

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

УДК 616.348-002

Смирнова Г.И., Лебедев А.И., Корсунский А.А.

Ферментированные продукты питания: уникальные свойства и польза для микробиоты

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

Резюме

Введение. Ферментированные продукты (ФП) являются неотъемлемой частью питания многих народов мира. Насчитывается более 5000 различных видов ФП, которые способствуют улучшению метаболизма, укреплению иммунитета и снижению риска развития хронических болезней, таких как диабет и ожирение.

Цель обзора: определить свойства и влияние ФП на микробиоту кишечника (МК).

Для анализа литературы был проведен поиск в базах данных PubMed, MedLine, Google Scholar за последние 10 лет. ФП обладают уникальными полезными свойствами, оказывают значимое влияние на состав МК и обладают такими плеiotропными эффектами, как иммуномодулирующий, антиоксидантный, противовоспалительный. ФП обладают пребиотическими и пробиотическими свойствами, потенциальной пользой для больных. Различные виды ФП по-разному воздействуют на МК. Регулярное потребление ФП способствует уменьшению риска различных форм аллергической патологии, аутоиммунных заболеваний и нарушений обмена веществ, что делает их перспективными для диетотерапии и нутрициологии. Самый простой и эффективный способ поддержания оптимального состава МК — включение ФП в ежедневный рацион, что положительно сказывается на состоянии здоровья. Разнообразный состав ФП, богатый пробиотиками, пребиотиками, антиоксидантами и биоактивными соединениями, способствует улучшению функционального состояния пищеварительной системы, укреплению иммунитета, нормализации обмена веществ и уменьшению риска хронических болезней. ФП необходимы для разработки персонализированных подходов к питанию, основанных на индивидуальном составе МК.

Ключевые слова: ферментированные продукты; микробиота кишечника; плеiotропные эффекты; диетотерапия

Для цитирования: Смирнова Г.И., Лебедев А.И., Корсунский А.А. Ферментированные продукты питания: уникальные свойства и польза для микробиоты. *Российский педиатрический журнал*. 2025; 28(2): 119–126
https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-2-119-126 https://elibrary.ru/gnwlej

Для корреспонденции: Смирнова Галина Ивановна, доктор мед. наук, проф. педиатрии и детских инфекционных болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), gismirnova@yandex.ru

Участие авторов: Смирнова Г.И., Лебедев А.И. — концепция и дизайн исследования; сбор и обработка материала; написание текста; Корсунский А.А. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 24.01.2025
Принята к печати 18.03.2025
Опубликована 29.04.2025

Galina I. Smirnova, Alexey I. Lebedev, Anatoliy A. Korsunskiy

Fermented foods: unique properties and benefits for the microbiota

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation

Summary

Introduction. Fermented foods (FF) are an integral part of the nutrition in many peoples of the world. There are more than 5,000 different types of FF that help improve metabolism, strengthen immunity, and reduce the risk of developing such chronic diseases as diabetes and obesity. **The aim** of the review is to determine the properties and effects of FF on the intestinal microbiota. To analyze the literature, a search was conducted in PubMed, MedLine, and Google Scholar databases over the past 10 years. FF has unique beneficial properties, has a significant effect on the composition of the intestinal microbiota, and has such pleiotropic effects as immunomodulatory, antioxidant, and anti-inflammatory. FF possess of prebiotic and probiotic properties, with potential benefits for patients. Different types of FF have different effects on the gut microbiota. Regular consumption of FF helps to reduce the risk of various forms of allergic pathology, autoimmune diseases, and metabolic disorders, which makes them promising for diet therapy and nutrition. The simplest and most effective way to maintain the optimal composition of the intestinal microbiota is to include FF in the daily diet, which has a positive effect on health. The diverse composition of FF, rich in probiotics, prebiotics, antioxidants, and bioactive compounds, helps to improve the functional state of the digestive system, strengthen immunity, normalize metabolism and reduce the risk of chronic diseases. FF is necessary to develop personalized approaches to nutrition based on the individual composition of the intestinal microbiota.

Keywords: fermented foods; intestinal microbiota; pleiotropic effects; diet therapy

For citation: Smirnova G.I., Lebedev A.I., Korsunsky A.A. Fermented foods: unique properties and benefits for the microbiota. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2025; 28(2): 119–126. (In Russian).
https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-2-119-126 https://elibrary.ru/gnwlej

For correspondence: Galina I. Smirnova, DSc, prof. of the Department of Pediatrics and Pediatric Infectious Diseases at the N.F. Filatov Clinical Institute of Child Health of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), gismirnova@yandex.ru

Contribution: Smirnova G.I., Lebedev A.I. — concept and design of the study; collection and processing of the material; writing the text; Korsunsky A.A. — editing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Smirnova G.I., https://orcid.org/0000-0002-8165-6567

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

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

Received: January 24, 2025

Accepted: March 18, 2025

Published: April 29, 2025

Введение

Ферментированные продукты (ФП) включены в рацион питания человека с древнейших времен. Предшествовало этому случайное или непреднамеренное потребление ФП, поскольку такие продукты подвергались самопроизвольной ферментации во время хранения [1, 2]. В связи с этим очевидно, что самой важной функцией, которую микробы выполняли на протяжении всей истории человечества, является их участие в консервировании пищевых продуктов посредством ферментации [3]. Ферментация — это процесс, при котором микроорганизмы для производства энергии вырабатывают спирты, углекислый газ и органические кислоты из сахаров, преимущественно в анаэробных условиях [4]. Накопление спиртов и органических кислот и связанное с этим повышение кислотности пищевых субстратов подавляет рост других бактерий и уменьшает активность ферментов в пищевой системе, что снижает скорость порчи продуктов и увеличивает сроки их хранения [5]. При повышении безопасности пищевых продуктов и увеличении длительности их хранения ФП стали ассоциироваться с пользой для здоровья человека.

