

ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВА ОХЛАЖДЕННОГО МЯСА ПТИЦЫ ПРИ ХРАНЕНИИ

¹Л.Б. УМИРАЛИЕВА *, ²М.А. ДИБИРАСУЛАЕВ  ²Д.М. ДИБИРАСУЛАЕВ 
³Л.Г. СТОЯНОВА , ¹И.Д. ФИЛАТОВ , ¹М.Х. ИСКАКОВ , ¹Т. ЖОМАРТҚЫЗЫ 

(¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,
050060, г. Алматы, пр. Гагарина 238 Г

²Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности - филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, г. Москва, ул. Костякова, 12

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12)

Электронная почта автора-корреспондента: lumiraliyeva@rpf.kz*

Обеспечение длительного хранения охлажденного мяса птицы и сохранение его качественных показателей является актуальной задачей современной пищевой промышленности, требующей применения эффективных и безопасных методов консервирования. Целью настоящего исследования является оценка эффективности применения пищевых пленкообразующих составов (ППС), содержащих органические кислоты и бактериоцин низин, для сохранения качества мяса птицы в процессе холодильного хранения. В ходе экспериментов были исследованы изменения физико-химических характеристик жировой ткани, таких как кислотное и перекисное число в процессе хранения охлажденного мяса птицы. Изучено также влияние пищевых пленкообразующих покрытий, полученных на основе моноглицеридов и молочной сыворотки (МС) с добавлением молочной кислоты (МК) и бактериоцина низина на изменение значений pH, Eh и определено влияние включения в покрытие с (МС) низина на эффективность снижения бактериальной обсемененности образцов птицы. По результатам исследований установлено, что включение в растворы пищевых пленкообразующих составов органических кислот (молочной и лимонной) приводит к выраженному уменьшению показателей активной кислотности (pH) и обеспечивает значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh), ингибирующие активный рост аэробных микроорганизмов. При нанесении пищевых покрытий на поверхность мяса птицы гидролитические процессы замедляются в меньшей степени, чем окислительные и микробиологические. Наиболее эффективным в снижении этих показателей и проявлении антибактериального действия оказалось покрытие с добавлением 2%-ной молочной кислоты и низина.

Ключевые слова: мясо птицы, пищевые покрытия, холодильное хранение, органические кислоты, бактериоцин низин.

САҚТАУ КЕЗІНДЕ САЛҚЫНДАТЫЛҒАН ҚҰС ЕТІНІҢ САПАСЫН САҚТАУҒА ТАҒАМДЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ӘСЕРІ

¹Л.Б. УМИРАЛИЕВА*, ²М.А. ДИБИРАСУЛАЕВ, ²Д.М. ДИБИРАСУЛАЕВ,
³Л.Г. СТОЯНОВА, ¹И.Д. ФИЛАТОВ, ¹М.Х. ИСКАКОВ, ¹Т. ЖОМАРТҚЫЗЫ

(¹ «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС, 050060, Алматы қ., Гагарин д-лы 238Г

²В.М. Горбатов атындағы ФГО Тамақ жүйелері бүкілресейлік ғылыми-зерттеу институтының Тоңазытқыш
өнеркәсібі филиалы, 127422, Мәскеу қ., Костяков к-сі, 12

³М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, 119234, Мәскеу қ.,
Ленинские горы к-сі 1, 12-құрылыс)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: lumiraliyeva@rpf.kz*

Салқындатылған құс етін ұзақ уақыт сақтау және оның сапалық көрсеткіштерін сақтау – қазіргі заманғы тамақ өнеркәсібіндегі өзекті мәселелердің бірі болып табылады және бұл тиімді әрі қауіпсіз консервілеу әдістерін

қолдануды талап етеді. Осы зерттеудің мақсаты – органикалық қышқылдар мен бактериоцин низинді қамтитын тағамдық пленкоқұраушы құрамдарды (ТПК) қолданудың салқындатылған құс еті сапасын сақтау тиімділігін бағалау болып табылады. Эксперимент барысында құс еті май тінінің сақтау процесіндегі қышқылдық және пероксидтік көрсеткіштері сияқты физика-химиялық қасиеттерінің өзгерістері зерттелді. Сондай-ақ, моноглицеридтер мен сүт сарысуы (СС) негізінде алынған тағамдық пленкоқұраушы жабындардың құрамына сүт қышқылы (СК) мен низин бактериоцинын қосу арқылы рН, Еh көрсеткіштерінің өзгеруіне әсері және СС құрамындағы низиннің үлесі құс еті үлгілерінің бактериялық ластануын төмендету тиімділігіне әсері зерттелді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, тағамдық пленкоқұраушы құрамдарға (ТПК) сүт және лимон қышқылдарын қосу белсенді қышқылдықтың (рН) айтарлықтай төмендеуіне және аэробты микроорганизмдердің белсенді өсуін тежейтін тотығу-тотықсыздану потенциалының (Еh) қажетті мәндерін қамтамасыз етеді. Құс еті бетіне тағамдық жабындар қолданылған кезде гидролитикалық процестер баяулағанымен, тотығу және микробиологиялық процестердің баяулауы айқынырақ байқалды. Бұл көрсеткіштерді төмендетуде және антибактериалды әсер көрсету бойынша ең тиімдісі 2% сүт қышқылы мен низин қосылған жабын болып табылады.

