

### Information about the authors

**Saltanat Dzhumatkyzy Mussayeva\*** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saltanat\_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

**Galiya Tleukhanovna Tumenova** – Candidate of Technical Sciences, M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Serik Niyazbekovich Tumenov** – Doctor of Technical Sciences, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Republic of Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

### Информация об авторах

**Салтанат Джуматкызы Мусаева\*** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевая инженерия»; Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saltanat\_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

**Галия Тлеухановна Туменова** – кандидат технических наук, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, Республика Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Серик Ниязбекович Туменов** – доктор технических наук, Казахский научно-исследовательский институт переработки и пищевой промышленности, Республика Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Редакцияға енуі 15.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 26.09.2025

Жариялауға қабылданды 01.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-40](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-40)



МРНТИ: 62.13.27

**Т.А. Мухамедов<sup>1\*</sup>, Т.А. Байбатыров<sup>2</sup>, Н.А. Еріш<sup>1</sup>, Г.С. Сагитова<sup>1</sup>, З.К. Молдахметова<sup>1</sup>**

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

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

\*e-mail: cheltob@mail.ru

## ФОРМИРОВАНИЕ ВКУСА МЯСА В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ

**Аннотация:** Созревание мяса представляет собой комплексный процесс, включающий биохимические, микробиологические и физико-химические преобразования, определяющие вкусовой профиль конечной продукции. В рамках настоящего обзора обобщены современные научные данные о влиянии различных методов постмортемного созревания (влажное, сухое, модифицированные формы) и сопутствующих технологических параметров – температуры, влажности, скорости воздушного потока, продолжительности хранения – на формирование органолептических характеристик мяса. Особое внимание уделено динамике вкусообразующих соединений (аминокислоты, пептиды, сахара, нуклеотиды, липиды), микробному сообществу (*Lactic acid bacteria*, *Pseudomonas*, *Debaromyces* и др.), а также взаимодействию биотических и абиотических факторов, определяющих интенсивность метаболических реакций. Рассмотрены инновационные подходы, направленные на целенаправленное изменение вкусового профиля, включая применение ультразвука, технологий *sous vide*, регулируемых параметров воздушной среды и контролируемой грибковой ферментации. Представлены данные метаболомного и микробиологического профилирования, подтверждающие значимость комплексного мониторинга в процессе оптимизации сенсорных свойств. Обзор подчёркивает, что стратегическое управление условиями и длительностью созревания, а также интеграция новых технологических решений, позволяют не только адаптировать вкус под запросы потребителей, но и повысить рыночную ценность даже продукции низшей категории. Полученные выводы формируют основу для разработки научно обоснованных программ по повышению качества мясной продукции.

**Ключевые слова:** созревание мяса, вкусообразующие соединения, микробиота, метаболомика, сенсорные характеристики.

## Введение

Формирование вкуса мяса – один из ключевых аспектов, определяющих его потребительскую ценность и качество. Процессы, происходящие в мышечной ткани после убоя, представляют собой сложное взаимодействие ферментативной активности, микробиологических трансформаций и физико-химических изменений, развивающихся в течение всего периода созревания. Именно в этот период формируются сенсорные характеристики, которые впоследствии раскрываются при кулинарной обработке и напрямую влияют на восприятие готового продукта.

Понимание механизмов формирования вкуса необходимо для целенаправленного повышения качества мяса. С этой целью важным инструментом выступает комплексное химико-биохимическое исследование, позволяющее выявить широкий спектр факторов, влияющих на состав, преобразование и развитие сенсорных характеристик. Основные вкусовые соединения формируются за счёт превращения липидов, белков и углеводов, а также продуктов реакции *Майяра*, активируемых нагреванием. Вкусовой профиль варьируется в зависимости от вида животного, возраста, пола, рациона кормления и особенностей обработки, отражая совокупность характеристик качества мяса.

Современные подходы включают технологии омики – метаболомики, протеомики и микробиомного анализа – для изучения молекулярных механизмов, лежащих в основе нежности, вкуса и ароматической насыщенности мяса. Дополнительное влияние оказывают методы термической обработки и инновационные технологические решения – *sous vide*, ультразвук, модулирующая микробиота. Их внедрение открывает возможности для целенаправленного управления органолептическими свойствами продукции [1].

Настоящая работа направлена на обобщение и анализ научных данных о влиянии методов и условий созревания на формирование вкусового профиля мяса с фокусом на сопряжённые биохимические, микробные и технологические факторы, определяющие качество и конкурентоспособность конечного продукта.

**Цель исследования** – обобщить и систематизировать данные о влиянии различных технологических параметров созревания на формирование вкуса, аромата и текстуры мяса; выявить основные биохимические и микробиологические механизмы, лежащие в основе сенсорных характеристик; оценить потенциал инновационных подходов для их целенаправленного регулирования.

## Материалы и методы

Материал, представленный в данном обзоре, основан на исследовании научных публикаций. Системный поиск проводился в базах данных Scopus и Web of Science. Поиск осуществлялся по ключевым словам соответствующих статей, опубликованных в период с 2019 года по 1 августа 2025 года. Отбор проводился на основе анализа заголовков и аннотаций. Отобранные публикации подвергались комплексной оценке. Для расширения охвата литературы также вручную анализировался список ссылок из релевантных статей.

## Результаты

*Влияние созревания на органолептические и физико-химические характеристики мяса.*

Процесс постмортемного созревания мяса оказывает решающее влияние на формирование его вкуса, аромата и текстуры, что, в свою очередь, определяет его потребительскую привлекательность. Разнообразные методы созревания, такие как сухое, влажное, комбинированное с использованием ультрафиолетовой обработки (УФ-обработки) или упаковки с высокой влагопроницаемостью, формируют уникальный биохимический и микробиологический профиль мяса, влияя на накопление вкусообразующих соединений.