Начиная с 1900-х гг. были установлены уникальные свойства ФП, которые обеспечили их высокую значимость для здоровья человека:

1) непосредственная питательная ценность ФП, включая биологически активные соединения, образующиеся в результате процесса ферментации [6];

2) обеспечение локального увеличения состава микробиоты кишечника (МК) и создание микробных консорциумов в ФП для метаболической инженерии [7];

3) способность сообществ микроорганизмов, содержащихся в ФП, выдерживать желудочный транзит и становиться дополнительным компонентом МК или локально конкурировать с её представителями, улучшая качественный состав МК и функционирование микробиоты [8].

Кроме того, пробиотические бактерии, определяемые как «живые микроорганизмы, которые при употреблении в достаточных количествах приносят пользу здоровью хозяина», могут входить в состав микробиоты ФП [9]. Многие ФП содержат бактерии с пробиотическим потенциалом, которые добавляются в процессе их производства для снижения содержания аллергенных фракций продуктов [10].

Ферментация пищевых продуктов

Самые ранние свидетельства ферментации пищевых продуктов относятся к периоду неолита, около 7000 г. до н. э., в Китае [1]. К 6500 г. до н. э. появились первые способы превращения молока в сыр путём ферментации [2]. При этом в процессе приготовления выявились пищевые преимущества сыра, заключающиеся в концентрировании жира, белка и минеральных веществ и удалении лактозы, что делает сыр доступным для лиц, которые страдали непереносимостью лактозы и не могли употреблять молоко в раннем детстве. Процесс ферментации использовался всеми народами и применялся к средствам растительного и животного происхождения, доступным в разных регионах [6]. Благодаря этому существует более 5000 различных видов ФП [2]. Если учесть региональные и географические различия способов ферментации и приготовления ФП, эта цифра значительно возрастёт.

Для характеристики и классификации ФП использовались различные подходы, которые основаны преимущественно на пищевом субстрате. В результате этого ФП были сгруппированы на продукты, приготовленные из злаков, овощей, бобовых, корнеплодов/клубнеплодных культур, молока, мяса, рыбы, алкогольные напитки и иные [11]. Из-за древнего происхождения существует очень выраженная региональная дифференциация в распределении и популярности различных по качеству и количеству ФП. При этом местные модификации производства и адаптация процесса ферментации к определённым регионам значительно расширили разнообразие существующих ФП [12].

Целью ферментации продуктов с позиций микроорганизмов является производство энергии. Микробы, адаптированные к различным условиям окружающей среды, имеют большое число путей ферментации, самые значимые из них включают конечные продукты и микроорганизмы, ответственные за их производство [5]. Процессы окисления под воздействием микроорганизмов протекают с участием кислорода воздуха. Конечными продуктами могут быть не только CO_2 и H_2O , но и продукты неполного окисления. Такие процессы называются окислительным брожением [13]. В естественных условиях окислительному брожению подвергаются все органические и многие минеральные вещества. Биологический смысл этих процессов тот же, что и процессов

брожения: извлечение микробами энергии для их жизнедеятельности [14]. Рассмотрим самые важные из них.

Спиртовое брожение в 90% случаев осуществляют дрожжи родов *Saccharomyces* и *Schizosaccharomyces*, а также дрожжи рода *Kloeckera*, вызывающие спонтанное брожение виноградного сока, и представители родов *Torula* и *Eudomyces*. Дрожжи выдерживают до 9–12% этанола по объёму, а дрожжи расы *sake*, используемые при приготовлении рисовой водки сакэ, выдерживают до 18% этанола. Однако дрожжи не могут долго существовать в анаэробных условиях, поскольку одна из стадий биосинтеза фосфолипидов в их биомембранах требует присутствия кислорода, поэтому в анаэробных условиях дрожжевая клетка способна поделиться не более 6 раз [13]. В присутствии кислорода дрожжи переключаются со спиртового брожения на энергетически более выгодное аэробное дыхание, при котором они образуют в 20 раз больше биомассы. Такой переход называется эффектом Пастера [14].

Спиртовое брожение обнаружено лишь у единичных прокариот из-за редкой встречаемости у них фермента пируватдекарбоксилазы, необходимого для этого вида брожения. Строго анаэробная грамположительная бактерия *Sarcina ventriculi* способна к спиртовому брожению, подобно дрожжам. Бактерии *Zymomonas mobilis* имеет пируватдекарбоксилазу, но спиртовое брожение не проводит, а сбраживает сахара по пути Энтнера–Дудорова [13]. Эта бактерия используется для сбраживания сока агавы в ходе приготовления текилы [2, 8]. *Erwinia amylovora* тоже имеет пируватдекарбоксилазу и способна к спиртовому брожению вместе с другими типами брожения [2, 7]. Некоторые клостридии и энтеробактерии, а также гетероферментативная молочнокислая бактерия *Leuconostoc mesenteroides* проводят брожения, в которых этанол является одним из продуктов. Ферментация этанолом отвечает за производство вин из ферментированных фруктов, пива из злаковых культур, таких как пшеница, ячмень и рожь, и других более крепких напитков, требующих дистилляции после ферментации, таких как sake из риса, водка из картофеля и ром из сахарного тростника [2, 8]. Бактериями, ответственными за сбраживание этанола, являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, хотя *Zymomonas mobilis* (грамотрицательная бактерия) используется, среди прочего, для производства ферментированного мексиканского напитка Пульке [15]. Следует отметить, что в ФП этанол может быть получен, хотя и в низких концентрациях, путём гетеролактического брожения. Хорошим примером этого является кефир, который может содержать до 2% этанола, который производится как дрожжами, так и гетероферментативной микробиотой, участвующей в процессе брожения [16].

Молочнокислое брожение является брожением, конечным продуктом которого выступает молочная кислота. Выделяют 2 основных вида молочнокислого брожения: гомоферментативное, при котором молочная кислота составляет до 90% продукта, и гетероферментативное, при котором на её долю приходится лишь половина [13]. Гомоферментативное брожение осуществляют представители родов *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, которые обитают в пищеварительном тракте и молочных железах млекопитающих, а также

на поверхности растений. При гомоферментативном молочнокислом брожении сахара сбраживаются через гликолиз, и около 90% конечного продукта приходится на лактат (остальные 10% составляют ацетат, ацетоин и этанол). Субстратом для гомоферментативного молочнокислого брожения служат лактоза, другие моно- и дисахариды, а также органические кислоты [5, 14].

