

УДК 664.66

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187

О.В. Зинина¹ ✉

Е.А. Вишнякова¹

М.Б. Ребезов^{2, 3}

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ zininaov@susu.ru

Поступила в редакцию:
11.06.2024

Одобрена после рецензирования:
11.07.2024

Принята к публикации:
26.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187

Oksana V. Zinina¹ ✉

Elena A. Vishnyakova¹

Maksim B. Rebezov^{2, 3}

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ zininaov@susu.ru

Received by the editorial office:
11.06.2024

Accepted in revised:
11.07.2024

Accepted for publication:
26.07.2024

Влияние биоактивной пленки на хранимоспособность хлеба

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Разработки биоактивных пленок в настоящее время актуальны в связи с необходимостью замены синтетических полимеров, используемых в упаковочных материалах для продуктов питания. Однако установленные положительные свойства самих пленок не всегда гарантируют прогнозируемый эффект и не обеспечивают сохранность продуктов питания при хранении. В связи этим для рекомендации биоразлагаемых пленок определенного состава к применению в качестве упаковочного материала конкретного вида продукции требуется экспериментальное подтверждение.

Методы. Объектами исследования являются образцы хлеба пшеничного, упакованного в альгинатные пленки и в пленку из полиэтилена в качестве контроля. У образцов хлеба после выпечки и охлаждения, а также через 1 и 3 суток хранения установлены органолептические показатели, цветковые характеристики, микробиологические показатели и потери массы.

Результаты. Проведенные испытания образцов хлеба позволили выявить положительный эффект биоактивной пленки на основе альгината натрия с введением белкового гидролизата на снижение роста бактерий и плесеней. Результаты исследований показали, что в альгинатных пленках происходит интенсивная потеря массы хлеба — до $19,27 \pm 0,51\%$ ($p \leq 0,05$) через 3 суток хранения в пленке без гидролизата белка, что более весомо по сравнению с образцом хлеба в полиэтиленовой пленке ($9,12 \pm 0,32\%$). При этом микробиологические показатели (общее микробное число и количество плесеней) оставались более стабильными в образцах хлеба в альгинатных пленках. Таким образом, результаты микробиологических исследований подтвердили известные данные об антимикробных свойствах белковых гидролизатов в составе биоактивных пленок, однако при выборе пленок для упаковки хлеба необходимо учитывать их паропроницаемость, чтобы избежать потерь влаги при хранении.

Результаты. Результаты исследования показали необходимость пересмотра практики применения технологий переработки навоза (помета) для снижения выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: пищевая пленка, белковый гидролизат, альгинат, плесень, потери массы

Для цитирования: Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б. Влияние биоактивной пленки на хранимоспособность хлеба. *Аграрная наука.* 2024; 385(8): 182–187.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187>

© Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б.

The effect of bioactive film on the shelf life of bread

ABSTRACT

Relevance. The development of bioactive films is currently relevant due to the need to replace synthetic polymers used in food packaging materials. However, the established positive properties of the films themselves do not always guarantee the predicted effect and do not ensure the preservation of food products during storage. In this regard, for the recommendation of biodegradable films of a specific composition for use as packaging material for a particular type of product, experimental confirmation is required.

Methods. The objects of study are samples of wheat bread packaged in alginate films and in polyethylene film as a control. For bread samples after baking and cooling, as well as after 1, and 3 days of storage, sensory characteristics, color characteristics, microbiological indicators, and mass losses were determined.

Results. The conducted tests of bread samples revealed the positive effect of the bioactive film based on sodium alginate with the introduction of protein hydrolysate on reducing the growth of bacteria and molds. The research results showed that in alginate films, there is an intensive loss of bread mass — up to $19.27 \pm 0.51\%$ ($p \leq 0.05$) after 3 days of storage in the film without protein hydrolysate, which is more significant compared to the bread sample in polyethylene film ($9.12 \pm 0.32\%$). At the same time, microbiological indicators (total microbial count and mold count) remained more stable in bread samples in alginate films. Thus, the results of microbiological studies confirmed the known data on the antimicrobial properties of protein hydrolysates in the composition of bioactive films. However, when choosing films for bread packaging, it is necessary to consider their vapor permeability to avoid moisture losses during storage.

Results. The results of the study showed the need to review the practice of using manure (manure) processing technologies to reduce greenhouse gas emissions.

Key words: food film, protein hydrolysate, alginate, mold, mass loss

For citation: Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Rebezov M.B. The effect of bioactive film on the shelf life of bread. *Agrarian science.* 2024; 385(8): 182–187 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187>

© Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Rebezov M.B.

Введение/Introduction

Хлебобулочные изделия занимают важное место в питании человека, являясь источником основных нутриентов [1–5]. На нынешнем этапе развития пищевой промышленности уделяется большое внимание созданию продуктов питания с заданными характеристиками и потребительскими требованиями, оказывающих положительное влияние на здоровье человека [6–8]. Однако, подвергаясь быстрой микробиологической порче, как и многие другие виды пищевой продукции [9–11], нуждаются в дополнительной защите при хранении для предотвращения быстрого плесневения и потенциальной возможности отравления потребителей продуктами жизнедеятельности микроорганизмов — микотоксинами, продуцируемыми токсинообразующими грибами [12–14].

