



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.007

EDN: WJFMUZ

ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВОЙ БИОДЕГРАДИРУЕМОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО КОЛЛАГЕНА

Олеся Сергеевна Якубова ¹, Лидия Николаевна Вострикова ²,
Светлана Владимировна Еремеева ³, Аделя Адлеровна Кушбанова ⁴

^{1, 2, 3, 4} ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

¹ o.c.yakubova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2489-8041>

² lida.vostrikova.00@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-1324-759X>

³ eremeevasv71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5112-9101>

⁴ abaygalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5429-6693>

Аннотация. Упаковочные решения для хранения охлажденной продукции животного происхождения является активно развивающимся и востребованным нововведением в пищевой индустрии. Разработка и формирование бактериостатических свойств упаковочных материалов на основе природных биополимеров с высокими барьерными функциями – актуальное направление исследований. Цель работы – изучение свойств пленки на основе пищевого рыбного высокомолекулярного коллагена (рыбного желатина) с целью использования в качестве барьерного вкладыша (подложки) для обеспечения сохранения качества и товарного вида мясной продукции. В работе применены стандартные, регламентированные общепринятые и специальные методы. Определены органолептические и физические характеристики разработанной пищевой биodeградируемой пленки, установлены положительные структурно-механические и технологические свойства. Установлено, период хранения биodeградируемой пленки в сухой агрегатной форме с сохранением органолептических, физико-химических показателей качества, а также безопасности согласно ТР ТС 021/2011 составляет 200 суток при температуре воздуха не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %. Использование пищевой биodeградируемой пленки в качестве подложки позволяет подавлять активное развитие микроорганизмов в течение 3-х и 5-ти суток в зависимости от наличия консервантов, что способствует сохранности охлажденных мясных полуфабрикатов. Использование водного раствора бензоата натрия и низина в концентрации 0,5 г и 0,001 г на 100 г позволяет продлить срок хранения мясных полуфабрикатов до 5 суток. Даны рекомендации с учетом значения КМАФАнМ по срокам хранения для различных охлажденных мясных полуфабрикатов с использованием подложки на основе биodeградируемой пленки с рыбным желатином при температуре не выше +5 °С.

Ключевые слова: биотехнология, коллагеновые биополимеры, рыбный коллаген, рыбный желатин, биodeградируемая пленка, пищевая индустрия, продукция мясной промышленности, полуфабрикаты мясные.

Благодарности. Данная научно-исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке грантодателя Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере («Фонд содействия инновациям») в рамках договора № 18575ГУ/2023 от 24.08.2023 г.

Для цитирования: Якубова О. С., Вострикова Л. Н., Еремеева С. В., Кушбанова А. А. Формирование бактериостатических свойств пищевой биodeградируемой пленки на основе рыбного коллагена // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 46–52. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.007. EDN: <https://elibrary.ru/WJFMUZ>.

Original article

FORMATION OF BACTERIOSTATIC PROPERTIES OF FOOD BIODEGRADABLE FILM BASED ON FISH COLLAGEN

Olesya S. Yakubova ¹, Lidiya N. Vostrikova ², Svetlana V. Ereemeeva ³,
Adelya A. Kushbanova ⁴

^{1, 2, 3, 4} Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

¹ o.c.yakubova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2489-8041>

² lida.vostrikova.00@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-1324-759X>

³ eremeevasv71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5112-9101>

⁴ abaygalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5429-6693>

Abstract. Packaging solutions for storage of chilled products of animal origin is an actively developing and demanded innovation in the food industry. Development and formation of bacteriostatic properties of packaging materials

© Якубова О. С., Вострикова Л. Н., Еремеева С. В., Кушбанова А. А., 2025

ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВОЙ БИОДЕГРАДИРУЕМОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО КОЛЛАГЕНА