Негізгі сөздер: құс еті, тағамдық жабындар, салқын қойма, органикалық қышқылдар, бактериоцин низин.

INFLUENCE OF FOOD COATINGS ON PRESERVING THE QUALITY OF CHILLED POULTRY MEAT DURING STORAGE

¹L.B. UMIRALIYEVA*, ²M.A. DIBIRASULAYEV, ²D.M. DIBIRASULAYEV,
³L.G. STOYANOVA, ¹I.D. FILATOV, ¹M.KH. ISKAKOV, ¹T. ZHOMARTKYZY

⁽¹⁾LLP «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», 050060, Almaty, 238 G Gagarin Ave.

²All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems RAS, 127422, Moscow, 12 Kostyakova Str.

³Lomonosov Moscow State University, 119234, Moscow, 12 Leninskie Gory Str., 1 bldg.)

Corresponding author's e-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz*

Ensuring long-term storage of chilled poultry meat and maintaining its quality indicators is an urgent task of the modern food industry, requiring the use of effective and safe preservation methods. The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of using food film-forming compositions (FFC) containing organic acids and bacteriocin nisin to preserve the quality of poultry meat during refrigeration storage. During the experiments, changes in the physicochemical characteristics of adipose tissue, such as acid and peroxide values, during storage of chilled poultry meat were studied. The effect of food film-forming coatings obtained on the basis of monoglycerides and whey (MS) with the addition of lactic acid (LA) and bacteriocin nisin on changes in pH, Eh values was also studied, and the effect of the inclusion of nisin in the coating (MS) on the effectiveness of reducing the bacterial contamination of poultry samples was determined. The results of the studies showed that the inclusion of organic acids (lactic and citric) in solutions of food film-forming compounds leads to a significant decrease in active acidity (pH) and provides oxidation-reduction potential (Eh) values that inhibit the active growth of aerobic microorganisms. When applying food coatings to the surface of poultry meat, hydrolytic processes slow down to a lesser extent than oxidative and microbiological processes. The coating with the addition of 2% lactic acid and nisin turned out to be the most effective in reducing these indicators and exhibiting an antibacterial effect.

Keywords: poultry meat, food coatings, refrigeration storage, organic acids, bacteriocin nisin.

Введение

В последние годы производство и потребление мяса птицы в мире стабильно растет благодаря его доступности, высоким питательным и диетическим свойствам. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), глобальное производство мяса птицы достигло 134 млн тонн к 2023 году,

увеличившись на 20% за последние 10 лет [1]. Однако одним из ключевых факторов, ограничивающих экономическую эффективность данной отрасли, является потеря качества продукта в процессе хранения вследствие микробной контаминации и окислительной порчи.

Традиционные методы хранения, такие как охлаждение и вакуумная упаковка, имеют ряд

ограничений. Охлаждение замедляет, но не предотвращает полностью рост микроорганизмов и окислительные изменения, тогда как вакуумная упаковка не всегда способна обеспечить достаточную защиту от микробного загрязнения и изменения органолептических свойств продуктов. В связи с этим возрастает интерес к разработке альтернативных методов сохранения мяса, в частности, пищевых пленкообразующих покрытий (edible films and coatings), обладающих выраженными барьерными свойствами [2,3].

Основой пищевых покрытий служат природные биополимеры, такие как белки, липиды и полисахариды. Белковые покрытия (казеин, белки молочной сыворотки, желатин и коллаген) формируют пленки с хорошими механическими свойствами и высокой адгезией к гидрофильным поверхностям продуктов. Подобного рода покрытия имеют низкую проницаемость для кислорода и углекислого газа, что эффективно замедляет окислительные процессы. Белки содержат полярные аминокислотные остатки, способствующие образованию стабильных структур за счет водородных и дисульфидных связей. Однако основной их недостаток – это высокая гидрофильность, что ограничивает применение белковых покрытий в условиях повышенной влажности [3,4]. Исследования показали, что включение в белковые пищевые покрытия антиоксидантов и антимикробных агентов значительно улучшает их функциональные свойства, снижая скорость микробного роста и окисления липидов в продуктах [5].

Липидные покрытия состоят из гидрофобных веществ, таких как воски, моноглицериды, ацелированные моноглицериды и жирные кислоты. Биохимические свойства этих соединений обусловлены наличием длинных углеводородных цепей, которые формируют плотную гидрофобную структуру покрытия, существенно ограничивая миграцию влаги. Такие покрытия эффективно замедляют высыхание и потерю влаги из продукта, однако обладают низкой адгезией к гидрофильным поверхностям и ограниченными газобарьерными свойствами. Для решения данных проблем липидные компоненты комбинируют с эмульгаторами и поверхностно-активными веществами, такими как лецитин, которые улучшают адгезию и механическую стабильность покрытия [6,7].