Основным субстратом для гетероферментативного молочнокислого брожения является мальтоза. При этом ацетил-КоА может преобразовываться в 2 направлениях: окисляться до ацетата, давая ещё одну молекулу АТФ, либо восстанавливаться до этанола за счёт NADH^+H^+ . У гетероферментативных бактерий нет ключевых ферментов гликолиза — альдолазы и триозофосфатизомеразы, из-за чего бактерии не могут окислять сахара с помощью гликолиза.

Молочнокислое брожение осуществляют филогенетически неродственные организмы: представители порядков *Lactobacillales*, *Bacillales*, а также семейства *Bifidobacteriaceae*, которые живут исключительно за счёт брожения. Морфологически они неоднородны, все являются грамположительными, неподвижны и не образуют спор (за исключением семейства *Sporolactobacillaceae*). Молочнокислые бактерии ответственны за процесс яблочно-молочного брожения, который также участвует в производстве вина; в основном это происходит после спиртовой ферментации дрожжами [14]. Эта реакция превращает L-яблочную кислоту в L-молочную кислоту и углекислый газ и приводит к образованию других вкусовых соединений, таких как диацетил, снижает кислотность вина и повышает микробиологическую стабильность. Основным возбудителем, связанным с этим процессом, является *Oenococcus oeni*, хотя могут быть использованы и другие виды *Lactobacillaceae* и *Pediococcus* [18].

Уксуснокислое брожение — это биохимический процесс окисления углеводов и этилового спирта в аэробных условиях с участием кислорода воздуха до уксусной кислоты, осуществляемый уксуснокислыми бактериями семейства *Gluconobacter*, а также уксусным грибом *Mycoderma aceti*. При уксуснокислом брожении реакция окисления этилового спирта протекает в две стадии: сначала образуется уксусный альдегид, который затем окисляется в уксусную кислоту. Этот тип брожения относят к неполному окислению, т. к. окисление спирта не идёт до углекислого газа [13]. Возбудителями этого вида брожения являются уксуснокислые бактерии — аэробные палочки, среди которых есть подвижные и неподвижные [19]. В качестве источников углерода используют спирт и сахара. С точки зрения промышленного производства уксуса аэробные виды *Acetobacter* и *Komagataeibacter* представляют особый интерес из-за их высокой переносимости как субстрата (этанола), так и продукта (ацетата), присутствующего в их питательных средах [20].

Лимоннокислое брожение — это окисление сахара в лимонную кислоту, которое вызывает грибок *Aspergillus niger* (черный). В настоящее время лимонную кислоту получают не с помощью этого гриба, а биохимическим способом. Цитратная ферментация является важным метаболическим путём для некоторых ферментированных пищевых продуктов, в

частности, в молочном секторе [2, 13]. Эта ферментация может проводиться гомо- и гетеролактическими бактериями, самой важной из которых является *L. lactis subsp. Lactis diacetylactis* и некоторые виды *Leuconostoc*. Ферментация лимонной кислотой важна при производстве ряда молочных продуктов, таких как творог, где диацетил придает маслянистый аромат, а в других сортах сыра образование углекислого газа отвечает за образование глазков [21].

Маслянокислое брожение — это брожение, которое характеризуется анаэробным окислением сахара под действием маслянокислых бактерий с образованием масляной кислоты, углекислого газа и водорода [13, 22]. Эти бактерии способны сбраживать простые сахара, сложные углеводы (крахмал), пектиновые вещества и др. Маслянокислые бактерии широко распространены в природе, находясь в почве, в иле озер и болот, в скоплениях различных остатков, загрязнённой воде, молоке, сыре. Вызываемое этими бактериями брожение имеет важное значение в превращениях веществ в природе и разложении мертвых тел. Масляная кислота обладает специфическим запахом, привлекающим детритофагов (падальщиков). Этот тип брожения применяется в промышленности для получения масляной кислоты (продукт *Clostridium butyricum*) [23]. Сама масляная кислота обладает резким запахом прогорклого масла, однако её эфиры отличаются приятным ароматом: метиловый эфир имеет яблочный запах, этиловый — грушевый, амиловый — ананасный. Эфиры масляной кислоты используют в кондитерской, безалкогольной и парфюмерной промышленности.

Ацетонобутиловое брожение — это тип брожения, характеризующийся превращением углеводов ацетонобутиловыми бактериями с образованием ацетона и бутилового спирта (бутанола) [13]. Этот биохимический процесс вызывают бактерии *Clostridium acetobutylicum* и *Granulobacter butyricum* [23]. В качестве субстрата используются глюкоза, глицерин, пируват. Глюкоза расщепляется по гликолитическому пути. Процесс имеет двухфазный характер: первая фаза — кислотная — вначале при сбраживании глюкозы выделяются масляная кислота и уксусная кислота. Вторая фаза — ацетонобутиловая, в которой по мере подкисления среды (до pH ниже 5) и повышения в ней концентрации жирных кислот индуцируется синтез ферментов, приводящих к накоплению нейтральных продуктов, в первую очередь н-бутанола и ацетона, образуется некоторое количество этанола и других веществ.

Пропионовокислое брожение — это тип брожения, осуществляемый пропионовокислыми бактериями, который приводит к сбраживанию углеводов с образованием пропионовой кислоты, углекислоты и воды [13]. Этот тип брожения происходит в анаэробных условиях под действием бактерий из рода *Propionibacterium*, которые способны фиксировать CO₂, при этом из пиروиноградной кислоты и CO₂ образуется щавелевоуксусная кислота, превращающаяся в янтарную кислоту, из которой декарбоксилированием образуется пропионовая кислота и выделяется энергия. На уровне метилмалонил-КоА, образующегося из активизированного сукцината (сукцинил-КоА), происходят декарбоксилирование и образование пропионил-КоА, а затем пропи-

оната как продукта брожения [14]. Эмменталь и другие швейцарские сыры производятся благодаря свойствам пропионовокислых бактерий для ферментации лактата в пропионовую кислоту, при совместном образовании ацетата и CO₂ образуются вкус и глазки, характерные для этих видов сыра [19]. Пропионовокислые бактерии, используемые при производстве швейцарских сыров, используют путь метилмалонил-КоА [13].

