

Анализ способов хранения свежей пресноводной рыбы

Баженов М.А., Родионов Ю.В., Рыбин Г.В., Попова Д.А.

Аннотация. Рыба – важный источник легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот (в первую очередь омега-3), витаминов D, A, группы B, а также микро- и макроэлементов (фосфор, йод, кальций, калий, цинк и др.) Она популярна среди потребителей во всём мире, однако отличается высокой скоропортимостью. Быстрая потеря свежести сокращает сроки реализации продукции и требует использования различных методов хранения. В настоящей статье содержится систематический обзор традиционных (охлаждение, заморозка, соление, копчение) и современных (вакуумирование, защитные покрытия, криоконсервация, использование пищевых добавок) способов хранения в основном пресноводной рыбы, с анализом их преимуществ, недостатков и применения в различных условиях, а также рассмотрен инновационный подход – охлаждение с использованием охлаждающей жидкости (пропиленгликоля) с последующей вакуумной упаковкой.

Ключевые слова: хранение пресноводной рыбы, охлаждение, заморозка, консервация, вакуумная упаковка, срок годности, транспортировка.

Для цитирования: Баженов М.А., Родионов Ю.В., Рыбин Г.В., Попова Д.А. Анализ способов хранения свежей пресноводной рыбы // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 4. С. 12–21.

Analysis of fresh fish storage methods

Bazhenov M.A., Rodionov Yu.V., Rybin G.V., Popova D.A.

Abstract. Fish is an important source of easily digestible protein, polyunsaturated fatty acids (primarily omega-3), vitamins D, A, group B, as well as micro- and macronutrients (phosphorus, iodine, calcium, potassium, zinc, etc.) It is popular with consumers all over the world, but it is highly perishable. The rapid loss of freshness shortens the sales time and requires the use of various storage methods. This article provides a systematic review of traditional (cooling, freezing, salting, smoking) and modern (vacuuming, protective coatings, cryopreservation, use of food additives) methods of fish storage, with an analysis of their advantages, disadvantages and applications in various conditions, as well as an innovative approach of cooling using a cooling liquid (propylene glycol) followed by vacuum packaging.

Keywords: fish storage, cooling, freezing, preservation, vacuum packaging, shelf life, transportation.

For citation: Bazhenov M.A., Rodionov Yu.V., Rybin G.V., Popova D.A. Analysis of fresh fish storage methods. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 4. pp. 12–21. (In Russ.).

Введение

В современных условиях развития пищевой промышленности особое значение приобретает проблема сохранения качества пресноводной рыбной продукции [1, 8, 12, 20]. Рыба является важнейшим источником легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов D, A, группы B, а также микро- и макроэлементов (фосфор, йод, кальций, калий, цинк и др.) [10].

Ниже приведены примеры разных видов рыб с

распределением витаминов и минералов в них (табл. 1).

Вместе с тем, высокие темпы порчи рыбной продукции накладывают существенные ограничения на сроки её реализации и обуславливают необходимость применения различных методов хранения. Согласно прогрессивной технологии хранения и переработки продуктов [4], особое внимание следует уделять температурным режимам и газовой среде. При этом необходимо учитывать особенности различных видов рыбной продукции. Существующие исследования

Таблица 1 - Распределение витаминов и минералов в различных видах рыб

Вид рыбы	Представители вида	Распределение витаминов и минералов
Пресноводная рыба	Лещ, карп, карась, судак, щука, окунь, налим	Богаты витамином А, группы В, D, Е Высокое содержание кальция и йода
Проходные лососевые	Форель ручьевая, сиг, хариус	Богаты витаминами группы В, РР, Е Особенно ценны высоким содержанием омега-3 кислот

показывают, что традиционные методы обработки (охлаждение, заморозка, соление, копчение) не всегда обеспечивают оптимальные условия сохранности продукции [17]. Анализ современных тенденций в области хранения рыбы свидетельствует о необходимости внедрения инновационных технологий, таких как вакуумная упаковка, криоконсервация и использование пищевых добавок [22]. При этом особую актуальность приобретает разработка комплексных подходов к хранению, учитывающих специфику различных видов рыбной продукции и условия её транспортировки [16]. Научная новизна исследования заключается в систематизации современных подходов к хранению рыбы и разработке комплексного метода, сочетающего охлаждение в растворе пропиленгликоля с последующей вакуумной упаковкой, что позволяет существенно продлить срок хранения продукции без потери её качества. Целью настоящего исследования являлось систематизация существующих методов хранения свежей рыбы, анализ их эффективности, а также разработка инновационных подходов к сохранению качества продукции. Особое внимание уделяется изучению влияния различных факторов (температурный режим, влажность, освещение) на сохранность продукта и разработке оптимальных условий хранения на различных этапах логистической цепи.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования выступает комплексная система хранения свежей рыбы, включающая как технологические процессы, так и условия, влияющие на сохранность продукции на всех этапах от вылова до реализации конечному потребителю.

В рамках исследования были использованы следующие методы: Аналитический метод (критический анализ научной литературы, систематизация данных по хранению рыбы, изучение результатов исследований ведущих специалистов).