Полисахаридные покрытия включают такие компоненты, как целлюлоза, крахмал, хитозан, альгинаты и пектины. Биохимически полисахариды состоят из моносахаридных звеньев, соединенных гликозидными связями, формируя структурно устойчивые и барьерные пленки. Они характеризуются высокой способностью к пленкообразованию, газонепроницаемостью и биodeградируемостью.

Недостатком полисахаридных покрытий является их чувствительность к влаге, что требует введения дополнительных веществ, таких как липиды, для улучшения водонепроницаемости и механических характеристик [8, 9, 10].

Композиционные покрытия, содержащие смеси природных биополимеров и функциональные компоненты, такие как органические кислоты (молочная, лимонная кислота) и бактериоцины (низин), представляют собой перспективное направление развития технологии пищевых покрытий. Биохимически органические кислоты действуют за счет диффузии через мембраны микробных клеток в недиссоциированной форме с последующей диссоциацией внутри клетки, что вызывает снижение внутриклеточного pH и нарушение метаболических процессов. [11]. Бактериоцины, например низин, действуют путем нарушения целостности мембран грамположительных бактерий, что обеспечивает дополнительную антибактериальную защиту покрытий [12].

Несмотря на множество исследований в этой области, оптимальный состав покрытий требует дополнительного изучения с учетом возможного влияния на органолептические и товарные свойства мяса птицы. Таким образом, целью данной работы является изучение влияния пищевых пленкообразующих покрытий с включением органических кислот и бактериоцина низина на физико-химические характеристики подкожного жира мяса птицы и их эффективность в сохранении качества и увеличении срока годности продукции.

Материалы и методы исследований

Использование многокомпонентных защитных покрытий обусловлено принципами барьерных технологий. Суть данных технологий заключается в создании точных комбинаций традиционных и инновационных методов, формирующих комплекс последовательных защитных факторов, которые способствуют улучшению микробиологической безопасности,

сохранению качества и питательной ценности пищевых продуктов, а также повышению экономической эффективности их производства. Основные барьерные факторы, применяемые для продления срока хранения продуктов, включают температурный режим, активную кислотность (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), показатель активности воды и другие параметры.

Объектами данного исследования выступали пищевые пленкообразующие покрытия на основе моноглицеридов и их ацетилованных производных, а также покрытия на основе молочной сыворотки, в которые дополнительно были введены глицерин, органические кислоты (молочная и лимонная) и бактериоцин низин.

Состав №1 – пищевой пленкообразующий состав на основе смеси моноглицеридов и ацетилованных моноглицеридов с концентрацией 3%, глицерина 10%, молочной кислоты 2%, вода остальное;

Состав №2 – пищевой пленкообразующий состав на основе молочной сыворотки 5%, глицерина 10%, молочной 2% и лимонной кислот 0,2%, вода остальное;

Состав №3 – пищевой пленкообразующий состав на основе молочной сыворотки 5%, глицерина 10%, молочной 2%, лимонной кислот 0,2% и низина 0,1%, вода остальное.

В качестве контроля использовали воду. Температура раствора для нанесения пищевого пленкообразующего состава на поверхность полу-тушек составляла $50 \pm 2^\circ \text{C}$.

Для измерения pH и окислительно-восстановительного потенциала использовали pH-метр-милливольтметр 150M и pH-метр/кондуктометр HI 991300 производства фирмы «HANNA». Повторность определения значений для каждого пленкообразующего состава трехкратная.

Определение кислотного числа образцов жира выполняли по методике, изложенной в ГОСТ Р55480-2013, результат выражали в мг гидроокиси калия на грамм исследуемого вещества. Для анализа навеску предварительно выделенного жира массой около 1 г растворяли в эфирно-спиртовой смеси, после чего проводили титрование раствором гидроксида калия с концентрацией 0,1 М. Конечной точкой титрования служило изменение окраски раствора при добавлении индикатора фенолфталеина.

Определение перекисного числа, которое характеризует уровень накопления пероксидных

соединений в жире, проводили в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р34118-2017. Полученные результаты выражали в ммоль активного кислорода на килограмм исследуемого образца (ммоль/кг).

При определении эффективности влияния молочной кислоты в состав ППС на основе молочной сыворотки (МС) на микробиологические изменения при хранении эксперимент проводили с применением коммерческого препарата низина ("Nisaplin" фирмы "Arlin & Barrett, LTD"), в концентрации 0,1% с добавлением 2% молочной кислоты (МК) и без добавления МК. В качестве контроля использовали необработанные полу-тушки птицы. В этой серии экспериментов при проведении микробиологических исследований в контроле и в каждой группе с пищевыми покрытиями использовались по 3 полу-тушки цыплят бройлеров. При проведении исследований по определению значений кислотного и перекисного чисел подкожного жира и общей бактериальной обсемененности тушки птицы хранили при температуре $0 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажности 85–90% в течение 15 суток.

