

ВЛИЯНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ИХТИОЖЕЛАТИНОВОЙ ПЛЕНКИ НА КАЧЕСТВО МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

С.В. Еремеева, *eremeevasv71@mail.ru*

О.Д. Сергазиева, *ahiles-7575@mail.ru*

О.Б. Сопрунова, *soprunova@mail.ru*

О.И. Жукова, *zhukovaoi7373@mail.ru*

Д.В. Олдырев, *daniloldyrev@gmail.com*

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. Применение биоразлагаемых и съедобных покрытий для сохранения пищевых продуктов является перспективным направлением, поскольку позволяет создавать биodeградируемые упаковки на основе дешевых биоотходов, обладающие антимикробными свойствами. Широкое распространение получили пленки на основе таких природных компонентов, как полисахариды (крахмал, целлюлоза, хитозан), белки (желатин, казеин), а также липиды и их производные. Такие защитные покрытия в 1,5 раза уменьшают интенсивность развития микрофлоры в пищевых продуктах и пролонгируют сроки хранения замороженных и охлажденных продуктов в 1,3–2,5 раза. В работе представлены результаты изучения свойств биоразлагаемой съедобной пленки на основе ихтиожелатина, полученного из рыбной чешуи, и возможности применения ее для увеличения срока хранения некоторых замороженных полуфабрикатов. Свежеизготовленная ихтиожелатиновая пленка имеет неоднородную структуру с ворсистыми волокнами и включениями. Ихтиожелатиновая пленка устойчива в хранении при температуре 24 °С в течение 3–5 недель, патогенные микроорганизмы и микроорганизмы порчи не обнаруживаются ни на одной точке контроля. Хранение более 5 недель и при повышенных температурах (37 и 42 °С) повышает количество МАФАНМ в 1,2–1,4 раза. Время биоразложения пленки в естественных условиях составляет от 2 до 8 недель, что свидетельствует о ее высоких биodeградебельных свойствах. За 5 недель большая часть пленки разлагается в почве, через 8 недель полностью разрушается. В горячей воде пленка растворяется без остатка и постороннего запаха. При определении предполагаемого срока годности продукта, упакованного в биоразлагаемую пленку, обнаружили отсутствие условно-патогенных, патогенных микроорганизмов (БГКП, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*), микроорганизмов порчи (плесневые грибы) в течение 60 суток, что соответствует требованиям ТР ТС 021/2011. Упаковка полуфабриката в ихтиожелатиновую пленку пролонгирует срок хранения в 2 раза (от 30 до 60 суток) при температуре хранения (-10 ± 1) °С.

Ключевые слова: замороженные полуфабрикаты, биоразлагаемая пленка, ихтиожелатин, срок хранения, санитарно-микробиологическая оценка

Для цитирования: Влияние биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки на качество мясных полуфабрикатов при хранении / С.В. Еремеева, О.Д. Сергазиева, О.Б. Сопрунова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 3. С. 64–74. DOI: 10.14529/food230308

Original article
DOI: 10.14529/food230308

THE EFFECT OF BIODEGRADABLE ICHTHYOGELATIN FILM ON THE QUALITY OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS DURING STORAGE

S.V. Eremeeva, eremeevasv71@mail.ru

O.D. Sergazieva, ahiles-7575@mail.ru

O.B. Soprunova, soprunova@mail.ru

O.I. Zhukova, zhukovaoi7373@mail.ru

D.V. Oldyrev, danioldyrev@gmail.com

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The use of biodegradable and edible coatings for food preservation is a promising direction, since it makes it possible to create biodegradable packaging based on cheap biowaste with antimicrobial properties. Films based on such natural components as polysaccharides (starch, cellulose, chitosan), proteins (gelatin, casein), and lipids and their derivatives are widely used. Such protective coatings reduce the intensity of microflora development in foodstuffs by 1.5 times and prolong the shelf life of frozen and frozen products by 1.3–2.5 times. The paper presents the results of studying the properties of a biodegradable edible film based on ichthyosgelatin derived from fish scales and the possibility of using it to increase the shelf life of some frozen semi-finished products. Freshly made ichthyosgelatin film has a heterogeneous structure with fluffy fibers and inclusions. Ichthyogelatin film is stable in storage at 24 °C for 3–5 weeks, pathogenic microorganisms and spoilage microorganisms are not detected at any point of control. Storage for more than 5 weeks and at elevated temperatures (37 and 42 °C) increases the quantity of MAFANM by 1.2–1.4 times. The biodegradation time of the film in natural conditions is from 2 to 8 weeks, which indicates its high biodegradable properties. In 5 weeks most of the film decomposes in the soil, in 8 weeks it is completely destroyed. In hot water, the film dissolves without residue or extraneous odor. When determining the expected shelf life of the product, packaged in a biodegradable film, we found the absence of conditionally pathogenic, pathogenic microorganisms (*Coliform bacteria*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*), spoilage microorganisms (mold fungi) within 60 days, which meets the requirements of TR CU 021/2011. Packaging semi-finished product in ichthyogelatin film prolongs the shelf life by 2 times (from 30 to 60 days) at a storage temperature of $(-10 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Keywords: frozen semi-finished products, biodegradable film, ichthyogelatin, shelf life, sanitary and microbiological assessment