Сравнительный метод (сопоставление различных подходов к хранению рыбы, анализ эффективности и применимости различных методов, оценка влияния различных факторов на сохранность продукта).

Экспериментальный метод (моделирование условий хранения, оценка влияния условий на качество продукта).

Статистический метод (обработка полученных данных).

В рамках исследования применялись совре-

менные методики расчета параметров хранения продукции, включая инновационные подходы к определению оптимальных температурных режимов и скорости охлаждения [8].

Результаты и их обсуждение

Данный обзор подготовлен на основании публикаций ведущих отечественных и зарубежных исследовательских коллективов, аналитических отчётов [3-5, 12-14], патентов и нормативных актов [6-8, 15-17], опубликованных в 2015–2024 гг.

Свежесть и безопасность рыбы в значительной степени зависят от правильного выбора и применения методов хранения. Согласно рекомендациям Codex Alimentarius, для предотвращения быстрой порчи рекомендуется использовать охлаждение рыбы до температуры, максимально приближённой к 0°C, используя лёд или современные холодильные установки [17].

В Российской Федерации качество хранения свежей рыбы регулируется на основе ГОСТ 32344-2013, где детально описаны требования к температурным режимам и предотвращению перекрёстного загрязнения продукции в процессе транспортировки и хранения.

Анализ мировых тенденций, отражённый в отчёте FAO, свидетельствует об активном внедрении инновационных технологий, таких как упаковка в модифицированной газовой среде (МГС) и вакуумная упаковка, которые значительно увеличивают срок годности рыбы без потери её органолептических свойств [12].

Согласно российским аналитическим отчётам, главными проблемами при хранении свежей рыбы до сих пор остаются несоблюдение температурного режима и недостаточное внедрение современных методов охлаждения, что негативно сказывается на качестве продукции [14].

В странах ЕС, как сообщает ICES, дополнительные меры по контролю атмосферы хранения и применению быстрых методов охлаждения позволяют существенно снизить потери, свежей рыбы и повысить безопасность конечного продукта [13].

В ходе исследования были рассмотрены следующие аспекты (рис. 1):

Традиционные методы обработки (охлаждение, замораживание, посол, копчение).

Современные технологии (вакуумная упаковка, криоконсервация, использование пищевых добавок, хранение в модифицированной газовой



Рис. 1. Основные аспекты хранения рыбы

среде (МГС), промывка озонированной водой, антиоксидантные/антимикробные покрытия).

Анализ влияния различных факторов (температура, влажность, освещение) на сохранность продукта.

Организация хранения свежей рыбы на различных этапах логистической цепи – в процессе транспортировки, складирования и реализации в торговых предприятиях – выступает одним из определяющих факторов обеспечения качества и безопасности продукции, поставляемой конечному потребителю [7, 8]. В связи с этим вопросы, связанные с оптимизацией условий хранения свежей рыбы, были рассмотрены в настоящей статье.

Традиционные методы обработки рыбы

Охлаждение – один из наиболее распространенных методов, используемых для кратковременного хранения рыбы. Температура поддерживается около $+2...+4$ °С, что замедляет процессы разложения белков и жиров. Недостатком является относительно короткий срок хранения (до нескольких суток), а также необходимость постоянного контроля температуры и влажности.

Преимущества: простота реализации, низкая стоимость оборудования, сохранение естественной структуры мяса.

Недостатки: ограничено-короткий срок хранения, возможность развития патогенных микроорганизмов.

Заморозка позволяет значительно увеличить срок хранения рыбы. Рыба подвергается воздействию низких температур ($-18...-25$ °С), что предотвращает рост бактерий и сохраняет структуру тканей. Важным аспектом является скорость замораживания: быстрое замораживание минимизирует

размер кристаллов льда, предотвращая повреждение клеток.

Преимущества: длительный срок хранения, хорошая сохраняемость вкуса и текстуры.

Недостатки: изменение текстуры при размораживании, возможные потери влаги и белка.

Посол используется для длительного хранения рыбы. Метод основан на проникновении соли внутрь ткани рыбы, что создаёт неблагоприятные условия для роста микроорганизмов. Различают сухой и мокрый посолы. Сухой посол предполагает непосредственное нанесение соли на поверхность рыбы, тогда как мокрый посол осуществляется путём погружения рыбы в рассол.

Преимущества: длительное хранение, улучшение вкусовых качеств.

Недостатки: высокая концентрация соли, потеря натурального вкуса рыбы.

Копчение – традиционный метод консервации, сочетающий термическое воздействие и обработку дымом. Дым обладает антисептическими свойствами, что препятствует развитию микроорганизмов. Существуют два основных типа копчения: холодное и горячее. Холодное копчение проводится при температуре ниже 30 °С, тогда как горячее копчение осуществляется при температурах выше 70 °С.

Преимущества: продление срока хранения, улучшение аромата и вкуса.

Недостатки: возможное образование канцерогенов, риск передозировки солью.