Авторами [2] был исследован вклад различных методов созревания – влажного, сухого и сухого с УФ-обработкой – в формирование вкуса свинной корейки на этапе постмортемного преобразования тканей. В условиях созревания продолжительностью 21 сутки при контролируемых параметрах (2 °С, 70 % влажности, 0,8 м/с скорости воздушного потока) выявлено, что метод сухого созревания не только способствует улучшению влагоудерживающей способности мяса, но и обеспечивает накопление более широкого спектра вкусообразующих метаболитов по сравнению с влажным созреванием. Анализ метаболомики показал увеличение содержания свободных аминокислот, пептидов и других соединений, ассоциированных с мясным вкусом. При этом УФ-обработка позволила снизить микробную нагрузку без отрицательного влияния на сенсорные показатели. Таким образом,

сухое созревание, особенно в сочетании с УФ-воздействием, демонстрирует эффективность в формировании выразительного вкуса мяса и представляет интерес для повышения потребительской ценности продукции.

В дополнение к результатам, полученным на примере свинины, особое внимание в литературе уделено формированию вкуса говядины в условиях сухого созревания как одного из наиболее распространённых и технологически значимых методов постмортемного преобразования мясного сырья.

Авторами [3] рассматривается формирование вкуса говядины в ходе сухого созревания как одного из ключевых этапов постмортемной трансформации мяса, способствующего развитию его органолептических свойств. В условиях возрастающих требований потребителей к стабильности качества и выраженному вкусоароматическому профилю особое внимание уделяется влиянию факторов системы «от фермы до вилки», включая генетику, условия содержания животных, транспортировку, технологическую переработку и, в частности, созревание. Сухое созревание, несмотря на его традиционный характер, вновь приобретает значимость благодаря способности инициировать комплекс биохимических процессов в мышечной ткани, ведущих к деградации белков, накоплению свободных аминокислот и образованию летучих соединений, ответственных за вкус и аромат. Потеря влаги в процессе созревания способствует концентрации вкусовых компонентов и изменению текстуры, что усиливает вкусовое восприятие продукта. Таким образом, сухое созревание демонстрирует свою значимость как эффективный способ формирования характерного вкуса мяса, обеспечивая при этом высокую потребительскую привлекательность продукции. В продолжение темы биохимических преобразований, сопровождающих процесс созревания, рассматриваются ключевые молекулярные механизмы и метаболические пути, обеспечивающие формирование вкуса, аромата и текстуры говядины при разных методах созревания.

Авторами [4] рассматриваются биохимические и микробиологические процессы, лежащие в основе формирования вкуса мяса в процессе его созревания. В частности, обобщаются данные о влиянии трёх методов созревания – традиционного сухого, влажного в вакуумной термоусадочной упаковке и сухого в пакетах с высокой влагопроницаемостью – на развитие вкусовых, ароматических и текстурных характеристик говядины. Улучшение вкуса в процессе созревания связывают с высвобождением восстанавливающих сахаров в результате переходов гликогена и АТФ, накоплением свободных аминокислот и пептидов через протеолиз, а также деградацией нуклеотидов с образованием ИМФ, ГМФ, инозина и гипоксантина. В то же время аромат формируется за счёт летучих соединений, возникающих при термическом окислении жирных кислот и реакции *Майяра*. Изменения текстуры обусловлены разрушением миофибриллярного цитоскелета и соединительной ткани под действием эндогенных ферментов. Особое внимание уделено гипотезам о роли микроорганизмов, чья метаболическая активность может влиять на качество вкусоароматических характеристик продукта. Таким образом, процесс созревания является ключевым этапом формирования комплексного вкуса мяса и представляет значительный интерес для дальнейших исследований и оптимизации мясопереработки.

Однако органолептический профиль мяса формируется не только на стадии созревания, но и во многом зависит от условий последующей термической обработки. В этой связи заслуживает внимания исследование, посвящённое влиянию различных способов кулинарной обработки на раскрытие вкусового потенциала мяса после созревания.

Авторами [5] исследуется влияние условий тепловой обработки на формирование вкуса говядины сухого и влажного созревания в контексте процессов, происходящих в мясе после убоя. Целью работы являлось оценить, как метод и температура приготовления (запекание в духовке или жарка на гриле при 150 °C и 230 °C) воздействуют на физико-химические показатели и органолептический профиль говяжьей вырезки, созревшей в течение 28 суток. Результаты показали, что способ приготовления не влияет на pH, однако жарка на гриле снижает показатели окисления липидов (TBARS) и усиливает степень прожаренности поверхности по сравнению с запеканием. Сенсорный анализ выявил, что приготовление на гриле усиливает выраженность жареного вкуса в говядине сухого созревания: при 150 °C наблюдается более интенсивный сырный профиль, а при 230 °C – доминирование поджаренных нот. Образцы влажного созревания, обработанные в

аналогичных условиях, характеризовались менее выраженными вкусовыми характеристиками. Таким образом, данное исследование подтверждает, что грамотный подбор параметров тепловой обработки играет важную роль в раскрытии вкусоароматического потенциала говядины сухого созревания, эффективно дополняя процессы, происходящие во время её постмортальной трансформации.

Помимо способа термообработки, на сенсорные свойства мяса оказывает значительное влияние исходное биологическое сырьё, в частности – породные особенности животных. Сравнительный анализ говядины *Chikso* и *Hanwoo* демонстрирует, как физиологические различия отражаются в ходе созревания и влияют на формирование вкусового профиля.