based on natural biopolymers with high barrier functions is an actual direction of research. The aim of the work is to study the properties of the film based on food fish high-molecular collagen (fish gelatin) in order to use it as a barrier liner (substrate) to ensure the preservation of quality and commercial appearance of meat products. Standard, regulated common and special methods were applied in the work. Organoleptic and physical characteristics of the developed food biodegradable film have been determined, positive structural-mechanical and technological properties have been established. It has been established that the storage period of biodegradable film in dry aggregate form with preservation of organoleptic, physico-chemical quality and safety parameters according to TP TC 021/2011 is 200 days at air temperature not higher than 25 °C and relative air humidity not more than 70 %. The use of food biodegradable film as a substrate allows to suppress the active development of microorganisms during 3 and 5 days depending on the presence of preservatives, which contributes to the safety of chilled meat semi-finished products. The use of aqueous solution of sodium benzoate and nisin in concentration of 0,5 g and 0,001 g per 100 g allows to prolong the shelf life of meat semi-finished products up to 5 days. Recommendations are given taking into account the value of CMAFANM on storage time for various chilled meat semi-finished products with the use of a substrate based on biodegradable film with fish gelatin at a temperature not higher than +5 °C.

Keywords: biotechnology, collagen biopolymers, fish collagen, fish gelatin, biodegradable film, food industry, meat industry products, semi-finished meat products.

Acknowledgements. This research work was performed with the financial support of the grantor of the Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises in the Scientific and Technical Sphere («Foundation for Assistance to Innovations»), under the contract No. 18575GU/2023 dated 24.08.2023.

For citation: Yakubova, O.S., Vostrikova, L.N., Ereemeeva, S.V. & Kushbanova, A.A. (2025). Formation of bacteriostatic properties of food biodegradable film based on fish collagen. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 46-52. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.007. EDN: <https://elibrary.ru/WJFMUZ>.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного мира и глобальных экологических проблем, обусловленных хозяйственной и производственной деятельностью человека, актуально исследование свойств и процессов получения биodeградируемых материалов, производимых из натурального сырья и имеющих высокую экологичность. Биodeградируемые материалы с использованием нативной полимерной основы отличаются безопасностью, экологичностью, а также высокими значениями функционально-технологических, органолептических и механических свойств, что позволяет сформировать определенные конкурентные преимущества перед химическими синтетическими полимерами.

Создание биodeградируемых пищевых нетоксичных материалов нового поколения с высокими экологическими и барьерными свойствами – актуальная тенденция в условиях глобальных экологических проблем и загрязнения окружающей среды. Такие упаковочные материалы легко утилизируются и способны обеспечить надежную защиту продуктов от вредных факторов [9, 13, 14].

Рыбный коллаген и продукты его переработки, такие как желатин, являются биополимерами. Рыбный желатин пищевой безопасен, органолептически нейтрален, совместим с разными компонентами, обладает способностью к модификации свойств [1, 7, 8]. Биodeградируемые пленки на основе полимерной матрицы коллагена соответствуют современным экологическим требованиям и вырабатываются на основе натурального полимера, который, в свою очередь, получен из вторичных рыбных ресурсов [10, 11]. В связи с этим, коллаген и продукты его переработки могут образовывать композиции с разными веществами и выступать полимерной основой для изготовления биodeградируемых материалов.

Многогранность свойств продукции из коллагена позволяет изготавливать упаковки с разными функциональными свойствами и назначением.

Известны технологии изготовления гладких, тонких и прозрачных пленок из желатина пищевого назначения [13, 14], а также биodeградируемые пленочные композиции медицинского назначения из рыбного желатина [2, 3, 12].

В связи с вышеизложенным, цель настоящего исследования заключается в изучении свойств пленки на основе рыбного желатина, которая используется в качестве вкладыша в основную упаковку для обеспечения сохранения качества и товарного вида полуфабрикатов продуктов в процессе хранения и реализации. Функциональное назначение такой пленки заключается в адсорбировании излишней влаги (мясного сока), отделившейся в процессе хранения охлажденной продукции животного происхождения (в частности, полуфабрикатов из мяса, птицы, субпродуктов) и увеличении сроков хранения такой продукции.

МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали высокомолекулярный коллаген рыбного происхождения – желатин рыбный пищевой по ТУ 20.59.60-002-40749995-2020, изготовленный из вторичных коллагенсодержащих рыбных ресурсов по запатентованной технологии (патент РФ № 2722210, ООО «Биополимер-НЕО», г. Астрахань) [4], пищевой агар (ООО «Айдиго», г. Екатеринбург). Питиевая вода (ГОСТ 32220-2013) была использована в качестве основы при приготовлении растворов пленочных композиций.

