

## Влияние пищевого биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри

О. В. Зинина<sup>1,2✉</sup>, Е. А. Вишнякова<sup>1</sup>, О. П. Неверова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: [zininaov@susu.ru](mailto:zininaov@susu.ru)

**Аннотация.** Овощи как необходимый компонент питания должны поступать потребителю в свежем виде и не содержать потенциально опасных веществ. Упаковочные материалы играют решающую роль для сохранности продуктов питания. Их композиционный состав может не только обеспечивать барьерные функции, но и защищать продукты от окислительной и микробиологической порчи. **Научная новизна** работы заключается в получении новых научных данных о влиянии биоактивной пленки на основе альгината с добавлением в состав в качестве активного компонента белкового гидролизата на сохранность томатов черри. **Целью исследований** является установление влияния биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри. **Методы исследований.** У томатов черри, упакованных в биоактивные пленки и у контрольного образца без пленки, определяли потери массы при хранении в холодильнике и при комнатной температуре. Изменение содержания витамина С в процессе хранения определяли методом титрования. Микробиологические показатели (содержание БГКП, дрожжей и плесеней) определяли с помощью экспресс-тестов «Петритест». **Результаты.** Установлено, что при упаковке томатов черри в пленки, потери массы снижаются при хранении в течение 9 дней, при этом добавление белкового гидролизата в состав пленки способствовало снижению потерь. Хранение при комнатной температуре привело к более весомым потерям массы. Снижение содержания витамина С существенно не зависело от состава пленки. Результаты микробиологических исследований показали, что пленки с добавлением гидролизата белка как при хранении в холодильнике, так и при хранении при комнатной температуре оказывают ингибирующее действие на рост дрожжей и плесеней, а колиформные бактерии при этом не выявлены. Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для упаковки томатов с целью увеличения сроков их хранения и предупреждения микробиологической порчи.

**Ключевые слова:** пленочное покрытие, гидролизат белка, альгинат натрия, срок хранения, потери массы

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

**Для цитирования:** Зинина О. В., Вишнякова Е. А., Неверова О. П. Влияние пищевого биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 482–492. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-482-492>.

**Дата поступления статьи:** 09.02.2024, **дата рецензирования:** 21.02.2024, **дата принятия:** 15.03.2024.

## The effect of food bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes

O. V. Zinina<sup>1, 2✉</sup>, E. A. Vishnyakova<sup>1</sup>, O. P. Neverova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: zininaov@susu.ru

**Abstract.** Vegetables, as a necessary component of nutrition, must be supplied to the consumer fresh and not contain potentially hazardous substances. Packaging materials play a critical role in food safety. Their composition can not only provide barrier functions, but also protect products from oxidative and microbiological spoilage. **The scientific novelty** of the work lies in the receipt of new scientific data on the effect of a bioactive film based on alginate with the addition of protein hydrolyzate as an active component on the safety of cherry tomatoes. **The purpose** of the research is to establish the effect of a bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes. **Research methods.** Weight loss during storage in the refrigerator and at room temperature was determined for cherry tomatoes packed in bioactive films and for a control sample without film. Changes in vitamin C content during storage were determined by titration. Microbiological indicators (content of coliform bacteria, yeasts and molds) were determined using Petritest express tests. **Results.** It was found that when cherry tomatoes are packaged in films, weight loss is reduced during storage for 9 days, while the addition of protein hydrolyzate to the film composition helped reduce losses. Storage at room temperature resulted in more significant weight losses. The decrease in vitamin C content did not significantly depend on the film composition. The results of microbiological studies showed that films with the addition of protein hydrolyzate, both when stored in a refrigerator and when stored at room temperature, have an inhibitory effect on the growth of yeast and mold, and coliform bacteria were not detected. Thus, film coatings based on sodium alginate with the addition of protein hydrolyzate as an active component have potential for packaging tomatoes to increase their shelf life and prevent microbiological spoilage.

**Keywords:** film coating, protein hydrolyzate, sodium alginate, shelf life, weight loss

**Acknowledgments.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation, project number 23-26-00153.

**For citation:** Zinina O. V., Vishnyakova E. A., Neverova O. P. The effect of food bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 2024 (04): 482–492. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-482-492>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 09.02.2024, **date of review:** 21.02.2024, **date of acceptance:** 15.03.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Фрукты и овощи являются одной из ключевых составляющих рациона человека из-за их питательных свойств и благотворного воздействия на здоровье. Фрукты и овощи – хороший источник витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Эксперты по питанию Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) рекомендуют ежедневно употреблять не менее 400 г овощей и фруктов для обеспечения организма достаточным количеством клетчатки и снижения риска развития многих неинфекционных заболеваний [1].

Порча продуктов имеет глубокие социально-экономические последствия, поскольку напрямую связана с нехваткой продовольствия, образованием больших объемов пищевых отходов и увеличением выбросов парниковых газов. По мере того как продукты питания портятся, в атмосферу выбрасы-

ваются неблагоприятные газы, такие как метан и углекислый газ, что способствует климатическому кризису. Порча может произойти на любом этапе: от выращивания до реализации в сетях розничной торговли в зависимости от условий окружающей среды, способа переработки, хранения, транспортировки, а также упаковки [2; 3].

Наиболее подвержены порче свежие продукты питания, в том числе овощи и фрукты. Потери их связаны не только с биологическими особенностями, вызванными дыханием и транспирацией, но в большей степени неправильной организацией и обеспечением послеуборочного хранения, а также порчей, возникающей при размножении микроорганизмов [4].