Исследователями [6] проведён комплексный анализ формирования вкуса мяса в ходе влажного созревания говядины пород *Chikso* и *Hanwoo* с акцентом на изменения физико-химических, метаболических и сенсорных характеристик в течение 28 суток хранения при температуре 4 °С. Установлено, что *Chikso* демонстрирует более высокую начальную жёсткость по сравнению с *Hanwoo*, однако к 14-му дню различия сглаживаются. Мясо *Chikso* характеризуется повышенным содержанием вкусообразующих метаболитов, включая L-карнитин и тирозин, а также преобладанием кетонов среди летучих соединений, что указывает на его потенциал в формировании выразительного вкуса. В то время как *Hanwoo* содержит больше спиртов и альдегидов, придающих продукту выраженные ароматические ноты. Сенсорный анализ показывает, что интенсивность вкуса *Chikso* увеличивается по мере созревания, особенно после 14 суток, тогда как у *Hanwoo* отмечается рост кислотности и снижение интенсивности вкуса умами. Таким образом, результаты демонстрируют породные особенности биохимических трансформаций в процессе постмортального созревания и подтверждают эффективность 14-дневного периода влажного хранения для акцентирования вкусовых характеристик говядины *Chikso*.

На основании анализа становится актуальным рассмотреть биохимические процессы, лежащие в основе созревания мяса. Вкусовые характеристики формируются под действием ферментативных и микробиологических преобразований, происходящих в мышечной ткани после убоя. Протеолиз, липолиз и структурные изменения белков способствуют улучшению текстуры, аромата и сочности продукта. Сравнение технологий показывает, что сухое созревание усиливает ароматическую насыщенность за счёт дегидратации и окислительных реакций, тогда как влажное созревание в условиях вакуума обеспечивает стабильную структуру и высокую сочность.

В рамках проведённой работы [7] была выполнена органолептическая оценка конины после сухого и влажного созревания продолжительностью 14 и 21 сутки. Результаты подтверждают значимое влияние метода и продолжительности созревания на вкусовые свойства. Образцы с 21 сутками созревания отличались более выраженной текстурой, интенсивным ароматом и сочностью, что подчёркивает эффективность продлённого периода постмортальной трансформации мышечной ткани.

Дополнительно был проведён физико-химический анализ [8]. Существенных различий в органолептических показателях не выявлено, однако зафиксировано умеренное повышение содержания белка и жира у конины, созревавшей во влажной среде. Подобная динамика указывает на стабильность качества и соответствие нормативным требованиям при различных технологических подходах.

Представленная таблица 1 обобщает ключевые технологические и микробиологические факторы, влияющие на вкусоароматический профиль мяса, тем самым дополняя системное представление о многоуровневом характере этого процесса. Сравнение результатов демонстрирует, что формирование вкуса мяса представляет собой сложный многоуровневый процесс. Он зависит от метода созревания (влажного, сухого, модифицированного), параметров термической обработки, биохимического состава сырья и микробной среды. Наиболее значимыми переменными выступают взаимодействия между биохимическими реакциями и микробиотой, регулируемые температурой, влажностью, продолжительностью и уровнем воздухообмена. Глубокое понимание взаимосвязей между указанными параметрами позволяет разрабатывать усовершенствованные стратегии созревания, направленные на улучшение сенсорных характеристик и повышение рыночной ценности мясной продукции. Такой системный подход создаёт предпосылки для

совершенствования технологических решений в мясоперерабатывающей отрасли, ориентированных на выпуск стабильной по качеству и конкурентоспособной продукции.

Таблица 1 – Влияние факторов и методов созревания на сенсорные характеристики мяса

№	Метод / Фактор	Объект исследования	Ключевые условия	Основные результаты / влияние	Источник
1	Сухое, влажное, сухое с УФ	Свинина, корейка	21 сут., 2 °С, 70 % RH, 0.8 м/с	Сухое и УФ-созревание → ↑ вкусовые метаболиты, ↓ микробная нагрузка	[2]
2	Сухое созревание	Говядина	Общие условия	Интенсификация протеолиза, потеря влаги, ↑ вкусовая насыщенность	[3]
3	Сухое, влажное, DWA	Говядина	—	Переходы гликогена → сахара, ↑ аминокислоты, ИМФ, летучие соединения	[4]
4	Запекание vs. гриль	Говядина (вырезка)	150 °С и 230 °С, 28 суток созревания	Гриль → выраженный жареный вкус, более яркие сенсорные профили	[5]
5	Породные особенности	Говядина (Chikso, Hanwoo)	28 суток, влажное созревание при 4 °С	Chikso: ↑ умами, ↑ L-карнитин; Hanwoo: ↑ аромат (альдегиды, спирты)	[6]
6	Сухое и влажное, разная длительность	Конина	14 и 21 сутки	21 сут. → ↑ текстура, ↑ аромат и сочность	[7]
7	Физико-химический анализ	Конина	14/21 сут., влажная среда	Незначимые органолептические отличия, ↑ содержание белка и жира	[8]

#### Микробиом и его роль в процессах созревания

Формирование вкуса мяса в процессе созревания обусловлено не только внутренними биохимическими изменениями, но и динамикой микробиоты, развивающейся в условиях постмортемного хранения. Современные исследования указывают на значительное влияние как бактерий, так и грибов на развитие вкуса, аромата и текстуры мяса, особенно в ходе сухого созревания.

Авторами [9] была проведена оценка пробиотического потенциала молочнокислых бактерий, выделенных из говядины Hanwoo сухого созревания, с акцентом на их возможное влияние на микробиологическое и вкусовое качество продукции. Учитывая, что сухое созревание сопровождается изменением микробного сообщества, особое внимание уделено штаммам *Lactobacillus sakei* и *Enterococcus faecalis*, обнаруженным в высокой численности. Метагеномный и функциональный анализ показал, что изолированные штаммы обладают высокой устойчивостью к кислоте и желчи, способностью к адгезии, а также выраженной антимикробной активностью в отношении патогенов. Кроме того, в модели *Caenorhabditis elegans* данные культуры продемонстрировали увеличение продолжительности жизни и повышение устойчивости организма-хозяина, что подтверждает их пробиотический потенциал. Полученные результаты открывают перспективы использования LAB как функциональных культур, способствующих не только обеспечению микробиологической безопасности, но и участию в формировании характерного вкуса ферментированных мясных продуктов.