Образцы биodeградируемых пленочных композиций получали следующим образом: массу композиционного биополимера (пищевого рыбного желатина и агара) взбивали до образования пены с последующим замораживанием в силиконовых формах при температуре минус 16–18 °C, продолжительность – 10 минут, и высушиванием конвективным способом в сушильном шкафу при температуре 20–24 °C до содержания влаги 16–20 %. Полученная пленка далее подвергалась термической обработке в сушильном шкафу при температуре 140±2 °C, продолжитель-

ность – 20 минут, с последующим охлаждением до комнатной температуры.

Лабораторная материально-техническая база для проведения экспериментальных и аналитических исследований – кафедры «Технология товаров и товароведение», «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «АГТУ».

Методология проведения исследований включала в себя применение органолептических, микробиологических и статистических методов.

Лабораторным инструментарием для оценки структуры биodeградируемой пленки являлся бинокулярный микроскоп «Биомед 3». При этом для оценки микроструктуры разработанной пленки предварительно подготовили на микротоме срез толщиной 300–500 мкм.

Органолептический анализ проводился с учетом ГОСТ ISO 5492-2014, ГОСТ ISO 11036-2017, ГОСТ 33837-2022. Физические характеристики пленки оценивали с учетом ГОСТ 33837-2022, ГОСТ 25250-2023, ГОСТ 10354-82. Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94.

Для достоверности результатов экспериментальные данные статистически обрабатывали по общепринятым методикам и алгоритмам анализа при вероятности вывода 90–95 %, аналитические измерения проводили не менее чем в 3-х кратных повторностях, для обработки данных использовали стандартные программы Microsoft Office 2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученная пищевая биodeградируемая пленка представляет собой пластину белого цвета пористой структуры толщиной 3 мм (рисунок 1) [6].



Рисунок 1 – Внешний вид разработанной пленки

Figure 1 – Appearance of the developed film

Микроструктура разработанной пленки при микроскопическом исследовании в проходящем свете при увеличении в 40 раз представлена на рисунке 2.

На рисунках 1 и 2 видно, что разработанная пищевая биodeградируемая пленка отличается равномерной пористой структурой, представленной в виде пузырьков воздуха в оболочке биополимера. Изображения внешнего вида и микроструктуры термически обработанной пленки (ри-

сунки 1, 2) свидетельствуют о рациональных режимах и параметрах термической модификации в технологии изготовления.



Рисунок 2 – Микроструктура разработанной пленки

Figure 2 – Microstructure of developed film

Готовая пленка отличается эластичностью и плотностью, при этом не скручивается в рулон. Структура пленки позволяет механически делить ее на части в зависимости от заданных геометрических параметров. Для проведения исследований пленку разрезали механическим способом ножницами на пластины разных размерных характеристик в зависимости от размера потребительской упаковки. Далее пленки упаковывали в пакет из полиэтилена плотностью 30 мкм с застежкой zip-lock для обеспечения герметичности и хранили при температуре воздуха не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %.

Органолептические показатели пленки на основе рыбного коллагена в процессе хранения в сухом виде представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели пленки на основе рыбного коллагена

Table 1 – Organoleptic parameters of the film based on fish collagen

Наименование показателя	Значения показателей после суток хранения		
	1	100	200
внешний вид	пористая на поверхности и в разрезе, без посторонних инородных включений, крупных трещин и пустот, без хрупких зон		
цвет	белый, допускается бежевый оттенок		
вкус и запах	нейтральные, отсутствие в составе уксусной кислоты		
текстура	эластичная, пористая		

Из таблицы 1 видно, что предлагаемая пленка обладает эластичностью, пористостью, органолептической нейтральностью. Дефекты внешнего вида отсутствуют. Разработанная биodeградируемая пленка имеет широкую сферу применения для упаковки разных видов пищевой продукции, что обусловлено отсутствием в составе уксусной кислоты и органолептической нейтральностью пленки. Органолептические показатели качества пленки

ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВОЙ БИОДЕГРАДИРУЕМОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО КОЛЛАГЕНА

в части внешнего вида, текстуры, цвета, запаха на протяжении всего периода хранения (1; 100 и 200 суток хранения) оставались неизменными.