Производители овощной продукции применяют различные способы консервирования для предотвращения порчи и продления сроков хранения.

Однако современный потребитель все больше отдает предпочтение натуральной продукции, без химической обработки. К тому же спрос на фрукты и овощи с минимальной обработкой повышается с увеличением количества приверженцев здорового питания.

К наиболее потребляемому виду овощей во всем мире относятся томаты. Они обладают высокой пищевой ценностью и комплексом полезных свойств для организма человека. Срок хранения томатов после сбора урожая ограничен всего 5–7 днями из-за таких факторов, как высокая частота дыхания, относительная влажность, деградация под действием микроорганизмов и высокое содержание воды. Около 50 % от общего объема урожая томатов подвержены потерям (в основном вследствие деятельности микроорганизмов) [5].

Микроорганизмы, вызывающие порчу, могут проникнуть в ткани растения во время развития плодов при преодолении несколько естественных защитных барьеров, в том числе в неповрежденные, здоровые растения. Поврежденные растительные ткани чаще и быстрее колонизируются микроорганизмами порчи. Большинство микроорганизмов, вызывающих порчу, заражают и вызывают гниение при повреждениях и трещинах эпидермального слоя. Ферменты, выделяемые такими видами микроорганизмов, как *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Trichoderma*, смягчают мякоть овощей и фруктов, в результате теряется товарный вид, снижается пищевая ценность, возникает биологическая опасность для организма человека [6].

Сохранить органолептические свойства, пищевую ценность и микробиологическую безопасность пищевых продуктов – одна из главных задач пищевой промышленности. Для ее выполнения существуют различные современные способы обработки фруктов и овощей, позволяющие минимизировать использование химических консервантов:

- облучение (источник облучения испускает гамма-лучи, способные проникать в структуры и микроорганизмы). Этот процесс повреждает микробную ДНК, инактивируя клетку;
- ультрафиолетовое излучение (действует на микроорганизмы, способствуя изменениям в их мембранных структурах и нуклеиновых кислотах);
- обработка электризованной водой;
- использование низких или высоких температур;
- высокое давление – технология, которая использует давление примерно от 1000 до 7000 атм (от 100 до 700 МПа) для устранения микробной нагрузки и задержки ферментативных реакций, ответственных за порчу пищевых продуктов, сохраняя при этом небольшие молекулы, такие как витамины и ароматические соединения, неповрежденными);
- современные технологии упаковки, в том числе инновационные упаковочные материалы.

Одним из наиболее простых и доступных способов сохранения свежести овощей и фруктов является применение упаковки. Традиционные упаковочные материалы в основном производят из таких синтетических материалов, как полиэтилен, полиэстер, полиамид и полипропилен, которые не разлагаются в окружающей среде и являются серьезной угрозой экологической безопасности. В связи с этим производители и ученые всего мира сосредоточили усилия на разработке составов композиционных материалов, способных быстро разрушаться при утилизации в биогаз [7].

Способы упаковки, а также сами упаковочные материалы постоянно совершенствуются. К уже привычной вакуумной упаковке и упаковке в модифицированной газовой среде в ближайшем будущем могут присоединиться умная упаковка (упаковочная система, состоящая из разного рода датчиков, способная предоставить потребителю информацию о состоянии продукта) и активная упаковка (упаковка, которая помимо защиты продукта от воздействия внешних факторов, способна увеличить срок их хранения, безопасность и качество и/или улучшить их сенсорные характеристики) [8; 9].

Активная упаковка может производиться на разных полимерных основах и с разными активными компонентами. Так, например, показано, что композитные пищевые материалы на основе пектина и эмульсий, созданные из гидроколлоидов и липидов, обеспечивают лучшую функциональность, чем однокомпонентные покрытия/пленки, особенно в отношении их влагобарьерных свойств [10]. Использование эфирных масел в составе пленок/упаковок может положительно повлиять на сохранность продукта, поскольку они способны подавлять рост бактерий. Наибольшую антибактериальную эффективность показали эфирные масла тимьяна и душицы [11; 12].

Альгинат натрия является одним из самых удобных материалов для производства активных пленок за счет своей высокой способности к разложению в почве и растворению в воде. Добавление различных наполнителей может дополнительно улучшить свойства альгинатных пленок. Так, например, внесение экстракта *Clitoria ternatea* в альгинатную матрицу модифицировало и улучшало механические, барьерные и оптические характеристики пленок. Кроме того, пленки, содержащие 40 % экстракта, имели более высокое содержание фенольных соединений, что обеспечивало большую антиоксидантную активность и антибактериальную способность против *E. coli* [13]. Добавление в альгинатную основу капсулированного хлорофилла зеленых водорослей также оказало противомикробный эффект при упаковке рыбной продукции. Авторы установили снижение распространения бактерий группы кишечной палочки, роста плесеней *Rhizopus* sp. и

сделали вывод об эффективности альгинатных пленок с хлорофиллом для предотвращения порчи и увеличения сроков хранения продукции [14].

Однако добавление различных активных компонентов в состав композиции пленки может отрицательно повлиять на ее физические свойства. В связи с этим необходимо комплексно подходить к исследованию пленок и оценивать не только их свойства, но и эффекты, оказываемые на упакованные в них продукты питания.

Целью исследований является установление влияния биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Объектами исследования являются томаты черри, хранившиеся в условиях холодильной камеры и комнатной температуры в упакованном виде и без упаковки. Для упаковки использовали пленки на основе альгината с добавлением в качестве активного компонента разных количеств белкового гидролизата (0,5; 1 и 1,5 %), а также пленки без активного компонента. Технология получения и основные свойства опытных образцов пленок приведены в ранее опубликованной работе [15].

