существует международных соглашений, определяющих предельную концентрацию лактозы, ниже которой молочные продукты определяются как безлактозные. В некоторых европейских странах безлактозный порог составляет <0,1% (вес/вес), в то время как в других порог составляет <0,01% (вес/вес). Китайские правила отличаются, предусматривая <0,5% (масс./масс.) лактозы, что позволяет маркировать продукт как безлактозный [17, с. 126].

Обработка коровьего молока при производстве традиционных продуктов на его основе технологически снижает содержание лактозы в них. Например, в процессе производства масла из молока удаляется около 99% лактозы. В ходе молочнокислого брожения при производстве пахты, кефира и йогурта преобразуется примерно 30% лактозы. Ферментация также является важным направлением для развития рынка безлактозной продукции.

Методы выделения β -галактозидазы

β -галактозидазы — важный класс гликозидаз — естественным образом катализируют гидролиз β -галактозидных связей в олигосахаридах и полисахаридах. Традиционно эти ферменты использовались для расщепления лактозы в молочных продуктах, которые полезны для людей с непереносимостью лактозы. Интересно, что β -галактозидазы проявляют активность переноса гликозила при определенных условиях *in vitro*. Они способны синтезировать углеводы из дешевых исходных субстратов простым, эффективным и экологически безопасным способом. Конденсация лактозы в хорошо известные пребиотические галактоолигосахарида с помощью β -галактозидаз стала ключевым аспектом промышленного интереса к синтетической деятельности в последние годы [18, с. 107465].

Лактаза (β -d-галактозидаза; β -d-галактозидгалактогидролаза) широко

распространена в природе и может быть выделена из различных источников, таких как растения (миндаль, персики, абрикосы, яблоки), органы животных, дрожжи, бактерии и грибы [19, с. 1759]. Впервые лактазы были предложены для применения в молочных продуктах в 1950 г. [20, с. 1620]. Молоко и молочные продукты, гидролизованные лактазой, разрабатываются с 1970-х годов, когда в продажу поступили первые β -галактозидазы. В настоящее время лактаза является одним из наиболее важных ферментов, используемых в пищевой промышленности [21, с. 530].

Процесс гидролиза лактозы прост и не требует специального оборудования на молочных заводах. При использовании одноразового фермента для гидролиза лактозы необходимо учитывать несколько факторов. К ним относятся концентрация субстрата, рабочий pH, максимально допустимая температура и время контакта, ферментативная активность и стоимость. Для снижения затрат может потребоваться продолжительное время контакта при температуре 35–45°C, но в случае с молоком это обычно приводит к интенсивному росту микробов. В качестве альтернативы можно использовать выдержку в течение ночи при температуре охлаждения. Используемые растворимые лактазы обычно имеют микробное происхождение [22, с. 105].

β -галактозидазы катализируют различные реакции, представляющие промышленный интерес. Эти ферменты могут быть получены из нескольких источников: растений, животных и микроорганизмов, таких как грибы, бактерии и дрожжи. β -галактозидазы из *Kluyveromyces lactis* (K1- β -gal) являются одними из наиболее описанных в литературе благодаря их многочисленным применениям в экологической, пищевой и биотехнологической промышленности.

В одном из исследований было предложено производство ценного фермента β -галактозидазы с использованием

рисовой соломы и апельсиновой корки в качестве основных компонентов среды [23, с. 403]. Помимо широкого использования β -галактозидаз в молочных продуктах для получения безлактозных продуктов они также применялись для обработки сыворотки, производимой на продажу.

Кроме ферментов, при производстве безлактозных молочных продуктов могут использоваться пробиотики. Пробиотики – это живые бактерии или дрожжи, которые дополняют желудочно-кишечную флору. Пробиотические бактерии в кисломолочных и неферментированных молочных продуктах могут быть использованы для облегчения клинических симптомов непереносимости лактозы [2, с. 1675]. Как правило, молочные закваски метаболизируют лактозу по гомо- или гетероферментативным метаболическим путям. При сквашивании снижается содержание лактозы (на 20–30 г/100 г уровня в исходном молоке), при этом увеличивается концентрация молочной кислоты и некоторых свободных аминокислот, например пролина, серина, аланина, валина, лейцина, и гистидин [24, с. 1230].

Молочная промышленность известна во всем мире своим высоким уровнем технологического развития, что можно отметить по большому разнообразию производных продуктов на рынке, ориентированных на определенные группы потребителей. И очевидно, что рынок безлактозных молочных продуктов с каждым годом набирает потенциал и повышает коммерческую привлекательность для бизнеса. Среди кисломолочных продуктов наиболее широко потребляется йогурт, и инновации в этом продукте послужили поводом для проведения исследований, включая производство безлактозных йогуртов с добавлением биоактивных соединений [25, с. 14829].