Помимо бактериального звена, важный вклад в ароматическое разнообразие мяса вносит грибковая составляющая микробиома. Авторами [10] было исследовано влияние поверхностных грибов на формирование вкуса говядины, созревшей по методу сухого созревания (DAB), благодаря которому продукт приобретает выраженные органолептические свойства. Культуральные методы и метабаркодирование ITS2 рДНК позволили выявить представителей семейства *Mucoraceae* (в частности, *Mucor*, *Helicostylum*), а также *Thamnidium*. Доминирующим оказался штамм *Mucor flavus* CBS 992.68. Полученные данные

подчёркивают потенциальную роль отдельных грибов в развитии текстуры и аромата мяса, что открывает перспективы для контролируемого управления микробным сообществом с целью направленного формирования вкусового профиля продукции.

Влияние условий созревания, включая параметры воздушного потока, оказывает значительное воздействие на микробный состав мяса. В ходе 28 суток созревания говядины при различных скоростях воздушного обдува DA (0, 2,5, 5 м/с) установлены выраженные различия в составе микробиома. Согласно исследованию [11], при отсутствии воздушного потока DA (0) преобладал *Pilaira anomala*, в то время как при обдуве 2,5 и 5 м/с доминировал *Debaryomyces hansenii*. На основании данных электронного языка и сенсорного анализа установлено, что указанные грибковые таксоны по-разному влияют на вкусовой профиль: *Pilaira* ассоциируется с нежным, умеренно выраженным вкусом, тогда как *Debaryomyces* придаёт более интенсивные, пряные и поджаренные оттенки. Таким образом, управление параметрами воздушного потока в камерах созревания представляет собой перспективный технологический инструмент, позволяющий направленно воздействовать на сенсорные характеристики мясной продукции.

Комплексное понимание влияния микробиома требует учёта метаболических и протеомных процессов, происходящих в мясе с момента убоя и в течение всего периода созревания. В представленном обобщающем обзоре [12] подчёркивается, что ключевые метаболиты – сахара, нуклеотиды, органические кислоты, креатин, жирные кислоты – формируют вкусовой потенциал и служат субстратами для реакций *Майяра*, *Штрекера* и окисления липидов, происходящих при термической обработке. Динамика этих соединений тесно связана с изменениями энергетического метаболизма, активностью собственных ферментов и воздействием микробиоты, определяющей формирование уникального ароматического профиля продукции. Такой подход позволяет комплексно рассматривать сенсорные характеристики мяса как результат взаимодействия эндогенных и микробных факторов в условиях созревания и последующего приготовления.

Авторами [13] также было показано, что методы и продолжительность созревания оказывают непосредственное влияние на содержание водорастворимых вкусообразующих соединений. В частности, при 21 сутках влажного созревания отборных стейков зафиксировано увеличение концентрации пептидов, аминокислот, а также соединений – предшественников реакции *Майяра*. Вместе с тем чрезмерно длительное созревание сопровождается снижением уровня нуклеотидов и накоплением гипоксантина, что приводит к уменьшению интенсивности вкуса умами и появлению горьких оттенков. Указанная динамика подчёркивает необходимость оптимизации продолжительности созревания с учётом микробиологических процессов, сопровождающих постмортемные биохимические изменения.

Наконец, исследование механизмов формирования вкуса говяжьей вырезки травяного откорма [14] с использованием метаболомного подхода показало, что именно методы сухого созревания (традиционного и в упаковке) обеспечивают более активное накопление производных белков, нуклеотидов и летучих ароматических веществ. Наблюдалось снижение концентрации терпеноидов и стероидных липидов – соединений, часто связанных с нежелательными посторонними нотами травяной говядины, – что указывает на улучшение вкуса за счёт выбранной технологии созревания. Таким образом, микробиом в сочетании с физико-химическими условиями созревания формирует научную основу для разработки технологий направленного управления вкусовым профилем мясной продукции, что наглядно представлено в таблице 2.

#### *Метаболомика и механизмы формирования вкуса*

Формирование вкуса мяса в процессе его созревания представляет собой результат взаимодействия многочисленных физико-химических, биохимических и микробиологических факторов. Современные исследования с применением метаболомного анализа и профилирования микробиома позволяют детально охарактеризовать предшественники вкуса, механизмы их высвобождения и условия, способствующие их накоплению.

Авторами [15] были охарактеризованы вкусообразующие соединения и механизмы их формирования в говядине, созревшей с использованием различных методов – влажного и сухого, включая модифицированные варианты (во влагопроницаемой упаковке и с УФ-обработкой).

Таблица 2 – Роль микробиома в формировании вкуса мяса при различных условиях созревания

№	Объект / Метод	Условие и продолжительность	Ключевые микроорганизмы	Основное влияние	Источник
1	Говядина Hanwoo, сухое созревание	LAB-ориентированный анализ	<i>Lactobacillus sakei</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>	Пробиотический потенциал, антагонизм к патогенам, участие во вкусообразовании	[9]
2	Говядина, сухое созревание (DAB)	Фокус на грибковой микробиоте	<i>Mucor flavus</i> , <i>Helicostylum</i> , <i>Thamnidium</i>	Развитие текстуры и аромата, органолептический профиль	[10]
3	Говядина, 28 сут., DA0 / DA2.5 / DA5	Скорости воздушного потока: 0; 2,5; 5 м/с	<i>Pilaira anomala</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i>	Pilaira – умеренный вкус; Debaryomyces – пряный, поджаренный вкус	[11]
4	Обобщающий обзор (метабономика)	Постмортемный период до тепловой обработки	— (метаболиты: сахара, нуклеотиды, жирные кислоты)	Основы вкуса: субстраты реакций Майяра и окисления	[12]
5	Говядина, влажное созревание	21 сутки, отборные стейки	— (связано с микробной активностью)	↑ пептиды, аминокислоты, ↓ нуклеотиды при длительном хранении → горечь	[13]
6	Говядина травяного откорма	Сухое созревание (традиционное и пакетное)	—	↓ терпеноиды и липиды → улучшение вкуса, ↓ посторонние ноты	[14]

