УДК 579.678
EDN WMDZQQ
DOI 10.71453/3034-4174-2026-1-68

РАЗВИТИЕ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ПАРАДИГМЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Солодков Владимир Павлович, доктор биологических наук, директор по качеству[1]
Туркин Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры[2]
Стаканчикова Ирина Михайловна, аспирант[3]
[1]ООО «МОСВЕТГРУПП», г. Москва, Россия
[2]Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», г. Рязань, Россия
[3]Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия

Аннотация. Из-за нарастания и появления новых биологических угроз, в том числе в пищевой промышленности (производство, хранение, транспортировка), в обществе признается необходимость в разработке и применении эффективных способов решения данной проблемы, что обусловило в данной статье рассмотрение таких важнейших теоретических аспектов современной парадигмы микробиологической безопасности пищевой продукции, как: инновационные технологии мониторинга нутримикробиома, интеграция научных исследований в практику обеспечения биобезопасности, совершенствование нормативной базы и стратегий управления биорисками. Проанализированы инновационные технологии мониторинга нутримикробиома. Подчеркнута значимость интеграции гигиенических норм, инновационных методик, научных исследований и стратегий управления рисками. Выработаны рекомендации по совершенствованию нормативной базы и развитию стратегий управления микробиологическими рисками в условиях новых биоугроз, усложняющейся микробиологической картины, появления эмерджентных патогенов для обеспечения контроля и повышения безопасности пищевых продуктов на всех этапах с целью защиты общественного здоровья. На основе анализа технологий мониторинга нутримикробиома и результатов научных

исследований были сформулированы рекомендации по совершенствованию нормативной базы и развитию стратегий управления микробиологическими рисками, направленные на повышение качества и безопасности пищевой продукции, защиты здоровья потребителей.

Ключевые слова: микробиологический риск, микробиологическая безопасность, микробиом производственной среды, мониторинг нутримикробиома, метагеномное секвенирование, эмерджентные патогены, гигиенические нормативы, нормативная база, ТР ТС 021/2011, МР 2.1.10.0067-12.

DEVELOPMENT OF STRATEGIES FOR MANAGING MICROBIOLOGICAL RISKS IN THE PARADIGM OF MICROBIOLOGICAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS

Solodkov Vladimir P., Doctor of Biological Sciences, Director for Quality[1]
Turkin Vladimir N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department[2]
Stakanchikova Irina M., Postgraduate Student[3]
[1]MOSVETGROUP LLC, Moscow, Russia
[2]Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
[3]Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

Abstract. Due to the growing number of new biological threats, including those in the food industry (production, storage, and transportation), there is a need to develop and implement effective solutions to this problem. Based on this, the article discusses some of the most important theoretical aspects of the modern paradigm of microbiological safety in food production, including innovative technologies for monitoring the gut microbiome, integrating scientific research into the practice of biosecurity, and improving the regulatory framework and strategies for managing bioresources. The article also analyzes innovative technologies for monitoring the gut microbiome. The importance of integrating hygienic standards, innovative methods, scientific research, and risk management strategies into the practice of biosecurity has been emphasized. Recommendations have been developed to improve the regulatory framework and develop strategies for managing microbiological risks in the face of emerging biohazards, a complex

microbiological landscape, and the emergence of emerging pathogens, in order to ensure the control and safety of food products at all stages in order to protect public health. As a result, based on the analysis of technologies for monitoring the gut microbiome and the results of scientific research, recommendations have been formulated to improve the regulatory framework and develop strategies for managing microbiological risks, aimed at improving the quality and safety of food products and protecting consumer health.

Keywords: microbiological risk, microbiological safety, microbiome of the production environment, monitoring of the nutrimicrobiome, metagenomic sequencing, emerging pathogens, hygienic standards, regulatory framework, TR CU 021/2011, MR 2.1.10.0067-12.

Введение

Актуальность изучения микробиологической безопасности пищевой продукции обусловлена постоянным усложнением пищевых систем и появлением новых биологических угроз, способных нарушить здоровье потребителей и повлиять на качество продуктов питания [1–3].

В настоящее время в этой области значительную роль играют инновационные технологии, в том числе методы мониторинга нутримикробиома, которые способствуют более точной оценке микробиологического состояния продуктов и эффективности санитарных мероприятий.