Результаты и их обсуждение

Рационально подобранная комбинация различных «барьерных» факторов и технологических средств позволяет эффективно обеспечить микробиологическую безопасность и стабильность пищевых продуктов без значительного снижения их пищевой и биологической ценности.

Даже при относительно небольших значениях каждого отдельного барьерного фактора совместное их действие способно значительно усиливать общий консервирующий эффект, что объясняется синергизмом, то есть взаимным усилением действия отдельных компонентов при их комбинировании.

Кроме антимикробного эффекта, некоторые барьерные факторы также влияют на скорость окислительных и гидролитических изменений основных компонентов пищи, таких как белки и липиды, особенно в процессе обработки и последующего хранения продуктов, что связано с понижением уровня окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

Выбор средств, предотвращающих развитие окисления липидов, обычно основывается на учёте химического состава и специфических свойств используемого сырья и конечного продукта,

условий производственного процесса, а также на имеющихся технических и технологических возможностях производства и хранения.

Роль процессов окисления и восстановления в мясе птицы обычно считается негативной. Снижение окислительно-восстановительного потенциала (редокс-потенциала) способствует размножению молочнокислых бактерий и, соответственно, ингибированию роста аэробных бактерий, вызывающих порчу (в частности, *Pseudomonas spp.* и *B. thermosphacta*). Поскольку вызываемая аэробными бактериями порча развивается гораздо быстрее, чем порча под действием молочнокислых бактерий, понижение Eh делает мясные продукты более безопасными с микробиологической точки зрения и увеличивает срок годности.

В настоящее время изучены основные принципы традиционных способов консервирования и определены пределы их эффективности в отношении жизнеспособности, роста и гибели микроорганизмов. Эффективность консервирования пищевых продуктов и сохранение их

качественных характеристик напрямую зависят от целенаправленного применения комплекса физических, химических и биологических факторов, которые обеспечивают блокирование или ингибирование нежелательных реакций, в том числе цепных. Среди таких факторов можно выделить низкую температуру, вакуумирование, упаковку в модифицированную газовую среду, регулирование активной кислотности (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

Согласно принятой на сегодняшний день классификации, аэробные микроорганизмы активно развиваются при значениях Eh от 500 до 300 мВ, факультативные анаэробы – при значениях от 300 до –100 мВ, а анаэробные бактерии – при Eh от 100 до ниже – 250 мВ [13].

Значения Eh различных пищевых пленкообразующих составов до добавления консервантов в их состав и после введения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние включения консервантов в состав ППС на изменение Eh

№	Наименование составов	Eh, mV	
		до добавления консервантов	после добавления консервантов
1.	Контроль (вода)	0,53±0,06	-
2.	Состав №1	1,05±0,13	158,7±5,00
3.	Состав №2	0,32±0,05	129,9±4,00
4.	Состав №3	0,33±0,03	140,2±7,00

Анализ данных таблицы 1 показывает, что значения Eh во всех трех пищевых пленкообразующих составов колеблются от 129,9 до 158,7 mV. Максимальное значение - 158,7 характерно для состава №1, а минимальное Eh -129,9 для состава №2 без добавления низина. Применение молочной кислоты в пищевых пленкообразующих составах позволяет значительно понизить величину pH и обеспечивает значение окислительно-восстановительного потенциала (Eh), ингибирующее активный рост аэробных микроорганизмов растворов, которые в свою очередь могут оказать влияние на понижение этих показателей на границе фаз покрытия – поверхность тушек цыплят-бройлеров и позволит создать неблагоприятную среду для развития микроорганизмов. При этом нарушается целостность

клеточных мембран контаминантов, что приводит их непосредственно к гибели. Известно, что рост большинства бактерий тесно связан с величиной Eh: чем выше её значение, тем интенсивнее развитие аэробных форм. Так, при хранении мяса птицы в обычных упаковках (без вакуумирования) рост аэробной микробиоты обычно наблюдается в диапазоне Eh от 500 до 300 мВ.

Результаты экспериментов показали, что применение специальных пищевых покрытий с включением молочной кислоты формирует более низкие значения Eh, тем самым заметно ограничивая рост микрофлоры. Снижение окислительно-восстановительного потенциала к уровням ниже указанных способствует большей устойчивости продукта, так как при этом замедляются окислительные процессы липидов и белков.

Согласно действующим нормативным документам, применяемые на практике лабораторные методы контроля качества нередко демонстрируют противоречивые результаты. Это объясняется как техническими ограничениями

самых методов, так и тем, что параметры качества сырья за последние годы заметно изменились (табл.2) [14].