Анализ результатов 28 суток созревания показал, что именно методы сухого созревания способствовали более интенсивному накоплению свободных аминокислот, восстанавливающих сахаров и короткоцепочечных пептидов – ключевых соединений, формирующих мясной вкус. Особенно выраженными эти изменения оказались в образцах, созревавших во влагопроницаемой упаковке (DWA), где также наблюдалось увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот и летучих ароматических соединений – альдегидов, спиртов, усиливающих мясной аромат. Профилирование микробиома выявило чёткие различия между методами созревания: в условиях сухого созревания доминировали *Pseudomonas* spp., а наличие *Bacillus* spp. может быть связано с дополнительным высвобождением уникальных вкусовых предшественников. Таким образом, выбранная технология созревания напрямую определяет биохимическую и микробиологическую среду, от которой зависит сенсорный профиль конечной мясной продукции.

Дополнительным аспектом изучения служит анализ роли дегидратации в концентрации вкусоактивных компонентов. В исследовании [16], проведённом на 30 образцах *longissimus lumborum*, созревавших сухим и влажным способом в течение 28 суток, продемонстрировано, что концентрации свободных аминокислот и восстанавливающих сахаров в мясе сухого созревания находятся в выраженной отрицательной корреляции с уровнем влаги. Несмотря на указанную тенденцию, различия в сенсорном профиле фиксировались уже с 14-х суток, тогда как достоверные изменения содержания влаги проявились только к 28-м суткам. Указанные наблюдения позволяют заключить, что помимо дегидратации значительное влияние на вкусовые характеристики оказывает микробная активность на поверхности мяса. Таким образом, оценка вклада физико-химических и биотических факторов демонстрирует сложную и многоуровневую природу формирования вкуса, что подчёркивает необходимость комплексного подхода к его исследованию.

Наряду с температурным режимом и продолжительностью созревания, уровень относительной влажности (ОВ) оказывает значительное влияние на качество и вкусовые характеристики мяса. Авторами [17] был исследован эффект уровня ОВ (50 %, 70 %, 85 %) на говядину, созревавшую в течение 42 суток при 2 °С, с сопоставлением с образцами влажного созревания. При более низкой влажности (50 %) наблюдалась ускоренная дегидратация в первые трое суток, что при этом не влияло на общую потерю влаги по завершении

созревания. Профиль микрофлоры также различался: в условиях сухого созревания преобладали *Pseudomonadales*, тогда как в мясе влажного созревания доминировали *Enterobacteriales*. Анализ приготовленного мясного сока показал более высокое содержание свободных аминокислот в образцах сухого созревания, особенно при 50 % ОВ, что коррелировало с более выраженными сенсорными характеристиками. Указанные данные подтверждают, что уровень относительной влажности является ключевым технологическим параметром, влияющим на интенсивность биохимических реакций и активность микробиома, определяющими вкусовую ценность продукта.

В целом, представленные исследования подчёркивают значимость метаболомики как инструмента, позволяющего выявлять и количественно оценивать биохимические изменения в мышечной ткани в зависимости от условий созревания. Их интеграция с микробиологическим профилированием формирует основу для целенаправленного управления процессом созревания мяса с целью формирования заданного вкусоароматического профиля. Соответствующие данные систематизированы в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние методов созревания и факторов окружающей среды на вкусообразование мяса

№	Исследование	Условия созревания	Основные наблюдения	Сенсорные и биохимические эффекты	Источник
1	Сравнение сухого, влажного и модифицированных методов	28 сут., влажное и сухое созревание, DWA, УФ	Сухие методы способствуют ↑ аминокислот, сахаров, пептидов	DWA: ↑ ароматических веществ, ↑ PUFA's; <i>Bacillus</i> spp. → уникальный вкус	[15]
2	Корреляция дегидратации и вкусоактивных соединений	28 сут., <i>longissimus lumborum</i> , влажное и сухое	Свободные аминокислоты и сахара в сухом мясе ↓ при ↑ влаги	Сенсорные различия на 14 сут., дегидратация вторична микробной активности	[16]
3	Влияние уровня ОВ на состав микробиоты и вкус	42 сут., 2 °C, влажность 50 %, 70 %, 85 %	При 50 % → ускоренная дегидратация, ↑ свободных аминокислот	Сухое созревание → ↑ сенсорной выраженности; <i>Pseudomonadales</i> vs <i>Enterobacteriales</i>	[17]

#### Новые технологии и методики улучшения качества мяса

Развитие пищевых технологий открывает возможности целенаправленного улучшения органолептических характеристик мяса, особенно в отношении продукции низших категорий. Инновационные подходы, сочетающие традиционные методы созревания с современными способами обработки, позволяют эффективно формировать насыщенный вкусовой профиль, повышать потребительскую привлекательность и стабильность качества продукции.

Авторами [18] было изучено влияние комбинированного подхода, включающего созревание, приготовление в вакууме (*sous vide*) и последующую краткосрочную термическую обработку (запеканием), на вкусовые свойства и органолептическую привлекательность стриплойна говядины Hanwoo низкого качества. Стейки, созревавшие в течение 14 суток при 4 °C и обработанные по схемам SV+OV или SV+TC, демонстрировали более высокие показатели мягкости, аромата и общего вкусового восприятия по сравнению с контрольными образцами. Установлено, что именно сочетание низкотемпературного приготовления с кратким тепловым воздействием способствует развитию соединений реакции Майяра – в частности, пиразинов и серосодержащих летучих веществ, ответственных за характерный мясной аромат. Таким образом, применение данной технологии позволяет компенсировать ограничения, присущие мясу низшего качества, и сформировать конкурентоспособный продукт с улучшенными органолептическими свойствами.

Параллельно активное внимание уделяется возможностям использования физических воздействий, таких как ультразвуковая обработка, в управлении вкусообразующими процессами. В исследовании [19], посвящённом влиянию ультразвука на вкусовой профиль говядины в процессе постмортемного созревания, был проведён комплексный анализ ключевых летучих соединений и сенсорных характеристик на разных стадиях (0, 7 и 12 сутки). Установлено, что ультразвук активизирует липидное окисление и способствует образованию ароматических веществ. Биохимической основой наблюдаемого эффекта является интенсификация окислительных процессов, в частности метаболизма мононенасыщенных



жирных кислот. Полученные результаты подтверждают потенциал ультразвуковой технологии как эффективного инструмента управления ароматическим профилем мяса в ходе созревания и создают предпосылки для её внедрения в промышленную практику.

Таким образом, инновационные технологии, включая *sous vide* в сочетании с внешней термической обработкой и направленным ультразвуковым воздействием, демонстрируют высокую эффективность в повышении сенсорного качества мяса. Их интеграция в процесс созревания позволяет гибко адаптировать параметры к исходному качеству сырья и целенаправленно раскрывать его вкусовой потенциал. Сводные данные по применению указанных методик приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Современные технологии, улучшающие органолептические свойства мяса

№	Метод / Технология	Условия применения	Основное воздействие	Сенсорные эффекты	Источник
1	Созревание + <i>sous vide</i> + краткая термообработка (SV+OV / SV+TC)	14 сут., 4 °C, последующая обработка	Индукция реакций Майяра, развитие летучих соединений	↑ мягкости, ↑ аромата, ↑ вкусовой насыщенности	[18]
2	Ультразвуковая обработка в процессе созревания	0, 7 и 12 сутки, контроль интенсивности	Активация липидного окисления, метаболизм MUFA	↑ содержания альдегидов, ↑ аромата	[19]
3	Интеграция инновационных методов в созревание мяса	В зависимости от качества сырья	Адаптивное управление физико-химическими и сенсорными параметрами	↑ потребительской привлекательности, стабильности профиля	Обобщение

### Заключение

Современные исследования подчёркивают, что формирование вкусового профиля мяса в процессе созревания представляет собой результат сложных взаимодействий биохимических, микробных и физико-химических процессов. Метод созревания, параметры хранения и обработки, а также активность микробиоты напрямую влияют на накопление вкусообразующих соединений и выраженность органолептических свойств продукции. Особое значение приобретает интеграция метаболомики и микробиологического профилирования, позволяющая целенаправленно управлять сенсорными характеристиками мяса. Внедрение инновационных подходов – таких как ультразвук и *sous vide* с дополнительной термообработкой – открывает перспективы улучшения вкуса даже у сырья низшей категории. Комплексное управление условиями созревания создаёт предпосылки для разработки технологических стратегий, обеспечивающих выпуск стабильной, высококачественной и конкурентоспособной мясной продукции.

### Список литературы

1. Effective Strategies for Understanding Meat Flavor: A Review / M. K. Park, Y. S. Choi // Food science of animal resources. – 2025, Vol. 45(1), – P. 165-184. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e124>.
2. Effect of Dry-Aging on Quality and Palatability Attributes and Flavor-Related Metabolites of Pork Loins / D. Setyabrata et al // Foods. – 2021, Vol. 10(10). – P. – 2503. <https://doi.org/10.3390/foods10102503>.
3. Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties / S. Álvarez et al // Advances in food and nutrition research. – 2021. – Vol. 95. – P. 97-130. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.10.001>.
4. The effect of aging on beef taste, aroma and texture, and the role of microorganisms: a review / L. Xu et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2023. – Vol. 63(14). – P. 2129-2140. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1971156>.
5. Effects of cooking conditions on the physicochemical and sensory characteristics of dry- and wet-aged beef / D. Lee et al // Animal bioscience. – 2021. – Vol. 34(10). – P. 1705-1716. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0852>.
6. Evaluation of the physicochemical, metabolomic, and sensory characteristics of Chikso and Hanwoo beef during wet aging / D. Lee et al // Animal Bioscience. – 2023. – Vol. 36. – P. 1101-1119. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0001>.

7. Мухамедов Т.А. Влияние тепловой обработки на органолептические показатели конины сухого и влажного созревания / Т.А. Мухамедов // Доктрины, школы и концепции устойчивого развития науки в современных условиях: Сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием.; Азтерна. – Уфа, 2024. – С. 11-15.
8. Мухамедов Т.А. Оценка качества продукции из конины сухого и влажного созревания / Т.А. Мухамедов, С.М. Мухамедова, М.А. Байбатырова // Пищевые технологии и биотехнологии. XVIII Всерос. конф. мол. учёных, аспирантов и студентов с междунар. участием: Матер. конф., Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань, 2025. – С. 394-398.
9. Evaluation of Probiotic Characteristics of Newly Isolated Lactic Acid Bacteria from Dry-Aged Hanwoo Beef / H. Kim et al // Food science of animal resources. – 2021. – Vol. 41(3). – P. 468-480. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e11>.
10. Cold adapted and closely related mucoraceae species colonise dry-aged beef (DAB) / G. Ostrowski et al // Fungal biology. – 2023, Vol. 127(10-11). – P. 1397-1404. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.09.005>.
11. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef / H. Lee et al // Meat science. – 2019. – Vol. 153. – P. 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.019>.
12. Metabolic, proteomic and microbial changes postmortem and during beef aging / G. Bischof et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2024, Vol. 64(4). – P. 1076-1109. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2113362>.
13. Effects of wet aging on water-soluble flavor compounds and descriptive sensory attributes for USDA select beef strip steaks / S. Wang et al // Meat science. – 2025. – Vol. 225. – P. 109821. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109821>.
14. Elucidating mechanisms involved in flavor generation of dry-aged beef loins using metabolomics approach / D. Setyabrata et al // Food research international. – 2021, Vol. 139. – P. 109969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109969>.
15. Characterizing the Flavor Precursors and Liberation Mechanisms of Various Dry-Aging Methods in Cull Beef Loins Using Metabolomics and Microbiome Approaches / D. Setyabrata et al // Metabolites. – 2022. – Vol. 12(6). – P. 472. <https://doi.org/10.3390/metabo12060472>.
16. Role of moisture evaporation in the taste attributes of dry- and wet-aged beef determined by chemical and electronic tongue analyses / H.J. Lee et al // Meat science. – 2019. – Vol. 151. – P. 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.001>.
17. Effects of relative humidity on dry-aged beef quality / F.A. Ribeiro et al // Meat science. – 2024. – Vol. 213. – P. 109498. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109498>.
18. A combination of postmortem ageing and sous vide cooking following by blowtorching and oven roasting for improving the eating quality and acceptance of low quality grade Hanwoo striploin / S.H. Jwa et al // Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2020. – Vol. 33(8). – P. 1339-1351. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0667>.
19. Ultrasound-induced modifications of beef flavor characteristics during postmortem aging / Y. Fang // Ultrasonics sonochemistry. – 2024. – Vol. 108. – P. 106979. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106979>.

## References

1. Effective Strategies for Understanding Meat Flavor: A Review / M. K. Park, Y. S. Choi // Food science of animal resources. – 2025, Vol. 45(1), – R. 165-184. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e124>. (In English).
2. Effect of Dry-Aging on Quality and Palatability Attributes and Flavor-Related Metabolites of Pork Loins / D. Setyabrata et al // Foods. – 2021, Vol. 10(10). – R. – 2503. <https://doi.org/10.3390/foods10102503>. (In English).
3. Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties / S. Álvarez et al // Advances in food and nutrition research. – 2021. – Vol. 95. – R. 97-130. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.10.001>. (In English).
4. The effect of aging on beef taste, aroma and texture, and the role of microorganisms: a review / L. Xu et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2023. – Vol. 63(14). – R. 2129-2140. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1971156>. (In English).

5. Effects of cooking conditions on the physicochemical and sensory characteristics of dry- and wet-aged beef / D. Lee et al // *Animal bioscience*. – 2021. – Vol. 34(10). – R. 1705-1716. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0852>. (In English).
6. Evaluation of the physicochemical, metabolomic, and sensory characteristics of Chikso and Hanwoo beef during wet aging / D. Lee et al // *Animal Bioscience*. – 2023. – Vol. 36. – R. 1101-1119. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0001>. (In English).
7. Mukhamedov T.A. Vliyanie teplovoi obrabotki na organolepticheskie pokazateli koniny sukhogo i vlazhnogo sozrevaniya / T.A. Mukhamedov // *Doktriny, shkoly i kontseptsii ustoichivogo razvitiya nauki v sovremennykh usloviyakh: Sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem.; Aehterna*. – Ufa, 2024. – S. 11-15. (In Russian).
8. Mukhamedov T.A. Otsenka kachestva produktsii iz koniny sukhogo i vlazhnogo sozrevaniya / T.A. Mukhamedov, S.M. Mukhamedova, M.A. Baibatyrova // *Pishchevye tekhnologii i biotekhnologii. KHVIII Vseros. konf. mol. uchenykh, aspirantov i studentov s mezhdunar. uchastiem: Mater. konf., Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. – Kazan', 2025. – S. 394-398. (In Russian).*
9. Evaluation of Probiotic Characteristics of Newly Isolated Lactic Acid Bacteria from Dry-Aged Hanwoo Beef / H. Kim et al // *Food science of animal resources*. – 2021. – Vol. 41(3). – R. 468-480. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e11>. (In English).
10. Cold adapted and closely related mucoraceae species colonise dry-aged beef (DAB) / G. Ostrowski et al // *Fungal biology*. – 2023, Vol. 127(10-11). – R. 1397-1404. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.09.005>. (In English).
11. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef / H. Lee et al // *Meat science*. – 2019. – Vol. 153. – R. 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.019>. (In English).
12. Metabolic, proteomic and microbial changes postmortem and during beef aging / G. Bischof et al // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2024, Vol. 64(4). – R. 1076-1109. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2113362>. (In English).
13. Effects of wet aging on water-soluble flavor compounds and descriptive sensory attributes for USDA select beef strip steaks / S. Wang et al // *Meat science*. – 2025. – Vol. 225. – R. 109821. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109821>. (In English).
14. Elucidating mechanisms involved in flavor generation of dry-aged beef loins using metabolomics approach / D. Setyabrata et al // *Food research international*. – 2021, Vol. 139. – R. 109969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109969>. (In English).
15. Characterizing the Flavor Precursors and Liberation Mechanisms of Various Dry-Aging Methods in Cull Beef Loins Using Metabolomics and Microbiome Approaches / D. Setyabrata et al // *Metabolites*. – 2022. – Vol. 12(6). – R. 472. <https://doi.org/10.3390/metabo12060472>. (In English).
16. Role of moisture evaporation in the taste attributes of dry- and wet-aged beef determined by chemical and electronic tongue analyses / H.J. Lee et al // *Meat science*. – 2019. – Vol. 151. – R. 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.001>. (In English).
17. Effects of relative humidity on dry-aged beef quality / F.A. Ribeiro et al // *Meat science*. – 2024. – Vol. 213. – R. 109498. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109498>. (In English).
18. A combination of postmortem ageing and sous vide cooking following by blowtorching and oven roasting for improving the eating quality and acceptance of low quality grade Hanwoo striploin / S.H. Jwa et al // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. – 2020. – Vol. 33(8). – R. 1339-1351. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0667>. (In English).
19. Ultrasound-induced modifications of beef flavor characteristics during postmortem aging / Y. Fang // *Ultrasonics sonochemistry*. – 2024. – Vol. 108. – R. 106979. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106979>. (In English).