Таким образом, в результате осуществляемых культурными микроорганизмами химических реакций растительное или животное сырьё превращается в ФП. С помощью микроорганизмов получают многие жизненно важные продукты питания и, хотя изготовление их знакомо человеку с древних времен, роль микроорганизмов в этих процессах открыта сравнительно недавно. При различных типах брожения используются субстраты, имеющиеся в исходном пищевом материале, которые преобразуются в продукты, влияющие на вкусовые характеристики ФП [24]. В процессе ферментации пищевых продуктов микроорганизмы высвобождают аминокислоты и биологически активные пептиды из белков, преобразовывают жиры в более полезные для здоровья формы, такие как конъюгированная линолевая кислота, и продуцируют широкий спектр метаболитов, включая короткоцепочечные жирные кислоты (КЖК), витамины, экзополисахариды и γ -аминомасляную кислоту; всё это влияет на сенсорные характеристики и укрепляет здоровье [11].

Микробиота ферментированных пищевых продуктов

Традиционно для ферментации пищевых продуктов использовалась микробиота, которая естественным образом содержится в сыром пищевом материале или получена путём переноса из ФП [2, 8]. Однако в современных системах производства пищевых продуктов широко используются хорошо изученные или определённые заквасочные культуры микробов для получения воспроизводимых продуктов, способных обеспечить соответствие потребительским стандартам и безопасность [25]. При секвенировании ДНК метагеномных ФП были выявлены популяции различных ранее нераспознанных случайных микроорганизмов: бактерий, дрожжей, нитевидных и плесневых грибов видов *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Brachybacterium*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Hafnia* и др. [12, 25]. Оценивая микробиологическое разнообразие ФП, можно получить представление об их потенциальном воздействии на здоровье человека. Ярким примером разнообразия микробиоты ФП являются сыры [26]. Микробиота, которая формируется во время созревания сыра, определяется молоком и другими ингредиентами, заквасками, добавляемыми в начале производства, а также условиями в помещении для производства сыра и его созревания. В то время как большинство сыров производится из коровьего молока, есть сыры из овечьего, козьего, буйволиного, верблюжьего и даже ослиного молока [27]. К микробиоте, общей для всего сырого молока, относятся лактококки, лактобациллы, лейконостоки, стрептококки и энтерококки, которые влияют на микробный состав конечного продукта [28]. Микробиомы некоторых

сыров могут усложняться поддержанием различных микробных сообществ. Например, сыр с начинкой получается путём втирания или «размазывания» микроорганизмов по поверхности только что сформованного сыра, в результате образуется корка с ярко выраженным вкусом и собственной микробиотой поверхности, которая сильно отличается от микробиоты в сердцевине сыра [29].

Польза ферментированных продуктов для здоровья

Многие ФП употребляются в пищу без дальнейшей обработки и содержат значительные популяции микроорганизмов численностью до 10^8 КОЕ/г; они непосредственно попадают в желудочно-кишечный тракт человека, где взаимодействуют с МК или могут закрепиться в ней как её часть. При этом потребление ФП обеспечивает потенциальные преимущества этих продуктов путём положительного воздействия на здоровье [30]. Это обусловлено тем, что в ФП обычно используются необработанные сырые ингредиенты, в них не добавляются консерванты, красители или ароматизаторы, они производятся с использованием давно зарекомендовавших себя, экологически чистых, во многих случаях традиционных технологий [2]. Для большинства потребителей привлекательна идея о том, что это «живые продукты», содержащие натуральные компоненты и разнообразную микробиоту [31]. При этом выявлены значимые связи между контролем веса и потреблением кисломолочных продуктов, снижением риска сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа и смертности, связанной с этими формами патологии [32, 33]. Потребление различных ФП связано также с модуляцией МК при лечении нейродегенеративной патологии, воспалительных заболеваний кишечника и МК [34, 35].

Изменения в пищевых продуктах, возникающие в процессе ферментации, повышают усвояемость сложных углеводов и белков за счёт расщепления крахмала до олигосахаридов и полипептидов до аминокислот [14]. Ферментация способствует дестабилизации мицелл казеина бактериями, присутствующими в молоке, что повышает усвояемость молочного белка [28]. Кроме того, ферментация может способствовать преобразованию сырых продуктов, что позволяет потребителям, не переносящим исходный сырой продукт, употреблять эти продукты. При катаболизме белков, липидов и углеводов в процессе ферментации могут образовываться биологически активные соединения и значимые для здоровья микробные метаболиты [36]. Установлена продукция витаминов и антиоксидантов во время ферментации пищевых продуктов, в частности, представителями семейства *Lactobacillaceae* [37]. Витамины B7, B11 и B12 вырабатываются в кисломолочных продуктах лактобактериями (*Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Limosilactobacillus reuteri*), пропионибактериями, бифидобактериями и несколькими видами стрептококков [37, 38]. *L. plantarum* регулирует физиологию кишечника и кишечные нейроны при синдроме раздражённого кишечника посредством микробных метаболитов триптофана [39]. Антиоксиданты, содержащиеся в продуктах питания и защищающие от вредного воздействия свободных ра-

дикалов, вырабатываются в ФП микроорганизмами, активизирующими эстеразы [2, 40]. Пептиды, ингибирующие ангиотензин-1-превращающий фермент, были обнаружены в немолочных продуктах, таких как ферментированные мясные колбасы, изготовленные с использованием штаммов *L. sakei* и *L. curvatus* [40].