Научная новизна данной работы заключается в комплексном анализе инновационных технологий мониторинга нутримикробиома, оценке интеграции результатов научных исследований в практическую деятельность предприятий пищевой отрасли; на основе проведённого анализа формулируются рекомендации по совершенствованию нормативной базы и развитию стратегий управления микробиологическими рисками, направленные на повышение качества и безопасности пищевой продукции, защиты здоровья потребителей.

Цель исследования – способствование совершенствованию нормативной базы и развитию стратегий управления микробиологическими рисками на основе анализа технологий мониторинга нутримикробиома и результатов научных исследований.

Задачи исследования – анализ инновационных технологий мониторинга нутримикробиома; оценка интеграции результатов научных исследований в

практику пищевых предприятий; выработка рекомендаций по совершенствованию нормативной базы и развитию стратегий управления микробиологическими рисками.

Материалы и методы

В данной работе применялся исследовательский, монографический методы, а также методы анализа, систематизации, сравнения, обобщения. Сбор фактических данных осуществлялся посредством практического опыта работы на пищевых предприятиях, изучения и анализа источников информации по данной тематике в поисковых системах, в научных электронных библиотеках, на порталах: Springer Nature Link, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (г. Москва), ФМБА ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 25 ФМБА» (г. Новосибирск), Россельхознадзора, eLIBRARY.RU, CyberLeninka.

Результаты

Выделим аспекты современной парадигмы микробиологической безопасности пищевой продукции (в этой статье, для достижения поставленной цели, мы рассмотрим последние три аспекта):

1. Рекомендации по эффективному управлению микробиологической безопасностью.

2 Современное состояние микробиологической безопасности пищевой продукции.

3 Гигиенические нормативы и микробиологические критерии.

4. Методы оценки и управления микробиологическим риском.

5. Роль эмерджентных патогенов в обеспечении биобезопасности.

6. Инновационные технологии мониторинга нутримикробиома.

7. Интеграция научных исследований в практику обеспечения биобезопасности.

8. Совершенствование нормативной базы и стратегий управления биорисками.

Инновационные технологии мониторинга нутримикробиома

Современные инновационные технологии мониторинга нутримикробиома представляют собой важный следующий этап развития микробиологического контроля пищевой продукции. В отличие от традиционных методов, ориентированных на выявление конкретных

патогенов или санитарных индикаторов, анализ нутримикробиома позволяет получить комплексную картину микробного сообщества, его состава, структурных особенностей и динамики в пищевых объектах. Такой подход обеспечивает более глубокое понимание процессов микробной экологии, что необходимо для совершенствования систем качества и биобезопасности [4].

Основной методологической основой мониторинга нутримикробиома является метагеномное секвенирование (метод изучения микробиома, при котором секвенируется не весь геном, а лишь те его регионы, по которым можно установить родовую и иногда видовую принадлежность микроорганизмов) гена 16S рРНК с использованием технологий секвенирования (определение аминокислотной или нуклеотидной последовательности биополимеров: белков и нуклеиновых кислот — ДНК и РНК) нового поколения (NGS) [4; 5].

Этот высокоточный способ позволяет идентифицировать широкий спектр микроорганизмов, включая не только культивируемые виды, но и сложнорастущие или ранее неизвестные таксоны (группы микроорганизмов, объединённых по определённым однородным свойствам в рамках той или иной таксономической категории: класс, порядок, семейство, род, вид).

Метод раскрывает как количественные, так и качественные характеристики микробной среды, что дает возможность проводить мониторинг изменений и оценивать влияние технологических процессов на микробиоту продуктов.

Лаборатория биобезопасности и анализа нутримикробиома ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», возглавляемая доктором медицинских наук С.А. Шевелевой, активно внедряет данный подход, интегрируя международные стандарты и рекомендации по определению и изучению микробиомов. В этой области должна учитываться необходимость стандартизации понятий и методов, что способствует выработке единой базовой терминологии и облегчает межлабораторное сравнение результатов [4].

Мониторинг нутримикробиома расширяет возможности контроля качества пищи, так как позволяет выявлять не только присутствие патогенных микроорганизмов, но и общие сдвиги в микробных сообществах, которые могут предшествовать развитию опасных состояний.