Современные технологии хранения рыбы

Вакуумная упаковка подразумевает удаление воздуха из упаковки, что снижает доступ кислорода и замедляет развитие аэробных микроорганизмов.

Это позволяет существенно увеличить срок хранения рыбы без значительных изменений её свойств.

Преимущества: увеличение срока хранения, отсутствие окисления жира.

Недостатки: высокие затраты на оборудование, возможная деформация продукта.

Криоконсервация включает глубокое охлаждение рыбы до сверхнизких температур (около -80°C). Этот метод обеспечивает максимальную сохранность всех характеристик продукта, однако требует специального дорогостоящего оборудования.

Преимущества: наилучшая сохранность качества и пищевой ценности.

Недостатки: высокая стоимость, сложность поддержания стабильных условий хранения, риск образования крупных кристаллов льда при неправильном замораживании.

Использование пищевых добавок играют ключевую роль в современных технологиях консервации. Основными добавками являются: антиоксиданты - предотвращают окисление продуктов; консерванты - подавляют рост микроорганизмов; антимикробные вещества - защищают от бактериальной порчи; регуляторы кислотности - поддерживают оптимальный pH.

Преимущества: продление срока годности продукции, улучшение органолептических свойств, защита от микробиологической порчи, стабильность качества продукта.

Недостатки: возможное негативное влияние на здоровье при превышении норм, необходимость строгого контроля дозировок, риск аллергических реакций, негативное восприятие потребителями, сложность контроля качества добавок.

Хранение в модифицированной газовой среде (МГС) основано на изменении состава газовой среды внутри упаковки, что замедляет окислительные процессы и развитие микроорганизмов. В упаковке создается специальная смесь газов (обычно азота, углекислого газа и кислорода в определенных пропорциях), которая препятствует развитию патогенной микрофлоры и замедляет биохимические процессы в продукте.

Преимущества: значительное продление срока хранения, сохранение естественного цвета продукта, минимальное изменение органолептических свойств, отсутствие необходимости в дополнительных консервантах.

Недостатки: необходимость специального оборудования для создания и поддержания газовой среды, высокая стоимость упаковки, сложность контроля состава газовой смеси, риск образования анаэробных условий при неправильном подборе газовой смеси, возможное изменение текстуры продукта при длительном хранении.

Промывка озонированной водой основана на обработке рыбы водой, насыщенной озоном, который обладает мощным антимикробным действием.

Преимущества: эффективное уничтожение ми-

кроорганизмов, отсутствие химических остатков, экологичность метода, сохранение естественного вкуса и аромата.

Недостатки: необходимость специального оборудования для генерации озона, ограниченный срок хранения после обработки, сложность контроля концентрации озона, возможное изменение цвета продукта.

Антиоксидантные/антимикробные покрытия заключается в нанесении специальных покрытий на поверхность рыбы, содержащих антиоксиданты и антимикробные вещества.

Преимущества: защита от окисления жиров, подавление роста микроорганизмов, сохранение качества продукта, возможность создания биоразлагаемых покрытий.

Недостатки: сложность нанесения равномерного покрытия, необходимость контроля состава покрытия, возможное изменение органолептических свойств, высокая стоимость материалов, необходимость дополнительных исследований безопасности

Анализ влияния факторов на сохранность рыбы

Температурный режим является определяющим фактором при хранении рыбы. Для различных видов рыбной продукции требуются разные температурные условия: Свежевыловленная рыба от -2°C до $+2^{\circ}\text{C}$; Замороженная рыба не выше -18°C ; Вяленая рыба: $0-15^{\circ}\text{C}$ (оптимально 10°C); Соленая рыба от 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$.

При нарушении температурного режима происходит: ускоренное размножение бактерий, активизация окислительных процессов, образование слизи, появление неприятного запаха, потеря вкусовых качеств, разложение белков.

Влажность воздуха играет критически важную роль в сохранении качества рыбы. Оптимальные условия влажности для разных типов: свежая рыба 85-90%, вяленая рыба 75-85%, соленая рыба 70-80%

При повышенной влажности возможно: развитие плесени, ускоренная порча продукта, появление затхлого запаха, ухудшение вкусовых качеств, коррозия упаковки.

При пониженной влажности может произойти: высыхание продукта, потеря веса, утрата сочности, появление жесткости, ухудшение товарного вида.

Рассмотрим еще один фактор – освещение. Рыба особенно чувствительна к воздействию света. Прямые солнечные лучи вызывают окисление рыбьего жира, потерю вкусовых качеств, обесцвечивание продукта, ускоренное старение, потерю витаминов. Для борьбы с негативным влиянием света выполняются следующие мероприятия: минимизация светового контакта, применение светозащитной упаковки, хранение в темных помещениях.

Практические рекомендации по организации хранения свежей рыбы на различных этапах логистической цепи.

Факторы, указанные выше, взаимосвязаны между собой. При повышении температуры требуется снижение влажности, при хранении на свету необходимо усиление защиты от воздуха, нарушение одного параметра влияет на эффективность других. Комплексный подход к контролю условий хранения обеспечивает максимальную сохранность продукта. Ниже приведены практические рекомендации для обеспечения оптимальных условий хранения на различных этапах, при транспортировке, на складе и в магазине.