В таблице 2 представлены физические характеристики биodeградируемой пленки в процессе хранения, характеризующие влагопоглощение и влагостойкость.

Таблица 2 – Физические характеристики пленки на основе рыбного коллагена

Table 2 – Physical characteristics of the film based on fish collagen

Наименование показателя	Значения показателей после суток хранения		
	1	100	200
Толщина, мм	2–3		
pH	5,2		
Плотность (среднее значение), г/см ³	0,161		
Влажность, %	16–20		
Температура и продолжительность растворения в воде	при температуре 2–4 °C в течение 120 часов; при температуре 60±2 °C в течение 40 минут		

Из таблицы 2 видно, что пленка имеет толщину 2–3 мм, которая в совокупности с её пористой структурой позволяет впитывать большое количество жидкости, отделяющейся при холодильном хранении полуфабрикатов. Это способствует сохранению внешнего вида и качества продукции при хранении и реализации. Разработанная биodeградируемая пленка отличается влагостойкостью, что позволяет не растворяться в воде при температуре 2–4 °C в течение 120 часов, при температуре 60±2 °C в течение 40 минут. Физические показатели качества биodeградируемой пленки на протяжении всего периода хранения (1; 100 и 200 суток хранения) не менялись.

Микробиологическая безопасность биodeградируемой пленки в сухом виде представлена в таблице 3. При этом пленка размещалась в герметичной упаковке, условия хранения – температура воздуха не выше 25 °C и относительная влажность воздуха – не более 70 %.

Результаты микробиологических исследований (таблица 3) свидетельствуют о том, что разработанная пленка в течение 200 суток хранения при температуре воздуха не выше 25 °C и относительной влажности воздуха не более 70 % сохраняет показатели безопасности в рамках регламентированных значений для пищевой продукции согласно ТР ТС 021/2011.

Многие охлажденные полуфабрикаты (например, мясные, птичные) в процессе хранения и реализации выделяют мясной сок, что создаёт благоприятную среду для развития микроорганизмов и ускоряет порчу продукции. Допустимые уровни значения показателя КМАФАнМ для охлажденных мясных и птичных полуфабрикатов могут составлять от 1,0x10³ до 5,0x10⁶ КОЕ/г (согласно ТР ТС 021/2011, ТР ТС 034/2013). Срок хранения таких полуфабрикатов в зависимости от происхождения и способа разделки составляет от 2 до 3 суток.

Таблица 3 – Микробиологические показатели безопасности пленки в процессе хранения в сухом виде

Table 3 – Microbiological indicators of film safety during dry storage

Наименование показателя	Значения показателей после суток хранения			Нормируемые показатели
	1	100	200	
КМАФАнМ, КОЕ/г	3,1·10 ¹	1,5·10 ²	9,4·10 ²	не более 1·10 ⁴
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	отсутствуют в 25 г			отсутствуют в 25 г
Бактерии <i>Listeria monocytogenes</i>	отсутствуют в 25 г			отсутствуют в 25 г
Бактерии группы кишечной палочки (БГКП)	отсутствуют в 0,1			отсутствуют в 0,1
Бактерии <i>Staphylococcus aureus</i>	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г
Бактерии рода <i>Proteus</i>	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г
Сульфитредуцирующие клостридии	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г
<i>Escherichia coli</i>	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г
Количество дрожжей	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г
Количество плесневых грибов	отсутствуют в 1,0 г			отсутствуют в 1,0 г

Для увеличения сроков хранения охлажденных мясных и птичных полуфабрикатов использовали подложку из пленки на основе желатина рыбного происхождения. В качестве одного из вариантов для повышения бактериостатической активности пленки является обработка смесью консервантов разного действия, разрешённых для пищевых целей в соответствии с регламентированными требованиями. Первый консервант – бензоат натрия – влияет на подавление активности каталазы и пероксидазы, в результате чего накапливается перекись водорода, замедляющая обмен веществ и развитие дрожжей и плесневых грибов. Второй консервант – низин – является природным антимикробным пептидом, продуцируемым *Lactococcus lactis subsp. lactis*, который эффективно ингибирует грамположительные бактерии [5].