Например, конструктивная оценка микробиотического баланса помогает прогнозировать устойчивость продуктов к микробной порче и

определять оптимальные условия их хранения и переработки. Это особенно важно для сложных пищевых систем, где традиционные микробиологические методы не дают полной картины [6].

Инновационные технологии также способствуют решению вопросов антибиотикоустойчивости — одной из актуальных проблем современной пищевой промышленности. Использование мультидисциплинарного межотраслевого подхода «Единое здоровье» при поддержке ВОЗ и ФАО предполагает мониторинг и контроль устойчивости микробных сообществ, что реализуется при помощи молекулярных методов и информационных систем, интегрирующих экологические, санитарно-эпидемиологические и производственные данные пищевых предприятий [6].

Переход к мониторингу нутримикробиома позволяет значительно повысить качество исследований и управление безопасностью, переходя от реактивного к превентивному уровню контроля. Это требует внедрения комплексных систем анализа, которые способны оперативно адаптироваться к новым вызовам и обеспечивать раннее выявление потенциальных угроз, стимулируя развитие научно-технического потенциала отрасли и укрепляя защиту здоровья потребителей [4; 6].

Интеграция научных исследований в практику обеспечения биобезопасности

Фундаментальные исследования в области биобезопасности тесно связаны с реализацией системного подхода к оценке и управлению биологическими рисками. Современная практика обеспечения безопасности пищевой продукции опирается на принципы, технологии и методики изоляции биологических агентов, направленные на предотвращение их непреднамеренного воздействия и минимизацию возможного вреда для персонала, потребителей и окружающей среды.

Федеральный закон от 30.12.2020 № 492-ФЗ формализует эти требования, задавая юридическую рамку для работы с патогенными микроорганизмами и биоматериалами, что позволяет унифицировать стандарты и обеспечить контроль на всех уровнях производства и научных учреждений (ФЗ от 30.12.2020 №492 «О биологической безопасности в РФ»).

Интеграция научных достижений проявляется в формировании комплексных систем менеджмента биологических рисков, которые не ограничиваются лабораторными условиями, а распространяются на санитарно-эпидемиологические, ветеринарно-санитарные и фитосанитарные

процессы, включая экологический аспект и социально-экономическую инфраструктуру. Это обеспечивается посредством разработки и внедрения современных протоколов оценки риска, основанных на систематическом сборе и анализе данных о вероятности и последствиях воздействия биологических угроз, что повышает точность и оперативность принимаемых решений [7].

Важной основой практического применения являются результаты фундаментальных работ по изучению биологических агентов, включая эмерджентные патогены, выявление их механизмов выживания, распространения и устойчивости к традиционным методам контроля. Эти знания внедряются в производственную санитарно-гигиеническую практику и наслаиваются на разработку инновационных технологий мониторинга нутримикробиома, что способствует более точному и комплексному контролю микробного состояния пищевой продукции (ФЗ от 30.12.2020 № 492 «О биологической безопасности в РФ»).

Особое значение уделяется международному сотрудничеству на основе «Конвенции о запрещении биологического оружия» и других документов, регулирующих вопросы биобезопасности, позволяющему обмениваться опытом и обеспечивать согласование мер реагирования на биологические угрозы. Нормативные и технические рамки, разработанные в рамках этого сотрудничества, находят отражение в национальных стандартах и процедурах, что укрепляет уровень безопасности и биологической защиты в пищевой промышленности [7–9].

Практическое внедрение научных подходов поддерживается развитием систем биозащиты [10]. Системы включают контроль и учёт опасных биологических агентов (в лабораторных и производственных условиях), медицинские средства защиты, организационные методы, инженерно-технические меры и пр. [11–13].

Это снижает риски случайного или преднамеренного высвобождения патогенов, обеспечивая безопасность персонала и окружающей среды, а также предотвращая эпидемические вспышки и аварийные ситуации [7].

Перспективы дальнейшего развития касаются создания новых технологических решений и комплексных нормативных актов, способствующих адаптации систем биобезопасности под современные вызовы, включая биотерроризм, трансграничный перенос патогенов и эволюцию микроорганизмов. Внедрение научных исследований в практику

контроля безопасности становится критерием повышения эффективности санитарно-эпидемиологического благополучия и устойчивости пищевой отрасли [10; 14].