For citation: Eremeeva S.V., Sergazieva O.D., Soprunova O.B., Zhukova O.I., Oldyrev D.V. The effect of biodegradable ichthyogelatin film on the quality of meat semi-finished products during storage. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 64–74. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230308

Введение

В настоящее время применение биоразлагаемых и съедобных пленок и покрытий в процессе консервирования сельскохозяйственных продуктов является перспективным направлением, так как создает биodeградируемые упаковки на основе полисахаридов или белков, обладающие, к тому же, антимикробными свойствами. Широкое распространение получили пленки на основе таких природных биоразлагаемых полимеров, как

крахмал, целлюлоза, хитозан, желатин, полипептиды, казеин [4]. Установлено [1, 16, 19], что защитные покрытия на основе хитозана оказывают подавляющее воздействие на развитие микрофлоры мяса и мясопродуктов, уменьшая в 1,5 раза интенсивность развития микрофлоры по сравнению с необработанными образцами. Использование полипептидно-полисахаридного покрытия оказывает бактериостатический эффект от применения покрытий на основе ксантана и карбоксиметил-

целлюлозы, пролонгируя сроки хранения замороженных (шампиньоны с 12 до 18 месяцев, картофель с 18 до 24 месяцев) и охлажденных (свинина с 48 часов до 120 часов, карп с 24 до 48 часов) продуктов, булочек с 72 до 96 часов [2].

Создание упаковочных материалов с использованием многочисленных и дешевых биоотходов в качестве источника биополимеров является одним из возможных путей решения проблемы ресурсоэффективности. Желатин – один из наиболее изученных биополимеров, применяемых в качестве основы внешнего покрытия для защиты пищевых продуктов от высыхания, света и кислорода [14]. Рыбий желатин или ихтиожелатин приобрел значение в результате вспышки губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота и запрета на использование коллагена из кожи и костей свиней, а в некоторых регионах – по религиозным причинам. Кроме того, рыбная кожа, которая является основным побочным продуктом рыбоперерабатывающей промышленности, является ценным источником желатина. Обладая подходящими пленкообразующими и хорошими барьерными свойствами по отношению к кислороду и запахам при низкой и средней относительной влажности, ихтиожелатин подходит для производства биоразлагаемых и съедобных упаковочных материалов [11, 13–15]. Это позволяет одновременно решать две актуальные задачи: разработка технологии экологически чистых природных съедобных защитных покрытий пищевых продуктов и использование при этом продуктов переработки отходов рыбной промышленности.

В 2018 году в ФГБОУ ВО АГТУ создана и запатентована съедобная пищевая пленка на основе ихтиожелатина, для изготовления которой использовали желатин, полученный из рыбной чешуи [8]. Ихтиожелатин получали в соответствии с техническими условиями, разработанными на кафедре «Технология товаров и товароведение» ФГБОУ ВО АГТУ. Индивидуальной особенностью ихтиожелатина является температура плавления 22–24 °С и возможность кулинарной обработки продукта вместе с ней. Для получения пленки использовали ихтиожелатин и глицерин [9, 12]. Пленка хранится в герметичной картонной коробке при температуре (20 ± 5) °С и влажности 45–50 %.

Целью данного исследования является изучение влияния биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки на качество мясных полуфабрикатов при хранении и биологическая оценка возможности использования ее для пролонгирования сроков хранения замороженных пищевых продуктов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись биоразлагаемые пленки из ихтиожелатина, изготовленные по технологии Сергазиевой О.Д. [12] и замороженные мясные полуфабрикаты (пельмени), упакованные в биоразлагаемые пленки (опыт) и полиэтилен (контроль).

Оценка свойств биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки необходима для определения пригодности к использованию их в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов.

Образцы контрольной группы полуфабрикатов упаковывали в полиэтилен, хранили в условиях, установленных ГОСТ 33394-15; образцы опытной группы упаковывали в биоразлагаемую пленку и хранили в аналогичных с контрольной партией условиях.

Биоразлагаемую пленку исследовали по следующим показателям: органолептические, устойчивость в хранении, микробиологические, биodeградебельность.

Органолептические показатели. Биоразлагаемую пленку оценивали по органолептическим показателям: внешний вид, запах, цвет, продолжительность растворения, микроскопическая структура.