В одном из исследований был проанализирован ассортимент безлактозных продуктов, представленных в стационарном и интернет-магазинах Польши.

Выявлено 75 безлактозных молочных продуктов, в том числе пастеризованное и ультрапастеризованное молоко, питьевые натуральные и ароматизированные йогурты, сливки, творог, спелый сыр, пастообразные жиры и детские смеси. Причем в интернет-магазинах безлактозные продукты представлены более широко. Среди анализируемых групп безлактозных молочных продуктов более легкодоступными оказались молоко и ароматизированный йогурт. С большей сложностью можно было приобрести творог и сливки. Существенных различий в составе и пищевой ценности между безлактозными и обычными продуктами не было выявлено. Однако дифференцирующим фактором была цена продуктов, которая в некоторых случаях была выше, чем на обычные молочные продукты – в 1,6 раза. Также на польском рынке представлены продукты, альтернативные безлактозным молочным продуктам, – напитки и йогурты на основе растительного сырья, а также продукты, в которых безлактозное молоко использовалось в качестве добавки, например мороженое, торты, шоколад [26, с. 39].

Ассортимент безлактозных продуктов

Развитие рынка безлактозных молочных продуктов влечет развитие рынка сырья для их производства, и молочные ферменты из микробных источников могут стать важной частью инновационных безлактозных производств. Ферменты в молочной промышленности предназначены в первую очередь для улучшения экстракции, биоконверсии и производства, модификации функциональных свойств, снижения вязкости, улучшения текстуры и вкуса. Микробный сычужный фермент, лактаза, протеазы и липазы занимают лидирующие позиции в молочной промышленности. Одновременно с этим применение второстепенных ферментов, таких как глюкозооксидаза, каталаза, супероксиддисмутаза, лактопероксидаза и лизоцимы ограничено [27, с. 295].

Использование гидролитических ферментов в молочной промышленности позволяет контролировать органолептические качества продукции, включая текстуру, вкус и аромат. Микробные гидролазы имеют ряд преимуществ по сравнению с альтернативами растительного и животного происхождения. Поскольку спрос на гидролитические ферменты растет, становится важным открывать новые ферменты с превосходными свойствами, такими как более высокая растворимость, выход продукта, повышенная специфичность, меньшее воздействие на окружающую среду, меньшая дозировка и т.д.

Изучение альтернативных протеолитических ферментов привлекает внимание в связи с растущим интересом к гидролизатам молочной сыворотки и биологически активным пептидам для их использования в функциональных пищевых продуктах и пептидной терапии [28, с. 467].

Выводы

Таким образом, в ходе обзора мирового рынка безлактозной молочной продукции нам удалось подтвердить, что безлактозные пищевые продукты востребованы значительным количеством людей в мире, страдающих от непереносимости лактозы, но при этом заинтересованных в получении с пищей всех полезных веществ, содержащихся в обычном молоке. В целом растущее стремление населения к осознанному получению полезных веществ в процессе приема пищи определяет перспективы рынка биоактивных функциональных продуктов питания. В качестве примера функциональной пищи может быть рассмотрен йогурт из-за его высокой питательной ценности. Обогащение йогуртов пробиотическими бактериальными штаммами и биологически активными соединениями повышает его пользу для здоровья человека. Кроме того, обогащение йогурта натуральными соединениями способствует усилению антиоксидантных свойств. Таким образом, обогащение йогурта биологически

активными соединениями может быть интересным направлением для исследований, как и разработка технологий производства биоактивных пептидов из