Таблица 2 - Характеристика частоты совпадений лабораторной и органолептической оценки свежести мяса

Метод оценки	Частота совпадений объективной оценки образца с органолептической по группам сырья, % от количества образцов в соответствующей группе			Общая частота совпадений объективной оценки с органолептической, % от общего количества образцов
	свежее	сомнительной свежести	не свежее	
Проба с сернокислой медью	83	20	53	61
Реакция по пероксидазе	92	–	76	73
Содержание летучих жирных кислот	0	20	100	54
рН	92	–	88	79
Микроскопия	42	60	94	73

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что наибольшее совпадение между объективными и органолептическими результатами (79% от общего числа образцов) достигается при оценке показателя рН.

Как правило, понижение значения рН подавляет рост бактерий. Наиболее интенсивный

рост микроорганизмов наблюдается на говядине, свинине и курином мясе при значениях рН 6,2-6,4. Минимальные значения рН, необходимые для роста характерных для мяса и мясных продуктов микроорганизмов при холодильном хранении приведены в таблице 3 [15].

Таблица 3. Минимальные значения рН, необходимые для роста микроорганизмов

№ п/п	Название микроорганизма	Значения рН
1	<i>Clostridium botulinum</i>	> 4,7
2	<i>Clostridium perfringens</i>	> 4,9
3	<i>Bacillus</i> spp.	> 4,5
4	<i>Lactobacillus</i> spp.	> 3,2
5	<i>Salmonella</i> spp.	> 4,4
6	<i>Pseudomonas</i> spp.	> 4,7
7	<i>Staphylococcus aureus</i>	> 4,6
8	<i>Listeria monocytogenes</i>	> 5,0
9	<i>Klebsiella</i> spp.	> 5,1
10	<i>Aeromonas</i> spp.	> 5,3
11	<i>Leuconostoc</i> spp.	> 4,8
12	<i>Brochothrix thermosphacta</i>	> 5,0
13	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	> 4,0
14	<i>Yersinia enterocolitica</i>	> 4,4

Согласно информации из таблицы 3, молочно-кислые бактерии, типичные для продуктов из птицы, при вакуумном хранении начинают развиваться при рН выше 3,2. При этом средняя

величина активной кислотности среды (рН), необходимая для сдерживания роста микрофлоры на поверхности мяса птицы, составляет 4,6. Следовательно, при выборе состава пищевых

пленкообразующих покрытий и оптимизации их концентрации следует обязательно учитывать данные значения pH.

Анализ полученных результатов (табл. 4) указывает на то, что при добавлении 2% молочной кислоты в пищевой пленкообразующий состав на основе дистиллированных и ацелированных моноглицеридов достигается наиболее значительное снижение показателя pH (с 7,85 до 2,67). В то же время добавление 2% молочной кислоты и 0,2% лимонной кислоты, используемой в роли

антиоксиданта, к составу на основе молочной сыворотки даёт меньший эффект (показатель pH снижается с 4,45 до 3,04). Сравнительно незначительное изменение pH при введении органических кислот в сывороточную смесь объясняется тем, что исходная активная кислотность самой сыворотки уже находится на низком уровне до добавления молочной и лимонной кислот. При этом дополнительное введение бактериоцина низина в состав покрытия практически не влияет на показатель pH.

Таблица 4. Влияние включения органических кислот в состав ППС на изменение значений pH

№	Наименование состава	pH	
		до добавления консервантов	после добавления консервантов
1.	Контроль (вода)	7,43±0,28	–
2.	Состав №1	7,85±0,23	2,67±0,13
3.	Состав №2	4,45±0,25	3,04±0,15
4.	Состав №3	4,45±0,25	3,05±0,09

Низин – это бактериоцин из группы лантибиотиков А-типа, являющийся натуральным токсикологически безопасным антибактериальным пищевым консервантом. Низин – единственный бактериоцин, применяемый для консервирования пищевых продуктов, признанный соответствующим промышленному стандарту.

Механизм действия низина связан с нарушением проницаемости цитоплазматических мембран грамположительных бактерий, проявляющимся в виде ионных каналов или в виде образования пор, которые облегчают истечение низкомолекулярных веществ через мембрану с диссипацией мембранного потенциала и градиента pH, в результате чего ингибируется жизнедеятельность микробной клетки. Клетки грамтри-

цательных бактерий защищены от действия низина наружной клеточной стенкой мембраны, при этом любое ослабление клеточной стенки делает данные клетки чувствительными к низину.

Согласно результатам исследований, показатель pH у созданных пленкообразующих составов (2,67 и 3,05) оказался ниже диапазона 3,2–5,3, в котором происходит активное развитие микроорганизмов, вызывающих порчу мяса и мясных продуктов при низкотемпературном хранении.

Одним из главных критериев сохранности мяса птицы в ходе хранения выступает состояние жировой ткани. Для оценки качества подкожного и внутреннего жира мяса птицы определяли кислотное (табл. 5) и перекисное (табл. 6) числа.