Растворимость образцов одинакового размера и массы проверяли в холодной и горячей воде, фиксировали время полного растворения [17].

Изучение микроскопической структуры (внешний вид поверхности пленки, однородность, наличие включений и дефектов) ихтиожелатиновой пленки (квадрат пленки размером 1×1 см) сразу после ее изготовления осуществляли методом оптической микроскопии с использованием техники светлопольной микроскопии при увеличении ×400 (микроскоп «Микромед 3-20М»).

Устойчивость пленки в хранении определяли при температурах 24, 37, 42 °С. В асептических условиях квадраты пленки 3×3 см помещали в стерильные чашки Петри и хранили при заданных температурах в течение 8 недель. При этом осуществляли контроль показателей безопасности пленки в

соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 по микробиологическим показателям: КМАФАнМ (ГОСТ 10444.15-94), БГКП (ГОСТ 31747-2012), дрожжи и плесневые грибы (ГОСТ 10444.12-2013), *Listeria monocytogenes* (ГОСТ 32031-2012), *Salmonella* (ГОСТ 31659-2012).

Оценку биоразлагаемости пленки проводили методом имитации почвенных условий [5]. Полоски пленки размером 2×5 см закрепляли на стерильном предметном стекле и помещали в контейнеры с почвой с влажностью 60 %. Экспонирование образцов проводили в течение 8 недель, при этом отмечали изменение внешних и структурных показателей пленки. Внешние изменения отмечали визуально, структурные – при микроскопии контрольного и опытного образцов пленки.

Полуфабрикаты (мясные пельмени) исследовали по следующим показателям:

– санитарно-микробиологические: КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесневые грибы, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*;

– органолептические показатели: внешний вид, запах, вкус по ГОСТ 9959-2015, пробу варкой проводили в исследуемой пленке;

– физико-химические показатели: перекисное (ГОСТ Р 34118-2017) и кислотное число (ГОСТ Р 55480-2013) определяли в начале хранения, на 39, 60, 72 сутки как показатели, характеризующие сохранность продукта в хранении.

Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов в съедобной пленке проводилась в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 по предполагаемому сроку хранения (табл. 1).

Согласно ГОСТ 33394-2015 пельмени хранят при температуре воздуха не выше –10 °С. Рекомендуемые сроки годности пельменей при температуре хранения не выше –10 °С составляют не более одного месяца; при температуре хранения не выше –18 °С – не более шести месяцев. При определении в процессе хранения санитарно-микробиологических показателей безопасности учитывали, что температура в холодильных витринах сети супермаркетов составляет (–10 ± 1) °С, следовательно, срок хранения данной группы товаров составляет не более одного месяца. Определяли микробиологические показатели безопасности по точкам контроля по предполагаемым срокам годности 30 и 60 суток.

Результаты и их обсуждение

При исследовании органолептических показателей биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки установлено, что исследуемая пленка однородная, прозрачная, бесцветная, без следов растрескивания, хрупких зон, наплывов и пузырей, без включения нерастворенных и посторонних частиц, без вкуса, обладает эластичностью, с гладкой поверхностью без трещин. Полная растворимость без остатка и посторонних запахов в холодной воде происходит в течение 60–80 минут, в горячей – 4–5 минут.

Методом оптической микроскопии в свежизготовленной пленке обнаружены фибриллярные структурные образования: волокна разной длины и ширины, зеленые и серые включения различных размеров, форм и цветов. Пленка имела неоднородную, местами пузырчатую структуру (рис. 1). Такие включения, возможно, являются частицами чешуи. Аналогичные данные получены Макаровой Н.В. [6] при исследовании съедобной пленки на основе яблочного сыря. Анализ данных микроскопии показал наличие крупных частиц выжимок яблок, отдельных пузырьков воздуха и дефектов в структуре пленки.

При хранении пленки на основе ихтиожелатина при разных температурах в течение 8 недель условно-патогенные микроорганизмы и микроорганизмы порчи не обнаружены ни на одной точке контроля. При температуре 24 °С КМАФАнМ за 5 недель увеличилась в 1,2 раза, превы-

Таблица 1
Периодичность контроля при установке срока годности

Предполагаемый срок годности, сутки	Периодичность контроля – контрольные точки проведения исследований					
	Сутки хранения					
30 (при –10 °С)	свежеизготовленные		10	20	30	39
60 (при –18 °С)	свежеизготовленные	15	30	45	60	72

сив норматив ТР ТС 021/2011 на 8-ю неделю хранения на 4 % (табл. 2).

Превышение КМАФАнМ отмечено на 5-й неделе хранения пленки при температурах 37 и 42 °С ($5,7 \times 10^4$ и $5,1 \times 10^4$ КОЕ/г соответственно). Однако данные показатели не являются критичными, так как в течение всего времени хранения биопленки величина КМАФАнМ находится в пределах допустимого титра (10^4 КОЕ/г). Таким образом, можно говорить о стабильности пленки в хранении при температуре 24 °С.