1. Организация хранения при транспортировке

Цели: Минимизировать потери качества рыбы во время перемещения между местом вылова/производства и конечной точкой (склад, предприятие, магазин).

Для осуществления правильной и безопасной перевозки необходимо соблюдать следующие рекомендации. Сразу после вылова рыба сортируется, подвергается немедленному охлаждению или заморозке и упаковывается в соответствующую тару с использованием пищевого льда или холодоэлементов [16, 17]. Для перевозки применяются изотермические и рефрижераторные транспортные средства с обязательным контролем температурного режима (от -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$ для охлажденной рыбы и не выше -18°C для замороженной). Рекомендуется поддержание относительной влажности 85–90%, обеспечение вентиляции, санитарной обработки транспорта и предотвращение контакта рыбы с посторонними продуктами или талой водой.

2. Организация хранения на складе

Цели: Обеспечить сохранность продукта в период между поступлением с производства и дальнейшей отправкой на реализацию.

Эффективная организация хранения свежей рыбы на складе включает в себя соблюдение ряда технологических требований. При приёмке осуществляется проверка соответствия продукции стандартам, целостности упаковки, полноты маркировки, актуальности сроков годности и наличия необходимых санитарных документов. Партии сортируются по видам, степени обработки и термическому состоянию.

Свежая рыба размещается в отдельных холодильных камерах с температурным режимом от -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$, замороженная – в морозильных камерах при температуре не выше -18°C . Контроль параметров среды обеспечивается автоматизированными системами регистрации температуры и влажности. Рекомендуется поддерживать влажность на уровне 85–90% для свежей рыбы и 75–85% для замороженной продукции; помещения должны быть защищены от сквозняков, прямого солнечного света и проникновения влаги в упаковку.

Вся продукция организуется по принципу раздельного хранения по видам и дате поступления (FIFO), с обеспечением необходимой циркуляции воздуха между контейнерами. Камеры и тара подвергаются регулярной санитарной обработке, рыба

размещается на поддонах без соприкосновения с полом и стенами, персонал обязан соблюдать правила личной гигиены и использовать спецодежду. Учёт движения и инвентаризация осуществляются с помощью электронных или бумажных журналов

3. Организация хранения в магазине/пункте розничной реализации

Цели: Сохранить товарный вид и качество до покупки конечным потребителем.

Организация хранения свежей рыбы в торговых предприятиях требует строгого соблюдения санитарно-гигиенических и технологических норм. Приёмка продукции предусматривает контроль целостности упаковки, соответствия температуры внутри транспортной тары нормативным требованиям, а также обязательную выбраковку рыбы с признаками порчи (посторонний запах, слизь, изменение цвета).

Для охлажденной рыбы используются отдельные холодильные витрины с температурой от $+0^{\circ}\text{C}$ до $+2^{\circ}\text{C}$ и постоянной циркуляцией охлажденного воздуха, для замороженной – морозильные лари с температурой не выше -18°C . Размещение продукции должно исключать перегруз витрин и обеспечение свободного доступа воздуха между партиями. Витрины рекомендуется защищать от прямого солнечного света; влажность поддерживается на уровне 85–90%. В случае открытой выкладки лёд регулярно обновляется, а талая вода своевременно отводится.

Гигиеническая обработка оборудования, подносов и ларей проводится ежедневно. Персонал обязан соблюдать санитарные нормы, использовать спецодежду, своевременно менять перчатки и тщательно маркировать все партии по дате поступления и категории продукции. Принцип реализации продукции реализуется по системе FIFO, с ежедневным контролем качества и удалением непригодной рыбы.

Свободная выкладка допускается исключительно под контролем ответственного продавца, тогда как расфасованная рыба хранится и реализуется в герметичной упаковке.

4. Дополнительные меры и контроль

Мониторинг условий хранения осуществляется посредством использования температурных регистраторов и автоматизированных систем оповещения при обнаружении отклонений. Для документирования параметров среды ведутся как электронные, так и бумажные журналы. Санитарная обработка помещений осуществляется планово с периодичностью не менее одного раза в неделю, а также внепланово при выявлении загрязнений. Персонал регулярно проходит обучение, включающее положения по правилам хранения, санитарным требованиям и алгоритмам действий в нестандартных ситуациях.