Таблица 5. Изменение кислотного числа подкожного жира при хранении тушек цыплят-бройлеров

№	Вид обработки	Кислотное число, мг KOH, срок хранения (в сутках)					
		0	3	5	7	10	15
1.	Контроль	0,2±0,01	0,60±0,04	0,80±0,06	1,10±0,1	–	–
2.	Состав №1	0,2±0,01	0,40±0,02	0,55±0,04	0,70±0,06	1,0±0,1	1,3±0,1
3.	Состав №2	0,2±0,01	0,47±0,03	0,64±0,05	0,83±0,07	1,2±0,1	1,4±0,1
4.	Состав №3	0,2±0,01	0,54±0,03	0,72±0,06	0,96±0,08	1,3±0,1	1,5±0,1

Таблица 6. Изменение перекисного числа подкожного жира при хранении тушек цыплят-бройлеров

№	Вид обработки	Перекисное число, ммоль О ₂ , срок хранения (в сутках)					
		0	3	5	7	10	15
1.	Контроль	1,56±0,14	2,34±0,23	3,51±0,27	5,85±0,39	–	–
2.	Состав №1	1,56±0,14	1,56±0,17	1,95±0,15	2,73±0,24	3,90±0,38	5,07±0,43
3.	Состав №2	1,56±0,14	1,56±0,13	2,34±0,19	3,51±0,28	4,68±0,29	–
4.	Состав №3	1,56±0,14	1,95±0,12	2,75±0,21	4,29±0,33	5,85±0,42	6,34±0,49

Анализ и обобщение данных таблицы 5 показывает, что эффективность действия пищевых покрытий в меньшей степени выражен на замедление гидролитических процессов, чем окислительных. Достоверная разница между контрольными и опытными образцами для изменения кислотного числа наблюдается через 3 суток хранения, а между различными составами недостоверна. Применительно к изменению перекисных чисел (табл. 6) значимость разницы по значениям средних величин и стандартных отклонений между контрольными и опытными образцами имеет место также через 3 суток. В то время как достоверная разница между опытными образцами, обработанными составами №2 и №3, наблюдается через 3 суток, а между №1 и №2, через 5 суток и сохраняется до 15 суток хранения.

Из представленных в таблицах 5 и 6 данных видно, что при хранении контрольных образцов тушек птицы в течение 5 суток и обработанных пищевыми пленкообразующими составами – в течение 15 суток, значения перекисного числа остаются на уровне, не оказывающем отрицательного влияния на качество жировой ткани. Во всех вариантах нанесение защитного покрытия замедляет развитие окислительных процессов. Для состава №1 (на основе моноглицеридов), это объясняется антиоксидантными свойствами присутствующих в составе ацетилированных моноглицеридов, а для покрытий на основе молочной сыворотки (составы №2 и №3) – наличием в их составе лимонной кислоты, которая дополнительно способствует подавлению окислительных процессов.

Результаты изучения общей бактериальной обсемененности образцов птицы, обработанных консервантами, в процессе хранения свидетельствуют (табл.7), что исходная общая бактериальная обсемененность полу-тушек птицы до хранения составляла $3,6 \times 10^3$ КОЕ/г... По мере хранения образцов птицы без обработки (контроль) наблюдали постепенное увеличение обсеменен-

ности: количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) за 5 суток увеличилось до $7,0 \times 10^4$, за 10 суток – до $2,0 \times 10^6$ КОЕ/г, а за 15 суток было максимальным ($9,1 \times 10^7$ КОЕ/г), превышающим нормативные показатели.

После обработки образцов низином (на начальном этапе) общая микробная обсемененность образцов была на два порядка ниже: снизилась от $3,2 \times 10^3$ количества клеток на 1г мяса (по сравнению с контролем) до $2,5 \times 10^2$ за 5 суток хранения. Однако по мере хранения общая обсемененность сапрофитной контаминирующей микробиотой образцов мяса, обработанных раствором низина, увеличивается при хранении постепенно и за 10 дней возросла до $1,1 \times 10^5$, а за 15 дней - до $2,2 \times 10^6$ КОЕ/г (табл.7).

Известно, что остаточная активность низина уменьшается примерно на 70% в течение 4 суток хранения при температуре 5 °С в обработанных им образцах. Диффузия низина в продукт неполная, а сам он может подвергаться гидролизу под действием протеолитических ферментов. Кроме того, низин взаимодействует с фосфолипидами, содержащимися в мясе, что снижает его активность. Низин сохраняет антимикробные свойства в диапазоне pH от 3,5 до 8,0 и утрачивает активность под действием ферментов различных классов, включая протеолитические (панкреатин, трипсин, альфа-химотрипсин и др.), однако устойчив к действию сычужных ферментов. Низин термостабилен, особенно при низких значениях pH, что важно при использовании в пищевой промышленности при термической обработке продуктов [8, 9].

