

Т.А. Мухамедов^{1*}, Т.А. Байбатыров², Г.С. Сагитова¹, Н.А. Еріш¹, Ш.С. Габдулин¹

¹Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынулы
110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Байтурсынова, 47

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
090009, Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51

*e-mail: cheltob@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЯСА ПРИ СОЗРЕВАНИИ

Аннотация: Обзор систематизирует актуальные научные данные о микробиологической безопасности мяса в процессе сухого и влажного созревания. Рассматриваются риски, связанные с патогенными микроорганизмами (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia* spp., *Staphylococcus aureus*), а также с бактериями порчи (*Pseudomonas* spp., *Brochothrix* spp., *Psychrobacter* spp.), дрожжами и плесневыми грибами. Проведена классификация микроорганизмов по их функциональной роли: патогенные, порча-продуцирующие, условно-технологические и полезные. Установлено, что параметры вызревания – температура, относительная влажность, pH, скорость воздушного потока и активность воды – критически влияют на микробную динамику и безопасность продукции. Выявлены ключевые виды, включая *Latilactobacillus sakei*, *Debaryomyces hansenii*, *Pilaira anomala*, *Candida zeylanoides*, *Helicostylum pulchrum*, способствующие улучшению органолептических характеристик мяса. Описана эффективность инновационных подходов: применение щелочной электролизованной воды, композитных покрытий, заквасочных культур и метагеномного анализа. Обзор подчеркивает необходимость комплексного подхода к управлению микробиологическими рисками, включающего молекулярную идентификацию, гигиенический контроль и биотехнологические решения. Полученные данные формируют научную основу для оптимизации условий созревания, повышения безопасности и качества мясной продукции.

Ключевые слова: мясо, созревание, патогены, микроорганизмы, микробиомы, безопасность.

Введение

В последние годы изучение микробиомов пищевых продуктов и окружающей среды привлекает все больше внимания ученых и специалистов в области пищевой безопасности. Микробиологическая контаминация остается одной из ключевых проблем мясной промышленности, влияя как на качество продукции, так и на ее безопасность для потребителя. В связи с этим понимание состава, динамики и взаимодействия микроорганизмов, присутствующих в мясе, на оборудовании, в воздухе и других элементах производственной среды, является важнейшей задачей для совершенствования технологий обработки и хранения мясных продуктов [1].

Основные аспекты актуальности исследования. Контроль за патогенными и условно-патогенными микроорганизмами (*Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp.) играет решающую роль в предотвращении вспышек пищевых инфекций. Заболевания, вызываемые патогенами, передающимися через мясо, представляют серьезную угрозу для здоровья потребителей. Изучение микробиомов позволяет не только выявлять пути контаминации, но и разрабатывать стратегии ее предотвращения.

Микроорганизмы, присутствующие в производственной среде, могут способствовать порче мясной продукции, что приводит к значительным экономическим потерям. Определение доминирующих микробных сообществ и изучение их метаболической активности позволит разработать более эффективные методы контроля и продлить срок хранения мясных продуктов.

Оценка микробиологического состояния воздуха, оборудования и рабочих поверхностей необходима для эффективного контроля санитарных условий. Метагеномные исследования окружающей среды позволяют выявлять потенциальные источники перекрестного загрязнения и разрабатывать более точные стратегии санитарной обработки.

Развитие современных методов молекулярной биологии, включая метагеномное секвенирование (NGS), ПЦР-диагностику и спектрометрию MALDI-TOF, открыло новые возможности для детального изучения состава и динамики микробиомов. Молекулярно-генетические технологии позволяют идентифицировать микроорганизмы, ранее не поддававшиеся культивированию, и исследовать их роль в пищевой цепи [2, 3].

Мясо проходит различные стадии обработки и хранения, в ходе которых микробиота трансформируется. Особенно важную роль микроорганизмы играют в процессе созревания мяса (aging), во время которого происходит формирование уникального вкуса и текстуры продукта. Однако влияние различных видов бактерий и грибов на качество мяса до конца не изучено. Определение состава микробиоты и выделение полезных микроорганизмов позволит оптимизировать процессы созревания и улучшить органолептические свойства конечного продукта [4].

Микробиологическая безопасность созревания мяса играет ключевую роль в обеспечении качества и безопасности продукта. Процесс созревания приводит к значительным изменениям в составе микробиоты, что может как положительно, так и отрицательно сказаться на конечном продукте. С одной стороны, благоприятные микроорганизмы, такие как молочнокислые бактерии и некоторые виды грибов (*Penicillium*, *Debaryomyces*), способствуют развитию характерного вкуса, аромата и текстуры мяса. С другой стороны, при неблагоприятных условиях возможно развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, включая *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, что представляет риск для потребителя.

Особое внимание уделяется контролю влажности, температуры и скорости воздушного потока в камерах созревания, поскольку параметры напрямую влияют на рост нежелательных микроорганизмов. Оптимизация условий и применение инновационных методов контроля микробиоты, включая использование биоконсервантов, антимикробных покрытий и мониторинг с помощью молекулярно-генетических методов, позволяют минимизировать микробиологические риски и продлить срок хранения продукта [5, 6].

Цель обзора – анализ современных исследований, посвященных микробиологической безопасности созревания мяса, выявление ключевых проблем и определение направлений для дальнейших исследований.

Материалы и методы

Материал, представленный в данном обзоре, создан на основе исследования результатов источников научных трудов. Системный процесс поиска проводился по базам данных Scopus и Web of Science. Поиск материалов осуществлялся по ключевым словам соответствующих статей с 2019 года до 1 апреля 2025 года. Отбор статей для обзора осуществлялся на основе названия и аннотации. Отобранные исследования подвергались комплексному анализу. Для расширенного охвата релевантной литературы список ссылок на связанные статьи был тщательно изучен вручную.

Результаты

Общие характеристики микробиомов: базовые знания

Исследование авторов [7] демонстрирует, что среды переработки могут быть значимым источником патогенных и вызывающих порчу микроорганизмов, способных к перекрестному загрязнению мяса и мясных продуктов. Таксономические профили микробных сообществ изменялись по мере обработки сырья, что указывает на важную роль поверхностей, контактирующих с пищевыми продуктами, в формировании микробиома конечных продуктов. Некоторые бактериальные виды сохраняли высокую относительную численность на всех этапах производства, включая роды *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Brochothrix*, *Acinetobacter* и *Psychrobacter*. Среда обработки продемонстрировала значительное микробное разнообразие, частично совпадающее с микробиотой продукции. *Pseudomonas fragi* и *Pseudomonas* sp. выявлены во всех образцах и типах предприятий, тогда как *Brochothrix thermosphacta* и *Psychrobacter* sp. присутствовали в сырье, на контактных поверхностях (FC) и в конечных продуктах. Доминирующим видом исключительно в готовых мясных продуктах оказался *Lactobacillus sakei*. Кроме того, среда переработки показала повышенное содержание генов устойчивости к антимикробным препаратам и факторов вирулентности по сравнению с сырьем и конечными продуктами. Для двух таксонов, связанных с консервированием и ферментацией мяса (*Staphylococcus equorum* и *Lactobacillus sakei* соответственно), наблюдалась филогенетическая изменчивость,

коррелирующая с конкретными перерабатывающими предприятиями. Селекция специфических штаммов может влиять на органолептические свойства продукции, характерные для каждого предприятия.