Таким образом, интеграция фундаментальных научных знаний в практическую деятельность предприятий и лабораторий обеспечивает системный и всесторонний подход к обеспечению микробиологической безопасности пищевой продукции, объединяя инновационные методы мониторинга, стандартизацию процедур и международное сотрудничество для повышения качества и безопасности продуктов.

Совершенствование нормативной базы и стратегий управления биорисками

Несмотря на существующие в России и странах Евразийского экономического союза нормативные акты, регулирующие микробиологическую безопасность пищевой продукции, сохраняются значительные пробелы, препятствующие адекватному учёту современных научных достижений и быстрому реагированию на появление новых биологических угроз. В первую очередь, это касается недостаточной гибкости действующих Технических регламентов и санитарных правил, которые не всегда оперативно обновляются и адаптируются к изменяющейся микробиологической обстановке в пищевой промышленности.

В рамках Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 закреплены общие требования по безопасности, включая санитарно-эпидемиологические нормы, правила маркировки и упаковки продукции, однако регламент зачастую формализует подходы, не учитывающие быстрое развитие эмерджентных патогенов и инновационных методов их обнаружения.

Эмерджентные патогены (эмерджентные инфекции) — это возбудители и болезни, которые внезапно возникают в новых популяциях или распространяются в новых областях, где ранее они не были обнаружены, что создаёт очень напряжённую, чрезвычайную ситуацию.

Все это создаёт дефицит механизмов для превентивного обновления требований к микробиологическому контролю и усложняет интеграцию новых методик, основанных на современных молекулярных технологиях (ТР ТС 021/2011, МР 2.1.10.0067-12).

Аналогична ситуация и с СанПиНами, которые регулируют гигиенические и микробиологические нормативы и имеют ограниченный

характер регулирования, в основном охватывая классические показатели, такие как санитарно-показательные микроорганизмы и патогены, но недостаточно полно отражая сложные биоэкологические взаимоотношения в микробиоме пищевой продукции. Отсутствие четких критериев и требований к контролю микробиомных комплексов снижает эффективность деятельности по управлению микробиологическими рисками на системном уровне [15; 16].

Важным направлением совершенствования нормативной базы является внедрение принципов гибкого регулирования, позволяющего оперативно вносить изменения и дополнения в нормативные документы с учётом новых научных данных и результатов мониторинговых исследований. Это подразумевает создание механизма постоянного диалога между научным сообществом, промышленными предприятиями и регуляторными органами, обеспечивающего своевременную актуализацию требований и стандартов.

Кроме того, необходимо расширение комплекса нормативных актов, включающих рекомендации и обязательные правила по оценке и управлению микробиологическим риском на основе комплексного подхода, охватывающего не только показатели отдельных микроорганизмов, но и характеристику микробиологических сообществ в продуктах, внедрение риск-ориентированных моделей контроля и процедур верификации мер безопасности [17–19]. Такой подход позволит повысить адаптацию регулятивных инструментов к многофакторным угрозам и улучшить прогнозирование риска для потребителя.

Ещё одним важным аспектом является интеграция требований к биобезопасности в национальные и международные стратегии продовольственной безопасности и устойчивого развития, подтверждённые указом Президента Российской Федерации от 30.01.2010 № 120, предусматривающим системное обеспечение качества и безопасности пищевой продукции [16]. Укрепление нормативно-правовой базы на основе научных данных способствует достижению целей стратегического развития и улучшает конкурентоспособность пищевой отрасли на мировом рынке.

Перспективой также выступает развитие цифровых инструментов и автоматизированных систем мониторинга и учёта микробиологических рисков, которые должны быть закреплены в нормативных документах для обеспечения прозрачности и эффективности контроля. Введение обязательных требований к внедрению таких систем позволит обеспечить своевременный обмен информацией между участниками пищевой цепочки и

контролирующими структурами, повысит ответственность производителей и ускорит реагирование на угрозы.

В итоге, совершенствование нормативной базы должно строиться на интеграции результатов новейших исследований, развитии механизмов гибкого правового регулирования и расширении критериев контроля, что обеспечит эффективное управление микробиологическими рисками, повысит биобезопасность пищевой продукции и защитит здоровье населения в условиях динамично меняющегося микробиологического ландшафта.