Многие микроорганизмы, участвующие в ферментации пищевых продуктов, способны продуцировать высокомолекулярные экзополисахариды (ЭПС) из простых сахаров, присутствующих в сырых пищевых продуктах. ЭПС могут продуцироваться видами *Zymomonas*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* и *Streptococcus*, а также представителями семейства *Lactobacillaceae* [41]. Бактерии, производящие ЭПС, играют важную роль в иммуномодуляции, которая может быть как стимулирующей, так и подавляющей в зависимости от различных факторов [42]. В то время как пребиотики и пробиотические бактерии способны снижать уровень холестерина с помощью различных механизмов, ЭПС снижает содержание холестерина, связывая желчь (в состав которой входит холестерин) из кишечника с оболочкой бактериальных клеток, тем самым уменьшая реабсорбцию и переработку желчи [43].

Влияние ферментированных продуктов на микробиоту кишечника

Регистрируются общие сдвиги в микробной популяции, которые не обязательно отражают содержание микробов в ФП [44]. Анализ влияния потребления ферментированных растений на микробные и метаболические различия у потребителей (7000 участников) выявил существенные различия между МК потребителей и непотребителей ФП. МК потребителей ФП были связаны с *Bacteroides* spp., *Pseudomonas* spp., *Dorea* spp., *Lachnospiraceae*, *Prevotella* spp., *Alistipes putredinis*, *Oscillospira* spp., *Enterobacteriaceae*, *Fusobacterium* spp., *Actinomyces* spp., *Achromobacter* spp., *Faecalibacterium prausnitzii*, *Bacteroides uniformis*, *Clostridiales* и *Delftia* spp. [2, 11, 45]. Диета, богатая ФП, способствовала увеличению альфа-разнообразия МК, чего не наблюдалось при употреблении клетчатки.

Способность ФП воздействовать на МК не ограничивается кисломолочными продуктами. Различное содержание моносахаридов в пищевых волокнах изменяет состав МК и процессы ферментации. Доказано, что ФП способны изменять МК, хотя часто не ясно, как происходят эти изменения [46]. ФП могут влиять на МК благодаря питательным веществам, содержащимся в их матрице, и посредством собственной микробиоты. При этом питательные вещества из ФП могут напрямую влиять на МК хозяина [44]. Например, ферментация приводит к повышению биодоступности полифенолов в ФП, которые имеют антиоксидантные свойства и непосредственно влияют на МК, ингибируя патогены [47]. Полифенолы могут переноситься кишечными микробами, но не патогенами, благодаря способности расщеплять их до менее вредных соединений; некоторые кишечные микробы, такие как лактобациллы, даже способны использовать полифенолы в качестве питательного субстрата [48].

Сам состав микробиоты влияет на биодоступность поступающих в организм полифенолов с помощью бак-

териальных ферментов (например, эстераз, деметилаз), преобразуя их в формы, способные всасываться через стенку кишечника, что способствует увеличению общего микробного разнообразия и уменьшению уровней общего холестерина [43]. Поскольку полифенолы могут подавлять патогенные бактерии и потенциально приносить пользу полезным бактериям, потребление ФП с высоким содержанием полифенолов может повлиять на кишечные бактерии [49].

КЖК образуются в результате катаболизма микробами углеводных соединений. Это важно для питания человека, поскольку микробы, обитающие в толстой кишке, способны к этому ферментативному процессу, и образующиеся при этом КЖК влияют на уровень pH, концентрацию слизи и используются как источник энергии [41]. При этом некоторые ФП содержат большое количество легкодоступных КЖК и потенциально могут воздействовать на МК, изменяя содержание определённых соединений в пище. Кроме того, микробиота ФП продуцирует бактериоцины, которые обеспечивают безопасность пищевых продуктов [50].

Вместе с тем в ФП обнаружены бактерии, способные выдерживать желудочный транзит (pH 2,2 и пепсин) в течение 90 мин с последующим 150-минутным воздействием синтетического дуоденального сока (pH 8,0, панкреатин и желчь) [2, 44]. Хотя выживаемость микробов по-прежнему зависит от штамма, анализ *L. plantarum* показал, что они хорошо выживают в желудочных условиях [39]. При этом популяция микробов с концентрацией 10^7 КОЕ/г может пережить желудочный транзит и является достаточной для потенциального воздействия на МК [50]. Эта способность штаммов лактобактерий, содержащихся в ФП, выживать в процессе пищеварения позволяет им влиять на качество МК.

Однако значимость ФП для защиты бактерий в процессе пищеварения требует пристального внимания [51]. Ранее было установлено, что рацион питания, в котором преобладают определённые макроэлементы и наблюдается дефицит других, влияет на состав МК, при этом энтеротипы (определяющие микробиоту на основе доминирующих таксонов) развиваются, когда такой режим питания является долгосрочным [24, 44]. Выявлено, что микробиоты ФП и кишечника достаточно тесно взаимодействуют, что приводит к изменениям экспрессии генов и микробного метаболизма в ФП, что используется для увеличения их биологической активности [24, 52]. Таким образом, микробиота ФП оказывает различное позитивное воздействие на МК.

Заключение

ФП занимают важное место в истории человечества и, хотя изначально их основной функцией было prolongation срока годности сезонных продуктов, польза для здоровья, связанная с их потреблением, давно признана [2, 51]. Почти все основные продукты питания, потребляемые человеком, могут подвергаться ферментации, которая увеличивает потенциал их пищевого и терапевтического воздействия. Региональные и географические модификации ферментации значительно расширили разнообразие ФП. Например, как в случае с сыром; в то время как сыр производится из молока ограниченного числа видов млекопитающих, различные технологии

ферментации привели к появлению более 1000 сортов сыра [2, 26].