Таким образом, результаты исследования дают наиболее детализированное на сегодняшний день метагеномное представление о микробиоме, процветающем в мясе, мясных продуктах и связанных с ними средах. Полученные данные создают основу для дальнейших исследований, направленных на более глубокое понимание функциональности микробиома и его потенциального влияния на качество и безопасность мяса.

Микробиологическая безопасность выдержанного мяса

Авторами [8] изучено влияние сухого вызревания говядины и влажного вызревания говядины, свинины и баранины на микробиологические риски и бактерии, вызывающие порчу. Микробиологические риски, которые могут присутствовать во всех видах выдержанного мяса, включают продуцирующие шигатоксин *Escherichia coli* (STEC), *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, энтеротоксигенные *Yersinia spp.*, *Campylobacter spp.* и *Clostridium spp.*. Плесневые грибы, такие как *Aspergillus spp.* и *Penicillium spp.*, способны вырабатывать микотоксины при благоприятных условиях. Однако их развитие можно предотвратить, поддерживая температуру поверхности мяса в диапазоне -0,5...3,0 °C, относительную влажность (RH) 75-85 % и скорость воздушного потока 0,2-0,5 м/с в течение до 35 дней. Основные бактерии, вызывающие порчу мяса, включают *Pseudomonas spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Weissella spp.*, *Brochothrix spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Shewanella spp.* и *Clostridium spp.*. Согласно текущей практике, процесс вызревания мяса может влиять на микробиологическую нагрузку по сравнению со стандартной подготовкой свежего мяса. Выдержка в строго контролируемых условиях позволяет достичь аналогичных или даже меньших уровней микробиологических рисков и бактерий порчи мяса.

Таким образом, мероприятия, направленные на повышение микробной безопасности говядины сухой выдержки, основаны на рекомендуемых передовых практиках и результатах оценки эквивалентности.

Исследование [9] направлено на оценку инструментов управления процессом для обеспечения безопасности пищевых продуктов, определения критических контрольных точек, а также надлежащих гигиенических и производственных практик. В контролируемых условиях выдержки размножаться могут только *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*, тогда как обычно отмечается снижение численности *Salmonella spp.* и *Escherichia coli* O157:H7. Количество энтеробактерий, как правило, уменьшается на поверхности мяса во время созревания. Таким образом, для гигиенической оценки производственного процесса ожидается уровень не выше, чем у незрелого мяса. Кроме того, различные исследования показывают, что общее количество бактерий и микроорганизмов порчи значительно увеличивается на поверхности мяса, при отсутствии видимых признаков порчи. Бактерии рода *Pseudomonas* постепенно замещают другие микроорганизмы в процессе созревания, поэтому общая мезофильная или психрофильная бактериальная нагрузка не является надежным показателем гигиены производства вызревшего мяса. Критическими параметрами контроля процесса являются температура, относительная влажность и вентиляция, которые необходимо отслеживать в ходе вызревания. По этой причине требуется использование специализированного сертифицированного оборудования для сухого вызревания, а производитель должен валидировать процесс.

Выявлен ряд научных потребностей, включая исследование эволюции популяций *L. monocytogenes* и *Y. enterocolitica*, а также микробиологии внутренних частей мяса, выдержанного в сухом состоянии.

Конкретные риски и управление безопасностью

Исследование авторов [10] посвящено анализу микробиологических изменений при сухом вызревании говядины, включающем хранение туш и (суб) первичных отрубов при низкой температуре и относительной влажности в течение длительного периода. Оценивались изменения численности *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* O157:H7 (продуцирующих шигатоксин) и *Listeria monocytogenes* в процессе сухого вызревания. Смесь патогенных штаммов была инокулирована на поверхность говяжьей вырезки, которая хранилась при четырех различных условиях (2 °C и 6 °C × относительная влажность 75 % и 85 %) в течение 42 дней. Количество *Salmonella spp.* и *E. coli* O157:H7 снизилось в процессе

вызревания, тогда как уменьшение численности *L. monocytogenes* происходило более медленно. Однако в конце вызревания численность *L. monocytogenes* увеличилась в постном мясе одной филе с $pH > 6,0$, что указывает на потенциальный риск роста данного патогена при определенных параметрах вызревания.

Таким образом, исследование демонстрирует влияние сухого вызревания говядины на динамику патогенных микроорганизмов. Выявлено снижение численности *Salmonella* spp. и *Escherichia coli* O157:H7, тогда как *Listeria monocytogenes* при определенных условиях могла сохраняться и даже увеличиваться. Полученные данные подчеркивают необходимость строгого контроля температуры, влажности и pH на этапе вызревания для обеспечения микробной безопасности продукта. Результаты исследования закладывают основу для дальнейшего изучения микробиологических рисков и оптимизации условий обработки мяса.

Исследование авторов [11] направлено на оценку выживаемости *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus* на внутренней поверхности камер сухого вызревания. Дополнительно рассматривалась обработка щелочной электролизованной водой (REW) для сокращения пищевых патогенов во время хранения мяса. Результаты показали, что условия внутри шкафа для сухого вызревания способствуют снижению бактериальной нагрузки на внутренней поверхности за короткий период (24 часа). Поверхностное высыхание, обусловленное относительной влажностью и потоком воздуха при низких температурах, играет ключевую роль в сокращении численности патогенов на поверхности мяса. Кроме того, подчеркивается важность скорости сушки. Однако, несмотря на прогнозируемый рост *Listeria monocytogenes* во время сухого вызревания, такие прогнозы считаются завышенными, поскольку не учитывают влияние конкуренции и инактивации бактерий. Аналогичный эффект может объяснить снижение количества выбранных бактерий на стальных поверхностях в данном исследовании, где сокращение микробной численности усиливалось отсутствием защитных органических материалов, в отличие от вызревшего мяса. Более выраженное влияние условий окружающей среды на снижение грамотрицательных бактерий по сравнению с грамположительными демонстрирует большую устойчивость грамположительных бактерий к внешним факторам.

Эффективность щелочной электролизованной воды (REW) для снижения численности *Salmonella* spp., *E. coli*, *L. monocytogenes* и *S. aureus* на стальных поверхностях продемонстрирована путем прямого распыления. Кроме того, условия окружающей среды внутри шкафа во время вызревания способствовали значительному снижению бактериальной нагрузки, соответствующему приемлемым уровням загрязнения.

Географические исследования микробиомов и характеристик мяса

Исследование авторов [12] направлено на оценку влияния сухого и влажного вызревания на микробный профиль и физико-химические характеристики говяжьей поясницы, полученной от четырех животных двух разных пород: двух коров фризской породы и двух коров породы Сардо-Бруна. Во время сухого и влажного вызревания в образцах мяса, взятых из внутренней части поясницы, определялись аэробные колонии, Enterobacteriaceae, мезофильные молочнокислые бактерии, *Pseudomonas* spp., плесень и дрожжи, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*, а также pH и активность воды (a_w). Кроме того, микробный профиль определялся по образцам, взятым с поверхности мясных отрубов. Образцы, полученные от фризских коров, анализировались начиная с первого дня вызревания, а затем через 7, 14 и 21 день. Образцы, полученные от коров породы Сардо-Бруна, дополнительно анализировались через 28 и 35 дней. Влажное вызревание обеспечивало лучший контроль *Pseudomonas* spp. во время хранения, демонстрируя статистически более низкие уровни в мясе влажного вызревания по сравнению с мясом сухого вызревания на протяжении всего периода и особенно к его завершению у обеих пород крупного рогатого скота. В конце эксперимента (21 день) количество аэробных колоний и *Pseudomonas* spp. в мясе сухого вызревания коров фризской породы достигало средних уровней, тогда как средние количества молочнокислых бактерий были выше в мясе влажного вызревания у обеих пород. В мясе, подвергнутом сухому вызреванию, pH был значительно выше ($P < 0,01$) по сравнению с мясом влажного вызревания на всех этапах анализа у обеих пород. Активность воды a_w демонстрировал стабильную динамику как во время сухого, так и во время влажного вызревания без значительных различий.

Результаты подчеркивают критическую важность строгого соблюдения надлежащих гигиенических практик на всех этапах производства мясных отрубов, предназначенных для вызревания.

В рамках исследования [13] проведена оценка микробиоты говяжьего мяса, выдержанного в сухом состоянии на коммерческой стадии, с использованием культурально-зависимых и культурально-независимых методов. Проанализированы 58 образцов мяса, полученных от различных производителей, включая мясоперерабатывающие заводы, мясные лавки ремесленного и супермаркетного типа. Зафиксированы параметры вызревания, включая температуру, относительную влажность (RH), поверхностный pH и a_w . Основные микробные группы идентифицированы путем культивирования на специализированных средах. Анализ грибковой микробиоты включал идентификацию изолятов дрожжей и плесени. Методы вызревания различались по параметрам температуры ($0,5-2,8^{\circ}\text{C}$, медиана – 2°C) и относительной влажности (47-88%, медиана – 70%). Количество аэробных колоний варьировалось и сопоставимо с численностью *Pseudomonas spp.*, что свидетельствует о доминировании данной бактериальной группы. Популяции дрожжей и плесени обнаружены в различных концентрациях, с наибольшими значениями при высокой относительной влажности. Численность бактерий и плесени положительно коррелировала с влажностью во время вызревания, а в меньшей степени – с температурными условиями. Основными видами дрожжей выступали *Candida zeylanoides* и *Yarrowia alimentaria*, а также *Itersonilia pannonica*, обнаруженная исключительно при метагенетическом анализе. Среди плесневых грибов преобладали психрофильные и психротрофные виды, включая *Mucor complex flavus* и *Helicostylum elegans / pulchrum*, ранее идентифицированные как характерные для говяжьего мяса сухого вызревания.

Исследование выявляет ключевые микроорганизмы, ассоциированные с сухим вызреванием говядины во Франции, поднимая вопрос об их влиянии на органолептические свойства высококачественных мясных продуктов.

Исследование [14] направлено на анализ распределения плесени, дрожжей и бактерий в говядине сухой выдержки (DAB), произведенной на Хоккайдо, Япония, а также оценку их влияния на качество мяса в сравнении с говядиной влажной выдержки (WAB). Для анализа использовались два блока костреца от бычка голштинской породы, которые подвергались сухой и влажной выдержке в течение 35 дней при температуре $2,9^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 90%. На корочке DAB наблюдалось развитие психрофильных плесневых грибов *Mucor flavus* и *Helicostylum pulchrum*, а также других видов, включая *Penicillium sp.* и *Debaryomyces sp.* Внутренние ткани мяса характеризовались подавлением молочнокислых бактерий и колиформ.

Выявлены основные виды плесени, присутствующие на DAB, способствующие формированию аромата мяса, что открывает перспективы для дальнейшего изучения их роли в органолептических свойствах продукта.

Исследование [15] португальских ученых направлено на анализ микробиологического поведения говядины в условиях контролируемого сухого вызревания. Двенадцать говяжьих филе подвергались 90-дневному вызреванию в холодной камере с параметрами температуры $3,2 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $60,7 \pm 4,2\%$ и принудительной подачей воздуха $0,5-2$ м/с. Для мониторинга динамики микробиологических изменений образцы корочки и постного мяса отбирались на 1, 14, 21, 35, 60 и 90-е сутки вызревания. На начальном этапе количество микроорганизмов на корочке было выше, чем в постном мясе, особенно Enterobacteriaceae. В процессе вызревания наблюдалось значительное увеличение численности мезофильных бактерий, молочнокислых бактерий (LAB), Enterobacteriaceae, *Pseudomonas spp.* и плесени на поверхности корочки, достигнув максимальных значений к 90-му дню. Количество микроорганизмов в постном мясе, напротив, снижалось с течением времени, особенно мезофильных и психротрофных бактерий, LAB, *Pseudomonas spp.* и дрожжей ($p < 0,05$). Численность плесени увеличивалась в обоих образцах, однако значительных различий между корочкой и постным мясом не выявлено. Оптимальное время вызревания оценивалось по динамике микробного профиля. На 21-й день количество мезофильных и психротрофных бактерий, LAB, *Pseudomonas spp.* и дрожжей в постном мясе достигало минимальных значений, что совпадало с пиковым увеличением численности плесени. На 14-й день снижение бактериальной нагрузки сопровождалось усиленным развитием плесневых грибов,

что указывает на динамичность микробиома сухого вызревания. Различия между группами микроорганизмов могут быть обусловлены методами обрезки. Медианные значения численности мезофильных бактерий, молочнокислых бактерий, дрожжей и *Pseudomonas* spp. были выше в образцах корочки по сравнению с постным мясом. Численность патогенных микроорганизмов (*Listeria* spp., *Salmonella* sp., *Staphylococcus* spp., *Escherichia coli*) оставалась ниже порога обнаружения во всех временных точках как на корочке, так и в постном мясе.

Физико-химические параметры процесса, включая температуру охлаждения, относительную влажность, интенсивность воздушного потока, a_w мяса и pH , могут оказывать влияние на динамику пищевой микробиоты. В процессе вызревания патогенные бактерии не обнаружены, а средняя численность микроорганизмов оставалась выше на корочке. Снижение микробной нагрузки в постном мясе и сохранение его свежести подтверждают необходимость соблюдения строгих производственных и складских стандартов на всех этапах сухого вызревания.

Исследование [16] проведенное на бельгийских предприятиях по производству говядины с целью анализа текущих практик сухого вызревания и микробиологической нагрузки на корейки. Для изучения микробных изменений в камерах созревания измерялись температура и относительная влажность, а также отбирались образцы двух корейок на разных стадиях вызревания. С поверхности каждой корейки отдельно анализировались образцы постного мяса и жировой ткани, а также проводился количественный учет различных групп бактерий, дрожжей и плесени. Средняя относительная влажность в камерах созревания составила 72 ± 13 %, а температура варьировалась от 0,0 °C до 5,9 °C. В процессе сушки большинство образцов постного мяса и жировой ткани демонстрировали высокие концентрации психротрофных аэробных бактерий, *Pseudomonas* spp., психротрофных молочнокислых бактерий и дрожжей, однако между корейками наблюдались значительные различия. Микробиологическая нагрузка на свежесрезанные стейки сухого вызревания оказалась ниже по сравнению с поверхностью филейной части, однако внутри некоторых стейков присутствовали как психротрофные аэробные, так и анаэробные бактерии. Активность воды (a_w) внутри стейков сухого вызревания оставалась высокой ($a_w \geq 0,98$), что могло способствовать росту психротрофных патогенов. Необходимы дополнительные исследования для определения потенциального микробного роста во время хранения обрезанных стейков, а также оценки микробных изменений внутри филейной части в процессе сухого вызревания.

Идентификация и анализ микроорганизмов

Исследование авторов [17] направлено на выделение и идентификацию микроорганизмов, особенно дрожжей и плесени, участвующих в улучшении качества говядины в процессе сухого вызревания, с применением микробиомного анализа. Кроме того, рассмотрена возможность использования этих микроорганизмов в качестве штаммов заквасочных культур для повышения эффективности производства говядины методом сухого вызревания. Говяжьи филе подвергались вызреванию в течение 28 дней при различных скоростях воздушного потока (0, 2,5 и 5 м/с) в условиях температуры 1-3 °C и относительной влажности 75 %. Микробный состав был подтвержден с применением микробиомного анализа. Образцы плесени и дрожжей высевались на картофельно-декстрозный агар с добавлением 10 % винной кислоты, а выделенные колонии идентифицировались с помощью секвенирования ДНК. Проведен микробиологический анализ изолятов, включающий морфологические характеристики, условия роста и ферментативную активность. Результаты микробиомного анализа показали, что доминирующими микроорганизмами являются плесень и дрожжи, идентифицированные как *Pilaira anomala* SMFM201611 и *Debaryomyces hansenii* SMFM201707. Эти изолированные штаммы были инокулированы в 24 филе низшего сорта, после чего образцы подвергались сухому вызреванию в течение 0, 14, 21 и 28 дней. Во время вызревания плесень и дрожжи способствовали улучшению качества мяса. *Pilaira anomala* SMFM201611 и *Debaryomyces hansenii* SMFM201707, выделенные из мяса сухого вызревания, играли ключевую роль в повышении нежности продукта путем разрушения миофибрилл.

Оба микроорганизма также улучшали вкусовые качества мяса, способствуя образованию свободных жирных кислот и аминокислот. Вкусовые и ароматические характеристики низкосортной говядины значительно улучшались в процессе сухого

вызревания, что подчеркивает потенциал применения специфических штаммов для усиления органолептических свойств мяса.

Исследование авторов [18] направлено на анализ продольных изменений в микробных и грибковых сообществах говядины сухого вызревания с использованием метагеномной платформы. Секвенирование 16S рРНК продемонстрировало увеличение бактериального разнообразия в результате вызревания, с доминированием представителей Actinobacteria и Firmicutes, большинство из которых являются молочнокислыми бактериями. Однако при длительном сухом вызревании наблюдалось уменьшение их разнообразия. Секвенирование области внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) выявило сокращение грибкового разнообразия в процессе вызревания, при этом наиболее распространенным видом оказался *Helicostylum* sp.

Результаты исследования подтверждают наличие различных микроорганизмов в мясе сухого вызревания, которые взаимодействуют между собой и оказывают влияние на его качество. Глубокое понимание микробных характеристик, возникающих в процессе вызревания, представляет важную перспективу для оптимизации качества говядины и усиления ее функциональных свойств.

Исследование [19] направлено на сравнительный анализ микробиологического профиля свиной шеи и корейки с костью и кожей, подвергнутых сухому вызреванию в течение 14 дней. Для оценки изменений микробного состава определялись показатели общего жизнеспособного психротрофного числа, Enterobacteriaceae, психротрофных молочнокислых бактерий (LAB) и *Pseudomonas* spp. на поверхности мяса с кожей, а также на боковых поверхностях разделки без кожи. Анализ проводился на первый день после убоя и после 14 дней вызревания.

Результаты исследования показали, что сухое вызревание не привело к значительному ухудшению микробиологического профиля мяса.

Дополнительные методы и подходы

Исследование авторов [20] направлено на анализ влияния процессов вызревания и микробного роста на метаболитом выдержанной говядины. Метаболитом говядины формируется под воздействием применяемого метода вызревания, включая изменения метаболических процессов и микробного состава, способных влиять на качество мяса. Для анализа динамики метаболических изменений проведено исследование внутренней части и обрезанной поверхности говядины сухого вызревания (так называемой «корочки», образующейся в результате высыхания), а также говядины влажного вызревания. Образцы анализировались с применением спектроскопии ядерного магнитного резонанса на протяжении 28-дневного периода вызревания с интервалами в 7 дней. Дополнительно для говядины сухого вызревания проведен микробиологический анализ. Результаты спектроскопического анализа подтвердили наличие динамических метаболических изменений в течение вызревания, которые различались в зависимости от места отбора проб (внутренние ткани или поверхность мяса). Влияние микробиоты на метаболические сдвиги оказалось незначительным, что связано с низким уровнем микробного роста на поверхности говядины сухого вызревания. Следовательно, метаболические изменения в говядине сухого вызревания преимущественно обусловлены эндогенными биохимическими процессами, связанными с вызреванием после забоя. При сравнении двух методов вызревания выявлено значительное увеличение концентраций аминокислот и инозина, а также снижение уровня инозин-5'-монофосфата в говядине влажного вызревания.

Данные свидетельствуют о более активной деградации белков и усиленном энергетическом обмене в мясе влажного вызревания, вероятно, вследствие совокупного эффекта вызревания и микробиоты, влияющих на метаболические преобразования данного типа мяса.

Исследование авторов [21] направлено на оценку воздействия композитного покрытия на основе хитозана, коллагеновых пептидов и эфирного масла коры корицы на качество говядины сухого вызревания. Для создания покрытия хитозан (2 %), коллагеновые пептиды (1%) и эфирное масло коры корицы (1%) были гомогенизированы. Образцы говядины разделены на три группы: традиционная сухая выдержка, сухая выдержка в мешках, выдержка с композитным покрытием. Процесс вызревания длился 42 дня, в течение которых оценивались микробные параметры образцов. Воздействие покрытия не оказало влияния на

грибковое сообщество, но привело к изменениям бактериального состава, включая подавление *Pseudomonas* spp.

Таким образом, исследование показывает, что композитное покрытие на основе хитозана, коллагеновых пептидов и эфирного масла коры корицы снижает микробную порчу говядины в процессе сухого вызревания при минимальном влиянии на качество конечного продукта.

В исследовании [22] изучалось влияние двух методов вызревания – вакуумного (*VP*) и сухого (*DA*) – на микробиологические изменения говядины. Образцы бескостной поясничной части молодых туш породы шароле были отобраны на 4-й день после забоя и хранились в течение 26 дней при охлаждении в вакуумной упаковке или в условиях сухого вызревания. Дополнительно подготовлены контрольные образцы, препарированные на 7-й день после забоя. Микробиологические показатели ($n = 18$) анализировались в длиннейшей мышце спины и подвергались дисперсионному анализу для оценки различий в фиксированном факторе вызревания. Анализ проводился по двум ортогональным контрастам: контрольные образцы vs. вызревшие образцы; вакуумное vs. сухое вызревание. Продолжительное вызревание увеличивало как перекисное число, так и общую численность микроорганизмов, особенно в образцах *DA*, однако оба показателя оставались в пределах рекомендуемых значений.

Таким образом, оба метода вызревания способствовали улучшению тендеризации мяса, обеспечивая его сохранность в течение исследуемого периода хранения.

Исследование [23] направлено на определение микробного состава свиной корейки в процессе сухого вызревания (*DA*) с использованием культуральных методов и независимого от культивирования секвенирования гена *meta-16S* рПНК, а также на характеристику выявленных микроорганизмов. Анализ *meta-16S* рПНК выявил доминирующее присутствие *Pseudomonas* spp. в микробиоте на протяжении *DA*. Однако культуральный анализ показал значительные изменения в видовом составе микроорганизмов в ходе вызревания. До *DA* вторыми по численности бактериями, согласно метагеномному анализу, были *Acinetobacter* spp., однако их концентрация существенно снизилась во время вызревания. Численность дрожжевых клеток демонстрировала тенденцию к увеличению, а *Debaryomyces hansenii* оказался единственным микроорганизмом, выделенным во всех образцах мяса на протяжении *DA*. При проведении обоих методов анализа микробиоты не были обнаружены известные пищевые патогены.

В работе [24] представлено исследование микробиологических характеристик конины при сухом и влажном созревании в течение 14 и 21 суток. Объектом исследования являлась длиннейшая мышца (*Longissimus Dorsi*) из спинно-поясничного отруба. Образцы подвергались различным методам созревания: сухому в специализированном шкафу *Samaref* (*SAMAREFDE 700 RFPVBK*, Италия) и влажному в вакуумных пакетах *PA/PE* (120 мкн), упакованных в аппарате *Turbovac* (*ST-320*, Нидерланды). Образцы массой 3,4 кг были распределены по группам согласно методу и продолжительности созревания. При анализе микробиологических показателей учитывались основные микроорганизмы, скорость их роста, а также влияние условий созревания на уровень микробной обсемененности. По микробиологическим показателям все исследуемые образцы соответствовали требованиям ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции». Важно отметить, что при сухом созревании наблюдалось снижение общего уровня аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по сравнению с влажным методом. В исследуемых образцах не выявлено присутствие дрожжей, плесневых грибов, патогенных бактерий (*Salmonella* spp., *Proteus* spp., *Listeria monocytogenes*), а также бактерий группы кишечных палочек и молочнокислых микроорганизмов. Подтверждает возможность достижения низкой микробной обсемененности при строгом контроле условий созревания мяса.

Полученные данные свидетельствуют о влиянии метода и продолжительности созревания конины на микробиологические показатели. Сухое созревание способствует снижению микробной нагрузки, что может быть полезным для обеспечения безопасности мясной продукции.

Микробиологическая среда созревания мяса представляет собой сложную экосистему, включающую широкий спектр микроорганизмов. В процессе созревания различные бактериальные и грибковые сообщества участвуют в формировании вкуса, аромата и текстуры мяса, а также влияют на его безопасность и стабильность.

Представленная таблица 1 обобщает ключевые микроорганизмы, обнаруженные на различных стадиях созревания мяса, включая патогенные бактерии, вызывающие порчу виды, а также микроорганизмы, играющие положительную роль в процессе ферментации и улучшения органолептических свойств продукта.

Таблица 1 – Микроорганизмы, обнаруженные в процессе созревания мяса

№	Тип микроорганизмов	Симптомы	Ссылки
Патогенные микроорганизмы (опасные для здоровья)			
1	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	вызывает кишечные инфекции, сопровождающиеся диареей, рвотой, болями в животе	[8-11, 15]
2	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	продуцирует шигатоксин, способный вызывать гемолитико-уремический синдром	[8-11, 15]
3	<i>Salmonella</i> spp.	приводит к сальмонеллезу, проявляющемуся лихорадкой, диареей, слабостью	[8-12, 15, 24]
4	<i>Listeria monocytogenes</i>	опасна для беременных и людей с ослабленным иммунитетом, вызывает менингит и сепсис	[8-12, 15, 24]
5	<i>Campylobacter</i> spp.	вызывает кишечные расстройства, часто сопровождающиеся жаром и болями в животе	[8]
6	<i>Yersinia enterocolitica</i>	приводит к пищевым инфекциям с диареей и болью в области живота, иногда имитирующей аппендицит	[9, 12]
7	<i>Clostridium</i> spp.	включает возбудителей ботулизма и пищевых токсикоинфекций	[8]
8	<i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp.	плесневые грибы, могут продуцировать микотоксины, опасные для печени и нервной системы.	[8, 14]
9	<i>Staphylococcus aureus</i>	способен выделять энтеротоксины, вызывающие пищевые отравления	[8, 11, 15]
10	<i>Proteus</i> spp.	может вызывать инфекции мочевыводящих путей, сопровождающиеся лихорадкой, болью внизу живота и неприятным запахом мочи	[24]
Бактерии порчи мяса (не всегда опасны для человека, но ухудшают качество мяса)			
11	<i>Pseudomonas</i> spp.	вызывает неприятный запах, изменение цвета и консистенции мяса	[7, 8, 12, 13, 15, 16, 19, 21]
12	<i>Brochothrix thermosphacta</i>	приводит к липкости поверхности продукта, изменению запаха	[7, 8]
13	<i>Psychrobacter</i> spp.	активен при низких температурах, влияет на вкус и запах мяса	[7]
14	<i>Shewanella</i> spp.	способствует образованию сернистых соединений, вызывая неприятный запах	[8]
15	Enterobacteriaceae (<i>Klebsiella</i> , <i>Proteus</i> , <i>Serratia</i> , <i>Enterobacter</i>)	могут провоцировать гнилостный запах мяса	[12, 15, 19]
16	<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., <i>Weissella</i> spp., <i>Enterococcus</i> spp.	развиваются при низком доступе кислорода, иногда вызывают кисловатый вкус	[8]
Плесневые грибы и дрожжи (одни из них участвуют в процессе созревания мяса, улучшая его характеристики, тогда как другие могут быть нежелательными)			
17	<i>Mucor flavus</i> , <i>Helicostylum pulchrum</i>	способствуют ферментации и формированию вкусовых характеристик сухого вызревания мяса	[14, 18]
18	<i>Penicillium</i> sp.	может как участвовать в созревании, так и выделять нежелательные микотоксины	[8, 14]
19	<i>Candida zeylanoides</i> , <i>Yarrowia alimentaria</i>	обнаруживаются в сухом вызревании, могут оказывать влияние на аромат мяса	[13]
Полезные микроорганизмы (бактерии, улучшающие органолептические свойства мяса и способствующие его ферментации)			
20	<i>Lactobacillus sakei</i>	помогает стабилизировать микрофлору мясных продуктов, подавляя развитие патогенов	[7]
21	<i>Staphylococcus equorum</i>	участвует в созревании мясных продуктов, формируя их вкус и аромат	[7]

Заклучение

Современные исследования микробиологической безопасности созревания мяса показывают, что этот процесс играет ключевую роль в формировании качества и безопасности мясной продукции. Контроль микрофлоры на всех этапах созревания особенно важен для предотвращения развития нежелательных микроорганизмов, способных привести к порче продукта или возникновению рисков для здоровья потребителей.

Основные проблемы в данной области связаны с необходимостью точного регулирования условий созревания, таких как температура, влажность и газовая среда, а также с поиском оптимальных методов мониторинга микробиологической обсемененности.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются совершенствование методов контроля и диагностики микробиологических процессов, разработка инновационных подходов к управлению микрофлорой созревающего мяса и поиск способов минимизации бактериального загрязнения без ущерба для органолептических свойств продукта.

Таким образом, дальнейшая работа в этом направлении должна быть направлена на повышение безопасности мясной продукции, улучшение технологий созревания и внедрение более эффективных методов контроля качества.

Список литературы

1. Novel Techniques for Microbiological Safety in Meat and Fish Industries / M. Rebezov et al // Applied Sciences. – 2022, Vol. 12(1), – P. 319. <https://doi.org/10.3390/app12010319>.
2. Halagarda M. Health and safety aspects of traditional European meat products. A review / M. Halagarda, K.M. Wójciak // Meat science. – 2022. – Vol. 184. – P. 108623. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108623>.
3. Justification and microbiota compositions development for the fermentation of raw meat / S. Danylenko et al // Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2023. – Vol. 17. – P. 405-418. <https://doi.org/10.5219/1874>.
4. Terjung N. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging / N. Terjung, F. Witte, V. Heinz // Meat science. – 2021. – Vol. 172. – P. 108355. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108355>.
5. Effects of the Aging Period and Method on the Physicochemical, Microbiological and Rheological Characteristics of Two Cuts of Charolais Beef / M. Di Paolo et al // Foods. – 2023. – Vol. 12(3). – P. 531. <https://doi.org/10.3390/foods12030531>.
6. Study on the Correlations between Quality Indicators of Dry-Aged Beef and Microbial Succession during Fermentation / Y. Cheng et al // Foods. – 2024. – Vol. 13(10). – P. 1552. <https://doi.org/10.3390/foods13101552>.
7. In-depth characterization of food and environmental microbiomes across different meat processing plants / C. Barcenilla et al // Microbiome. – 2024. – Vol. 12(1). – P. 199. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01856-3>.
8. Microbiological safety of aged meat / K. Koutsoumanis et al // EFSA J. – 2023. – Vol. 21(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7745>.
9. Microbiological safety of dry-aged meat: a critical review of data gaps and research needs to define process hygiene and safety criteria / F. Savini et al // Ital J Food Saf. – 2024. – Vol. 13(3) – P. 12438. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2024.12438>.
10. Decrease of Salmonella and Escherichia coli O157:H7 counts during dry-aging of beef but potential growth of Listeria monocytogenes under certain dry-aging conditions / I. Van Damme et al // Food microbiology. – 2022. – 104. – P. 104000. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104000>.
11. Reduction of the microbial load in meat maturation rooms with and without alkaline electrolyzed water fumigation / F. Savini et al // Ital J Food Saf. – 2023. – Vol. 12(3). – P. 11109. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.11109>.
12. Preliminary data on the microbial profile of dry and wet aged bovine meat obtained from different breeds in Sardinia / M.P. Meloni et al // Italian journal of food safety. – 2023. – Vol. 12(2). – P. 11060. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.11060>.
13. Microbiota associated with commercial dry-aged beef in France / E. Coton et al // Food research international. – 2024. – Vol. 181, – P.114118. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114118>.
14. Dry-aged beef manufactured in Japan: Microbiota identification and their effects on product characteristics / N. Mikami et al // Food research international. – 2021. – Vol.140. – P. 110020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110020>.

15. Microbial, Physicochemical Profile and Sensory Perception of Dry-Aged Beef Quality: A Preliminary Portuguese Contribution to the Validation of the Dry Aging Process A / Ribeiro et al // *Foods*. – 2023. – Vol. 12(24). – P. 4514. <https://doi.org/10.3390/foods12244514>.
16. Exploring the microbiological quality and safety of dry-aged beef: A cross-sectional study of loin surfaces during ripening and dry-aged beef steaks from commercial meat companies in Belgium / T.K. Gowda et al // *Food microbiology*. – 2022. – Vol. 102. – P. 103919. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103919>.
17. Identification of Microorganisms Associated with the Quality Improvement of Dry-Aged Beef Through Microbiome Analysis and DNA Sequencing, and Evaluation of Their Effects on Beef Quality / H. Oh et al // *Journal of food science*. – 2019. – Vol. 84(10), – P. 2944-2954. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14813>.
18. Molecular Characterization of Microbial and Fungal Communities on Dry-Aged Beef of Hanwoo Using Metagenomic Analysis / S. Ryu et al // *Foods*. – 2020. – Vol. 9(11). – P. 1571. <https://doi.org/10.3390/foods9111571>.
19. Effect of Dry Aging of Pork on Microbiological Quality and Instrumental Characteristics / H. Veselá et al // *Foods*. – 2024. – Vol. 13(19). – P. 3037. <https://doi.org/10.3390/foods13193037>.
20. Metabolic and microbial analyses of the surface and inner part of wet-aged and dry-aged beef / G. Bischof et al // *Journal of food science*. – 2023. – Vol. 88(11). – P. 4375-4387. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16761>.
21. Effects of Chitosan/Collagen Peptides/Cinnamon Bark Essential Oil Composite Coating on the Quality of Dry-Aged Beef / S. Zhang et al // *Foods*. – 2022. – Vol. 11(22). – P. 3638. <https://doi.org/10.3390/foods11223638>.
22. Influence of Ageing Time and Method on Beef Quality and Safety / S. Khazzar et al // *Foods*. – 2023. – Vol. 12(17). – P. 3250. <https://doi.org/10.3390/foods12173250>.
23. Characterization of the microbiota and chemical properties of pork loins during dry aging / A. Endo et al // *Microbiology Open*. – 2021. – Vol. 10(1). – P. 1157. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1157>.
24. Мухамедов Т.А. Сравнительная оценка показателей качества конины сухого и влажного созревания / Т.А. Мухамедов, С.М. Мухамедова // *Вестник Керченского государственного морского технологического университета*. – 2024. – № 4(46). – С. 88-101.

References

1. Novel Techniques for Microbiological Safety in Meat and Fish Industries / M. Rebezov et al // *Applied Sciences*. – 2022, Vol. 12(1), – R. 319. <https://doi.org/10.3390/app12010319>. (In English).
2. Halagarda M. Health and safety aspects of traditional European meat products. A review / M. Halagarda, K.M. Wójciak // *Meat science*. – 2022. – Vol. 184. – R. 108623. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108623>. (In English).
3. Justification and microbiota compositions development for the fermentation of raw meat / S. Danylenko et al // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2023. – Vol. 17. – R. 405-418. <https://doi.org/10.5219/1874>. (In English).
4. Terjung N. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging / N. Terjung, F. Witte, V. Heinz // *Meat science*. – 2021. – Vol. 172. – R. 108355. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108355>. (In English).
5. Effects of the Aging Period and Method on the Physicochemical, Microbiological and Rheological Characteristics of Two Cuts of Charolais Beef / M. Di Paolo et al // *Foods*. – 2023. – Vol. 12(3). – R. 531. <https://doi.org/10.3390/foods12030531>. (In English).
6. Study on the Correlations between Quality Indicators of Dry-Aged Beef and Microbial Succession during Fermentation / Y. Cheng et al // *Foods*. – 2024. – Vol. 13(10). – R. 1552. <https://doi.org/10.3390/foods13101552>. (In English).
7. In-depth characterization of food and environmental microbiomes across different meat processing plants / C. Barcenilla et al // *Microbiome*. – 2024. – Vol. 12(1). – R. 199. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01856-3>. (In English).
8. Microbiological safety of aged meat / K. Koutsoumanis et al // *EFSA J*. – 2023. – Vol. 21(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7745>. (In English).
9. Microbiological safety of dry-aged meat: a critical review of data gaps and research needs to define process hygiene and safety criteria / F. Savini et al // *Ital J Food Saf*. – 2024. – Vol. 13(3) – R. 12438. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2024.12438>. (In English).

10. Decrease of Salmonella and Escherichia coli O157:H7 counts during dry-aging of beef but potential growth of Listeria monocytogenes under certain dry-aging conditions / I. Van Damme et al // Food microbiology. – 2022. – 104. – R. 104000. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104000>. (In English).
11. Reduction of the microbial load in meat maturation rooms with and without alkaline electrolyzed water fumigation / F. Savini et al // Ital J Food Saf. – 2023. – Vol. 12(3). – R. 11109. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.11109>. (In English).
12. Preliminary data on the microbial profile of dry and wet aged bovine meat obtained from different breeds in Sardinia / M.P. Meloni et al // Italian journal of food safety. – 2023. – Vol. 12(2). – R. 11060. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.11060>. (In English).
13. Microbiota associated with commercial dry-aged beef in France / E. Coton et al // Food research international. – 2024. – Vol. 181, – R.114118. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114118>. (In English).
14. Dry-aged beef manufactured in Japan: Microbiota identification and their effects on product characteristics / N. Mikami et al // Food research international. – 2021. – Vol.140. – R. 110020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110020>. (In English).
15. Microbial, Physicochemical Profile and Sensory Perception of Dry-Aged Beef Quality: A Preliminary Portuguese Contribution to the Validation of the Dry Aging Process A / Ribeiro et al // Foods. – 2023. – Vol. 12(24). – R. 4514. <https://doi.org/10.3390/foods12244514>. (In English).
16. Exploring the microbiological quality and safety of dry-aged beef: A cross-sectional study of loin surfaces during ripening and dry-aged beef steaks from commercial meat companies in Belgium / T.K. Gowda et al // Food microbiology. – 2022. – Vol. 102. – R. 103919. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103919>. (In English).
17. Identification of Microorganisms Associated with the Quality Improvement of Dry-Aged Beef Through Microbiome Analysis and DNA Sequencing, and Evaluation of Their Effects on Beef Quality / H. Oh et al // Journal of food science. – 2019. – Vol. 84(10), – R. 2944-2954. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14813>. (In English).
18. Molecular Characterization of Microbial and Fungal Communities on Dry-Aged Beef of Hanwoo Using Metagenomic Analysis / S. Ryu et al // Foods. – 2020. – Vol. 9(11). – R. 1571. <https://doi.org/10.3390/foods9111571>. (In English).
19. Effect of Dry Aging of Pork on Microbiological Quality and Instrumental Characteristics / H. Veselá et al // Foods. – 2024. – Vol. 13(19). – R. 3037. <https://doi.org/10.3390/foods13193037>. (In English).
20. Metabolic and microbial analyses of the surface and inner part of wet-aged and dry-aged beef / G. Bischof et al // Journal of food science. – 2023. – Vol. 88(11). – R. 4375-4387. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16761>. (In English).
21. Effects of Chitosan/Collagen Peptides/Cinnamon Bark Essential Oil Composite Coating on the Quality of Dry-Aged Beef / S. Zhang et al // Foods. – 2022. – Vol. 11(22). – R. 3638. <https://doi.org/10.3390/foods11223638>. (In English).
22. Influence of Ageing Time and Method on Beef Quality and Safety / S. Khazzar et al // Foods. – 2023. – Vol. 12(17). – R. 3250. <https://doi.org/10.3390/foods12173250>. (In English).
23. Characterization of the microbiota and chemical properties of pork loins during dry aging / A. Endo et al // Microbiology Open. – 2021. – Vol. 10(1). – R. 1157. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1157>. (In English).
24. Mukhamedov T.A. Sravnitel'naya otsenka pokazatelei kachestva koniny sukhogo i vlazhnogo sozrevaniya / T.A. Mukhamedov, S.M. Mukhamedova // Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2024. – № 4(46). – S. 88-101. (In English).

Т.А. Мухамедов^{1*}, Т.А. Байбатыров², Г.С. Сагитова¹, Н.А. Еріш¹, Ш.С. Габдулин¹

¹Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті,
110000, Қазақстан Республикасы, Қостанай қаласы, Байтұрсынов көшесі, 47

²Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
090009, Қазақстан Республикасы, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51

*e-mail: cheltob@mail.ru

ЕТТІҢ ЖЕТІЛУ КЕЗІНДЕГІ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Бұл шолуда еттің жетілу процесінің микробиологиялық қауіпсіздігіне арналған заманауи зерттеулерге басты назар аударылған. Әсіресе, әртүрлі жетілу әдістерінің микробтық ластану деңгейіне әсері және патогенді микроорганизмдердің дамуына байланысты қауіптер талданады. Жетілу жағдайларын (температура, ылғалдылық және газдық орта құрамы) дәл бақылау қажеттілігі сияқты негізгі мәселелер қарастырылды. Сонымен қатар, еттің жетілу барысындағы микрофлорасын қадағалау және басқару әдістерін жетілдіруге бағытталған болашақ зерттеулердің перспективалық бағыттары анықталды. Мақалада микробиологиялық қауіптерді азайтудың инновациялық тәсілдерін әзірлеуге ерекше назар аударылып, олардың өнімнің органолептикалық қасиеттеріне әсер етпеуі маңызды екені атап өтілді. Бұдан бөлек, еттің әртүрлі жетілу кезеңдерінде микробтық құрамын дәлірек талдау үшін заманауи биотехнологиялар мен молекулалық-генетикалық әдістерді қолдану мүмкіндіктері қарастырылды. Осы зерттеулердің дамуы өнімнің қауіпсіздігін арттырып қана қоймай, микробиологиялық процестерді оңтайландыру арқылы оның сапасын жақсартуға да ықпал етеді. Осылайша, шолу ет өнімдерінің жетілу кезеңіндегі микробиологиялық қауіпсіздігін кешенді түрде қамтамасыз етудің маңыздылығын айқындайды, бұл түпкілікті өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға көмектеседі. Озық технологияларды енгізу және жаңа бақылау әдістерін әзірлеу микробтық ластану қаупін барынша азайтуға мүмкіндік береді, осылайша еттің жетілу процесінің жоғары деңгейде тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: ет, жетілу, патогендер, микроорганизмдер, микробиом, қауіпсіздік.

T. A. Mukhamedov^{1*}, T. A. Baibatyr², G. S. Sagitova¹, N. A. Yerish¹, Sh. S. Gabdulin¹

¹Kostanay Regional University named after Akhmet Baytursinov
110000, Republic of Kazakhstan, Kostanay, Baitursynov St., 47

²West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan
090009, Republic of Kazakhstan, Uralsk, Zhangir khan str., 51

*e-mail: cheltob@mail.ru

CURRENT STATE OF MEAT MICROBIOLOGICAL SAFETY WHEN MATURING

This review focuses on modern research on the microbiological safety of the meat maturation process. Special emphasis is placed on the influence of various maturation methods on the level of microbial contamination, as well as on the risks associated with the development of pathogenic microorganisms. The analysis of key problems is carried out, including the need for precise control of maturation conditions such as temperature, humidity and composition of the gaseous medium. Promising areas of further research have been identified, aimed at improving methods for monitoring and managing the microflora of maturing meat. Special attention is paid to the development of innovative approaches that minimize microbiological risks without compromising the organoleptic characteristics of the product. In addition, the possibilities of using modern biotechnologies and molecular genetic methods for a more accurate analysis of the microbial composition of meat at different stages of maturation are being considered. The development of these areas will not only improve product safety, but also improve its quality by optimizing microbiological processes. Thus, the review highlights the need for an integrated approach to ensuring the microbiological safety of meat products at the stage of their maturation, which contributes to improving the quality and safety of the final product. The introduction of advanced technologies and the development of new control methods will minimize the risks associated with microbiological contamination, ensuring a high level of reliability and stability of the meat maturation process.

Key words: meat, maturation, pathogens, microorganisms, microbiomes, safety.

Авторлар туралы мәліметтер

Талгат Амангалиевич Мухамедов* – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының аға оқытушысы, Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы; e-mail: cheltob@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>.

Торекбек Абелбаевич Байбатыров – техника ғылымдарының кандидаты, ветеринария және агротехнология институтының қауымдастырылған профессоры, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан Республикасы; e-mail: torebek-18@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7940-626X>.

Гульназ Сансызбаевна Сагитова – азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының аға оқытушысы, Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulnaz84k@mail.ru.

Нұрбол Амантайұлы Еріш – техника ғылымдарының магистрі, азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының аға оқытушысы, Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы; e-mail: erish.nurbol@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-4494-4885>.

Шынғысхан Сагындыкович Габдулин – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының аға оқытушысы, Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы; e-mail: gabdullin.80@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1102-437X>.

Сведения об авторах

Талгат Амангалиевич Мухамедов* – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан; e-mail: cheltob@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>.

Торекбек Абелбаевич Байбатыров – кандидат технических наук, ассоциированный профессор института ветеринарии и агротехнологии, Западно Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Казахстан; e-mail: torebek-18@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7940-626X>.

Гульназ Сансызбаевна Сагитова – старший преподаватель кафедры продовольственная безопасность и биотехнологии, Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан; e-mail: gulnaz84k@mail.ru.

Нұрбол Амантайұлы Еріш – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры продовольственная безопасность и биотехнологии, Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан; e-mail: erish.nurbol@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-4494-4885>.

Шынғысхан Сагындыкович Габдулин – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры продовольственная безопасность и биотехнологии, Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан; e-mail: gabdullin.80@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1102-437X>.

Information about the authors

Talgat Amangalievich Mukhamedov* – master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baytursinuly, Kostanay, Republic of Kazakhstan; e-mail: cheltob@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>.

Torebek Abelbaevich Baibatyrrov – candidate of technical sciences, acting associate Professor Institute of veterinary and agrotechnology, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan; e-mail: torebek-18@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7940-626X>.

Gulnaz Sansyzbaevna Sagitova – senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baytursinuly, Kostanay, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnaz84k@mail.ru.

Nurbol Amantayuly Yerish – master of Technical Science, Senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baytursinuly, Kostanay, Republic of Kazakhstan; e-mail: erish.nurbol@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4494-4885>.

Shyngyskhan Sagyndykovich Gabdulin – master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baytursinuly, Kostanay, Kazakhstan; e-mail: gabdullin.80@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1102-437X>.

Поступила в редакцию 12.06.2025

Поступила после доработки 04.08.2025

Принята к публикации 05.08.2025