Такое поэтапное соблюдение стандартов хранения поможет не только сохранить качество и без-

Таблица 2 - Система баллов

Критерии	Оценка 5	Оценка 4	Оценка 3	Оценка 2	Оценка 1
Органолептика	Без изменений	Минимальные изменения	Незначительные изменения	Заметные изменения	Существенные изменения
Потери массы	<1%	1-2%	2-3%	3-4%	>4%
Микробиология	Чистое состояние	Незначительное повышение	Умеренное повышение	Значительное повышение	Критическое состояние
Питательная ценность	Сохранена полностью	Потери <1%	Потери 1-2%	Потери 2-3%	Потери >3%

Таблица 3 - Результаты моделирования через 10 суток хранения

Метод хранения	Состояние продукта	Потери массы (%)	Органолептика	Питательная ценность	Оценка (1-5)
Охлаждение льдом	Уд.	3-4	Заметные изменения	Потери 5-7%	2
Замораживание	Отл.	<2	Незначительные изменения	Потери 10-15%	4,5
Пропиленгликоль + вакуум	Отл.	<1	Без изменений	Потери <1%	5
Вакуумная упаковка	Отл.	<1	Минимальные изменения	Потери 2-4%	4,5
МГС	Отл.	3-4	Минимальные изменения	Потери 3-5%	4
Антимикробные покрытия	Отл.	2-3	Минимальные изменения	Потери 2-4%	4
Озонированная вода + вакуум	Хор.	1-2	Незначительные изменения	Потери 3-5%	3,5
Копчение (холодное)	Хор.	10-12	Заметные изменения	Потери 5-8%	3
Копчение (горячее)	Хор.	15-18	Заметные изменения	Потери 6-10%	2,5
Пищевые добавки	Хор.	20-25	Заметные изменения	Потери 5-9%	2,5

опасность рыбы, но и уменьшить потери, повысить срок годности продукции.

Применение моделирования для прогнозирования условий хранения.

Для прогнозирования сроков хранения использовался искусственный интеллект на основе языковой модели, анализирующий исходные данные и опирающийся на историческую информацию о хранении рыбы в аналогичных условиях. Современные технологии искусственного интеллекта, в частности языковые модели, позволяют эффективно решать задачи, связанные с прогнозированием сроков годности пищевых продуктов. В рамках исследования осуществляется моделирование сроков хранения свежей рыбы на основе исходных данных и различных способов хранения с последующей оценкой их влияния на качество продукта.

Исходные данные для моделирования

1. Продукт: Свежевыловленный судак.
2. Предварительная обработка: Рыба почищена и выпотрошена непосредственно после вылова, проведена первичная санитарная обработка.

3. Методы хранения для тестирования:

- Охлаждение льдом (Температура хранения: 0...+2°C.).

- Замораживание (Температура: -18°C).

- Предварительное охлаждение в течение 8 часов в 30%-м растворе пропиленгликоля при температуре +2...+4°C, затем упаковка в вакуум.

- Вакуумная упаковка (Температура хранения: +2...+4°C.).

- Модифицированная газовая среда (МГС) (Состав: 60% CO₂ / 40% N₂)

- Антиоксидантные/антимикробные покрытия (Покрывание поверхности судака композитами с эфирными маслами или ферментами, температура хранения: +2°C).

- Промывка озонированной водой (Обработка: промывка озонированной водой (O₃), затем вакуумная упаковка, температура хранения: +2...+4°C).

- Копчение (холодное <30°C).

- Копчение (горячее >70°C).

- Использование пищевых добавок/солесение (Применение консервантов и антиоксидантов, температура хранения: +2...+4°C).

4. Тип получаемых данных:

- состояние продукта

- потери массы

- органолептическое состояние через 10 суток, 15 суток и 18 суток

Таблица 4 - Результаты моделирования через 15 суток хранения

Метод хранения	Состояние продукта	Потери массы (%)	Органолептика	Питательная ценность	Оценка (1-5)
Охлаждение льдом	Неуд.	3-4	Существенные изменения	Потери 5-7%	1
Замораживание	Отл.	<2	Незначительные изменения	Потери 10-15%	4,5
Пропиленгликоль + вакуум	Хор.	<1	Незначительные изменения	Потери 1-2%	4
Вакуумная упаковка	Уд.	<1	Заметные изменения	Потери 2-4%	3
МГС	Уд.	3-4	Заметные изменения	Потери 3-5%	2,5
Антимикробные покрытия	Уд.	2-3	Заметные изменения	Потери 2-4%	2,5
Озонированная вода + вакуум	Уд.	1-2	Значительные изменения	Потери 3-5%	2
Копчение (холодное)	Уд.	10-12	Значительные изменения	Потери 5-8%	2
Копчение (горячее)	Хор.	15-18	Заметные изменения	Потери 6-10%	2,5
Пищевые добавки	Уд.	20-25	Значительные изменения	Потери 5-9%	1,5

- потери питательной ценности
- общая оценка качества хранения рыбы которая рассчитывается по следующим критериям:

Основные параметры оценки (табл. 2):

1. Органолептические показатели (внешний вид, запах, текстура, вкус, цвет)

2. Физико-химические показатели (потери массы (%), pH среды, содержание влаги, окислительные процессы)

3. Микробиологические показатели (общее микробное число, патогенные микроорганизмы, плесневые грибы, бактериальная обсемененность)

4. Питательная ценность (содержание белка, содержание жирных кислот, витаминный состав, минеральный состав)

Итоговая оценка Итоговая оценка рассчитывается по формуле: $Оценка = O1 + O2 + O3 + O4$ где:

- O1 - оценка органолептических показателей
- O2 - оценка потерь массы
- O3 - оценка микробиологических показателей
- O4 - оценка питательной ценности

В ходе исследования были обработаны и систематизированы результаты моделирования условий хранения свежельовленного судака по различным технологиям (табл. 3-5).