При исследовании биоразлагаемости образцов ихтиожелатиновой пленки через 2 недели экспонирования в почве отмечены внешние изменения пленки: потеря целостности, прозрачности, эластичности и увеличение хрупкости. Структурные изменения представляют собой встраивание почвенных частиц в состав пленки (рис. 2). Наблюдалось частичное разрушение структуры пленки мицелиальными нитями и бактериальными клетками.

При попытке изъять из почвы пленку че-

рез 8 недель экспонирования обнаружили полное ее отсутствие. Пленка полностью разрушилась и стала неотделимой от почвы. По некоторым данным [10], полимер считается биоразлагаемым, если вся его масса разлагается в почве или воде за шесть месяцев. Изменения пленки уже через 2 недели экспонирования в почве и полное разложение в течение 8 недель позволяет сделать вывод о ее низкой устойчивости к почвенной микробиоте и высокой биodeградельности в естественных условиях.

При санитарно-эпидемиологической оценке сроков годности полуфабрикатов, упакованных в ихтиожелатиновую пленку, в течение всего времени хранения все микробиологические показатели соответствовали нормативным. Результаты определения КМАФАнМ представлены на рис. 3.

Количество МАФАнМ в продукте, упакованном в полиэтилен, при хранении в течение 1 месяца колеблется в пределах нормы (от $3,7 \times 10^5$ до $1,5 \times 10^6$ КОЕ/г). Далее, после окончания нормативного срока хранения, посте-



Рис. 1. Микроскопия свежеизготовленной ихтиожелатиновой пленки, $\times 400$

Таблица 2

Изменение КМАФАнМ пленки при хранении (КОЕ/г)

Температура хранения	Срок хранения пленки, недель				
	0	1	3	5	8
норма	5×10^4				
24 °С	$3,8 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$
37 °С		$4,1 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$
42 °С		$4,1 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,8 \times 10^4$

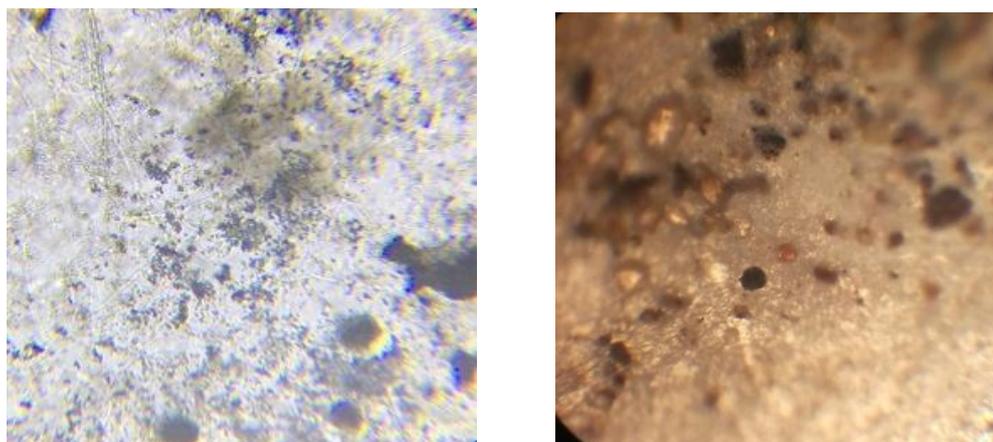


Рис. 2. Микроскопия ихтиожелатиновой пленки после экспонирования в почве, $\times 400$