С большинством ФП связан широкий спектр некондиционных микробов, масштабы которых в полной мере становятся очевидными только сейчас, благодаря применению высокопроизводительных технологий секвенирования ДНК [53]. Недавно создана доступная онлайн-база данных Omics Database of Fermentative Microbes (ODFM), которая функционирует как архив аннотированных геномных данных о микробах, связанных с ФП, и позволяет оценить отдельные штаммы в качестве потенциальных заквасочных культур [54]. ODFM архивирует последовательности генома, метабенома, метатаксонома и (мета)транскриптома бактерий, архей, эукариотических микроорганизмов и вирусов, связанных с ФП. Пользователям доступно более 130 бактериальных, 38 архейных и 28 эукариотических геномов, что позволяет проводить таксономический анализ входного запроса по базе данных. Очевидно, что ODFM — это современная база данных, охватывающая геномы всего микробиома в рамках конкретной пищевой экосистемы и предоставляющая информацию для оценки микробных изолятов в качестве потенциальных источников ферментации для производства ФП, метаболической инженерии и синтетической биологии [55–57]. Например, картирование микробиоты в молочной промышленности позволяет выявить новые виды и гены, отвечающие за пробиотическую и биозащитную активность микробиоты, что улучшает качества традиционных ФП [58]. ФП легче усваиваются благодаря частичному расщеплению белка во время ферментации, они могут быть обогащены витаминами и антиоксидантами. Ферментация приводит к высвобождению биологически активных пептидов, например, хорошо известных ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента и продукции бактериальных ЭПС, которые могут способствовать снижению уровня холестерина [43].

В последние годы МК человека уделяется большое внимание, появляется всё больше доказательств того, что он влияет как на физическое, так и на психическое здоровье [2, 37]. Возрастные особенности образа жизни детей, включая диету, могут значимо влиять на здоровье и качественный состав МК в норме и при некоторых формах патологии, например, синдроме раздражённого кишечника у детей [59]. ФП положительно влияют на МК, обеспечивают питательными веществами, стимулируют или подавляют активность представителей МК. Очень перспективными являются исследования, которые показали, что микробные сообщества пищевого происхождения служат потенциальными резервуарами генов устойчивости патогенов к противомикробным препаратам [60]. Некоторые биологически активные соединения, вырабатываемые микробами в продуктах питания, включая полифенолы и КЖК, могут оказывать благотворное воздействие при употреблении в пищу. Определённые штаммы микроорганизмов, содержащиеся в продуктах питания, способны выдерживать переваривание, а ФП являются полезными транспортными средствами для безопасной доставки пробиотических штаммов в кишечник, что полезно для здоровья [61].

Литература

(п.п. 1–12; 15–59; 61; 62 см. References)

13. Бессолицына Е.А. *Биохимия метаболизма*. СПб.; 2016.
14. Куранова Н.Г., Купатадзе Г.А. *Микробиология. Часть 2. Метаболизм прокариот*. М.; 2017.
60. Смирнова Г.И., Лабинов В.С., Корсунский А.А. Синдром раздражённого кишечника у детей: патогенетическое значение нарушений микробиоты кишечника. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27(1): 49–54. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-1-49-54> <https://elibrary.ru/xqpypx>