На поверхность пленки наносили методом орошения с помощью распылителя водный раствор консервантов в количестве 0,5 г бензоата натрия и 0,001 г низина на 100 г. Затем высушивали пленки до содержания влаги не более 16%. Для проведения модельных опытов использовали в качестве подложки образцы пленок без обработки консервантами (образец 1) и образцы пленок, обработанные смесью консервантов (образец 2). Для определения свойств подложки из пленки при хранении на ней охлажденных полуфабрикатов использовали модельный мясной сок. Технология приготовления модельного сока следующая: взвешивание навески филе цыпленка 20 г (абсолютная погрешность – не более 0,01 г); зали-

вание дистиллированной водой при температуре 18–20 °С на 3/4 объема в мерной колбе ($V = 200 \text{ см}^3$); периодическое помешивание и настаивание в течение 30 минут; фильтрование посредством ватно-марлевого фильтра и доведение объема водой до метки; размещение пленок в стерильные чашки Петри и проливание мясным соком в соотношении 1:20; холодильное хранение при температуре 4 °С. В качестве контроля исследовали мясной сок без подложек.

Определяли КМАФАнМ образцов с периодичностью контроля согласно МУК 4.2.1847-04 для установления предполагаемого срока хранения полуфабрикатов (таблица 4).

Таблица 4 – Периодичность контроля для предполагаемого срока хранения охлажденных мясных и птичьих полуфабрикатов

Table 4 – Inspection intervals for the expected shelf life of chilled meat and poultry semi-finished products

Предполагаемый срок годности	Периодичность контроля – контрольные точки проведения исследований				
	Сутки хранения				
	Полуфабрикаты мясные; полуфабрикаты птичьи				
1–2 суток	после выработки (Фон)	2	3		
3 суток	Фон	3	5		
5–7 суток	Фон		5	7	10

Численность микроорганизмов определяли до тех пор, пока она не превысит нормируемых ТР ТС 021/2011 показателей для охлажденных мясных и птичьих полуфабрикатов.

Результаты эффективности применения биодеградируемой пленки в модельных опытах представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Определение предполагаемого срока хранения охлажденных полуфабрикатов в модельном эксперименте

Table 5 – Determination of the estimated shelf life of chilled semi-finished products in the modelling experiment

Наименование образца	КМАФАнМ, КОЕ/г в процессе холодильного хранения, сут.				
	после выработки (Фон)	2	3	5	7
*	$8,8 \times 10^3$	$5,0 \times 10^5$	$5,5 \times 10^6$	–	
**	$4,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^5$	$5,5 \times 10^6$
***	10	$1,0 \times 10^2$	$2,7 \times 10^3$	$1,0 \times 10^5$	$5,0 \times 10^6$

Примечание: * – мясной сок (модель); ** – образец 1 (подложка + мясной сок); *** – образец 2 – (подложка + консерванты + мясной сок).

Результаты исследований (таблица 5) показали, что модельный мясной сок на 2 сутки холодильного хранения имеет значение КМАФАнМ $5,0 \times 10^5$ КОЕ/мл, что превышает нормативные значения для большей части мясной и птичьей охлажденной продукции. Только полуфабрикаты мясные бескостные охлажденные маринованные, тушки и мясо птицы фасованное соответствуют такому нормативу.

Показатель КМАФАнМ образцов подложки, смоченных модельным мясным соком, определен на уровне $1,0-5,0 \times 10^2$ КОЕ/г, как для подложки без консервантов, так и при обработке ее консервантами, что ниже нормативных на 2–3 порядка. Таким образом, отмечено бактериостатическое действие подложки из пленки на КМАФАнМ, которое в

3 раза ниже численности микроорганизмов в модельном мясном соке.

На 3 сутки хранения численность микроорганизмов в подложке, обработанной консервантами, ниже на 1 порядок, чем в необработанной. Мясной сок на 3 сутки хранения по показателю КМАФАнМ превышает норму ТР ТС 021/2011 для всех охлажденных полуфабрикатов.

На 5 сутки холодильного хранения значения КМАФАнМ в образцах подложки 1 и 2 составило $3,0 \times 10^5$ и $1,0 \times 10^5$ КОЕ/г соответственно, что позволяет хранить с их использованием до 3 суток большой круг охлажденных полуфабрикатов, в числе которых полуфабрикаты из мяса птицы натуральные: мясокостные, бескостные без панировки.