Добавление 2% молочной кислоты в композицию с низином снижает темп роста количества контаминантных микроорганизмов: после 5 суток хранения постепенно возрастало: от $3,7 \times 10^3$ до $6,1 \times 10^2$ на 5-е сутки, а на 10 сутки – до $9,0 \times 10^4$, а после 15 суток достигло значения $6,4 \times 10^5$ КОЕ/г.

Следует отметить, что препарат низина может содержать в своем составе остаточное количество мезофильных лактококков – продуцентов после высушивания, которые могут реанимироваться в благоприятном для их развития субстрате мясе.

Молочнокислые бактерии относятся к числу наиболее распространенных микроорганизмов в охлажденном мясе. В мясо молочнокислые бактерии попадают с почвой, воздухом, с водой и из оборудования. Они могут вызывать различные виды порчи мяса, но при целенаправленном

применении за счет сильного подкисления ингибируют рост гнилостной микрофлоры, улучшают консистенцию мяса и даже создают аромат мяса, сохраняют его цвет. Однако следует отметить, что в данном образце не были обнаружены споровые формы, анаэробные бактерии, включая клостридии и другие патогенные формы. Основной микрофлорой этого образца составляли лактококки. Образец имел приятный цвет, был без постороннего запаха.

Таблица 7. Изменение общей бактериальной обсемененности образцов птицы, обработанных консервантами, в процессе хранения.

№	Наименование образцов	Общая обсемененность, КОЕ/г длительность хранения, сутки			
		0	5	10	15
1	Контроль	$3,6 \pm 0,17 \times 10^3$	$7,0 \pm 0,07 \times 10^4$	$2,0 \pm 0,09 \times 10^6$	$9,1 \pm 0,31 \times 10^7$
2	Низин	$2,2 \pm 0,19 \times 10^3$	$2,5 \pm 0,06 \times 10^2$	$1,1 \pm 0,03 \times 10^5$	$2,2 \pm 0,02 \times 10^6$
3	Низин +2% МК	$3,7 \pm 0,16 \times 10^3$	$6,1 \pm 0,27 \times 10^2$	$9,0 \pm 0,45 \times 10^4$	$6,4 \pm 0,31 \times 10^5$

Заключение, выводы

В результате проведенного исследования установлена эффективность использования пищевых пленкообразующих покрытий на основе моноглицеридов, ацетилированных моноглицеридов и молочной сыворотки с включением органических кислот и бактериоцина для повышения устойчивости к окислительным процессам и микробиологической порче, происходящим в мясе птицы при холодильном хранении. Экспериментальные данные подтвердили, что составы покрытий, содержащие органические кислоты, оказывают значительное снижение показателя активной кислотности (pH) и обеспечивают величину окислительно-восстановительного потенциала (Eh), ингибирующие активный рост аэробных микроорганизмов. Это обусловлено биохимическим механизмом действия органических кислот, включающим их проникновение через микробную мембрану с последующим нарушением внутриклеточного гомеостаза и метаболической активности микроорганизмов.

Включение в покрытие бактериоцина низина способствовало усилению антимикробного эффекта, обусловленного его способностью

нарушать целостность цитоплазматических мембран грамположительных бактерий. Дополнительное введение в состав пищевых покрытий 2% молочной кислоты способствовало существенному снижению обсемененности образцов мяса птицы контаминирующими микроорганизмами и позволило увеличить срок годности продукта до 15 суток.

Таким образом, полученные результаты подтверждают перспективность применения пищевых пленкообразующих покрытий, содержащих органические кислоты и бактериоцины, для повышения микробиологической безопасности и замедления окисления подкожного жира мяса птицы.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований», специфике 154 «Оплата услуг по исследованиям» в рамках выполнения проекта AP19678940 «Разработка новой технологии хранения охлажденного мяса птицы и птицепродуктов с применением

биологических методов консервирования в сочетании с холодом» на 2023-2025 гг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. FAO. Meat Market Review: Emerging trends and outlook 2023 //Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2023. – 22 с.
2. Wang M., Wei Z., Zhang Z. Antimicrobial edible films for food preservation: Recent advances and future trends //Food and Bioprocess Technology. – 2024. – Т. 17. – №. 6. – С. 1391-1411. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03178-y>
3. Baldwin E. A., Hagenmaier R., Bai J. (ed.). Edible coatings and films to improve food quality. – CRC press, 2011. – 392 с.
4. Debeaufort F., Voilley A. Lipid-based edible films and coatings //Edible films and coatings for food applications. – New York, NY: Springer New York, 2009. – С. 135-168.
5. Calva-Estrada S. J., Jiménez-Fernández M., Lugo-Cervantes E. Protein-based films: Advances in the development of biomaterials applicable to food packaging //Food Engineering Reviews. – 2019. – Т. 11. – С. 78-92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09189-w>
6. Hassan B. et al. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review //International journal of biological macromolecules. – 2018. – Т. 109. – С. 1095-1107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
7. Falguera V. et al. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use //Trends in Food Science & Technology. – 2011. – Т. 22. – №. 6. – С. 292-303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
8. Kaushani K. G. et al. Recent Advances of Edible Packaging as an Alternative in Food Packaging Applications //Asian Journal of Chemistry. – 2022. – Т. 34. – №. 10. – С. 2523-2537. DOI: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2022.23822>
9. Ustunol Z. Edible films and coatings for meat and poultry //Edible films and coatings for food applications. – 2009. – С. 245-268. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_8
10. Yaghoubi M. et al. Effect of chitosan coating incorporated with Artemisia fragrans essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage //Polymers. – 2021. – Т. 13. – №. 5. – С. 716. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13050716>
11. Rai M. et al. (ed.). Natural antimicrobials in food safety and quality. – Oxfordshire, UK: Cabi, 2011. – Т. 39. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781845937690.0000>
12. Hansen J. N., Sandine W. E. Nisin as a model food preservative //Critical Reviews in Food Science & Nutrition. – 1994. – Т. 34. – №. 1. – С. 69-93. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408399409527650>
13. Патракова И. С. и др. Окислительно-восстановительный потенциал как показатель стабильности мясных систем //Ползуновский вестник. –