References

1. Voidarou C., Antoniadou M., Rozos G., Tzora A., Skoufos I., Varzakas T., et al. Fermentative foods: microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues. *Foods*. 2020; 10(1): 69. <https://doi.org/10.3390/foods10010069>
2. Leeuwendaal N.K., Stanton C., O'Toole P.W., Beresford T.P. Fermented foods, health and the gut microbiome. *Nutrients*. 2022; 14(7): 1527. <https://doi.org/10.3390/nu14071527>
3. Valentino V., Magliulo R., Farsi D., Cotter P.D., O'Sullivan O., Ercolini D., et al. Fermented foods, their microbiome and its potential in boosting human health. *Microb. Biotechnol.* 2024; 17(2): e14428. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14428>
4. Vitorino L.C., Bessa L.A. Technological microbiology: development and applications. *Front. Microbiol.* 2017; 8: 827. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00827>
5. Guzmán-Escalera D., Valdés-Miramontes E.H., Iñiguez-Muñoz L.E., Reyes-Castillo Z., Espinoza-Gallardo A.C. Metabolites generated from foods through lactic fermentation and their benefits on the intestinal microbiota and health. *J. Med. Food*. 2025; 28(1): 1–11. <https://doi.org/10.1089/jmf.2023.0218>
6. Chilton S.N., Burton J.P., Gregor Reid G. Inclusion of fermented foods in food guides around the world. *Nutrients*. 2015; 7(1): 390–404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>
7. Padhi S., Sarkar P., Sahoo D., Rai A.K. Potential of fermented foods and their metabolites in improving gut microbiota function and lowering gastrointestinal inflammation. *J. Sci. Food Agric.* 2024. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13313>
8. Caffrey E.B., Sonnenburg J.L., Devkota S. Our extended microbiome: The human-relevant metabolites and biology of fermented foods. *Cell Metab.* 2024; 36(4): 684–701. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2024.03.007>
9. Zaib S., Hayat A., Khan I. Probiotics and their beneficial health effects. *Mini Rev. Med. Chem.* 2024; 24(1): 110–25. <https://doi.org/10.2174/1389557523666230608163823>
10. Menezes L.A.A., Pinheiro Costa Pimentel M., Alves T.O., Pimenta do Nascimento T., Evaristo J.A.M., Nogueira F.C.S., et al. Label-free quantitative proteomics to exploit the impact of sourdough fermentation on reducing wheat allergenic fractions. *J. Food Chem.* 2024; 430: 137037. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137037>
11. Taylor B.C., Lejzerowicz F., Poirel M., Shaffer J.P., Jiang L., Ak-senov A., et al. Consumption of fermented foods is associated with systematic differences in the gut microbiome and metabolome. *mSystems*. 2020; 5(2): e00901–19. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00901-19>
12. Tamang J.P., Watanabe K., Holzapfel W.H. Review: Diversity of microorganisms in global fermented Foods and Beverages. *Front. Microbiol.* 2016; 7: 377. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>
13. Bessolitsyna E.A. *Biochemistry of metabolism [Biokhimiya metabolizma]*. St. Petersburg; 2016. (in Russian)
14. Kuranova N.G., Kupatadze G.A. *Microbiology. Part 2. Metabolism of prokaryotes [Mikrobiologiya. Chast' 2. Metabolizm prokariot]*. Moscow; 2017. (in Russian)
15. Walker G., Stewart G. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*. 2016; 2(4): 30. <http://doi.org/10.3390/beverages2040030>
16. Escalante A., Giles-Gómez M., Hernández G., Córdova-Aguilar M.S., López-Munguía A., Gosset G., et al. Analysis of bacterial community during the fermentation of pulque, a traditional Mexican alcoholic beverage, using a polyphasic approach. *Int. J. Food Microbiol.* 2008; 124(2): 126–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.003>
17. Chen W., Wang J., Du L., Chen J., Zheng Q., Li P., et al. Kefir microbiota and metabolites stimulate intestinal mucosal immunity and its early development. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2024; 64(5): 1371–84. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2115975>
18. Jiang J., Sumbly K.M., Sundstrom J.F., Grbin P.R., Jiranek V. Directed evolution of *Oenococcus oeni* strains for more efficient malolactic fermentation in a multi-stressor wine environment. *Food Microbiol.* 2018; 73: 150–9. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.005>
19. Yamada Y., Yukphan P. Genera and species in acetic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2008; 125(1): 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.077>
20. Marič L., Cleenwerck I., Accetto T., Vandamme P., Trček J. Description of *Komagataeibacter melaceti* sp. nov. and *Komagataeibacter melomenus* sp. nov. isolated from apple cider vinegar. *Microorganisms*. 2020; 8(8): 1178. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081178>
21. Laëtitia G., Pascal D., Yann D. The citrate metabolism in homo- and heterofermentative LAB: A selective means of becoming dominant over other microorganisms in complex ecosystems. *Food Nutr. Sci.* 2014; 5(10): 953–69. <http://doi.org/10.4236/fns.2014.510106>
22. Zhang M., Li R.W., Yang H., Tan Z., Liu F. Recent advances in developing butyrogenic functional foods to promote gut health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2024; 64(13): 4410–31. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2142194>
23. Guo X., Li X., Feng J., Yue Z., Fu H., Wang J. Engineering of *Clostridium tyrobutyricum* for butyric acid and butyl butyrate production from cassava starch. *Bioresour. Technol.* 2024; 391(Pt. A): 129914. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129914>
24. Şanlıer N., Gökçen B.B., Sezgin A.C. Health benefits of fermented foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019; 59(3): 506–27. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1383355>
25. Pop O.L., Ciont Nagy C., Gabianelli R., Coldea T.E., Pop C.R., Mudura E., et al. Deciphering contaminants and toxins in fermented food for enhanced human health safeguarding. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2024; 23(5): e13428. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13428>
26. Kindstedt P.S. *Cheese and Culture: A History of Cheese and its Place in Western Civilization*. Hartford: Chelsea Green Publishing Company; 2012.
27. Bittante G., Amalfitano N., Bergamaschi M., Patel N., Haddi M.L., Benabid H., et al. Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *J. Dairy Sci.* 2022; 105(3): 2132–52. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20961>
28. Shiby V.K., Mishra H.N. Fermented milks and milk products as functional foods—a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2013; 53(5): 482–96. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>
29. Ritschard J.S., Schuppler M. The microbial diversity on the surface of smear-ripened cheeses and its impact on cheese quality and safety. *Foods*. 2024; 13(2): 214. <https://doi.org/10.3390/foods13020214>
30. Abd El-Salam M.H., El-Shibiny S., Assem F.M., El-Sayyad G.S., Hasanien Y.A., Elfadil D., et al. Impact of fermented milk on gut microbiota and human health: a comprehensive review. *Curr. Microbiol.* 2025; 82(3): 107. <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04061-z>
31. Kunyeit L., Rao R.P., Anu-Appaiah K.A. Yeasts originating from fermented foods, their potential as probiotics and therapeutic implication for human health and disease. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2024; 64(19): 6660–71. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2172546>
32. Boscaini S., Leigh S.J., Lavelle A., García-Cabrerizo R., Lipuma T., Clarke G., et al. Microbiota and body weight control: weight watchers within? *Mol. Metab.* 2022; 57: 101427. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2021.101427>
33. García-Gutiérrez E., O'Mahony A.K., Dos Santos R.S., Marroquí L., Cotter P.D. Gut microbial metabolic signatures in diabetes mellitus and potential preventive and therapeutic applications. *Gut Microbes*. 2024; 16(1): 2401654. <https://doi.org/10.1080/19490976.2024.2401654>
34. Mincic A.M., Antal M., Filip L., Miere D. Modulation of gut microbiome in the treatment of neurodegenerative diseases: A systematic review. *Clin. Nutr.* 2024; 43(7): 1832–49. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.05.036>
35. El-Sayed A., Kapila D., Taha R.S.I., El-Sayed S., Mahen M.R.A., Taha R., et al. The role of the gut microbiome in inflammatory bowel disease: the middle east perspective. *J. Pers. Med.* 2024; 14(6): 652. <https://doi.org/10.3390/jpm14060652>
36. He W., Bertram H.C., Yin J.Y., Nie S.P. Lactobacilli and their fermented foods as a promising strategy for enhancing bone mineral