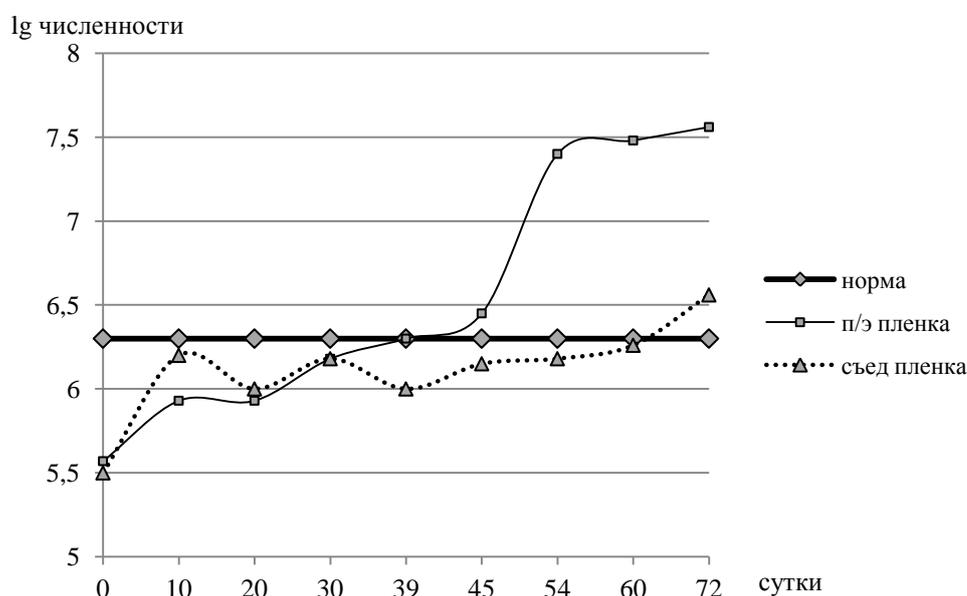


Рис. 3. Динамика количества МАФАНМ в замороженных мясных полуфабрикатах

пенно повышается и на 45-е сутки превышает норму в 1,4 раза, на 60-е – в 15 раз, на 72-е сутки – в 18 раз.

Количество МАФАНМ в продукте, упакованном в ихтиожелатиновую пленку, сохранялось в пределах нормы – от $3,2 \times 10^5$ – $1,5 \times 10^6$ и $1,8 \times 10^6$ КОЕ/г в течение 30 и 60 суток хранения соответственно и превышает норму в 1,8 раз только на 72-е сутки. Незначительные колебания КМАФАНМ свидетельствуют о стабильности показателя. Упаковка в пленку на основе ихтиожелатина способствует сохранности продукта и не позволяет активно развиваться микроорганизмам на протяжении 60 суток хранения замороженных

пельменей, что пролонгирует срок их хранения при температуре $(-10 \pm 1)^\circ\text{C}$ в два раза.

Аналогичные результаты получены Moriga [18] при изучении влияния съедобного покрытия из хитозана на естественную микрофлору пищевых продуктов (мезофильную, психрофильную, дрожжевую и плесневую, молочнокислые бактерии и колиформные бактерии). Пленка с хитозаном снижала общее количество мезофильных и психрофильных бактерий по сравнению с контрольными образцами в течение 20 суток холодильного хранения, показывая значительное снижение во всех популяциях микроорганизмов (от 2,0 до 4,5 log КОЕ/г). По окончании

хранения дрожжи и плесневые грибы были доминирующей флорой. Количество молочнокислых бактерий оставалось относительно низким в течение всего времени хранения во всех образцах. Хитозановое покрытие подавляло рост общей колиформной группы на протяжении всего времени хранения.

При хранении замороженных пельменей в пленке на основе ихтиожелатина обнаружили отсутствие условно-патогенных, патогенных микроорганизмов (БГКП, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*) и микроорганизмов порчи (плесневые грибы) как в течение нормативного срока хранения (30 суток), так и после его окончания (45, 60, 72 суток), что соответствует требованиям ТР ТС 021/2011.

При определении органолептических показателей отметили, что пельмени в полиэтиленовой упаковке по окончании сроков хранения (39 суток) теряют выраженный вкус и аромат специй, но форма, цвет теста остаются неизменными, так же как и вид на разрезе приготовленных пельменей. На 45-е сутки органолептические показатели определяли только визуально, так как вкус и запах не определяли из-за превышения норм ТР 021/2011 по КМАФАнМ ($2,8 \times 10^6$ КОЕ/г).

Количество МАФАнМ в пельменях, упакованных в ихтиожелатиновую пленку, на 54-е сутки не превышало нормативный показатель, хотя этот срок хранения превышает нормативный в 1,8 раза. На 72-е сутки хранения определяли только внешний вид и цвет на разрезе, так как обнаружено превышение КМАФАнМ ($3,6 \times 10^6$ КОЕ/г). При оценке органолептических показателей обнаружили пельмени с нарушенной оболочкой, отмечен бледный цвет теста и начинки.

Физико-химическими показателями, ха-

рактеризующими сохранность продукта в хранении, являются перекисное число, кислотное число, как показатели окислительной порчи жирового компонента. Данные исследования проводятся не менее 3-х раз в течение срока испытания – в начале хранения, в конце заявленного изготовителем срока годности и по окончании резервного срока, совпадающего с окончанием испытаний [7]. Исследованные пельмени изготовлены с применением животных или смеси животных и растительных масел с массовой долей жира 10 %, поэтому исследования перекисного и кислотного числа вели при сроках годности 30 суток и более. Динамика перекисного и кислотного чисел в замороженных пельменях, хранившихся в контрольной и опытной упаковках, представлена в табл. 3.

Перекисное число не должно превышать 10 ммоль активного кислорода/кг для пищевых нерафинированных растительных масел и 2 ммоль активного кислорода/кг для рафинированных дезодорированных масел марки премиум, высшего сорта и предназначенных для детского питания [3]. Согласно исследованиям Махачевой Е.В. [7], величина перекисного числа мясных полуфабрикатов, приготовленных по технологии охлажденных блюд в процессе холодильного хранения составляет 4 ммоль активного кислорода/кг. Этот показатель подтверждает хорошее качество продукции и позволяет прогнозировать сохранность изделий после тепловой обработки, интенсивного охлаждения и хранения. В нашем исследовании при заморозке и дальнейшем хранении гидролитические процессы в продукте, упакованном в ихтиожелатиновую пленку, протекали медленнее, чем в контрольном образце, упакованном в поли-

Таблица 3

Динамика перекисного и кислотного чисел в пельменях замороженных

Сроки хранения, сутки	Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг		Кислотное число, мг КОН на 1 кг жира	
	опыт – ихтиожелатиновая пленка	контроль – полиэтиленовая пленка	опыт – ихтиожелатиновая пленка	контроль – полиэтиленовая пленка
0	5,0	5,1	0,5	0,6
39	7,2	10,7	0,6	2,3
60	8,3	10,7	1,8	2,8
72	10,0	16,1	2,5	4,5

этиленовую пленку. В момент изготовления перекисное число во всех образцах составило 5,0-5,1 ммоль ($1/2 O_2$)/кг и не превышает допустимую норму – 10 ммоль ($1/2 O_2$)/кг. Результаты исследований перекисного числа в процессе хранения показали его рост во всех образцах. При упаковке полуфабрикатов в полиэтиленовую пленку показатель перекисного числа уже через месяц хранения превысил допустимую норму. В образце, упакованном в ихтиожелатиновую пленку, значение перекисного числа оставалось в пределах нормы на всем протяжении хранения, но, тем не менее, имело высокий уровень (10 ммоль ($1/2 O_2$)/кг) на 72-е сутки хранения.

Гидролитические изменения жиров в охлажденных и замороженных продуктах обычно определяются кислотным числом. В момент закладки на хранение кислотное число в образцах, включая контрольный, имели практически одинаковые показатели и не превышали допустимые нормы (до 4,0 мг гидроксида калия (KOH) на 1 кг) и составили 0,5–0,6 мг KOH/кг. В опытных образцах, упакованных в ихтиожелатиновую пленку, кислотное число увеличивалось значительно медленнее, чем в контрольных образцах, в которых кислотное число на окончание хранения (72 суток) имело максимальное значение – 2,8 мг KOH/кг.

Полученные результаты показателей сохранности продукта (перекисное и кислотное числа) подтверждают данные санитарно-микробиологического и органолептического контроля. Таким образом, пельмени заморо-

женные, упакованные в ихтиожелатиновую пленку, имеют пролонгированный вдвое срок хранения, который составляет не более 60 суток при температуре $(-10 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Заключение

Использование изучаемой ихтиожелатиновой биопленки позволяет решить проблему пролонгирования сроков хранения замороженных продуктов с сохранением их потребительских свойств. Данные исследования подтверждают, что пленка защищает продукт от действия кислорода и микробиологической порчи.

Свежеизготовленная ихтиожелатиновая пленка имеет неоднородную структуру с ворсинистыми волокнами и включениями. Ихтиожелатиновая пленка устойчива в хранении при температуре 24°C в течение 3-5 недель, патогенные микроорганизмы и микроорганизмы порчи не обнаруживаются ни на одной точке контроля. Хранение более 5 недель и при повышенных температурах (37 и 42°C) повышает количество МАФАНМ в 1,2–1,4 раза.

Исследованная ихтиожелатиновая пленка обладает высокой биodeградельностью в естественных условиях, за пять недель большая часть пленки разлагается в почве, через 8 недель полностью разрушается. В горячей воде пленка растворяется без остатка и постороннего запаха.

Срок годности замороженных полуфабрикатов увеличивается в 2 раза (от 30 до 60 суток) при температуре хранения $(-10 \pm 1)^\circ\text{C}$ и их упаковке в ихтиожелатиновую пищевую пленку.

Список литературы

1. Бараненко Д.А., Забелина Н.А. Подавление жизнедеятельности микрофлоры порчи мяса и мясопродуктов с помощью барьерной технологии // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2011. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podavlenie-zhiznedeyatelnosti-mikroflory-porchi-myasa-i-myasoproduktov-s-pomoschyu-bariernoy-tehnologii>.
2. Белоглазова К.Е. Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.01.06). Саратов 2020. 24 с.
3. Гамаюров, В.С., Ржечицкая Л.Э. Пищевая химия: учебник для студентов вузов: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения. М.: «КДУ», «Добросвет», 2018.
4. Дышлюк Л.С., Просеков А.Ю., Асякина Л.К. Изучение свойств биоразлагаемых пленок из природных полисахаридов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, № 4. С. 703–711. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711.
5. Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р., Глоба А.И. Технология биоразлагаемых полимерных материалов: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 04 «Технология пластических масс». Минск: БГТУ, 2014. 105 с.

6. Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Быков Д.Е., Давыдова Я.В. Исследование органолептических, прочностных, физико-химических свойств многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья // Вестник КамчатГТУ 2018. № 46. DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-35-46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-organolepticheskikh-prochnostnyh-fiziko-himicheskikh-svoystv-mnogosloynoy-sedobnoy-plenki-na-osnove-yablochnogo-syrya>
7. Махачева Е.В., Влощинский П.Е. Физико-химические изменения в многокомпонентных мясных рубленых изделиях // Вестник КрасГАУ. 2013. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-izmeneniya-v-mnogokomponentnyh-myasnyh-rublennyh-izdeliyah> (дата обращения: 31.05.2021).
8. Патент РФ 2655740. Съедобная пищевая пленка / Н.В. Долганова, О.С. Якубова, О.Д. Сергазиева. Опубл. 29.05.2018. Бюл. № 16.
9. Патент РФ 2757625. Съедобная пищевая пленка / О.Д. Сергазиева, Н.В. Долганова, С.В. Золотокопова, Д.В. Олдырев. Опубл. 19.10.2021. Бюл. № 29.
10. Подденежный Е.Н. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала (обзор) / Е.Н. Подденежный, А.А. Бойко, А.А. Алексеенко, Н.Е. Дробышевская, О.В. Урецкая // Вестник ГГТУ ИМ. П. О. Сухого. 2015. № 2. С. 31–41.
11. Покусаева О.А., Долганова Н.В., Якубова О.С. Ихтиожелатин как основа съедобных пленочных покрытий для пищевых продуктов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2015. № 2. С. 123–128.
12. Сергазиева О.Д., Долганова Н.В. Применение пленок на основе желатина для сохранения качества пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2018. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-plenok-na-osnove-zhelatina-dlya-sohraneniya-kachestva-pischevyh-produktov>.
13. Якубова О.С., Долганова Н.В., Котенко А.Л. Чешуя частиковых и прудовых рыб как сырье для получения ихтиожелатина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2005. № 5-6(288-289). С. 41–44.
14. Díaz-Montes E. Polysaccharide-Based Biodegradable Films: An Alternative in Food Packaging // Polysaccharides. 2022. 3(4). P. 761–775. DOI: 10.3390/polysaccharides3040044
15. Hosseini S.F. Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films / S.F. Hosseini, M. Rezaei, M. Zandi, F.F. Ghavi // Food Chemistry. 2013. 136(3-4). P. 1490–1495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.081
16. Jiang A., Patel R., Padhan B., Palimkar S., Galgali P., Adhikari A., Varga I., Patel M. Chitosan Based Biodegradable Composite for Antibacterial Food Packaging Application // Polymers. 2023. 15(10). P. 2235. DOI: 10.3390/polym15102235
17. Maizura M., Fazilah, Norziah, Karim. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil // Journal of Food Science. 2007. V. 72, № 6. P. 324–330. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00427.x
18. Moreira M.R., Roura S.I., Ponce A. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli // LWT – Food Science and Technology. 2011. Vol. 44, № 10. P. 2335–2341. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.04.009
19. Muñoz-Tebar N., Pérez-Álvarez J.A., Fernández-López J., Viuda-Martos M. Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review // Polymers. 2023. 15(2). P. 396. DOI: 10.3390/polym15020396

References

1. Baranenko D.A., Zabelina N.A. Suppression of the vital activity of the microflora of spoilage of meat and meat products using barrier technology. *Scientific journal of NRU ITMO. Series "Processes and Apparatus for Food Production"*, 2011, no. 1. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podavlenie-zhiznedeyatelnosti-mikroflory-porchi-myasa-i-myasoproduktov-s-pomoschyu-bariernoj-tehnologii>