кисломолочных продуктов для снижения порчи молока, которая может стать новым направлением в сельскохозяйственной отрасли [29, с. 1267].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Franzè A., Bertelè A. Intolleranza al lattosio nella pratica clinica. *Rivista della Società Italiana di Medicina Generale*. 2010; 3: 36–40.
2. Oak S.J., Jha R. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019; 59(11): 1675–1683.
3. Lember M. Hypolactasia: a common enzyme deficiency leading to lactose malabsorption and intolerance. *Pol Arch Med Wewn*. 2012; 122(1): 60–4.
4. Storhaug C.L., Fosse S.K., Fadnes L.T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017; 2(10): 738–746.
5. Lactose intolerance – symptoms and causes. *Mayo Clinic*; 2020 [процитировано 10.04.2022]. Режим доступа: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/lactose-intolerance/symptoms-causes/syc-20374232>. Accessed 27 Apr 2020.
6. Heyman M.B. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics*. 2006; 118(3): 1279–1286.
7. Qi X., Tester R.F. Lactose, maltose and sucrose in health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2020; 64(8): 1901082.
8. Di Costanzo M., Canani R.B. Lactose intolerance: common Misunderstandings. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2018; 73(4): 30–37.
9. Silberman E.S., Jin J. Lactose intolerance. *JAMA*. 2019; 322(16): 1620–1620.
10. Heine R.G., AlRefaee F., Bachina P. [et al.] Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children – common misconceptions revisited. *World Allergy Organization Journal*. 2017; 10(1): 1–8.
11. Szilagyi A., Ishayek N. Lactose intolerance, dairy avoidance, and treatment options. *Nutrients*. 2018; 10(12): 1994.
12. Fassio F., Facioni M.S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption, and intolerance: a comprehensive review with a focus on current management and future perspectives. *Nutrients*. 2018; 10(11): 1599.
13. Facioni M.S., Raspini B., Pivari F. [et al.] Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labeling. *Journal of Translational Medicine*. 2020; 18(1): 1–9.
14. Németh A., Szabó E., Németh A. [et al.] Development of Lactose Free, Functional Dairy Foods based on Consumer Survey. *GRADUS*. 2020; 7(1): 26–29.
15. Panseri S., Pavlovic R., Castrica M. [et al.] Determination of Carbohydrates in Lactose-Free Dairy Products to Support Food Labelling. *Foods*. 2021; 10(6): 1219.
16. Dekker P.J.T., Koenders D., Bruins M.J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits. *Nutrients*. 2019; 11(3): 551.
17. Churakova E., Peri K., Vis J.S. [et al.] Accurate analysis of residual lactose in low-lactose milk: Comparing a variety of analytical techniques. *International dairy journal*. 2019; 96: 126–131.
18. Lu L., Guo L., Wang K. [et al.] β -Galactosidases: A great tool for synthesizing galactose-containing carbohydrates. *Biotechnology advances*. 2020; 39: 107465.
19. Richmond M.L., Gray J.I., Stine C.M. Beta-galactosidase: review of recent research related to technological application, nutritional concerns, and immobilization. *Journal of dairy science*. 1981; 64(9): 1759–1771.

20. Dam B., Revallier-Warffemius J.G., Van Dam-Schermerhorn L.C. Preparation of lactase from *Saccharomyces fragilis*. *Nederlandsch Melk-en Zuiveltijdschrift*. 1950; 4(2): 96–14.
21. Panesar P.S., Panesar R., Singh R.S., Kennedy J.F., Kumar H. Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*. 2006; 81(4): 530–543.
22. Harju M., Kallioinen H., Tossavainen O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. *International Dairy Journal*. 2012; 22(2): 104–109.
23. Wahab W.A.A., Ahmed S.A., Kholif A.M.M. [et al.] Rice straw and orange peel wastes as cheap and eco-friendly substrates: A new approach in β -galactosidase (lactase) enzyme production by the new isolate *L. paracasei* MK852178 to produce low-lactose yogurt for lactose-intolerant people. *Waste Management*. 2021; 131: 403–411.
24. Kanurić K.G., Milanović S.D., Ikonić B.B. [et al.] Kinetics of lactose fermentation in milk with kombucha starter. *Journal of food and drug analysis*. 2018; 26(4): 1229–1234.
25. Bianchini C.B., Vieira M.P., Arriola N.D. [et al.] Incorporation of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) pulp in yogurt: A promising application in the lactose-free dairy product market. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020; 44(10): e14829.
26. Świąder K., Kulawiak M., Chen Y.P. Types of lactose-free products and their availability on the Polish market. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*. 2020.
27. Zaheer M.R., Gupta A. Current development and future perspectives of microbial enzymes in the dairy industry. *Enzymes in food biotechnology*. NY: Academic Press; 2019.
28. Kocabaş D.S., Lyne J., Ustunol Z. Hydrolytic enzymes in the dairy industry: Applications, market and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 2021.
29. Ali M., Kamal M., Rahman M. [et al.] Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: current trends and future perspectives. *Journal of Food Science and Technology*. 2021; 59(5-6): 1–17.

REFERENCES:

1. Franzè A., Bertelè A. Intolleranza al lattosio nella pratica clinica. *Rivista della Società Italiana di Medicina Generale*. 2010; 3: 36–40.
2. Oak S.J., Jha R. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019; 59(11): 1675–1683.
3. Lember M. Hypolactasia: a common enzyme deficiency leading to lactose malabsorption and intolerance. *Pol Arch Med Wewn*. 2012; 122(1): 60–4.
4. Storhaug C.L., Fosse S.K., Fadnes L.T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017; 2(10): 738–746.
5. Lactose intolerance – symptoms and causes. Mayo Clinic; 2020 [процитировано 10.04.2022]. Режим доступа: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/lactose-intolerance/symptoms-causes/syc-20374232>. Accessed 27 Apr 2020.
6. Heyman M.B. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics*. 2006; 118(3): 1279–1286.
7. Qi X., Tester R.F. Lactose, maltose and sucrose in health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2020; 64(8): 1901082.
8. Di Costanzo M., Canani R.B. Lactose intolerance: common Misunderstandings. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2018; 73(4): 30–37.
9. Silberman E.S., Jin J. Lactose intolerance. *JAMA*. 2019; 322(16): 1620–1620.
10. Heine R.G., AlRefaee F., Bachina P. [et al.] Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children – common misconceptions revisited. *World Allergy Organization Journal*. 2017; 10(1): 1–8.

11. Szilagyi A., Ishayek N. Lactose intolerance, dairy avoidance, and treatment options. *Nutrients*. 2018; 10(12): 1994.
12. Fassio F., Facioni M.S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption, and intolerance: a comprehensive review with a focus on current management and future perspectives. *Nutrients*. 2018; 10(11): 1599.
13. Facioni M.S., Raspini B., Pivari F. [et al.] Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labeling. *Journal of Translational Medicine*. 2020; 18(1): 1–9.
14. Németh A., Szabó E., Németh A. [et al.] Development of Lactose Free, Functional Dairy Foods based on Consumer Survey. *GRADUS*. 2020; 7(1): 26–29.
15. Panseri S., Pavlovic R., Castrica M. [et al.] Determination of Carbohydrates in Lactose-Free Dairy Products to Support Food Labelling. *Foods*. 2021; 10(6): 1219.
16. Dekker P.J.T., Koenders D., Bruins M.J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits. *Nutrients*. 2019; 11(3): 551.
17. Churakova E., Peri K., Vis J.S. [et al.] Accurate analysis of residual lactose in low-lactose milk: Comparing a variety of analytical techniques. *International dairy journal*. 2019; 96: 126–131.
18. Lu L., Guo L., Wang K. [et al.] β -Galactosidases: A great tool for synthesizing galactose-containing carbohydrates. *Biotechnology advances*. 2020; 39: 107465.
19. Richmond M.L., Gray J.I., Stine C.M. Beta-galactosidase: review of recent research related to technological application, nutritional concerns, and immobilization. *Journal of dairy science*. 1981; 64(9): 1759–1771.
20. Dam B., Revallier-Warffemius J.G., Van Dam-Schermerhorn L.C. Preparation of lactase from *Saccharomyces fragilis*. *Nederlandsch Melk-en Zuiveltijdschrift*. 1950; 4(2): 96–14.
21. Panesar P.S., Panesar R., Singh R.S., Kennedy J.F., Kumar H. Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*. 2006; 81(4): 530–543.
22. Harju M., Kallioinen H., Tossavainen O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. *International Dairy Journal*. 2012; 22(2): 104–109.
23. Wahab W.A.A., Ahmed S.A., Kholif A.M.M. [et al.] Rice straw and orange peel wastes as cheap and eco-friendly substrates: A new approach in β -galactosidase (lactase) enzyme production by the new isolate *L. paracasei* MK852178 to produce low-lactose yogurt for lactose-intolerant people. *Waste Management*. 2021; 131: 403–411.
24. Kanurić K.G., Milanović S.D., Ikonić B.B. [et al.] Kinetics of lactose fermentation in milk with kombucha starter. *Journal of food and drug analysis*. 2018; 26(4): 1229–1234.
25. Bianchini C.B., Vieira M.P., Arriola N.D. [et al.] Incorporation of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) pulp in yogurt: A promising application in the lactose-free dairy product market. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020; 44(10): e14829.
26. Świąder K., Kulawiak M., Chen Y.P. Types of lactose-free products and their availability on the Polish market. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*. 2020.
27. Zaheer M.R., Gupta A. Current development and future perspectives of microbial enzymes in the dairy industry. *Enzymes in food biotechnology*. NY: Academic Press; 2019.
28. Kocabaş D.S., Lyne J., Ustunol Z. Hydrolytic enzymes in the dairy industry: Applications, market and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 2021.
29. Ali M., Kamal M., Rahman M. [et al.] Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: current trends and future prospectives. *Journal of Food Science and Technology*. 2021; 59(5-6): 1–17.

Информация об авторах / Information about the authors

Хелеф Мохаммед Эль Амине, аспирант кафедры технологии молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

kheleflamine777@gmail.com

Юлия Владимировна Голубцова, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ТООП, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

rik@kemsu.ru

Светлана Анатольевна Иванова, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой ОМИ, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

pavvm2000@mail.ru

Khelef Mohammed El Amine, a post-graduate student of the Department of Technology of Milk, Probiotic Dairy Products and Cheese Making, FSBEI HE “Moscow State University of Food Production”

kheleflamine777@gmail.com

Yulia V. Golubtsova, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of TPP, FSBEI HE “Kemerovo State University”, a professor

rik@kemsu.ru

Svetlana A. Ivanova, Doctor of Technical Sciences, an associate professor, Head of the Department of GMI, FSBEI HE “Kemerovo State University”

pavvm2000@mail.ru