Влияние пленок на сохранность томатов определяли путем оценки потери массы при хранении в течение 9 суток. Потерю массы при хранении определяли как разницу между массой томатов без пленки и массой томатов после хранения в течение 3, 6 и 9 суток. Также в процессе хранения оценивали изменение содержания витамина С титрованием с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола и микробиологические показатели с помощью тестов «Петритест» (НПО «Альтернатива», Россия).

Для приготовления исходных разведений томатов для оценки микробиологических показателей брали 10 г измельченной мякоти 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 см<sup>3</sup> 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 см<sup>3</sup> образца. Согласно рекомендациям производителя, для получения результата в 1 см<sup>3</sup> результаты подсчета умножали на 5.

При определении количества дрожжей и плесневых грибов пробы инкубировали при температуре 24 ± 1 °С в течение 24 часов (для предварительного учета) и 120 часов (для окончательного учета). Для

подсчета колоний отбирали тесты, на которых выросло от 15 до 150 колоний дрожжей и от 5 до 50 колоний плесеней. Результат умножали на величину соответствующего разведения и получали количество дрожжей или плесеней в 0,2 см<sup>3</sup> образца, а затем умножали на 5 и получали окончательный результат.

#### Результаты (Results)

На сохранность томатов в процессе хранения оказывает влияние множество факторов:

- физические повреждения вследствие небрежного обращения с плодами в процессе сбора, транспортировки и хранения приводят к снижению потребительских свойств и активизации порчи;

- условия окружающей среды (температура, относительная влажность воздуха, свет) также оказывают решающее значение при хранении плодов, так как изменение обозначенных факторов является ингибитором/катализатором протекающих химических и микробиологических процессов;

- биохимические особенности, заключающиеся в интенсивном дыхании и наличии пектина в клеточной стенке, который во время хранения под действием ферментов распадается, что влияет на твердость томатов;

- микробиологические, характеризующиеся зараженностью плодов грибами, вызывающими развитие различных видов гнили; патогенными бактериями, включая сальмонеллу;

- вид и способ упаковки [5].

Известно, что частота дыхания томатов после сбора урожая увеличивается при повышении температуры, что приводит к ранней порче. Хранение овощей в условиях низкой температуры сохраняет их свежесть, внешний вид, консистенцию, аромат и вкус за счет снижения скорости дыхания [16; 17].

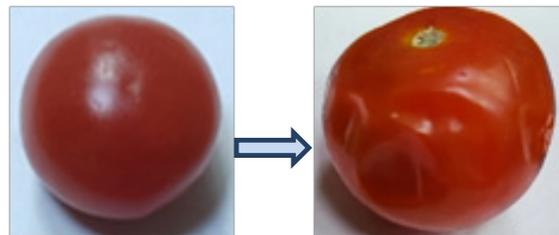
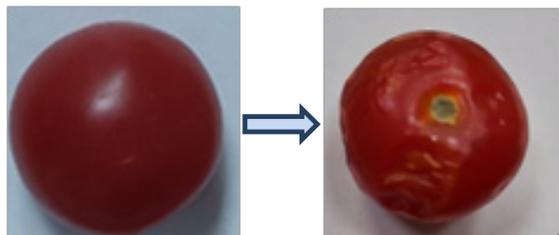
Кожица на поверхности томатов является своего рода естественным барьером, снижающим транспирацию воды. Однако потери влаги в процессе хранения происходят, и их интенсивность будет зависеть от условий хранения. При повышенной относительной влажности ускоряется рост плесеней и бактерий, приводящий к порче плодов. Длительное воздействие солнечных лучей на томаты ускоряет потери пигментов и питательных веществ [18].

Результаты изменений внешнего вида томатов черри в процессе хранения в разных условиях и установленные потери массы представлены на рис. 1 и 2.

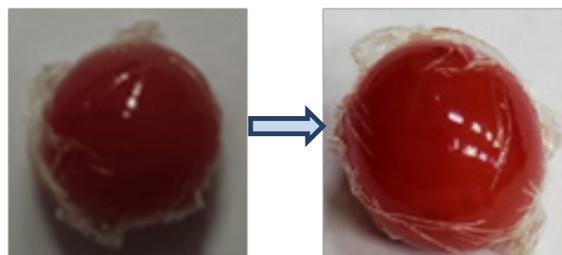
В научной литературе отмечено, что степень образования морщин на томатах тесно связана с упругостью, а пленки оказывают защитный эффект, за счет которого поверхность томатов остается гладкой, а текстура упругой. Потеря веса происходит в основном вследствие потери воды, происходящей при транспирации. Вода является важным элементом дыхания, которое продолжается даже после сбора фруктов и овощей. Пленки образуют барьер, препятствующий испарению воды из томатов, что снижает потерю веса [19].

Хранение при 25 °С (комната)  
Storage at 25 °С (room)

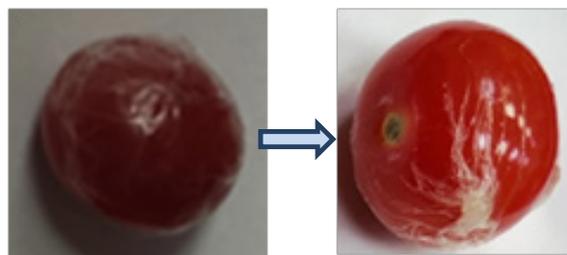
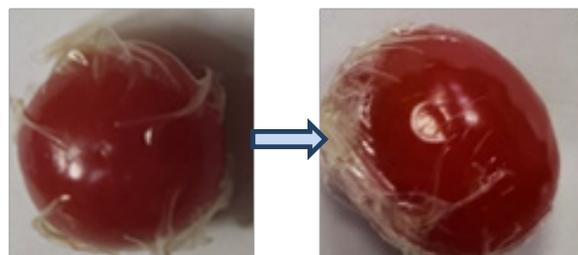
Хранение при 5 °С (холодильник)  
Storage at 5 °С (refrigerator)



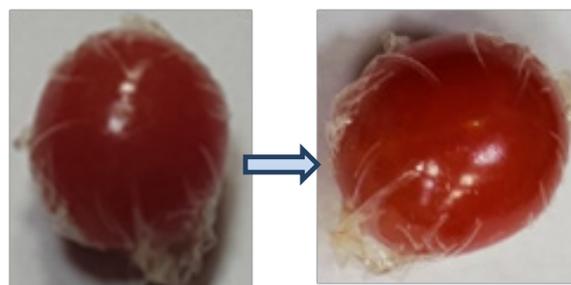
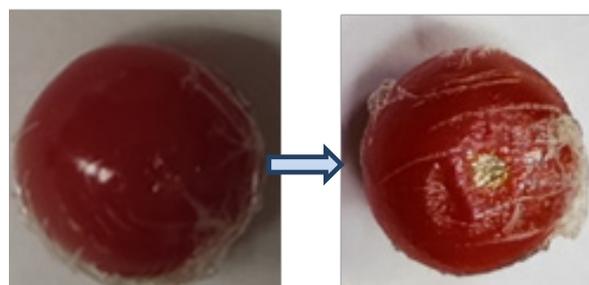
Томаты черри без пленки  
Cherry tomatoes without film



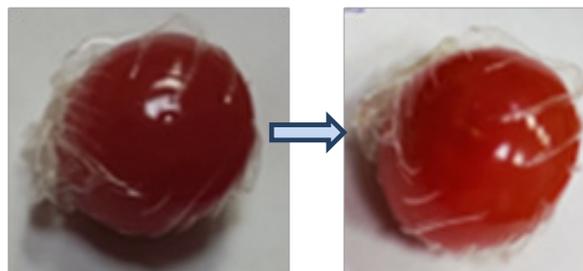
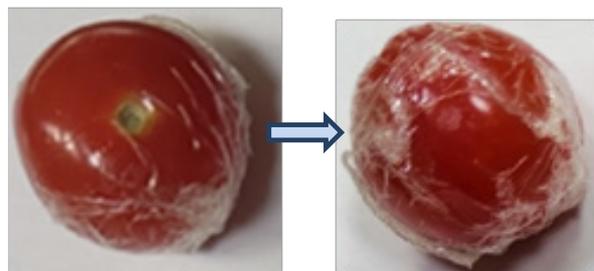
Томаты черри в пленке с 0,5 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 0.5 % PH



Томаты черри в пленке с 1,0 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 1.0 % PH



Томаты черри в пленке с 1,5 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 1.5 % PH



Томаты черри в пленке без БГ  
Cherry tomatoes in film without PH

Рис. 1. Изменение внешнего вида томатов черри в процессе хранения  
Fig. 1. Change in the appearance of cherry tomatoes during storage

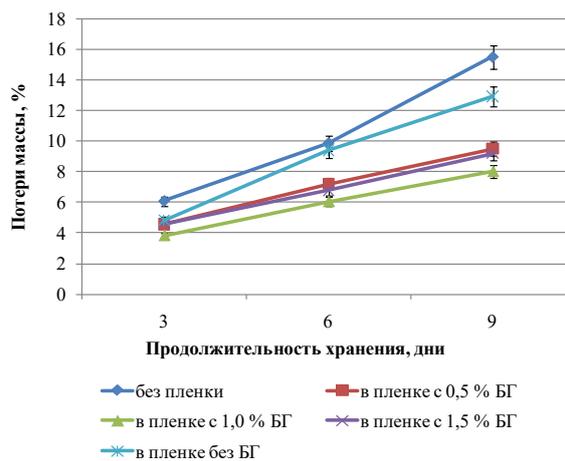
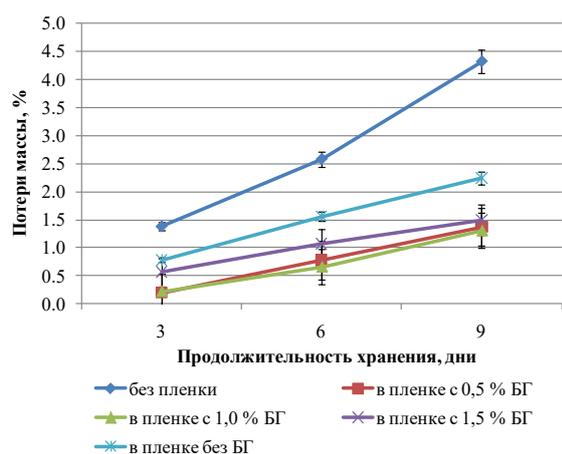


Рис. 2. Изменение потерь массы при хранении томатов черри (БГ – белковый гидролизат)

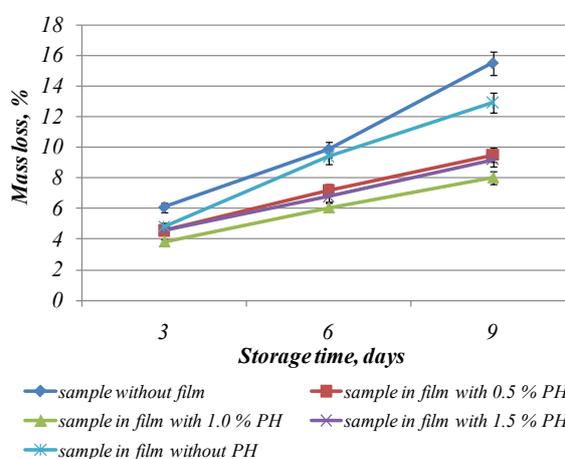
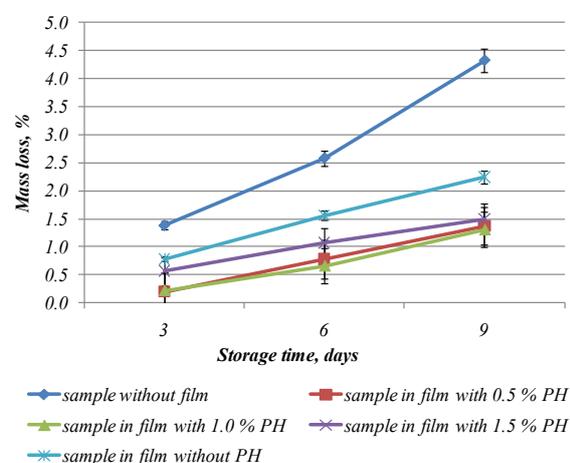


Fig. 2. Changes in weight loss during storage of cherry tomatoes (PH – protein hydrolysate)

Как показывают результаты исследований, потери массы при хранении томатов при комнатной температуре оказались более весомыми, чем при хранении в холодильнике, вследствие более интенсивного испарения влаги. Также следует отметить, что образцы томатов, упакованных в пленки, потеряли меньше в весе по сравнению с контрольными образцами без пленки. Концентрация белкового гидролизата в составе пленки не оказала существенного влияния на потери массы при хранении в холодильнике, однако его присутствие в композиции пленки повлияло на снижение потерь по сравнению с томатами, упакованными в пленки без белкового гидролизата. Потери массы томатов в пленках с белковым гидролизатом на 9-й день хранения в холодильнике оказались в среднем на 288 % ниже по сравнению с томатами, хранившимися без упаковки, а потери томатов в пленке без белкового гидролизата на 192,9 % ниже по сравнению с контролем. При хранении в условиях комнатной температуры тенденция потерь аналогичная: у томатов в пленках с белковым гидролизатом потери на 163–194 %, а в пленках без белкового гидролизата – на 120 % ниже по сравнению с контролем.

Визуально также можно наблюдать, что при хранении в холодильнике томаты черри в пленках оставались более длительное время свежими. При хранении в условиях комнатной температуры увядание томатов происходило и в пленках, однако менее интенсивно. Также хорошо видны различия в изменении внешнего вида и формы томатов при хранении в упакованном виде и без упаковки. У неупакованных томатов к 9-му дню хранения появилась явно выраженная сморщенность, потеря упругости (рис. 1).

Китайские ученые в исследованиях влияния пленок на сохранность томатов черри установили, что при хранении без упаковки на 8-й день плоды имели на поверхности крупные черные пятна, а на 16-й день характеризовались выраженным гниением. У упакованных в биоактивные пленки томатов черри на 8-е сутки хранения обнаружены пятна разных размеров на поверхности кожуры, при дальнейшем хранении плоды становились мягкими и теряли пищевую ценность. Скорость потери веса у томатов без упаковки оказалась значительно больше, чем у упакованных, и составила 12,61 % на 8-е сутки и 26,30 % на 16-е сутки хранения, у томатов в биоактивной пленке потери на 16-е сутки составили около 8,5 % [12].

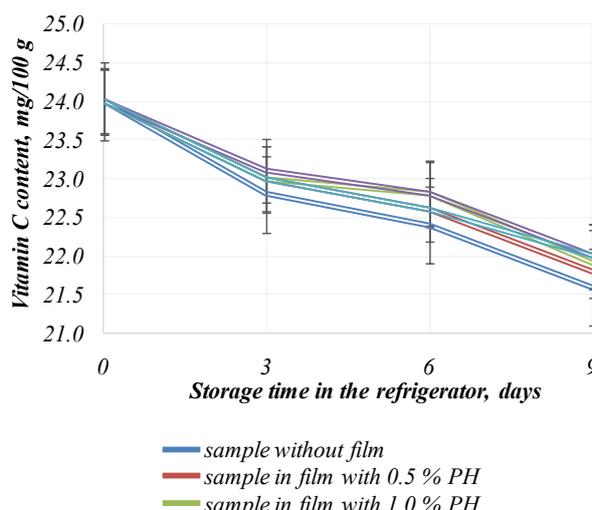
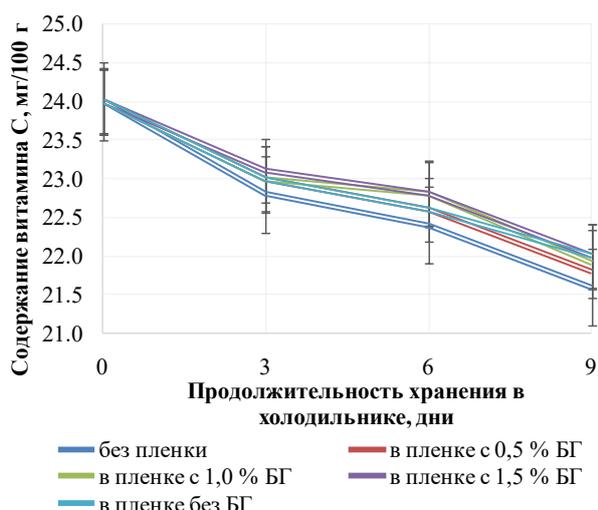


Рис. 3. Изменение содержания витамина С при хранении томатов черри в холодильнике

Fig. 3. Changes in vitamin C content during storage of cherry tomatoes in the refrigerator (PH – protein hydrolysate)

Таблица 1

Результаты микробиологических исследований томатов при хранении

Период хранения, дней	Содержание дрожжей/плесеней в образцах томатов, КОЕ/г				
	В пленке без БГ	В пленке с 0,5 % БГ	В пленке с 1,0 % БГ	В пленке с 1,5 % БГ	Без пленки
<b>При комнатной температуре</b>					
0	–/4	–/4	–/4	–/4	–/4
3	–/7	–/5	–/6	–/6	–/8
6	3/14	–/8	1/8	–/10	4/21
9	3/19	1/11	1/14	2/12	3/22
<b>В холодильнике</b>					
0	–/3	–/4	–/3	–/4	–/4
3	–/14	–/9	–/7	–/6	–/16
6	4/21	2/15	2/16	2/15	4/27
9	5/24	4/17	4/17	3/16	6/31

Table 1

Results of microbiological studies of tomatoes during storage

Storage period, days	Yeast and mold content in tomato samples, log CFU/g				
	In film without PH	In film with 0.5 % PH	In film with 1.0 % PH	In film with 1.5 % PH	Without film
<b>At room temperature</b>					
0	–/4	–/4	–/4	–/4	–/4
3	–/7	–/5	–/6	–/6	–/8
6	3/14	–/8	1/8	–/10	4/21
9	3/19	1/11	1/14	2/12	3/22
<b>In the refrigerator</b>					
0	–/3	–/4	–/3	–/4	–/4
3	–/14	–/9	–/7	–/6	–/16
6	4/21	2/15	2/16	2/15	4/27
9	5/24	4/17	4/17	3/16	6/31

При исследовании томатов черри отмечено, что разница потерь между томатами в разных видах упаковки была без существенных различий из-за барьерной функции кожицы. Авторами установлены потери массы через 7 дней хранения на уров-

не 15,4 % и 20,9 % для образцов без упаковки и в пленке на основе альгината натрия и каррагинана, соответственно [20].

Снижение содержания витамина С в томатах при хранении в холодильнике оказалось незначи-

тельным, происходило равномерно и значительно не отличалось для образцов в разных видах пленки и без пленки (рис. 3). Содержание витамина С косвенно отражает свежесть томатов, поскольку физиологические и микробиологические процессы могут приводить к снижению его содержания [21].

При исследовании томатов черри в процессе хранения на содержание колиформных бактерий (БГКП) выявлено их отсутствие во всех образцах томатов в пленках и без пленок на 9-й день хранения. В таблице 1 приведены результаты оценки количества дрожжей и плесеней при хранении томатов.

Результаты таблицы 1 показывают, что пленки с добавлением гидролизата белка при хранении как в холодильнике, так и при комнатной температуре оказывают ингибирующее действие на рост дрожжей и плесеней. Антимикробный эффект белкового гидролизата в составе пленки объясняется присутствием активных пептидов, которые действуют разрушающе на клеточную мембрану микроорганизмов и тем самым вызывают их гибель.

Более активный рост плесеней на томатах черри наблюдался при хранении в холодильнике. Однако по истечении 9 дней хранения и в тех и в других условиях, количество дрожжей и плесеней не превысило допустимых значений согласно ТР ТС 021/2011: дрожжи – не более 25 КОЕ/г, плесени – не более 100 КОЕ/г.

Антимикробный эффект биоактивных пленок с включением в состав в качестве активного компонента гидролизатов белка подтвержден рядом авторов, которые провели исследования как самих пленок, так и упакованных в них мясных, молочных продуктов и рыбы: добавление гидролизата белков семян хлопчатника к альгинатным пленкам вызвало противогрибковую активность в отношении *C. gloeosporioides* и *R. oligosporus* [22]; пленочные покрытия с полисахаридом – фуцеллараном и гидролизатом желатина кожи карпа эффективно пода-

вляли рост микроорганизмов при хранении атлантической скумбрии, что позволило увеличить сроки хранения на 2 дня [23].

Таким образом, результаты исследований показали эффективность использования альгинатных пленок с добавлением белкового гидролизата для сохранения свежести томатов черри и повышения сроков хранения в условиях необходимости поиска альтернативных решений при упаковке овощей и фруктов.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведения исследований были подготовлены две партии томатов черри для хранения в холодильнике и при комнатной температуре в течение 9 дней с контролем потерь массы, потерь витамина С, изменений микробиологических показателей. В каждой партии все томаты были разделены на 5 групп в зависимости от вида упаковки: три группы томатов упаковывали в пленки на основе альгината с разным содержанием белкового гидролизата, одна группа – в пленки без белкового гидролизата и контрольная группа томатов – без упаковки. Результаты оценки потерь массы при хранении томатов черри показали, что использование пленок с добавлением белкового гидролизата эффективно для снижения потерь массы. Также установлено, что вид упаковки не повлиял на изменение содержания витамина С в томатах, происходило незначительное его снижение в исследуемых условиях хранения.

Результаты микробиологических исследований показали, что пленки с добавлением белкового гидролизата обладают прогнозируемыми антимикробными свойствами и снижают развитие дрожжей и плесеней на томатах при хранении.

Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для упаковки томатов с целью увеличения сроков их хранения и предупреждения микробиологической порчи.

#### Библиографический список

1. FAO. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. DOI: 10.4060/cb2395en.
2. Liang Y., Yao Y., Liu Y., Li Y., Xu C., Fu L., Lin B. Curcumin-loaded HKUST-1 @ carboxymethyl starch-based composites with moisture-responsive release properties and synergistic antibacterial effect for perishable fruits // International Journal of Biological Macromolecules. 2022. Vol. 214. Pp. 181–191. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.06.022.
3. Han J.-W., Ruiz-Garcia L., Qian J.-P., Yang X.-T. Food packaging: A comprehensive review and future trends // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2018. Vol. 17 (4). Pp. 860–877. DOI: 10.1111/1541-4337.12343
4. Perumal A. B., Huang L., Nambiar R. B., He Y., Li X., Sellamuthu, P. S. Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review // Food Chemistry. 2022. Vol. 375. Article number 131810. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131810.

5. Khalid S., Hassan S. A., Javaid H., Zahid M., Naeem M., Bhat Z. F., Abdi G., Aadil R. M. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 15. Article number 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962.
6. Alegbeleye O., Odeyemi O. A., Strateva M., Stratev D. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2. Iss. 1. Article number 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122.
7. Muthupandeeswari A., Kalyani P., Vickraman P. Evaluation of vital features of PVA-CaCO<sub>3</sub> nanocomposite films for biodegradable packaging applications // *Polymer Bulletin*. 2022. Vol. 79 (1). Pp. 65–85. DOI: 10.1007/s00289-020-03492-x.
8. Бурак Л. Ч., Сапач А. Н., Писарик М. И. Интеллектуальная упаковка для овощей и фруктов, классификация и перспективы использования // *Health Food & Biotechnology*. 2023. Vol. 5 (1). Pp. 51–80. DOI: 10.36107/hfb.2023.i1.s165.
9. Ferreira Gomes B. A., Silveira Alexandre A. C., Vieira de Andrade G. A., Pereira Zanzini A., Araújo de Barros H. E., Santos Ferraz e Silva L. M., Costa P. A., de Barros Vilas Boas E. V. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook // *Food Chemistry Advances*. 2023. Vol. 2. Article number 100304. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100304.
10. Rohasmizah H., Azizah M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2. Issue 2. Article number 100221. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100221.
11. György É., Laslo É., Salamon B. Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in edible films // *Food Bioscience*. 2022. Vol. 51. Article number 102280. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102280.
12. Liu Q., Han R., Yu D., Wang Z., Zhuansun X., Li Y. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes // *LWT – Food Science and Technology*. 2024. Vol. 191. Article number 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686.
13. Santos L. G., Alves-Silva G. F., Martins V. G. Active-intelligent and biodegradable sodium alginate films loaded with *Clitoria ternatea* anthocyanin-rich extract to preserve and monitor food freshness // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 220. Iss. 1. Pp. 866–877. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.120.
14. Dewi E. N., Tassakka A. C. M. A. R., Yuwono M., Agus Suyono E., Purnamayati L., Alam J. F. Effect of chlorophyll in alginate-based edible film in inhibiting spoilage of fish snacks // *Canrea Journal Food Technology Nutritions and Culinary Journal*. 2022. Vol. 5 (1). Pp. 57–68. DOI: 10.20956/canrea.v5i1.571.
15. Зинина О. В., Вишнякова Е. А., Неверова О. П. Исследование свойств биоразлагаемых альгинатных пленок с активным компонентом // *Аграрный вестник Урала*. 2023. № 6 (235). С. 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76-86.
16. Thole V., Vain P., Martin C. Effect of elevated temperature on tomato post-harvest properties // *Plants*. 2021. Vol. 10. Article number 2359. DOI: 10.3390/plants10112359
17. Zewdie T., Desaiagn A., Olijira G., Amare H., Fetene K., Gebrie L. Review on effects of pre and post-harvest factors affecting the quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) // *South Asian Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 1 (1). Pp. 51–56.
18. Al-Dairi M., Pathare P.B., Al-Yahyai R. Effect of postharvest transport and storage on color and firmness quality of tomato // *Horticulturae*. 2021. Vol. 7. Article number 163. DOI: 10.3390/horticulturae7070163.
19. Zhu J., Fang Y., Wakisaka M., Saadiah Hafid H., Yang Z., Yin Y., Omura T., Fang W. Fabrication of flexible chitosan film reinforced with pulping by-product lignosulfonates for cherry-tomato preservation // *Food Chemistry*. 2024. Vol. X. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101181
20. 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.
21. He Y., Li H., Fei X., Peng L. Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications // *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 252. Article number 117156. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117156.
22. Oliveira Filho J. G. d., Rodrigues J. M., Valadares A. C. F., Almeida A. B. d., Lima T. M. d., Takeuchi K. P., Alves C. C. F., Sousa H. A. d. F., Silva E. R. d., Dyszy F. H., Egea M. B. Active food packaging: Alginate films with cottonseed protein hydrolysates // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 92. Pp. 267–275. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.052.
23. Tkaczewska J., Kulawik P., Jamróz E., Guzik P., Zając M., Szymkowiak A., Turek K. One- and double-layered furcellaran/carp skin gelatin hydrolysate film system with antioxidant peptide as an innovative packaging for perishable foods products // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 351. Article number 129347. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129347.

**Об авторах:**

**Оксана Владимировна Зинина**, кандидат сельскохозяйственных 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: zininaov@susu.ru*

**Елена Александровна Вишнякова**, лаборант-исследователь управления научной и инновационной деятельности, 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. FAO. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. DOI: 10.4060/cb2395en.
2. Liang Y., Yao Y., Liu Y., Li Y., Xu C., Fu L., Lin B. Curcumin-loaded HKUST-1 @ carboxymethyl starchbased composites with moisture-responsive release properties and synergistic antibacterial effect for perishable fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 214: 181–191. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.06.022.
3. Han J.-W., Ruiz-Garcia L., Qian J.-P., Yang X.-T. Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (4): 860–877. DOI: 10.1111/1541-4337.12343
4. Perumal A. B., Huang L., Nambiar R. B., He Y., Li X., Sellamuthu, P. S. Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry*. 2022; 375: 131810. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131810.
5. Khalid S., Hassan S. A., Javaid H., Zahid M., Naeem M., Bhat Z. F., Abdi G., Aadil R. M. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024; 15: 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962.
6. Alegbeleye O., Odeyemi O. A., Strateva M., Stratev D. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*. 2022; 2 (1): 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122.
7. Muthupandeeswari A., Kalyani P., Vickraman P. Evaluation of vital features of PVA-CaCO<sub>3</sub> nanocomposite films for biodegradable packaging applications. *Polymer Bulletin*. 2022; 79 (1): 65–85. DOI: 10.1007/s00289-020-03492-x.
8. Burak L. Ch., Sapach A. N., Pizarik M. I. Intelligent Packaging For Vegetables And Fruits, Classification And Use Prospects: Scoping Review *Health Food & Biotechnology*. 2023; 5 (1): 51–80. DOI: 10.36107/hfb.2023.il.s165. (In Russ.)
9. Ferreira Gomes B. A., Silveira Alexandre A. C., Vieira de Andrade G. A., Pereira Zanzini A., Araújo de Barros H. E., Santos Ferraz e Silva L. M., Costa P. A., de Barros Vilas Boas E. V. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chemistry Advances*. 2023; 2: 100304. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100304.
10. Rohasmizah H., Azizah M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Applied Food Research*. 2022; 2 (2): 100221. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100221.
11. György É., Laslo É., Salamon B. Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in edible films. *Food Bioscience*. 2022; 51: 102280. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102280.
12. Liu Q., Han R., Yu D., Wang Z., Zhuansun X., Li Y. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes. *LWT – Food Science and Technology*. 2024; 191: 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686.
13. Santos L. G., Alves-Silva G. F., Martins V. G. Active-intelligent and biodegradable sodium alginate films loaded with *Clitoria ternatea* anthocyanin-rich extract to preserve and monitor food freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 220 (1): 866–877. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.120.
14. Dewi E. N., Tassakka A. C. M. A. R., Yuwono M., Agus Suyono E., Purnamayati L., Alam J. F. Effect of chlorophyll in alginate-based edible film in inhibiting spoilage of fish snacks. *Canrea Journal Food Technology Nutrition and Culinary Journal*. 2022; 5 (1): 57–68. DOI: 10.20956/canrea.v5i1.571.
15. Zinina O. V., Vishnyakova E. A., Neverova O. P. Study of the properties of biodegradable alginate films with an active component. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 06 (235): 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76- 86. (In Russ.)

16. Thole V., Vain P., Martin C. Effect of elevated temperature on tomato post-harvest properties. *Plants*. 2021; 10: 2359. DOI: 10.3390/plants10112359
17. Zewdie T., Desaiagn A., Olijira G., Amare H., Fetene K., Gebrie L. Review on effects of pre and post-harvest factors affecting the quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *South Asian Journal of Agricultural Sciences*. 2021; 1 (1): 51–56.
18. Al-Dairi M., Pathare P.B., Al-Yahyai R. Effect of postharvest transport and storage on color and firmness quality of tomato. *Horticulturae*. 2021; 7: 163. DOI: 10.3390/horticulturae7070163.
19. Zhu J., Fang Y., Wakisaka M., Saadiah Hafid H., Yang Z., Yin Y., Omura T., Fang W. Fabrication of flexible chitosan film reinforced with pulping by-product lignosulfonates for cherry-tomato preservation. *Food Chemistry*. 2024; X. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101181
20. 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.
21. He Y., Li H., Fei X., Peng L. Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications. *Carbohydrate Polymers*. 2021; 252: 117156. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117156.
22. Oliveira Filho J. G. d., Rodrigues J. M., Valadares A. C. F., Almeida A. B. d., Lima T. M. d., Takeuchi K. P., Alves C. C. F., Sousa H. A. d. F., Silva E. R. d., Dyszy F. H., Egea M. B. Active food packaging: Alginate films with cottonseed protein hydrolysates. *Food Hydrocolloids*. 2019; 92: 267–275. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.052.
23. Tkaczewska J., Kulawik P., Jamróz E., Guzik P., Zajac M., Szymkowiak A., Turek K. One- and double-layered furcellaran/carp skin gelatin hydrolysate film system with antioxidant peptide as an innovative packaging for perishable foods products. *Food Chemistry*. 2021; 351: 129347. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129347.

#### **Authors' information:**

**Oksana V. Zinina**, candidate of agricultural 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*

**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*