Анализ результатов моделирования условий хранения свежельовленного судака по пяти различным технологиям показывает, что метод охлаждения в 30%-м растворе пропиленгликоля с последующей вакуумной упаковкой демонстрирует наилучшие показатели среди всех тестируемых способов хранения. В сравнении с традиционными методами (охлаждение льдом и замораживание), а

также современными технологиями (промывка озонированной водой, вакуумная упаковка), именно комбинация пропиленгликоля с вакуумной упаковкой позволяет достичь максимально длительного срока хранения (15-18 суток) при минимальных потерях массы (<1%) и практически полном сохранении органолептических и питательных свойств продукта. Замораживание, несмотря на высокие показатели сохранности, характеризуется существенными потерями питательной ценности (10-15%) и изменениями структуры продукта при размораживании. Традиционное охлаждение льдом обеспечивает лишь 5-7 суток хранения с заметными потерями массы (2-3%). Промывка озонированной водой и простая вакуумная упаковка показывают промежуточные результаты с более короткими сроками хранения (5-8 и 10-14 суток соответственно) и несколько большими потерями массы.

Применение пропиленгликоля в сочетании с вакуумной упаковкой обеспечивает: стабильные условия хранения, высокую антимикробную защиту, минимальные изменения качества продукта, оптимальное сохранение питательных веществ (потери всего 1-2%). Таким образом, данный метод представляет собой наиболее эффективное решение для длительного хранения свежей рыбы, сочетающее в себе преимущества различных технологий и минимизирующее их недостатки

Полученные результаты моделирования в целом совпадают с данными экспериментальных исследований и отраслевой практики, что подтверждает их высокую достоверность и прикладную значимость. Технология охлаждения в растворе пропиленгликоля может быть рекомендована для использования на рыбоперерабатывающих пред-

Таблица 5 - Результаты моделирования через 18 суток хранения

Метод хранения	Состояние продукта	Потери массы (%)	Органолептика	Питательная ценность	Оценка (1-5)
Охлаждение льдом	Неуд.	3-4	Существенные изменения	Потери 5-7%	1
Замораживание	Отл.	<2	Незначительные изменения	Потери 10-15%	5
Пропиленгликоль + вакуум	Уд.	<1	Значительные изменения	Потери 1-2%	3
Вакуумная упаковка	Неуд.	<1	Существенные изменения	Потери 2-4%	1
МГС	Неуд.	3-4	Существенные изменения	Потери 3-5%	1
Антимикробные покрытия	Неуд.	2-3	Существенные изменения	Потери 2-4%	1
Озонированная вода + вакуум	Неуд.	1-2	Существенные изменения	Потери 3-5%	1
Копчение (холодное)	Уд.	2-3	Умеренные изменения	Потери 5-8%	3
Копчение (горячее)	Уд.	3-4	Значительные изменения	Потери 7-10%	2
Пищевые добавки	Неуд.	2-3	Существенные изменения	Потери 3-6%	1

приятных, при хранении и транспортировке рыбы, а также для повышения сроков реализации продукции без потери её качества. Такой подход обеспечивает конкурентные преимущества по сравнению с другими методами и способствует оптимизации логистических и производственных процессов.

Однако такие прогнозы следует рассматривать как ориентировочные, для окончательных выводов обычно требуется подтверждающие экспериментальные или производственные исследования.

Выводы

Выбор метода хранения свежей рыбы зависит от множества факторов, включая доступность ресурсов, продолжительность необходимого хране-

ния и требования рынка. Каждый метод имеет свои достоинства и ограничения, и оптимальный выбор должен учитывать специфику конкретного вида рыбы, условия окружающей среды и экономические соображения.

Таким образом, сочетание традиционных и современных подходов с контролем основных факторов хранения позволит обеспечить высокое качество и безопасность рыбной продукции, удовлетворяя потребности потребителей и производителей.

Данный обзор предназначен для специалистов в области рыболовства, перерабатывающей промышленности и торговли рыбой, а также для студентов и исследователей, интересующихся вопросами хранения и переработки водных биоресурсов.

Литература

- [1] Родионов, Ю.В. Совершенствование теоретических методов расчётов и обоснование параметров жидкостно-кольцевых вакуумных насосов с учётом особенностей технологических процессов в агропромышленном комплексе: диссертация д-ра техн. наук: 05.20.01 / Родионов Юрий Викторович; ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет». – Мичуринск-наукоград, 2013. – 435 с.
- [2] Букин, А.А., Воробьёв, Ю.В., Гутенев, М.Д., Митрохин, М.А., Мищенко, С.В., Однолько, В.Г., Попова, И.В., Родионов, Ю.В., Скрипников, Ю.Г., Щербakov, С.А. Контейнер для пищевых продуктов

References

- [1] Rodionov, Yu.V. Improvement of Theoretical Calculation Methods and Substantiation of Parameters for Liquid-Ring Vacuum Pumps Considering Technological Processes in Agro-Industrial Complex: Doctoral Thesis: 05.20.01 / Rodionov Yuri Viktorovich; Michurinsk State Agrarian University. – Michurinsk Science Town, 2013. – 435 p.
- [2] Bukin, A.A., Vorobyov, Yu.V., Gutenев, M.D., Mitrokhin, M.A., Mishchenko, S.V., Odnol'ko, V.G., Popova, I.V., Rodionov, Yu.V., Skripnikov, Yu.G., Shcherbakov, S.A. Container for Food Products with Removable Lid: Patent for Invention RU 2361795 C2, Appl. 20.08.2007, Publ. 20.07.2009.