На 7 сутки хранения подложки без консервантов (образца 1) значение КМАФАнМ составило $5,5 \times 10^6$ КОЕ/г, что превышает регламентированный уровень микробиологической безопасности для любых охлажденных полуфабрикатов. Полученные данные позволяют предложить данную пленку для хранения охлажденных полуфабрикатов, срок хранения которых не превышает 3 суток.

Однако в образце 2 (подложка, обработанная консервантами) численность на 7 сутки хранения составила $5,0 \times 10^6$ КОЕ/г, что позволит ее использовать для хранения в течение 5 суток охлажденных мясных рубленых порционных полуфабрикатов, изготовленных путем формования и измельчения мясного сырья (например, фарш), а также кусковых полуфабрикатов, изготовленных из мяса на кости.

По показателю КМАФАнМ с учетом ТР ТС 021/2011, ТР ТС 034/2013 могут быть даны рекомендации, представленные в таблице 6, по срокам хранения для различных продуктов с использованием подложек из пленки на основе пищевого рыбного желатина при температуре в холодильнике не выше +5 °С.

Таблица 6 – Рекомендации по срокам хранения для охлажденных продуктов с использованием подложек из пленки

Table 6 – Shelf life recommendations for chilled products using film liners

Допустимые уровни КМАФАнМ, КОЕ/г	Группа охлажденных полуфабрикатов	Номер образца подложки	Срок хранения, сут
1	2	3	4
1×10^3	Охлажденное мясо (всех видов убойных животных); Тушки и части тушек птицы и изделия из них запеченные, варено-копченые, копченые, сырокопченые, сыровяленые; в т.ч. рубленые	1,2	2
2×10^3	Колбасы кровяные, ливерные, зельцы, сальтисоны; Желированные продукты из мяса и птицы; Паштеты из мяса птицы;	1,2	2
1×10^4	Мясо охлажденное в отрубях, упакованное под вакуумом или в модифицированную газовую атмосферу; Тушки и мясо птицы охлажденное	1,2	3

ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВОЙ БИОДЕГРАДИРУЕМОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО КОЛЛАГЕНА

Продолжение таблицы 6 / Continuation of table 6

1	2	3	4
1х10 ⁵	Полуфабрикаты из мяса птицы натуральные: мясокостные, бескостные без панировки	2	5
5х10 ⁵	Полуфабрикаты мясные бескостные (охлажденные), в том числе маринованные: крупнокусковые; Тушки и мясо птицы фасованное охлажденное	1,2	5
1х10 ⁶	Полуфабрикаты мясные бескостные (охлажденные), в том числе маринованные мелкокусковые. Полуфабрикаты из мяса птицы натуральные: мясокостные, бескостные в панировке, со специями, соусом, маринованные; Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые (охлажденные); Мясо птицы механической обвалки, костный остаток охлажденные, полуфабрикат костный; Кожа птицы; Субпродукты птицы и полуфабрикаты из них	1,2	5
2х10 ⁶	Полуфабрикаты мясные рубленые (охлажденные) в тестовой оболочке, фаршированные (голубцы, кабачки), полуфабрикаты мясосодержажие рубленые	1,2	5
5х10 ⁶	Полуфабрикаты мясные рубленые (охлажденные): формованные, в т.ч. панированные; Фарш говяжий, свиной, из мяса других убойных животных; Полуфабрикаты мясокостные (крупнокусковые, порционные, мелкокусковые)	2	5

Как правило, гарантийный срок хранения пищевых пленок составляет 12 месяцев. Установление возможности пролонгированного срока хранения разработанных пленок в сухом агрегатном состоянии, а также определение условий хранения может являться предметом дальнейших исследований в рамках санитарно-эпидемиологической оценки обоснования данных показателей с учетом нормативных требований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о возможности получения пленки с равномерной пористой структурой на основе пищевого рыбного желатина. Разработанная готовая пленка отличается эластичностью и плотностью, высокими функционально-технологическими свойствами, структурно представлена в виде пузырьков воздуха в оболочке биополимера. Разработанная пленка отличается: толщиной (2–3 мм); влажностью (16–20 %); плотностью (0,161 г/см³). Органолептические и физические характеристики биodeградируемой пленки в сухом

агрегатном состоянии на протяжении всего периода хранения (1; 100 и 200 суток) оставались неизменными.