Таким образом, проведённое исследование систематизировало современные подходы к обеспечению микробиологической безопасности пищевой продукции, охватывая ключевые направления, от разработки нормативных документов до внедрения инновационных технологий биоконтроля. Анализ существующих микробиологических критериев и гигиенических нормативов показал, что текущая база обеспечивает минимальный уровень защиты, однако требует совершенствования с учётом усложняющейся микробиологической картины и появления эмерджентных патогенов.

Методы оценки и управления микробиологическим риском, реализуемые на основе принципов HACCP и международных стандартов, демонстрируют эффективность в выявлении критических точек и снижении вероятности заражения [1; 2; 16]. Тем не менее, динамика изменений в составе микробиома пищевой продукции и трансформация патогенных структур требуют регулярного пересмотра стратегий и повышения гибкости систем контроля, чтобы обеспечить адекватное реагирование на новые вызовы.

Роль эмерджентных патогенов в современной системе биобезопасности подчёркивает потребность в глубоком изучении их биологических особенностей и устойчивости к традиционным методам обработки. Расширение спектра контролируемых микроорганизмов и обучение специалистов работе с новыми видами патогенов становится фундаментальным условием повышения качества и безопасности пищевых продуктов.

Инновационные технологии мониторинга нутримикробиома, основанные на методах секвенирования и молекулярного анализа, выявляют скрытые изменения микробных сообществ и служат инструментом превентивного контроля [4; 5]. Их внедрение позволяет переходить от

фрагментарных проверок к системному анализу состояния микробиологии пищевых объектов, что существенно повышает надёжность безопасности и способствует оптимизации технологических процессов.

Интеграция научных исследований в практику безопасности демонстрирует необходимость постоянного обновления нормативной базы и стандартизации методик на международном уровне. Сотрудничество научных институтов, предприятий и регуляторов усиливает потенциал профилактики, снижая риски микробного загрязнения и биологических угроз в пищевой цепочке.

Совершенствование нормативной базы и стратегий управления рисками должно основываться на гибком, адаптивном правовом регулировании, способном учитывать новые научные данные и технологические возможности. Внедрение цифровых систем мониторинга, расширение критериев оценки микробиологических сообществ и усиление координации между участниками отрасли создадут предпосылки для эффективного и своевременного реагирования на возникающие угрозы.

Заключение

Проведённое исследование, основанное на анализе научной литературы, нормативных документов и реального опыта работы на пищевых предприятиях, позволяет нам сформулировать ряд выводов, которые мы считаем оригинальными и имеющими значение для развития отрасли.

Вывод 1. Методологическая неопределённость — главный барьер внедрения NGS. Метагеномное секвенирование гена 16S рРНК (NGS) сегодня — это наиболее мощный инструмент для характеристики нутримикробиома [4]. Однако его рутинное применение в пищевой промышленности сдерживается не столько стоимостью, сколько отсутствием стандартизированных, валидированных для различных пищевых матриц протоколов [17–19]. В частности, мы выявили, что процедуры экстракции ДНК, оптимизированные для клинических образцов, дают высокую вариабельность результатов для продуктов с высоким содержанием жира, белка или низким pH. Без создания отраслевого методического руководства, регламентирующего пробоподготовку, глубину секвенирования, биоинформатический анализ и интерпретацию данных, внедрение NGS останется уделом ограниченного числа крупных компаний, имеющих собственные исследовательские лаборатории.

Вывод 2. Эмерджентные патогены требуют перехода от таксономического к функциональному контролю. Наш опыт показывает, что классическое определение «патоген — это вид, внесённый в список», устарело. Условно-патогенные микроорганизмы, приобретая гены вирулентности или резистентности, могут становиться реальной угрозой в конкретных производственных условиях [6; 10; 14]. Поэтому контроль должен быть направлен не на таксономическую принадлежность как таковую, а на наличие критических генетических детерминант (токсинов, факторов адгезии, мобильных элементов резистентности). Это требует внедрения методов, позволяющих проводить функциональное профилирование микробиома, что, в свою очередь, невозможно без развития биоинформатических компетенций в штате предприятий или аутсорсинга таких услуг.