- density: a review. *J. Agric. Food Chem.* 2024; 72(32): 17730–45. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c03218>
37. Singh A., Negi P.S. Appraising the role of biotics and fermented foods in gut microbiota modulation and sleep regulation. *J. Food Sci.* 2025; 90(1): e17634. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17634>
38. Mathur H., Beresford T.P., Cotter P.D. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates. *Nutrients.* 2020; 12(6): 1679. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>
39. Xia B., Lin T., Li Z., Wang J., Sun Y., Wang D., et al. Lactiplantibacillus plantarum regulates intestinal physiology and enteric neurons in IBS through microbial tryptophan metabolites. *J. Agric. Food Chem.* 2024; 72(32): 17989–8002. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c03087>
40. Takeda S., Matsufuji H., Nakade K., Takenoyama S.I., Ahmmed A., Sakata R., et al. Investigation of lactic acid bacterial strains for meat fermentation and the product's antioxidant and angiotensin-I-converting-enzyme inhibitory activities. *Anim. Sci. J.* 2017; 88(3): 507–16. <https://doi.org/10.1111/asj.12673>
41. Sørensen H.M., Rochfort K.D., Maye S., MacLeod G., Brabazon D., Loscher C., et al. Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: production, purification and health benefits towards functional food. *Nutrients.* 2022; 14(14): 2938. <https://doi.org/10.3390/nu14142938>
42. Ryan P.M., Ross R.P., Fitzgerald G.F., Caplice N.M., Stanton C. Sugar-coated: exopolysaccharide producing lactic acid bacteria for food and human health applications. *Food Funct.* 2015; 6(3): 679–93. <https://doi.org/10.1039/c4fo00529e>
43. Tok E., Aslim B. Cholesterol removal by some lactic acid bacteria that can be used as probiotic. *Microbiol. Immunol.* 2010; 54(5): 257–64. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2010.00219.x>
44. Yao Z., Zhu Y., Wu Q., Xu Y. Challenges and perspectives of quantitative microbiome profiling in food fermentations. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2024; 64(15): 4995–5015. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2147899>
45. Lynch K.M., Zannini E., Coffey A., Arendt E.K. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: isolation, properties, characterization, and health benefits. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2018; 9: 155–76. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030117-012537>
46. Jensen N., Maldonado-Gomez M., Krishnakumar N., Weng C.Y., Castillo J., Razi D., et al. Dietary fiber monosaccharide content alters gut microbiome composition and fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2024; 90(8): e0096424. <https://doi.org/10.1128/aem.00964-24>
47. Koudoufio M., Desjardins Y., Feldman F., Spahis S., Delvin E., Levy E. Insight into polyphenol and gut microbiota crosstalk: are their metabolites the key to understand protective effects against metabolic disorders? *Antioxidants (Basel).* 2020; 9(10): 982. <https://doi.org/10.3390/antiox9100982>
48. Ibarlucea-Jerez M., Monnoye M., Chambon C., Gérard P., Licanthro H., Neyraud E. Fermented food consumption modulates the oral microbiota. *NPJ Sci. Food.* 2024; 8(1): 55. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00298-3>
49. Tomás-Barberán F.A., Selma M.V., Espín J.C. Interactions of gut microbiota with dietary polyphenols and consequences to human health. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2016; 19(6): 471–6. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000314>
50. Bisht V., Das B., Navani N.K. Bacteriocins sourced from traditional fermented foods for ensuring food safety: the microbial guards. *J. Sci. Food Agric.* 2024. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13783>
51. Cuamatzin-García L., Rodríguez-Rugarcía P., El-Kassis E.G., Galicia G., Meza-Jiménez M.L., Baños-Lara M.D.R., et al. Traditional fermented foods and beverages from around the world and their health benefits. *Microorganisms.* 2022; 10(6): 1151. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061151>
52. Kasperek M.C., Velasquez Galeas A., Caetano-Silva M.E., Xie Z., Ulanov A., La Frano M., et al. Microbial aromatic amino acid metabolism is modifiable in fermented food matrices to promote bioactivity. *Food Chem.* 2024; 454: 139798. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139798>
53. Falà A.K., Álvarez-Ordóñez A., Filloux A., Gahan C.G.M., Cotter P.D. Quorum sensing in human gut and food microbiomes: Significance and potential for therapeutic targeting. *Front. Microbiol.* 2022; 13: 1002185. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1002185>
54. Whon T.W., Ahn S.W., Yang S., Kim J.Y., Kim Y.B., Kim Y., et al. ODFM, an omics data resource from microorganisms associated with fermented foods. *Sci. Data.* 2021; 8(1): 113. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00895-x>
55. Xin Y., Qiao M. Towards microbial consortia in fermented foods for metabolic engineering and synthetic biology. *Food Res. Int.* 2025; 201: 115677. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115677>
56. De Filippis F., Valentino V., Yap M., Cabrera-Rubio R., Barcenilla C., Carlino N., et al. Microbiome mapping in dairy industry reveals new species and genes for probiotic and bioprotective activities. *NPJ Biofilms Microbiomes.* 2024; 10(1): 67. <https://doi.org/10.1038/s41522-024-00541-5>
57. Jin R., Song J., Liu C., Lin R., Liang D., Aweya J.J., et al. Synthetic microbial communities: Novel strategies to enhance the quality of traditional fermented foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2024; 23(4): e13388. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13388>
58. Zinno P., Calabrese F.M., Schifano E., Sorino P., Di Cagno R., Gobbetti M., et al. FDF-DB: a database of traditional fermented dairy foods and their associated microbiota. *Nutrients.* 2022; 14(21): 4581. <https://doi.org/10.3390/nu14214581>
59. Smirnova G.I., Labinov V.S., Korsunsky A.A. Irritable bowel syndrome in children: pathogenetic significance of disorders of intestinal microbiota. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal.* 2024; 27(1): 49–54. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-1-49-54> <https://elibrary.ru/xqpypx> (in Russian)
60. Zinno P., Perozzi G., Devirgiliis C. Foodborne microbial communities as potential reservoirs of antimicrobial resistance genes for pathogens: a critical review of the recent literature. *Microorganisms.* 2023; 11(7): 1696. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071696>
61. Kango N., Nath S. Prebiotics, probiotics and postbiotics: the changing paradigm of functional foods. *J. Diet. Suppl.* 2024; 21(5): 709–35. <https://doi.org/10.1080/19390211.2024.2363199>

Сведения об авторах:

Лебедев Алексей Игоревич, студент 6-го курса Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет); **Корсунский Анатолий Александрович**, доктор мед. наук, проф., зав. каф. педиатрии и детских инфекционных болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет).