

Анализ эффективности применения биоактивного покрытия для обеспечения качества и биобезопасности мяса птицы при хранении

О. В. Зинина^{1, 2✉}, С. П. Меренкова¹, Е. А. Вишнякова¹, О. П. Неверова²

¹ Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: zininaov@susu.ru

Аннотация. Мясо птицы является наиболее распространенным видом мясного сырья, востребованным у потребителей, но в то же время скоропортящимся продуктом. Качество и безопасность мяса птицы при хранении можно обеспечить, применяя биоактивные пленочные покрытия. **Научная новизна** работы заключается в получении новых научных данных о влиянии биоактивного альгинатного покрытия с белковым гидролизатом на показатели филе грудки цыпленка-бройлера в процессе хранения. **Целью** исследования является установление эффективности биоактивного покрытия на основе альгината натрия с белковым гидролизатом в качестве активного компонента при хранении мяса птицы. **Методы.** У образцов филе грудки цыпленка-бройлера, покрытого биоактивными альгинатными пленками, и у контрольного образца без покрытия определяли цветовые характеристики, рН, массовую долю влаги и потери массы при хранении, а также микробиологические показатели (общее микробное число и бактерии группы кишечной палочки). Исследования проводили по стандартным общепринятым методикам. **Результаты.** Установлено, что в покрытии мясо лучше сохраняет внешний вид и цвет, содержание влаги остается на достаточно высоком уровне по сравнению с начальным значением и снижается усушка, а также что альгинатное покрытие обеспечивает микробиологическую стабильность филе грудки более длительное время по сравнению с контрольным образцом: через 7 суток хранения общее микробное число в контрольном образце составило $1,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г, что выше допустимого уровня, согласно требованиям ТР ЕАЭС 051/2021, в то время как в образцах в альгинатных покрытиях данный показатель оставался в пределах допустимых значений. Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для обеспечения сохранности и биобезопасности мяса птицы при хранении.

Ключевые слова: мясо птицы, биоактивное покрытие, гидролизат белка, альгинат натрия, срок хранения, потери массы, цветовые характеристики

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, номер проекта 23-26-00153.

Для цитирования: Зинина О. В., Меренкова С. П., Вишнякова Е. А., Неверова О. П. Анализ эффективности применения биоактивного покрытия для обеспечения качества и биобезопасности мяса птицы при хранении // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 08. С. 1026–1036. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-08-1026-1036>.

Дата поступления статьи: 20.06.2024, **дата рецензирования:** 26.06.2024, **дата принятия:** 15.07.2024.

Analysis of the effectiveness of using a bioactive coating to ensure the quality and biosafety of poultry meat during storage

O. V. Zinina^{1, 2✉}, S. P. Merenkova¹, E. A. Vishnyakova¹, O. P. Neverova²

¹ South Ural State University (Scientific Research University), Chelyabinsk, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: zininaov@susu.ru

Abstract. Poultry meat is the most common type of raw meat, in demand among consumers, but at the same time a perishable product. The quality and safety of poultry meat during storage can be ensured by using bioactive film coatings. **The scientific novelty** of the work lies in the receipt of new scientific data on the effect of a bioactive alginate coating with protein hydrolysate on the performance of broiler chicken breast fillet during storage. **The purpose** of the research is to establish the effectiveness of a bioactive coating based on sodium alginate with protein hydrolysate as an active component during the storage of poultry meat. **Methods.** For samples of broiler chicken breast fillet coated with bioactive alginate films and for a control sample without coating, color characteristics, pH, mass fraction of moisture and weight loss during storage, as well as microbiological indicators (total microbial count, and coliforms) were determined. The studies were carried out using standard generally accepted methods. **Results.** It has been established that coated meat better retains its appearance and color, the moisture content remains at a fairly high level compared to the initial value, and shrinkage is reduced. It was also found that the alginate coating provides microbiological stability of breast fillet for a longer time compared to the control sample: after 7 days of storage, the total microbial number in the control sample was $1.4 \cdot 10^6$ CFU/g, which is higher than the permissible level according to the requirements of EAEU TR 051/2021, while in alginate coating samples this indicator remained within acceptable values. Thus, film coatings based on sodium alginate with the addition of protein hydrolysate as an active component have the potential to ensure the safety and biosafety of poultry meat during storage.

Keywords: bioactive coating, protein hydrolysate, sodium alginate, shelf life, weight loss, color characteristics

Acknowledgements. The study was carried out with financial support from the Russian Science Foundation, project number 23-26-00153.

For citation: Zinina O. V., Merenkova S. P., Vishnyakova E. A., Neverova O. P. Analysis of the effectiveness of using a bioactive coating to ensure the quality and biosafety of poultry meat during storage. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (08): 1026–1036. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-08-1026-1036>. (In Russ.)

Date of paper submission: 20.06.2024, **date of review:** 26.06.2024, **date of acceptance:** 15.07.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Производство мяса птицы в России, по прогнозам экспертов, продолжит умеренно повышаться, что вызвано ростом потребительского спроса и высокой рентабельностью благодаря короткому производственному циклу. Доступность мяса птицы объясняется быстрым наращиванием объемов производства, возможным благодаря современным достижениям науки, способствующим повышению эффективности и увеличению объемов производства. Также эксперты отмечают положительную динамику мирового производства мяса птицы, предвещая рост потребления на 20 % [1].

Мясо птицы является наиболее распространенным видом мясного сырья, востребованным у потребителей, но в то же время скоропортящимся продуктом. Высокая влажность и содержание пита-

тельных веществ [2] обеспечивают благоприятную среду для роста патогенных микроорганизмов и ускорения порчи. Микроорганизмы могут вызывать не только негативные изменения органолептических показателей и пищевой ценности мяса, но и серьезные риски для здоровья потребителей.

При хранении мяса происходит как микробиологическая, так и окислительная порча, затрагивающая изменение липидов, пигментов, белков и витаминов. Для этого вида порчи характерны потеря незаменимых жирных кислот и витаминов, изменение цвета и консистенции, а также появление прогорклого запаха и вкуса, которые ухудшают потребительские свойства мяса [3].

Отмечено, что микробиологическая порча продуктов питания – значимая экономическая и социальная проблема в мире. Ежегодно регистрируется

несколько миллионов случаев пищевых инфекций, в том числе со смертельным исходом [4]. Соответственно, снижение микробиологических рисков при потреблении продуктов питания, обеспечение их безопасности – важные задачи пищевой промышленности во всем мире.

Для производителей актуальной задачей является увеличение сроков хранения охлажденного мяса и мясных продуктов с целью расширения зоны поставки продукции и увеличения времени реализации [5; 6], особенно через крупные торговые сети. Для увеличения срока хранения мясного сырья производители используют различные подходы и методы, помогающие контролировать микробиологическую порчу и окисление жиров. Причем основная стратегия в этом направлении – добавление антиоксидантов и противомикробных препаратов. Однако современные потребители больше предпочитают натуральные продукты, что ограничивает производителей в использовании пищевых добавок в пищевых продуктах. Поэтому в последние годы многие исследователи находятся в поиске новых подходов и методов сохранения мясных продуктов, в том числе исследуют возможности применения пленок и покрытий из натуральных биополимеров [7]. Отмечено, что холодильное хранение мяса в защитных пленочных покрытиях является наиболее эффективным и экологичным способом увеличения его сроков хранения при сохранении товарного вида и качественных показателей, а также снижения потерь влаги сырья [8].

Съедобные покрытия определяются как слой биополимерных композиций, плотно прилегающих к поверхности пищевых продуктов. При покрытии поверхности продукта создается своего рода защитная активная оболочка, обладающая регулирующими биохимическими и микробиологическими процес-

сы свойствами в системе «продукт – окружающая среда». Выбор основы такой композиции – важный фактор для правильной реализации хранения продукта в покрытии и зависит от типа продукта, его свойств, в первую очередь влажности. Биополимерная матрица действует как барьер против паров и газов, замедляя тем самым потерю влаги и окисление миоглобина и липидов, а также продлевает срок годности.

В качестве матрицы пищевого покрытия наиболее часто используют хитозан, желатин и альгинат. Альгинаты могут быть как натурального происхождения (из клеточных стенок бурых водорослей), так и синтетического (получают микробным синтезом). Альгинат является линейным водорастворимым полисахаридом, способным реагировать с катионами многовалентных металлов. Данное свойство используется для повышения механической прочности и улучшения барьерных свойств пленок на основе альгината. При повышении концентрации катионов гели из альгината имеют плотную структуру с невысокой пористостью и проницаемостью [9].

Антиоксидантный и антимикробный эффекты пищевых покрытий обеспечиваются включением в состав биокомпозита таких активных веществ, как натуральные антиоксиданты, эфирные масла, экстракты, бактериальные препараты, активные пептиды и другие вещества с соответствующими свойствами [10–12].

Большой интерес к новым разработкам биоразлагаемых биоактивных пленочных покрытий для продуктов питания связан не только с их натуральным происхождением и возможностью обходиться без синтетических материалов, несущих потенциальную опасность миграции химических элементов в состав продукции. Другим важным аспектом, привлекающим все большее внимание научного со-



Рис. 1. Технология получения опытных образцов мяса в покрытии

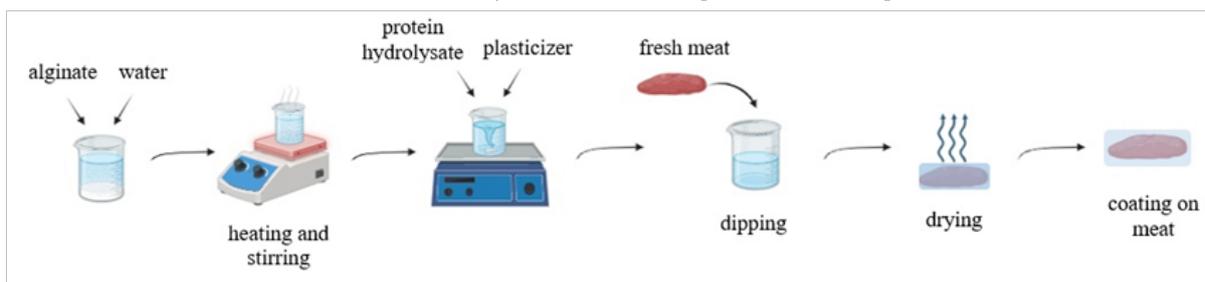


Fig. 1. Technology for obtaining prototypes of coated meat

общества к таким материалам, является экологический фактор. Способность пищевых покрытий, изготовленных на основе биополимеров, разлагаться в почве и превращаться в биогумус, имеет большое значение для снижения негативного воздействия на окружающую среду огромных объемов упаковочных материалов [13].

Целью исследований является установление эффективности биоактивного покрытия на основе альгината натрия с белковым гидролизатом в качестве активного компонента при хранении мяса птицы.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследования – филе грудки цыпленка-бройлера (ООО «Нагайбакский птицеводческий комплекс», Челябинская область) свежее охлажденное, хранившееся в условиях холодильной камеры при температуре 3 ± 1 °С в упакованном виде (в альгинатном покрытии) и без упаковки (контрольный образец). Для упаковки использовали покрытие на основе альгината натрия (ООО «Ингредико», Россия) с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата в количестве 1 % от массы композиции, а также покрытие без активного компонента. Технология получения и упаковывания сырья приведена на рис. 1.

Перед закладкой на холодильное хранение, а также в процессе хранения филе цыпленка-бройлера через 3 и 7 суток оценивали следующие показатели:

- потери массы при хранении определяли как разницу между массой филе с покрытием сразу после упаковывания и массой филе после хранения в течение 3 и 7 суток;

- массовую долю влаги высушиванием при 105 °С до постоянной массы;

- микробиологические показатели (общее микробное число, колиформные бактерии) с помощью тестов «Петритест» (НПО «Альтернатива», Россия). Для приготовления исходных разведений образцов продукта отбирали по 1 г средней измельченной пробы и добавляли 10 мл стерильного физиологического раствора. Из исходного разведения готовили серию десятикратных разведений. Для определения содержания общего количества колиформных бактерий в 1 г использовали «Петритесты», содержащие индикатор для окрашивания колоний колиформных бактерий в красный цвет. После внесения 0,2 см³ разведения на поверхность субстрата «Петритесты» помещали в термостат и инкубировали при температуре (36 ± 1) °С в течение (12–24) часов. Для подсчета колоний отбирали тесты, на которых выросло от 15 до 300 колоний. Результат умножали на значение соответствующего разведения, чтобы получить общее количество колиформных бактерий в 0,2 см³ образца. Согласно рекомендациям производителя, для получения результата в 1 см³ результаты подсчета умножали на 5;

- цветовые характеристики филе определяли с помощью колориметра NR60CP (Китай). Перед измерениями проводилась калибровка прибора с использованием белой стандартной пластинки ($L^* = 96,77$, $a^* = 0,11$, $b^* = -0,71$), которую также применяли в качестве фона при измерении цветовых характеристик пленок (светлота (L^*), краснота/зеленоватость (a^*) и желтизна/голубоватость (b^*)). Суммарное цветовое различие (ΔE) и цветность (Chroma) рассчитывали по формулам (1) и (2) [14].

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}, \quad (1)$$

$$Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (2)$$

где L^* , a^* , b^* – стандартные значения параметров цвета белой пластины;

L , a , b – значения параметров цвета пленок.

Средние значения трех измерений приняты за достоверные при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Известно, что использование низких температур при хранении мясного сырья, в том числе охлаждения, оказывает неблагоприятное воздействие на микроорганизмы. В связи с тем, что мясо является одним из самых скоропортящихся пищевых продуктов, охлаждение как наиболее распространенный способ хранения продуктов при низких температурах с целью задержки развития бактерий и предотвращения порчи применяют для хранения мяса после убоя, переработки, а затем и в розничной торговле [15].

На порчу мясного сырья в процессе хранения влияют различные факторы:

- начальная обсемененность сырья;

- содержание влаги и рН;

- условия хранения и параметры окружающей среды (наличие упаковки и ее характеристики, температура, относительная влажность воздуха, доступность кислорода, свет).

Основные задачи покрытий при сохранении характеристик мясных продуктов, влияющих на увеличение сроков хранения, включают:

- сохранение микробиологических показателей на уровне регламентируемых значений ТР ЕАЭС 051/2021;

- сохранение питательной ценности и товарных характеристик (например, цвета, запаха, вкуса и консистенции).

Органолептические показатели являются наиболее важными при выборе продукта потребителем. Изменение свежести мясного сырья можно установить оценением органолептических показателей. И если изменения вкуса и запаха невозможно установить непосредственно в торговой сети при герметично закрытом продукте, то цвет может служить индикатором окислительных изменений при порче сырья (рис. 2). Результаты количественной оцен-

ки цветовых характеристик филе грудки цыпленка-бройлера (таблица 1) показали, что в процессе хранения поверхность образцов мяса становится более темной. Показатель красноты (a) повышается у всех образцов одновременно со снижением показателя светлоты (L), однако более выражены изменения у образцов филе без покрытия, что объясняется активным взаимодействием поверхности мяса с кислородом воздуха и интенсивным протеканием окислительных процессов пигментов мяса.

Полученные данные по изменениям цветовых характеристик мяса птицы при хранении согласуются с результатами других ученых. Так, при холодильном хранении филе индейки параметры светлоты (L) и красноты (a^*) постепенно снижались за 6 суток хранения на 16,15 % и 32,38 %, соответственно по сравнению с исходными значениями. При этом значительное снижение этих параметров отмечено на третьей сутки [16]. В проведенных исследованиях показатель светлоты (L) у образца без покрытия снизился на 41,4 % ($p \leq 0,05$) на седьмые

сутки хранения по сравнению с начальным значением, в то время как у покрытых образцов на 9,07–11,7 % ($p \leq 0,05$). Показатель красноты также у образца филе без покрытия значительно увеличился по сравнению с начальным значением – в 9 раз. У образцов филе в альгинатном покрытии с белковым гидролизатом краснота повысилась в 5,1 раза, в покрытии без гидролизата белка – в 5,6 раза. Окислительные реакции липидов приводят к образованию метмиоглобина (желтого или коричневого цвета), что оказывает влияние на снижение значения светлоты (L) и повышение красноты (a^*) при холодильном хранении. Содержащиеся в биоактивном покрытии вещества с антиоксидантными свойствами снижают реакции окисления, предотвращая быстрое снижение значений показателя светлоты (L).

Значения показателя желтизны (b^*) всех образцов филе грудки постепенно увеличивались в процессе хранения, что может быть связано с ферментативной реакцией потемнения фенольных компонентов. Повышенную желтизну также связывают

перед закладкой на холодильное хранение
before storing in cold storage



через 3 суток хранения
after 3 days of storage



через 7 суток хранения
after 7 days of storage



a

б

в

Рис. 2. Внешний вид опытных образцов филе грудки цыпленка-бройлера:

a) контрольный образец филе грудки (без покрытия), б) опытный образец филе грудки в альгинатном покрытии без гидролизата белка, в) опытный образец филе грудки в альгинатном покрытии с гидролизатом белка

Fig. 2. Appearance of broiler chicken breast fillet samples:

a) control sample of breast fillet (without coating), b) test sample of breast fillet in alginate coating without protein hydrolysate, c) test sample of breast fillet in alginate coating with protein hydrolysate

с накоплением продуктов окисления миоглобина, а также с высоким уровнем окисления липидов [17]. Мясо птицы имеет тенденцию желтеть в период хранения по мере снижения качества. Результаты исследований показали заметное повышение показателя желтизны (b^*) к седьмым суткам хранения по сравнению с начальными значениями у всех образцов филе, однако более высокие значения желтизны (b^*) имел контрольный образец без покрытия ($p < 0,05$). Экспериментальные данные подтвердили, что альгинатное покрытие эффективно снижает негативное изменение цветовых характеристик мяса птицы за счет предотвращения окислительных процессов.

Содержание влаги в мясе влияет на органолептические показатели и стабильность при хранении в связи с тем, что многие химические, ферментативные и микробиологические процессы непосредственно связаны с высоким содержанием влаги. В зависимости от условий хранения, в том числе от

свойств упаковочных материалов, содержание влаги может колебаться как в положительную, так и отрицательную сторону [18]. От содержания влаги в продукте зависит его выход после той или иной технологической операции, в том числе усушка мяса в основном происходит именно за счет потерь влаги.

Результаты исследований потери массы при хранении филе грудки и массовой доли влаги в образцах (рис. 3) показали, что образец без покрытия быстрее терял влагу и, как следствие, вес по сравнению с образцами в покрытии. Также следует отметить, что массовая доля влаги в образце с покрытием через трое суток хранения оказалась незначительно выше начального значения. Аналогичные результаты были получены при исследовании мяса птицы, хранившегося в хитозановых пленках. Авторы объясняют это явление высокими гидрофильными свойствами полимера, способностью поглощать влагу как из продукта, так и из окружающей среды [19].

Таблица 1
Цветовые характеристики филе грудки цыпленка-бройлера

Образец филе грудки цыпленка-бройлера	L	a^*	b^*	ΔE	Интенсивность цвета
Без покрытия: перед закладкой на хранение через 3 суток хранения через 7 суток хранения	48,14 ± 2,05 37,13 ± 1,63 28,23 ± 0,94	0,77 ± 0,02 3,86 ± 0,08 6,86 ± 0,17	1,73 ± 0,09 5,88 ± 0,17 6,60 ± 0,14	48,69 60,12 69,26	1,89 7,03 9,52
В альгинатном покрытии без гидролизата белка: перед закладкой на хранение через 3 суток хранения через 7 суток хранения	48,21 ± 1,60 48,43 ± 1,27 43,85 ± 1,14	0,84 ± 0,02 2,64 ± 0,03 4,71 ± 0,09	1,88 ± 0,08 3,44 ± 0,06 6,22 ± 0,16	48,63 48,58 59,74	2,06 4,34 7,80
В альгинатном покрытии с гидролизатом белка: перед закладкой на хранение через 3 суток хранения через 7 суток хранения	48,09 ± 1,21 44,63 ± 1,08 42,44 ± 0,81	0,81 ± 0,03 2,85 ± 0,04 4,68 ± 0,08	1,89 ± 0,10 3,40 ± 0,05 5,25 ± 0,14	48,75 52,37 59,33	2,06 4,44 7,03

Примечание. $P \leq 0,05$.

Table 1
Color characteristics of broiler chicken breast fillet

Breast fillet sample broiler chicken	L	a^*	b^*	ΔE	Color intensity
Uncoated: before storage after 3 days of storage after 7 days of storage	48.14 ± 2.05 37.13 ± 1.63 28.23 ± 0.94	0.77 ± 0.02 3.86 ± 0.08 6.86 ± 0.17	1.73 ± 0.09 5.88 ± 0.17 6.60 ± 0.14	48.69 60.12 69.26	1.89 7.03 9.52
In alginate coating without protein hydrolysate: before storage after 3 days of storage after 7 days of storage	48.21 ± 1.60 48.43 ± 1.27 43.85 ± 1.14	0.84 ± 0.02 2.64 ± 0.03 4.71 ± 0.09	1.88 ± 0.08 3.44 ± 0.06 6.22 ± 0.16	48.63 48.58 59.74	2.06 4.34 7.80
In alginate coating with protein hydrolysate: before storage after 3 days of storage after 7 days of storage	48.09 ± 1.21 44.63 ± 1.08 42.44 ± 0.81	0.81 ± 0.03 2.85 ± 0.04 4.68 ± 0.08	1.89 ± 0.10 3.40 ± 0.05 5.25 ± 0.14	48.75 52.37 59.33	2.06 4.44 7.03

Note. $P \leq 0.05$.

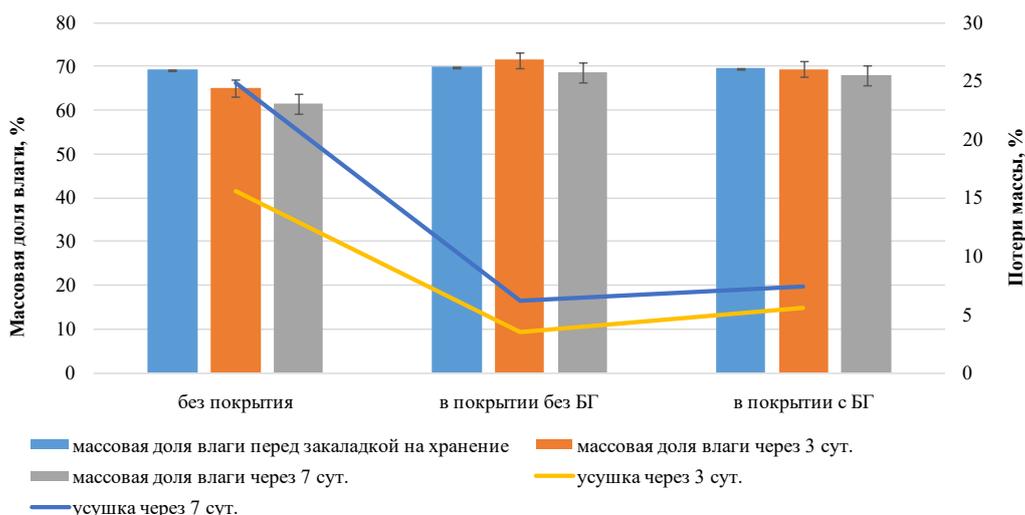


Рис. 3. Изменения массовой доли влаги и потери массы образцов филе грудки цыпленка-бройлера в процессе хранения (БГ – белковый гидролизат)

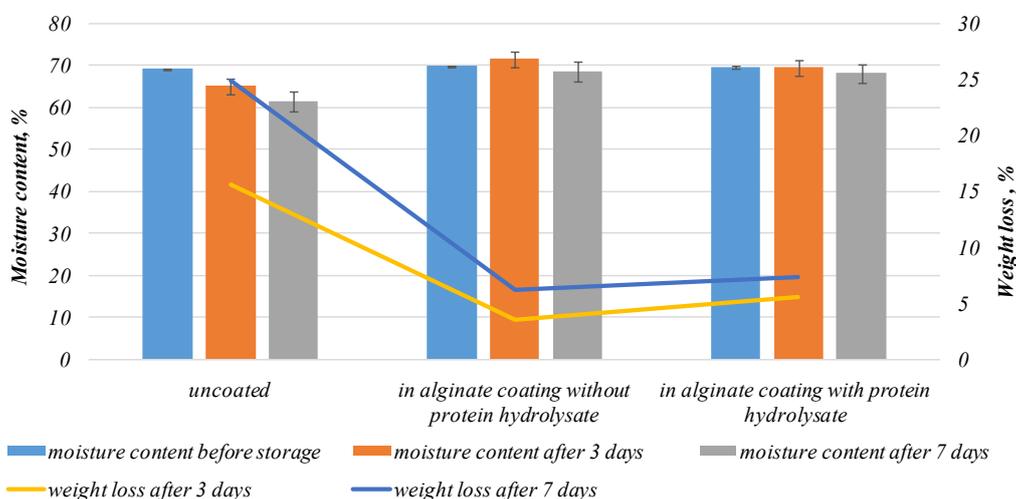


Fig. 3. Changes in the mass fraction of moisture and weight loss of broiler chicken breast fillet samples during storage

Значение pH, как и содержание влаги, имеет большое значение при хранении мяса и влияет на протекание биохимических и микробиологических процессов. Данный показатель связан с такими характеристиками мяса, как цвет, консистенция, способность удерживать влагу и жир, микробиологическая стабильность. Уровень pH в свежем мясе птицы варьирует от 5,2 до 7 [19].

Результаты определения pH показали, что в период хранения значения показателя изменялись незначительно (рис. 4) во всех образцах.

Результаты микробиологических исследований показали отсутствие во всех образцах филе грудки бактерий группы кишечной палочки. Общее микробное число увеличивалось более интенсивно в образце без покрытия и на седьмые сутки хранения превысило допустимый уровень согласно требованиям Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки» (ТР ЕАЭС 051/2021) $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г. В таблице 2 приведены результаты

оценки общего микробного числа в образцах филе грудки цыпленка-бройлера.

Мясо является хорошей питательной средой для бактерий, так как содержит большое количество свободной влаги, аминокислоты, пептиды и сахара. Присутствие бактерий на поверхности мяса зависит от условий окружающей среды и исходной обсемененности. Кроме того, мышечная ткань птицы содержит мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты, которые быстро окисляются под действием кислорода. Поэтому мясо, хранящееся на воздухе, подвержено быстрой микробиологической порче, что подтверждается результатами проведенного эксперимента.

Результаты таблицы 2 также показывают, что пленки с добавлением гидролизата белка оказывают ингибирующий эффект на рост бактерий, что связано с наличием в его составе активных пептидов, оказывающих разрушающее действие на клеточную мембрану бактерий, вызывая их гибель.

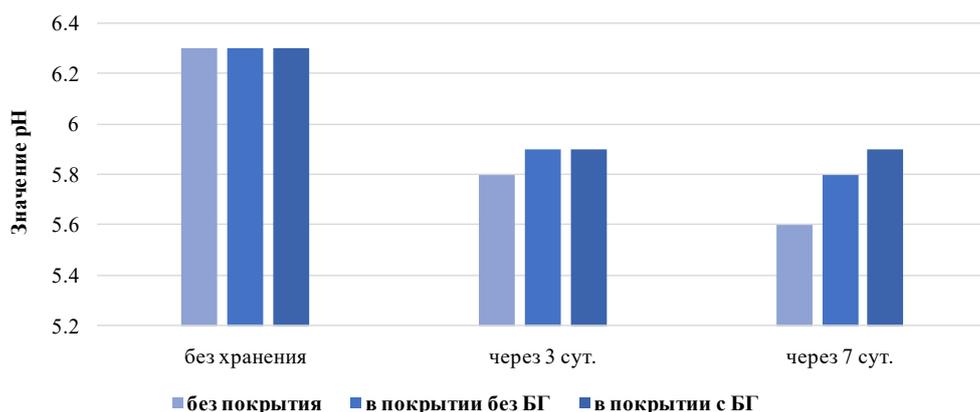


Рис. 4. Изменения pH образцов филе грудки цыпленка-бройлера в процессе хранения (БГ – белковый гидролизат)

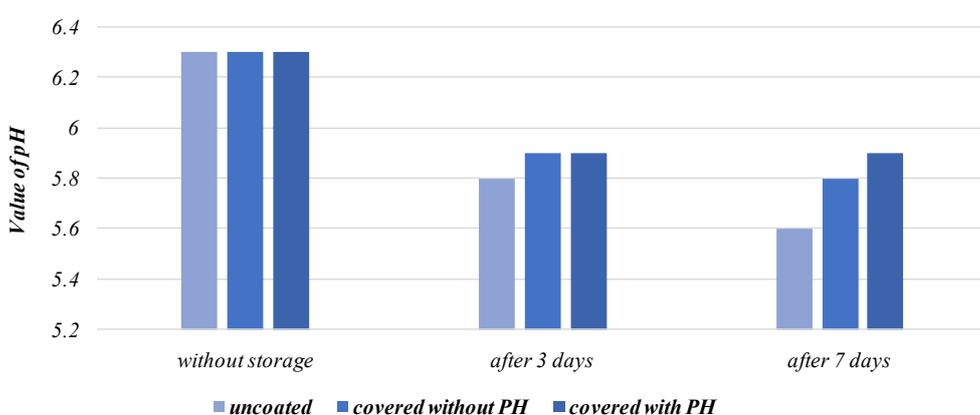


Fig. 4. Changes in pH of broiler chicken breast fillet samples during storage (PH – protein hydrolysate)

Таблица 2
Результаты микробиологических исследований филе грудки цыпленка-бройлера

Период хранения, суток	Содержание микроорганизмов в образцах филе грудки, КОЕ/г		
	В покрытии без БГ	В покрытии с 1 % БГ	Без покрытия
Общее микробное число			
0	$2,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$
3	$2,2 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^4$
7	$0,9 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$

Примечание. БГ – белковый гидролизат.

Table 2
Results of microbiological studies of broiler chicken breast fillet

Storage period, days	Content of microorganisms in breast fillet samples, CFU/g		
	In a coating without PH	In a coating with 1% of PH	Uncoated
Total microbial count			
0	$2.0 \cdot 10^3$	$2.0 \cdot 10^3$	$2.3 \cdot 10^3$
3	$2.2 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4$	$7.2 \cdot 10^4$
7	$0.9 \cdot 10^5$	$0.7 \cdot 10^5$	$1.4 \cdot 10^6$

Note. PH – protein hydrolysate.

В целом результаты изменений цветовых характеристик филе грудки в процессе хранения коррелируют с изменениями значений pH и общего микробного числа. Изменение цвета мяса происходит не только при окислении в воздушной среде, но и за счет накопления продуктов метаболизма микроорганизмов, вследствие чего происходит и изменение pH [20]. Альгинатное покрытие позволило не

только снизить негативное воздействие кислорода воздуха, но и за счет присутствия активного компонента замедлить окислительные и микробиологические процессы. Покрытие действовало как барьер для проникновения кислорода и приводило к снижению окисления миоглобина. Аналогичные эффекты установлены многими учеными при исследовании упакованных продуктов питания в био-

активные пленки и покрытия с введением в состав белковых гидролизатов [21].

Таким образом, результаты исследований показали эффективность использования альгинатного покрытия с добавлением белкового гидролизата для повышения микробиологической стабильности и более длительного сохранения свежести филе грудки цыпленка-бройлера при хранении, что в совокупности с другими эффектами белкового гидролизата обеспечивает увеличение сроков хранения.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведены исследования филе грудки цыпленка-бройлера, подвергнутого хранению в холодильной камере в течение 7 суток в упакованном виде – на поверхность мяса нанесено покрытие на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата. В качестве контроля выступал образец филе грудки без покрытия.

Результаты исследований показали, что в покрытии мясо лучше сохраняет внешний вид и цвет, содержание влаги остается на достаточно высоком уровне по сравнению с начальным значением и снижается усушка. Также установлено, что альгинатное покрытие обеспечивает микробиологическую стабильность филе грудки более длительное время по сравнению с контрольным образцом. При этом белковый гидролизат проявил антимикробную активность, в образце с добавлением в покрытие белкового гидролизата через 7 суток хранения выявлено наименьшее количество бактерий.

Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для обеспечения биологической безопасности мяса птицы при хранении.

Библиографический список

1. Маринченко Т. Е., Кузьмин В. Н., Кузьмина Т. Н., Королькова А. П., Горячева А. В., Скляр А. В., Гусев В. А., Зазыкина Л. А. Основные результаты реализации подпрограммы ФНТП для птицеводства России // Perfect Agriculture. 2024. № 2. С. 42–46.
2. Уажанова Р. У., Тютеебаева К. Е. Факторы, обуславливающие безопасность и качество мяса птицы // Вестник Алматинского технологического университета. 2022. № 2. С. 108–114. DOI: 10.48184/2304-568X-2022-1-108-114.
3. Pavelková A., Kačániová M., Horská E., Rovná K., Hleba L., Petrová J. The effect of vacuum packaging, EDTA, oregano and thyme oils on the microbiological quality of chicken's breast // Anaerobe. 2014. Vol. 29. Pp. 128–133. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2013.09.002.
4. Ермоленко З. М., Фурсова Н. К. Микробиологическая порча пищевых продуктов и перспективные направления борьбы с этим явлением // Бактериология. 2018. № 3 (3). С. 46–57. DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-46-57.
5. Дегтярь А. С., Семенченко С. В. Оптимальные сроки хранения охлажденного мяса индейки, обусловленные разными способами упаковки // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 4 (28). С. 30–37. DOI: 10.24411/2225-4269-2017-00043.
6. Ягодка Ю. В., Федюк В. В., Федюк Е. И., Семенченко С. В. Продолжительность хранения охлажденного мяса индейки при различных способах упаковки // Вестник КрасГАУ. 2018. № 1. С. 121–127.
7. Lashkari H., Halabinejad M., Rafati A., Namdar A. Shelf life extension of veal meat by edible coating incorporated with Zataria multiflora essential oil // Journal of Food Quality. 2020. Article number 8871857. DOI: 10.1155/2020/8871857.
8. Кюрегян Г. П., Кюрегян О. Д., Комаров Н. В., Дибирасулаев М. А. Пищевые пленкообразующие покрытия для мяса и мясных продуктов // Мясные технологии. 2011. № 6. С. 44–45.
9. Chaari M., Elhadef K., Akermi S., Ben Akacha B., Fourati M., Chakchouk Mtibaa A., Ennouri M., Sarkar T., Shariati M.A., Rebezov M., Abdelkafi S., Mellouli L., Smaoui S. Novel Active Food Packaging Films Based on Gelatin-Sodium Alginate Containing Beetroot Peel Extract // Antioxidants. 2022. Vol. 11. Article number 2095. DOI: 10.3390/antiox11112095.
10. Hu X., Yuan L., Han L., Li S., Song L. Characterization of Antioxidant and Antibacterial Gelatin Films Incorporated with Ginkgo Biloba Extract // RSC Advances. 2019. Vol. 9. Pp. 27449–27454. DOI: 10.1039/C9RA05788A.
11. Jastrzębska A., Kmiecik A., Gralak Z., Brzuzy K., Nowaczyk J., Cichosz M., Krzemiński M. P., Szlyk E. Determination of Biogenic Amine Level Variations upon Storage, in Chicken Breast Coated with Edible Protective Film // Foods. 2024. Vol. 13. Article number 985. DOI: 10.3390/foods13070985.
12. Silva S. J., Samba N., Mendes J., Pires J. R. A., Rodrigues C., Curto J., Gomes A., Fernando A. L., Silva L. Sustainable Food Packaging with Chitosan Biofilm Reinforced with Nanocellulose and Essential Oils // Macromol. 2023. Vol. 3. Pp. 704–722. DOI: 10.3390/macromol3040040.
13. Díaz-Montes E., Castro-Muñoz R. Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview // Foods. 2021. Vol. 10. Article number 249. DOI: 10.3390/foods10020249.

14. Zhang Y., Man J., Li J., Xing Z., Zhao B., Ji M., Xia H., Li J. Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 218. Pp. 519–532. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145.
15. Ercolini D., Russo F., Nasi A., Ferranti P., Villani F. Mesophilic and psychrotrophic bacteria from meat and their spoilage potential in vitro and in beef // *Applied and Environmental Microbiology*. 2009. Vol. 75. Pp. 1990–2001. DOI: 10.1128/AEM.02762-08.
16. Orkusz A., Rampanti G., Michalczuk M., Orkusz M., Foligni R. Impact of Refrigerated Storage on Microbial Growth, Color Stability, and pH of Turkey Thigh Muscles // *Microorganisms*. 2024. Vol. 12. Article number 1114. DOI: 10.3390/microorganisms12061114.
17. Xiong Y., Li S., Warner R. D., Fang Z. Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging // *Food Control*. 2020. Vol. 114. Article number 107226. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107226.
18. Souza V. G. L., Pires J. R. A., Rodrigues P. F., Lopes A. A. S., Fernandes F. M. B., Duarte M. P., Coelho I. M., Fernando A. L. Bionanocomposites of chitosan/montmorillonite incorporated with Rosmarinus officinalis essential oil: Development and physical characterization // *Food Packaging and Shelf Life*. 2018. Vol. 16. Pp. 148–156. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.009.
19. Pires J. R. A., Almeida K. M., Augusto A. S., Vieira É. T., Fernando A. L., Souza V. G. L. Application of Biocomposite Films of Chitosan/ Natural Active Compounds for Shelf Life Extension of Fresh Poultry Meat // *Journal of Composites Science*. 2022. Vol. 6. Article number 342. DOI: 10.3390/jcs6110342.
20. Denzer M. L., Kiyimba F., Mafi G. G., Ramanathan R. Metabolomics of Meat Color: Practical Implications // *Current Proteomics*. 2022. Vol. 19. Pp. 299–307. DOI: 10.2174/1570164619666211230153145.
21. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings – a review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 106. Pp. 298–311. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.022.

Об авторах:

Оксана Владимировна Зинина, доктор технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия; доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624. *E-mail: zinaov@susu.ru*

Светлана Павловна Меренкова, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия; ORCID 0000-0002-8795-1065, AuthorID 668876. *E-mail: merenkovasp@susu.ru*

Елена Александровна Вишнякова, лаборант-исследователь УНИД, Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия; ORCID 0000-0002-8557-9239, AuthorID 1152986. *E-mail: l_vishny@mail.ru*

Ольга Петровна Неверова, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. *E-mail: opneverova@mail.ru*

References

1. Marinchenko T. E., Kuz'min V. N., Kuz'mina T. N., Korol'kova A. P., Goryacheva A. V., Sklyar A. V., Gusev V. A., Zazykina L. A. Main results of the implementation of the FSTP subprogram for poultry farming in Russia. *Perfect Agriculture*. 2024; 2: 42–46. (In Russ.)
2. Uazhanov R. U., Tyutebayeva K. E. Factors determining the safety and quality of poultry meat. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2022; 2: 108–114. DOI: 10.48184/2304-568X-2022-1-108-114. (In Russ.)
3. Pavelková A., Kačániová M., Horská E., Rovná K., Hleba L., Petrová J. The effect of vacuum packaging, EDTA, oregano and thyme oils on the microbiological quality of chicken's breast. *Anaerobe*. 2014; 29: 128–133. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2013.09.002.
4. Ermolenko Z. M., Fursova N. K. Microbiological spoilage of food and promising approaches to combat the phenomenon. *Bacteriology*. 2018; 3 (3): 46–57. DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-46-57. (In Russ.)
5. Degtyar' A. S., Semenchenko S. V. The optimum shelf life of chilled turkey meat using different packaging methods. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2017; 4 (28): 30–37. DOI: 10.24411/2225-4269-2017-00043. (In Russ.)
6. Yagodka Yu. V., Fedyuk V. V., Fedyuk E. I., Semenchenko S. V. The duration of cooled turkey meat storage at different ways of packaging. *The Bulletin of KrasGAU*. 2018; 1: 121–127. (In Russ.)
7. Lashkari H., Halabinejad M., Rafati A., Namdar A. Shelf life extension of veal meat by edible coating incorporated with Zataria multiflora essential oil. *Journal of Food Quality*. 2020: 8871857. DOI: 10.1155/2020/8871857.

8. Kyuregyan G. P., Kyuregyan O. D., Komarov N. V., Dibirasulaev M. A. Food film-forming coatings for meat and meat products. *Meat Technologies*. 2011; 6: 44–45. (In Russ.)
9. Chaari M., Elhadef K., Akermi S., Ben Akacha B., Fourati M., Chakchouk Mtibaa A., Ennouri M., Sarkar T., Shariati M.A., Rebezov M., Abdelkafi S., Mellouli L., Smaoui S. Novel Active Food Packaging Films Based on Gelatin-Sodium Alginate Containing Beetroot Peel Extract. *Antioxidants*. 2022; 11: 2095. DOI: 10.3390/antiox11112095.
10. Hu X., Yuan L., Han L., Li S., Song L. Characterization of Antioxidant and Antibacterial Gelatin Films Incorporated with Ginkgo Biloba Extract. *RSC Advances*. 2019; 9: 27449–27454. DOI: 10.1039/C9RA05788A.
11. Jastrzębska A., Kmieciak A., Gralak Z., Brzuzy K., Nowaczyk J., Cichosz M., Krzemiński M. P., Szłyk E. Determination of Biogenic Amine Level Variations upon Storage, in Chicken Breast Coated with Edible Protective Film. *Foods*. 2024; 13: 985. DOI: 10.3390/foods13070985.
12. Silva S. J., Samba N., Mendes J., Pires J. R. A., Rodrigues C., Curto J., Gomes A., Fernando A. L., Silva L. Sustainable Food Packaging with Chitosan Biofilm Reinforced with Nanocellulose and Essential Oils. *Macromol*. 2023; 3: 704–722. DOI: 10.3390/macromol3040040.
13. Díaz-Montes E., Castro-Muñoz R. Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview. *Foods*. 2021; 10: 249. DOI: 10.3390/foods10020249.
14. Zhang Y., Man J., Li J., Xing Z., Zhao B., Ji M., Xia H., Li J. Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 218: 519–532. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145.
15. Ercolini D., Russo F., Nasi A., Ferranti P., Villani F. Mesophilic and psychrotrophic bacteria from meat and their spoilage potential in vitro and in beef. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75: 1990–2001. DOI: 10.1128/AEM.02762-08.
16. Orkusz A., Rampanti G., Michalczyk M., Orkusz M., Foligni R. Impact of Refrigerated Storage on Microbial Growth, Color Stability, and pH of Turkey Thigh Muscles. *Microorganisms*. 2024; 12: 1114. DOI: 10.3390/microorganisms12061114.
17. Xiong Y., Li S., Warner R. D., Fang Z. Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. *Food Control*. 2020; 114: 107226. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107226.
18. Souza V. G. L., Pires J. R. A., Rodrigues P. F., Lopes A. A. S., Fernandes F. M. B., Duarte M. P., Coelho I. M., Fernando A. L. Bionanocomposites of chitosan/montmorillonite incorporated with Rosmarinus officinalis essential oil: Development and physical characterization. *Food Packaging and Shelf Life*. 2018; 16: 148–156. DOI: 10.1016/j.foodpack.2018.03.009.
19. Pires J. R. A., Almeida K. M., Augusto A. S., Vieira É. T., Fernando A. L., Souza V. G. L. Application of Biocomposite Films of Chitosan/ Natural Active Compounds for Shelf Life Extension of Fresh Poultry Meat. *Journal of Composites Science*. 2022; 6: 342. DOI: 10.3390/jcs6110342.
20. Denzer M. L., Kiyimba F., Mafi G. G., Ramanathan R. Metabolomics of Meat Color: Practical Implications. *Current Proteomics*. 2022; 19: 299–307. DOI: 10.2174/1570164619666211230153145.
21. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020; 106: 298–311. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.022.

Authors' information:

Oksana V. Zinina, doctor of technical sciences, associate professor of the department of food and biotechnology, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia; associate professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624. *E-mail: zininaov@susu.ru*

Svetlana P. Merenkova, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of food and biotechnology, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia; ORCID 0000-0002-8795-1065, AuthorID 668876. *E-mail: merenkovasp@susu.ru*

Elena A. Vishnyakova, research laboratory assistant at the department of scientific and innovative activities, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia; ORCID 0000-0002-8557-9239, AuthorID 1152986. *E-mail: l_vishny@mail.ru*

Olga P. Neverova, candidate of biological sciences, head of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. *E-mail: opneverova@mail.ru*