Вывод 3. Интеграция науки и практики невозможна без изменения роли технолога. Мы убедились, что даже самые передовые методы мониторинга остаются невостребованными, если специалист на предприятии не способен интерпретировать их результаты и принимать управленческие решения. Технолог сегодня должен владеть не только знаниями о микроорганизмах, но и базовыми принципами молекулярной биологии, статистики, биоинформатики. Это требует пересмотра образовательных программ: в университетах, готовящих технологов, должны появиться курсы по метагеномике, анализу больших данных и риск-менеджменту, включающие практические занятия с реальными случаями [1; 2].

Вывод 4. Нормативная база должна стать «живой», а не «каменной». Существующие Технические регламенты и санитарные правила не обладают механизмами быстрого реагирования на новые научные данные. Мы предлагаем концепцию «уровневого регулирования»: базовый обязательный уровень (традиционные показатели) и расширенный добровольный уровень (показатели микробиома, маркеры резистентности), внедрение которого стимулируется через систему добровольной сертификации, преференции при экспорте и снижение страховых тарифов [15; 16]. Это позволит, с одной стороны, сохранить предсказуемость для бизнеса, с другой — создать стимулы для инноваций.

Вывод 5. Цифровые платформы — необходимое условие коллективного управления рисками. Одиночное предприятие, даже самое технологически оснащённое, не может эффективно управлять рисками в изоляции. Появление новых биоугроз носит системный характер. Необходимо создание

национальной платформы, объединяющей данные по результатам мониторинга нутримикробиома от различных производителей, регуляторов и научных центров. Анонимизированные агрегированные данные позволят выявлять тренды (например, распространение конкретного гена резистентности в определённом регионе), прогнозировать риски и разрабатывать превентивные меры на уровне отрасли, а не отдельного предприятия.

Вывод 6. Экономика безопасности требует пересмотра. Вложения в предиктивный микробиологический контроль трудно обосновать традиционными методами оценки экономической эффективности, поскольку они предотвращают убытки, которые могли бы произойти в будущем. Однако анализ 10 предприятий, где мы участвовали во внедрении расширенных систем контроля, показал, что снижение количества рекламаций, связанных с микробиологической нестабильностью, в среднем составляет 35–50% в течение двух лет после внедрения. Эти цифры могут служить аргументом для принятия инвестиционных решений [1].

Таким образом, современная микробиологическая безопасность требует от нас не только внедрения новых технологий, но и пересмотра всей системы принятия решений. В условиях быстро меняющегося микробиологического ландшафта устойчивость пищевого сектора будет определяться не столько жёсткостью норм, сколько их гибкостью и способностью быстро абсорбировать научные инновации [20]. Предложенные нами выводы — это не абстрактные рассуждения, а результаты рефлексии над собственными успехами и неудачами при внедрении современных подходов на реальных производствах. Мы надеемся, что они послужат основой для дальнейших дискуссий и практических шагов.

Список литературы

1. Солодков, В.П. Принципы ХАССП: создание системы мониторинга и установление корректирующих действий / В.П. Солодков, В.Н. Туркин, С.М. Билык // Научно-технические приоритеты развития АПК России : Сб. Рязань, 2025. С. 58–65. EDN: HPCECV.

2. Солодков, В.П. К вопросу о качестве и безопасности продуктов питания и пищевых систем / В.П. Солодков, И.М. Стаканчикова, В.Н. Туркин // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса:

Материалы 3-й Всероссийской научно-технической конференции : сб. Курск: Курский ГАУ, 2025. С. 187–195. DOI: 10.47581/2025.SXA-13/Solodkov-Stakanshikova-01. EDN: BVZBMH.

3. Туркин, В.Н. Современные тенденции пищевой индустрии и пищевой безопасности / В.Н. Туркин, В.П. Солодков // Инновационный вектор развития отечественного АПК: материалы III-ей Национальной науч.-практ. конф. с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Н.В. Бышова. Рязань, 2023. С. 465–472. EDN: VUZIZJ.

4. Микробиом кишечника: от эталона нормы к патологии / С.А. Шевелева, И.Б. Куваева, Н.Р. Ефимочкина, Ю.М. Маркова, М.Ю. Просянников // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 35–51. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10040. EDN: SAVQCC.

5. High-throughput 16S rRNA sequencing in ready-to-eat food / M. Mira Miralles, L. Maestre-Carballa, M. Lluesma-Gomez, M. Martinez-Garcia // Foods. 2019. Vol. 8. P. 480. DOI: 10.3390/foods8100480.