2. Beloglazova K.E. *Razrabotka plenochnykh pokrytiy na osnove polisakharidov i perspektivy ikh ispol'zovaniya* [Development of film coatings based on polysaccharides and prospects for their use: author. dis. for a job. learned. step. Cand. biol. Sciences (03.01.06)]. Saratov, 2020. 24 p.
3. Gamayurova V.S., Rzhchitskaya L.E. *Pishchevaya khimiya* [Chemistry of food products]. Moscow, 2018.
4. Dyshlyuk L.S., Prosekov A.Yu., Asyakina L.K. Study of the properties of biodegradable films from natural polysaccharides. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 703–711. (In Russ.) DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711.
5. Krutko E.T., Prokopchuk N.R., Globa A.I. *Tekhnologiya biorazlagaemykh polimernykh materialov* [Technology of biodegradable polymer materials]. Minsk, 2014. 105 p.
6. Makarova N.V., Eremeeva N.B., Bykov D.E., Davydova Ya.V. Study of the organoleptic, strength, physicochemical properties of a multilayer edible film based on apple raw materials. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 2018, no. 46. (In Russ.) DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-35-46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-organolepticheskikh-prochnostnykh-fiziko-himicheskikh-svoystv-mnogosloynoy-sedobnoy-plenki-na-osnove-yablochnogo-syrya>
7. Makhacheva E.V., Vloshchinskiy P.E. Physicochemical changes in multicomponent minced meat products. *Bulletin of KrasGAU*, 2013, no. 7. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-izmeneniya-v-mnogokomponentnykh-myasnykh-rublenykh-izdeliyah> (accessed: 31.05.2021)
8. Dolganova N.V., Yakubova O.S. Sergazieva O.D. *Patent RF 2655740. S"edobnaya pishchevaya plenka* [RF Patent 2655740 Edible food film]. Published on 29.05.2018. Issue No. 16.
9. Sergazieva O.D., Dolganova N.V., Zolotokopova S.V., Boldyrev D.V. *Patent RF 2757625. S"edobnaya pishchevaya plenka* [RF Patent 2757625 Edible food film]. Publ.: 19.10.2021. Bull. No. 29.
10. Poddenezhny E.N., Boyko A.A., Alekseenko A.A., Drobyshevskaya N.Y. Progress in obtaining biodegradable composite materials based on starch (review). *Bulletin of GSTU IM. P.O. Sukhoi*, 2015, no. 2, pp. 31–41. (In Russ.)
11. Pokusaeva O.A., Dolganova N.V., Yakubova O.S. Ichthyozhelatin as the basis of edible film coatings for food products. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*, 2015, no. 2, pp. 123–128. (In Russ.)
12. Sergazieva O.D., Dolganova N.V. Application of films based on gelatin to preserve the quality of food. *Technique and technology of food production*, 2018, no. 1. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-plenok-na-osnove-zhelatina-dlya-sohraneniya-kachestva-pischevykh-produktov>.
13. Yakubova O.S., Dolganova N.V., Kotenko A.L. Scales of particle and pond fish as raw materials for the production of ichthyogelatin. *News of higher educational institutions. Food technology*, 2005, no. 5-6(288-289), pp. 41–44. (In Russ.)
14. Díaz-Montes E. Polysaccharide-Based Biodegradable Films: An Alternative in Food Packaging. *Polysaccharides*, 2022. 3(4), pp. 761–775. DOI: 10.3390/polysaccharides3040044
15. Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M., Ghavi F.F. Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 2013. 136(3-4), pp. 1490–1495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.081
16. Jiang A., Patel R., Padhan B., Palimkar S., Galgali P., Adhikari A., Varga I., Patel M. Chitosan Based Biodegradable Composite for Antibacterial Food Packaging Application. *Polymers*, 2023. 15(10), p. 2235. DOI: 10.3390/polym15102235
17. Maizura M., Fazilah, Norziah, Karim. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. *Journal of Food Science*, 2007, vol. 72, no. 6, pp. 324–330. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00427.x
18. Moreira M.R., Roura S.I., Ponce A. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. *LWT – Food Science and Technology*, 2011, vol. 44, no. 10, pp. 2335–2341. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.04.009
19. Muñoz-Tebar N., Pérez-Álvarez J.A., Fernández-López J., Viuda-Martos M. Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. *Polymers*, 2023, 15(2), pp. 396. DOI: 10.3390/polym15020396

Информация об авторах

Еремеева Светлана Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, eremeevasv71@mail.ru

Сергазиева Ольга Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология товаров и товароведение», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, ahiles-7575@mail.ru

Сопрунова Ольга Борисовна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Прикладная биология и микробиология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, soprunova@mail.ru

Жукова Ольга Игоревна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, zhukovaoi7373@mail.ru

Олдырев Данил Вячеславович, аспирант кафедры «Технология товаров и товароведение», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, danieloldyrev@gmail.com

Information about the authors

Svetlana V. Ereemeeva, Candidate of Sciences (biology), Associate Professor of the Department “Applied Biology and Microbiology”, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, eremeevasv71@mail.ru

Olga D. Sergazieva, Candidate of Sciences (agricultural), Associate Professor of the Department “Technology of the goods and commodity research”, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, ahiles-7575@mail.ru

Olga B. Soprunova, Doctor of Sciences (biology), Professor of the Department “Applied Biology and Microbiology”, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, soprunova@mail.ru

Olga I. Zhukova, Candidate of Sciences (biology), Associate Professor of the Department “Applied Biology and Microbiology”, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, zhukovaoi7373@mail.ru

Danil V. Oldyrev, post-graduate student of the department “Technology of the goods and commodity research”, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, danieloldyrev@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 07.05.2023

The article was submitted 07.05.2023