**Т.А. Мухамедов<sup>\*</sup>, Т.А. Байбатыров<sup>2</sup>, Н.А. Еріш<sup>1</sup>, Г.С. Сагитова<sup>1</sup>, З.К. Молдахметова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті,  
110000, Қазақстан Республикасы, Қостанай қаласы, Байтұрсынов көшесі, 47

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

\*e-mail: cheltob@mail.ru

#### **ПІСІРУ ҮДЕРІСІ КЕЗІНДЕ ЕТ ДӘМІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ**

Еттің пісіп жетілуі – соңғы өнімнің дәмдік профилін анықтайтын биохимиялық, микробиологиялық және физика-химиялық өзгерістерді қамтитын күрделі үдеріс. Бұл шолуда өлгеннен кейінгі жетілудің әртүрлі әдістерінің (ылғалды, құрғақ, өзгертілген формалар) және соған байланысты технологиялық параметрлердің – температураның, ылғалдылықтың, ауа ағынының жылдамдығының, сақтау ұзақтығының еттің органолептикалық сипаттамаларының қалыптасуына әсері туралы қазіргі ғылыми деректер жинақталған. Дәм түзетін қосылыстардың (аминқышқылдары, пептидтер, қанттар, нуклеотидтер, липидтер), микробтар қауымдастығы (LAB, *Pseudomonas*, *Debaryomyces* және т. Дәмдік профильді мақсатты түрлендіруге бағытталған инновациялық тәсілдер қарастырылады, оның ішінде ультрадыбысты, *sous vide* технологияларын, реттелетін ауа параметрлерін және бақыланатын саңырауқұлақ ашытуын қолдану. Сенсорлық қасиеттерді оңтайландыру процесінде кешенді бақылаудың маңыздылығын растайтын метаболикалық және микробиологиялық профильдеу деректері ұсынылған. Шолуда пісу жағдайлары мен ұзақтығын стратегиялық басқару, сондай-ақ жаңа технологиялық шешімдерді біріктіру талғамды тұтынушы сұранысына бейімдеп қана қоймай, тіпті төмен санатты өнімдердің нарықтық құнын арттыруға мүмкіндік беретіні атап өтілген. Қорытындылар ет өнімдерінің сапасын арттырудың ғылыми негізделген бағдарламаларын әзірлеуге негіз болады.

**Түйін сөздер:** еттің жетілуі, дәмдік қосылыстар, микробиота, метаболомика, сенсорлық сипаттамалар.

**T.A. Mukhamedov<sup>1\*</sup>, T.A. Baibatyr<sup>2</sup>, N.A. Yerish<sup>1</sup>, G.S. Sagitova<sup>1</sup>, Z.K. Moldakhmetova<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanger khan,  
090009, Republic of Kazakhstan, Uralsk, Zhanger khan str., 51

\*e-mail: cheltob@mail.ru

## THE FORMATION OF THE TASTE OF MEAT DURING MATURATION

*Meat maturation is a complex process that includes biochemical, microbiological, and physico-chemical transformations that determine the flavor profile of the final product. This review summarizes current scientific data on the influence of various methods of postmortem maturation (wet, dry, modified forms) and related technological parameters – temperature, humidity, air flow velocity, storage duration – on the formation of organoleptic characteristics of meat. Special attention is paid to the dynamics of flavor-forming compounds (amino acids, peptides, sugars, nucleotides, lipids), the microbial community (Lactic acid bacteria, *Pseudomonas*, *Debaryomyces*, etc.), as well as the interaction of biotic and abiotic factors that determine the intensity of metabolic reactions. Innovative approaches aimed at purposefully changing the taste profile are considered, including the use of ultrasound, *sous vide* technologies, regulated air parameters and controlled fungal fermentation. The data from metabolic and microbiological profiling are presented, confirming the importance of integrated monitoring in the process of optimizing sensory properties. The review emphasizes that the strategic management of the conditions and duration of maturation, as well as the integration of new technological solutions, allow not only to adapt the taste to the needs of consumers, but also to increase the market value of even the lowest category of products. The findings form the basis for the development of scientifically based programs to improve the quality of meat products.*

**Key words:** meat maturation, flavor-forming compounds, microbiota, metabolomics, sensory characteristics.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Талгат Аманғалиевич 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. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2385-7395>.

**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. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4494-4885>.

**Замзагуль Корганбековна Молдахметова** – техника ғылымдарының кандидаты, азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының қауымдастырылған профессордың м.а Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы; e-mail: Zamzagul-2632@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0312-0169>.

#### 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>.

**Торбек 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 продовольственной безопасности и биотехнологии, Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан; e-mail: gulnaz84k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2385-7395>.

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

**Замзагуль Корганбековна Молдахметова** – кандидат технических наук, и.о. ассоциированного профессора кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан e-mail: Zamzagul-2632@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0312-0169>

#### 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. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2385-7395>.

**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>.

**Zamzagul Korganbekovna Moldakhmetova** – Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Food Safety and Biotechnology Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly, Kostanay, Kazakhstan; e-mail: Zamzagul-2632@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0312-0169>.

*Поступила в редакцию 15.09.2025*

*Поступила после доработки 18.10.2025*

*Принята к публикации 20.10.2025*