2021. – №. 1. – С. 66-73. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009>

14. Кузнецов А. В., Костенко Ю. Г., Иванкин А. Н. О контроле мяса на свежесть //Все о мясе. – 2002. – №. 2. – С. 31-32.

15. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации //М.: Профессия. – 2010. – 719 с.

REFERENCES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Meat Market Review: Emerging Trends and Outlook 2023. Rome: FAO, 2023.
2. Wang, M., Z. Wei, and Z. Zhang. "Antimicrobial Edible Films for Food Preservation: Recent Advances and Future Trends." Food and Bioprocess Technology 17, no. 6 (2024): 1391–1411. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03178-y>
3. Baldwin, E. A., R. Hagenmaier, and J. Bai, eds. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011.
4. Debeaufort, F., and A. Voilley. "Lipid-Based Edible Films and Coatings." In Edible Films and Coatings for Food Applications, 135–168. New York, NY: Springer, 2009.
5. Calva-Estrada, S. J., M. Jiménez-Fernández, and E. Lugo-Cervantes. "Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging." Food Engineering Reviews 11 (2019): 78–92. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09189-w>
6. Hassan, B., S. A. Chatha, A. I. Hussain, K. M. Zia, and N. Akhtar. "Recent Advances on Polysaccharides, Lipids and Protein-Based Edible Films and Coatings: A Review." International Journal of Biological Macromolecules 109 (2018): 1095–1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
7. Falguera, V., J. P. Quintero, A. Jiménez, J. A. Muñoz, and A. Ibarz. "Edible Films and Coatings: Structures, Active Functions and Trends in Their Use." Trends in Food Science & Technology 22, no. 6 (2011): 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
8. Kaushani, K. G., S. Perera, S. Rodrigo, and A. Wickramarachchi. "Recent Advances of Edible Packaging as an Alternative in Food Packaging Applications." Asian Journal of Chemistry 34, no. 10 (2022): 2523–2537. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2022.23822>
9. Ustunol, Z. "Edible Films and Coatings for Meat and Poultry." In Edible Films and Coatings for Food Applications, 245–268. New York, NY: Springer, 2009. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_8
10. Yaghoubi, M., R. Ayaseh, S. M. Alirezalu, F. Nemat, and N. Khaneghah. "Effect of Chitosan Coating Incorporated with Artemisia fragrans Essential Oil on Fresh Chicken Meat During Refrigerated Storage." Polymers 13, no. 5 (2021): 716. <https://doi.org/10.3390/polym13050716>
11. Rai, M., M. Chikindas, and N. Jayaprakasha, eds. Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality.

Oxfordshire, UK: CABI, 2011.
<https://doi.org/10.1079/9781845937690.0000>

12. Hansen, J. N., and W. E. Sandine. "Nisin as a Model Food Preservative." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 34, no. 1 (1994): 69–93.
<https://doi.org/10.1080/10408399409527650>

13. Patrakova, I. S., A. G. Ivankin, and A. V. Kuznetsov. "Okislitel'no-vosstanovitel'nyj potencial kak pokazatel' stabil'nosti mjasnyh sistem [Oxidation-Reduction Potential as an Indicator of Stability in Meat Systems]." *Polzunovskiy Vestnik*, no. 1 (2021): 66–73.
<https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009> (In Russian)

14. Kuznetsov, A. V., Yu. G. Kostenko, and A. N. Ivankin. "O kontrole mjasna na svezhest' [On the Control of Meat Freshness]." *Vse o myase*, no. 2 (2002): 31–32. (In Russian)

15. Feiner, G. *Mjasnye produkty. Nauchnye osnovy, tehnologii, prakticheskie rekomendacii [Meat Products: Scientific Fundamentals, Technology, Practical Recommendations]*. Moscow: Professiya, 2010. (In Russian)