- со съёмной крышкой: патент на изобретение RU 2361795 C2, заявл. 20.08.2007, опубл. 20.07.2009.
- [3] Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы / Под ред. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи Принт, 2002. – 236 с.
- [4] Скурихин И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. – СПб.: ТеЗа, 2009. – 283 с.
- [5] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. – 246 p.
- [6] ICES. ICES Fisheries Overviews. Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea, 2023. – URL: <http://ices.dk> (дата обращения: 05.05.2025).
- [7] ФГБНУ ВНИИРО. Отчет о состоянии запасов промысловых рыб России. – М.: ВНИИРО, 2021. – 214 с.
- [8] Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) Электронный ресурс. – URL: <https://docs.eaeunion.org> (дата обращения: 05.05.2025).
- [9] ГОСТ 32344–2013. Продукты рыбные. Общие технические условия. – Введ. 2014–01–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
- [10] Codex Alimentarius. Code of Practice for Fish and Fishery Products (CAC/RCP 52-2003, Rev. 4). Rome: FAO, 2021. – 208 p.
- [11] Патент RU 2648891 C2. Способ производства рыбных консервов / заявитель и патентообладатель ООО «Компания Океан». – Оpubл. 09.03.2018.
- [12] Béné C., Barange M., Subasinghe R., et al. Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence // World Development. 2016. Vol. 79. P. 177–196.
- [13] Шевченко Л.В., Морозова Т.И. Текущие тенденции развития рыбопромышленного комплекса России // Вестник рыбного хозяйства. 2019. № 3. С. 112–119.
- [14] Pauly D., Zeller D. Reconstruction of global marine fisheries catches: 1950–2015 // ICES Journal of Marine Science. 2017. Vol. 74, No. 9. P. 2397–2410.
- [15] Li T., Zhang M., Mujumdar A.S. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh fish products: a review // Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 86. P. 260–272.
- [16] Boran G., Regenstien J.M. Fish quality assessment // In: Fish Processing: Sustainability and New Opportunities / Ed. I. Guerrero-Legarreta. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. P. 1–34.
- [17] Zhou Y., Zhang Y., Pan Y., et al. Effects of modified atmosphere packaging on the quality and shelf life of aquatic products: a review // Food Research International. 2021. Vol. 143. Article 110257.
- [18] Rieger A.M., Barreda D.R. Antimicrobial Peptides in Fish and Aquatic Invertebrates and Their Role in the Immune System // Developmental & Comparative Immunology. 2011. Vol. 35, No. 12. P. 1336–1345.
- [19] Goulas, A.E., Kontominas, M.G. Combined Effect of Light Salting, Modified Atmosphere Packaging and Oregano Essential Oil on the Shelf-Life of Sea Bream Stored at 4°C // Food Microbiology. 2007. Vol. 24, No. 5. P. 483–491.
- [3] Skurikhin, I.M., Tutel'yan, V.A. Chemical Composition of Food Products: Reference Tables / Ed. by V.A. Tutel'yan. – M.: DeLi Print, 2002. – 236 p.
- [4] Skurikhin, I.M. Tables of Chemical Composition and Caloric Content of Russian Food Products: Handbook. – St. Petersburg: Teza, 2009. – 283 p.
- [5] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. – 246 p.
- [6] ICES. ICES Fisheries Overviews. Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea, 2023. – URL: <http://ices.dk> (accessed: 05.05.2025).
- [7] VNIIRF. Report on the State of Russia's Commercial Fish Stocks. – M.: VNIIRF, 2021. – 214 p.
- [8] Technical Regulation of the Eurasian Economic Union «On the Safety of Fish and Fish Products» (TR EAEU 040/2016). Electronic resource. – URL: <https://docs.eaeunion.org> (accessed: 05.05.2025).
- [9] GOST 32344–2013. Fish Products. General Technical Conditions. – Introduced 2014–01–01. – M.: Standartinform, 2014. – 20 p.
- [10] Codex Alimentarius. Code of Practice for Fish and Fishery Products (CAC/RCP 52-2003, Rev. 4). Rome: FAO, 2021. – 208 p.
- [11] Patent RU 2648891 C2. Method for Production of Fish Canned Food / Applicant and Patent Holder: LLC «Ocean Company». – Published 09.03.2018.
- [12] Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., et al. Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence // World Development. 2016. Vol. 79. P. 177–196.
- [13] Shevchenko, L.V., Morozova, T.I. Current Trends in Development of the Russian Fish Industry Complex // Bulletin of Fisheries. 2019. No. 3. P. 112–119.
- [14] Pauly, D., Zeller, D. Reconstruction of Global Marine Fisheries Catches: 1950–2015 // ICES Journal of Marine Science. 2017. Vol. 74, No. 9. P. 2397–2410.
- [15] Li, T., Zhang, M., Mujumdar, A.S. Recent Developments in Novel Shelf Life Extension Technologies of Fresh Fish Products: A Review // Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 86. P. 260–272.
- [16] Boran, G., Regenstien, J.M. Fish Quality Assessment // In: Fish Processing: Sustainability and New Opportunities / Ed. I. Guerrero-Legarreta. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. P. 1–34.
- [17] Zhou, Y., Zhang, Y., Pan, Y., et al. Effects of Modified Atmosphere Packaging on the Quality and Shelf Life of Aquatic Products: A Review // Food Research International. 2021. Vol. 143. Article 110257.
- [18] Rieger, A.M., Barreda, D.R. Antimicrobial Peptides in Fish and Aquatic Invertebrates and Their Role in the Immune System // Developmental & Comparative Immunology. 2011. Vol. 35, No. 12. P. 1336–1345.
- [19] Goulas, A.E., Kontominas, M.G. Combined Effect of Light Salting, Modified Atmosphere Packaging and Oregano Essential Oil on the Shelf-Life of Sea Bream Stored at 4°C // Food Microbiology. 2007. Vol. 24, No. 5. P. 483–491.