Период хранения пленки без признаков микробиологической порчи составляет 200 суток при температуре воздуха не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %.

Использование подложки из биodeградируемой пленки на основе пищевого желатина рыбного происхождения способствует сохранности охлажденных мясных полуфабрикатов и не позволяет активно развиваться микроорганизмам на протяжении 3 суток при использовании подложки без консервантов и 5 суток – при использовании подложки с консервантами, такими как бензоат натрия и низин, в концентрации 0,5 г и 0,001 г на 100 г соответственно.

Рекомендации по срокам хранения (от 2 до 5 суток) представлены для различных групп охлажденных мясных полуфабрикатов в зависимости от способа разделки, степени технологической обработки, наличия вкусовых добавок, типа обработки поверхности и других факторов.

Проведенные исследования имеют важное практическое значение, т.к. позволяют расширить ассортимент современных упаковочных материалов. Функционально-технологические и бактериостатические свойства биodeградируемой пленки, используемой в качестве вкладыша в основную упаковку, позволяют увеличить сроки хранения и сформировать рекомендации по срокам хранения для охлажденных мясных полуфабрикатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Коллагены: источники, свойства, применение. Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2014. 512 с.
2. Артикходжаева Б.А. Характеристики раневых покрытий и перевязочных материалов на основе природных и синтетических полимеров (обзорная статья) // Innovations in Technology and Science Education. 2023. Т. 2. № 10. С. 428–438.
3. Биосовместимые и биodeградируемые раневые покрытия на основе полисахаридов из морских водорослей (обзор литературы) / Т.А. Кузнецова [и др.] // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2020. Т. 179, № 4. С. 109–115.
4. Способ получения рыбного желатина: пат. 2722210 Рос. Федерация № 2019141779 ; заявл. 16.12.2019 ; опубл. 28.05.2020. Бюл. № 16.
5. Червоткина Д.Р., Борисова А.В. Антимикробные препараты природного происхождения : обзор свойств и перспективы применения // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. № 2(41). С. 254–267. DOI: 10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267.
6. Якубова О.С., Вострикова Л.Н., Кушбанова А.А. Формирование свойств биodeградируемых пленок на основе рыбного желатина // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыб. хоз-во. 2024. № 2. С. 118–127. Doi: 10.24143/2073-5529-2024-2-118-127.
7. Якубова О.С., Бекешева А.А. Обоснование регламентируемых показателей качества пищевого рыбного желатина // Индустрия питания. Food Industry. 2018. Т. 3. № 4. С. 60–65. Doi: 10.29141/2500-1922-2018-3-4-7.
8. Якубова О.С., Бекешева А.А. Научное обоснование физических свойств рыбного желатина // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыб. хоз-во. 2018. № 3. С. 132–140. Doi: 10.24143/2073-5529-2017-3-132-140.
9. Abdullah, Jiyang Cai, Muhammad Adnan Hafeez.

Biopolymer-based functional films for packaging applications: A review // *Front. Nutr.*, 22 August 2022 Sec. Nutrition and Food Science Technology Volume 9, 2022. doi: 10.3389/fnut.2022.1000116.

10. Ainaz Alizadeh, Somayyeh Behfar. Properties of collagen based edible films in food packaging: A review // *Annals of Biological Research*, 2013, 4 (2):253–256.

11. Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering / Hafez Jafari [and etc.] // *Polymers* 2020, 12, 2230; doi: 10.3390/polym12102230.

12. Maya Raman, K. Gopakumar. Fish Collagen and its Applications in Food and Pharmaceutical Industry: A Review // *EC Nutrition* 13.12. (2018): 752–767.

13. Optimizing a bionanocomposite film for active food packaging with pectin, gelatin, and chestnut shell extract-loaded zein nanoparticles / Dilara Konuk Takma [and etc.] // *Food Packaging and Shelf Life*, 2024, Volume 42, 101243. doi: org/10.1016/j.fpsl.2024.101243.