6. Шевелева, С.А. Современные аспекты контроля антибиотикоустойчивости микробных загрязнителей пищи с учетом особенностей оценки связанного с ней риска здоровью. Часть 1 / С.А. Шевелева, Ю.В. Смотрина, И.Б. Быкова // Анализ риска здоровью, 2022. № 1. С. 58–71. DOI 10.21668/health.risk/2022.1.06. EDN: YAJVRU.

7. Туркин, В.Н. Холодильная цепь пищевой отрасли / В.Н. Туркин // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы: Материалы IV национальной науч.-практ. конф. с международным участием, посвящённой памяти доктора технических наук, профессора Н. В. Бышова. Рязань, 2024. С. 110–115. EDN: UVQWJX.

8. Туркин, В.Н. Активные антимикробные технологии холодильного оборудования / В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международ. науч.-практ. конф. Рязань: РГАТУ, 2021. С. 403–407. EDN: OYIMDD.

9. Туркин, В.Н. Зоны свежести камер холодильного оборудования / В.Н. Туркин // Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК: мат-лы науч.-практ. конф. Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2012. С. 258-261. EDN: PXVCQR.

10. Концептуальные основы биологической безопасности / Г.Г. Онищенко, В.Ю. Смоленский, Е.Б. Ежлова и др. // Вестник РАМН. 2013. № 1. С. 4–13. DOI: 10.15690/vramn.v68i10.781. EDN: REWYUH.

11. Туркин, В.Н. Биоочистка систем водоотведения пищевых предприятий / В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Развитие биотехнологии: новая реальность: Мат-лы Международ. науч.-практ. конф., приуроченной к 100-летнему юбилею Почётного ректора НГАУ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук И.И. Гудилина. Новосибирск, 2022. С. 132–135.

12. Туркин, В.Н. Актуальные проблемы и средства современной дезинфекции «Экосан» для клининга пищевых предприятий АПК и сферы гостеприимства / В.Н. Туркин, В.П. Солодков // Инновационные научно-технологические решения для АПК: вклад университетской науки: Мат-лы 74-й Международ. науч.-практ. конф. Рязань: РГАТУ, 2023. С. 134–138. EDN: YCSNBN.

13. Туркин, В.Н. Проблемы санитарии мясоперерабатывающих предприятий / В.Н. Туркин, В.П. Солодков // Научные приоритеты развития АПК, лесного хозяйства и сферы гостеприимства. Рязань: РГАТУ, 2023. С. 192–198. EDN: MUCHFT.

14. Калинина, Н.И. Международные и национальные проблемы биологической безопасности и перспективы их решения : моногр. / Н.И. Калинина. Москва: ИМЭМО РАН, 2012. 310 с. ISBN: 978-5-9535-0333-4. EDN: HSGYQK

15. Государственный стандарт по безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] // Россельхознадзор : [офиц. сайт]. URL: https://fsvps.gov.ru/files/gosudarstvennyj-standart-po-bezopasnosti-pishhevoj-produkcii-mikrobiologicheskie-issledovanija-pishhevoj-produkcii-obshhie-pravila/ (дата обращения: 20.03.2026).

16. Красникова, Л.В. Общая и пищевая микробиология: учеб. пособие. Часть I. / Л.В. Красникова, П.И. Гунькова. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. 134 с. EDN: LJWWON.

17. Primer, Pipelines, Parameters: Issues in 16S rRNA Gene Sequencing / I. Abellan-Schneyder, M.S. Matchado, S. Reitmeier et al. // mSphere. 2021. Vol. 6, № 1. P. 1202–20. DOI: 10.1128/mSphere.01202-20. EDN: QDUOBA.

18. Global patterns of 16S rRNA diversity / J.G. Caporaso, C.L. Lauber, W.A. Walters et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2011. Vol. 108. Suppl. 1. P. 4516–4522.

19. Introducing mothur: open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities / P.D. Schloss, S.L. Westcott, T. Ryabin et al. // Applied and Environmental Microbiology. 2009. Vol. 75. P. 7537–7541. DOI: 10.1128/AEM.01541-09.

20. European Food Safety Authority. Scientific opinion on the use of whole genome sequencing for food safety // EFSA Journal. 2022. Vol. 20, № 4. P. 7254.