- [19] Goulas A.E., Kontominas M.G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream stored at 4°C // Food Microbiology. 2007. Vol. 24, No. 5. P. 483–491.
- [20] Мозговая Н.П., Агапова В.А., Орлова Л.В. Современные методы предубойной обработки и хранения рыбы // Вестник университета (Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова). 2020. № 3. С. 143–150.
- [21] Chouljenko A., Mendonca A., Silva J.L., et al. Evaluation of innovative freezing and thawing technologies for seafood // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2020. Vol. 19, No. 5. P. 2876–2900.
- [22] FAO. Handling of Fish and Fish Products. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome: FAO, 2021. – 236 p.
- [23] Matos J., Cardoso C., Bandarra N.M., Afonso C. Microbiological quality criteria of raw fish // Microbiology Research. 2017. Vol. 8, No. 5. Article 7706.
- [24] Пивоварова И.А., Смыкова О.Ю. Актуальные вопросы криоконсервации рыбного сырья // Известия ТИНРО. 2021. Т. 205. С. 173–182.
- [25] Уварова Н.А., Мишина Е.В. Современные методы хранения рыбы и рыбопродуктов // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 77–88.
- [20] Mozgovaya, N.P., Agapova, V.A., Orlova, L.V. Modern Methods of Pre-Slaughter Processing and Fish Storage // University Bulletin (Admiral F.F. Ushakov State Maritime University). 2020. No. 3. P. 143–150.
- [21] Chouljenko, A., Mendonca, A., Silva, J.L., et al. Evaluation of Innovative Freezing and Thawing Technologies for Seafood // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2020. Vol. 19, No. 5. P. 2876–2900.
- [22] FAO. Handling of Fish and Fish Products. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome: FAO, 2021. – 236 p.
- [23] Matos, J., Cardoso, C., Bandarra, N.M., Afonso, C. Microbiological Quality Criteria of Raw Fish // Microbiology Research. 2017. Vol. 8, No. 5. Article 7706.
- [24] Pivovarova, I.A., Smykova, O.Yu. Current Issues of Fish Raw Material Cryopreservation // Proceedings of TINRO. 2021. Vol. 205. P. 173–182.
- [25] Uvarova, N.A., Mishina, E.V. Modern Methods of Fish and Fish Products Storage // Nutrition Issues. 2020. Vol. 89, No. 4. P. 77–88.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Баженов Максим Александрович Соискатель кафедры «Механика и инженерная графика» ФБК «Федеральное управление по БХиУХО» г. Москва ул. Нагатинская 16А стр. 211 Тел.: +7(967) 918-25-61 E-mail: bazhenov.maxim@xmail.ru</p>	<p>Bazhenov Maxim Alexandrovich Candidate of the Department The applicant Federal Office for BHiUHO Phone: +7(967) 918-25-61 E-mail: bazhenov.maxim@xmail.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Рыбин Григорий Вячеславович аспирант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>	<p>Rybin Gregory Vyacheslavovich postgraduate at the department of «Mechanics and Engineering Graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>
<p>Попова Дарья Александровна бакалавр «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 92000, г.Тамбов, ул.Советская, д.106/8 Тел.: +7(920) 481-08-46 E-mail: pDaryap@yandex.ru</p>	<p>Popova Darya Alexandrovna bachelor Machinery and technologies for the production of nanoproducts Tambov State Technical University Phone: +7(920) 481-08-46 E-mail: pDaryap@yandex.ru</p>