14. Preparation and characterization of gelatin / Kappa-carrageenan halochromic films containing curcumin for active and smart food packaging / Ali Rezaei [and etc.] // *Food Bioscience*, 2024, Volume 62, 105304. doi: org/10.1016/j.fbio.2024.105304.

Информация об авторах

О. С. Якубова – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии товаров и товароведения, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

Л. Н. Вострикова – аспирант 1-го курса по направлению 4.3.3 «Пищевые системы», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

С. В. Еремеева – канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

А. А. Кушбанова – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии товаров и товароведения, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

REFERENCES

1. Antipova, L.V. & Storublevcev, S.A. (2014). *Collagens: sources, properties, application*. Voronezh. VGUIT. (In Russ).

2. Artikhodzhayeva, B.A. (2023). Characteristics of wound coatings and dressings based on natural and synthetic polymers (review article). *Innovations in Technology and Science Education*, (2)(10), 428-438. (In Russ).

3. Kuznecova, T.A., Besednova, N.N., Usov, V.V. & Andryukov, B.G. (2020). Biocompatible and biodegradable wound coatings based on seaweed polysaccharides (literature review). *Bulletin of Surgery named after I.I. Grekov*, (179 (4), 109-115. (In Russ).

4. Yakubova, O.S. & Bekesheva, A.A. (2020). Method of obtaining fish gelatin. Pat. 2722210. *Russian Federation*, published on 28.05.2020. Bull. No. 16. (In Russ).

5. Chervotkina, D.R. & Borisova, A.V. (2022). Antimi-

crobials of natural origin: a review of properties and prospects of application. *Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology*, (12) 2(41), 254-267. (In Russ). DOI: 10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267.

6. Yakubova, O.S., Vostrikova, L.N. & Kushbanova, A.A. (2024). Formation of properties of biodegradable films based on fish gelatin. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series Fishery*, (2), 118-127. (In Russ). Doi: 10.24143/2073-5529-2024-2-118-127.

7. Yakubova, O.S. & Bekesheva, A.A. (2018). Justification of regulated quality indicators of food fish gelatin. *Food Industry*, (3 (4), 60-65. (In Russ). Doi: 10.29141/2500-1922-2018-3-4-7.

8. Yakubova, O.S. & Bekesheva, A.A. (2018). Scientific substantiation of physical properties of fish gelatin. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series Fishery*, (3), 132-140. (In Russ). Doi: 10.24143/2073-5529-2017-3-132-140.

9. Abdullah, Jiyang Cai, Muhammad Adnan Hafeez. Biopolymer-based functional films for packaging applications: A review // *Front. Nutr.*, 22 August 2022 Sec. Nutrition and Food Science Technology Volume 9, 2022. doi: 10.3389/fnut.2022.1000116.

10. Ainaz Alizadeh, Somayyeh Behfar. Properties of collagen based edible films in food packaging: A review // *Annals of Biological Research*, 2013, 4 (2):253-256.

11. Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering / Hafez Jafari [and etc.] // *Polymers* 2020, 12, 2230; doi: 10.3390/polym12102230.

12. Maya Raman, K. Gopakumar. Fish Collagen and its Applications in Food and Pharmaceutical Industry: A Review // *EC Nutrition* 13.12 (2018): 752-767.

13. Optimizing a bionanocomposite film for active food packaging with pectin, gelatin, and chestnut shell extract-loaded zein nanoparticles / Dilara Konuk Takma [and etc.] // *Food Packaging and Shelf Life*, 2024, Volume 42, 101243. doi: org/10.1016/j.fpsl.2024.101243.

14. Preparation and characterization of gelatin/Kappa-carrageenan halochromic films containing curcumin for active and smart food packaging / Ali Rezaei [and etc.] // *Food Bioscience*, 2024, Volume 62, 105304. doi: org/10.1016/j.fbio.2024.105304.

Information about the authors

O.S. Yakubova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of goods and commodity science, Astrakhan State Technical University.

L.N. Vostrikova - 1st year postgraduate student in direction 4.3.3 «Food Systems», Astrakhan State Technical University.

S.V. Eremeeva - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Biology and Microbiology, Astrakhan State Technical University.

A.A. Kushbanova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of goods and commodity science, Astrakhan State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30 октября 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 30 Oct 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.