Упаковочные материалы являются одним из распространенных способов создания барьера между продуктом и окружающей средой, помогающих увеличить сроки хранения биологических объектов [15–17].

В условиях ухудшения экологической ситуации с переработкой пластиковых материалов возникла необходимость широкого применения биоразлагаемых пленок и покрытий, которые не только способны быстро разлагаться в почве до биогумуса, но и дополнительно содержат активные компоненты для замедления микробиологической и окислительной порчи продуктов.

В качестве активных компонентов в состав биоразлагаемых пленок включают натуральные антиоксиданты, эфирные масла, наночастицы металлов и другие биоактивные вещества. Известным антимикробным, в том числе противогрибковым, свойством обладают белковые гидролизаты с входящими в их состав биоактивными пептидами [18].

При выборе тех или иных материалов для упаковки хлебобулочных изделий обращают внимание на эстетический вид продукта, сохранность свежести и органолептических свойств, обеспечение стабильности пищевой ценности и микробиологических показателей в процессе хранения [19]. Из синтетических пленок по совокупности свойств предпочтение для упаковки хлебобулочных изделий отдают полипропиленовым (ПП) или полиолефиновым (ПО) пленкам [20].

Биоразлагаемые пленки могут обеспечить комплекс необходимых свойств продукта при хранении, однако во многом эти свойства будут зависеть не только от активного компонента, но и от выбранной матрицы для его введения.

Наиболее распространены матрицы на основе крахмалов, альгината натрия, коллагена, хитозана и других биополимеров, обладающих не только хорошей биоразлагаемостью, но и отличными пленкообразующими свойствами [21, 22].

Хлебобулочные изделия наиболее подвержены такому виду микробиологической порчи, как плесневение, возникающему в результате развития плесеней родов *Penicillium* и *Aspergillus* spp. [12].

Афлатоксины, охратоксины, зеараленон, патулин и другие продуцируемые грибами микотоксины оказывают отрицательное влияние на здоровье человека и в целом на формирование продовольственных потерь [23].

Таким образом, актуальны разработки биоактивных пленок для упаковки продуктов питания. Однако следует учитывать существенные отличия свойств упаковочных материалов из природных биополимеров по сравнению с синтетическими. Перспективы применения тех или иных биоразлагаемых материалов применительно к разным видам продуктов питания следует подтверждать результатами исследований конкретных видов продукции, упакованной в данные материалы, так как свойства биоразлагаемых пленок, установленные экспериментально, как самостоятельного объекта исследований часто не оказывают ожидаемого результата при упаковке в них определенных видов продуктов питания.

Цель работы — исследование влияния биоактивных альгинатных пленок на свойства хлеба пшеничного при хранении.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в лабораториях кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (Челябинск, Россия) с февраля по апрель 2024 года.

Объекты исследования — образцы хлеба пшеничного, упакованного в альгинатные пленки с добавлением в качестве активного компонента гидролизата белка, полученного микробной ферментацией желудков цыплят-бройлеров в творожной сыроватке в присутствии пропионовых кислотных бактерий.

Хлеб пшеничный изготавливали по традиционной технологии опарным способом по следующей рецептуре: мука хлебопекарная высшего сорта — 500 г, дрожжи прессованные — 8 г, соль пищевая — 7 г, вода — 300 г.

Для проведения исследований получены 9 булок массой по 100 г.

Пленки получали следующим образом: в нагретую до 40 °С воду добавляли 1,5% альгината натрия (ООО «Ингредико», Россия) при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. После 20-минутного перемешивания добавляли 3%-ный раствор глицерина (ООО «Йодные технологии и маркетинг», Россия) и 1%-ный раствор гидролизата белка (изготовленный по технологии, описанной в работе [24]), затем разливали на противни и сушили при температуре 30 °С до полного высыхания.

В качестве контрольного образца пленки использовали аналогично приготовленную пленку без добавления белкового гидролизата.

Готовые образцы хлеба (рис. 1), охлажденные до комнатной температуры, упаковывали в пленки и хранили при комнатной температуре.

У образцов хлеба сразу (через 1 и 3 суток хранения) определяли органолептические показатели¹, массовую

Рис. 1. Образцы хлеба в пленках

Fig. 1. Bread samples in films



В полиэтиленовой пленке

В альгинатной пленке с гидролизатом белка

В альгинатной пленке без гидролизата белка

¹ ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.

долю влаги¹ — высушиванием, кислотность² — титрованием, цветовые характеристики — с помощью колориметра NR60CP (Shenzhen Threenh Technology Co, LTD, Китай), общее микробное число³ и количество плесневых грибов и дрожжей⁴ — с использованием микробиологических экспресс-тестов «Петритест» (НПО «Альтернатива», Россия).

Посевы на Петритесты, термостатирование и обработку результатов выполняли в соответствии с рекомендациями производителя, изложенными в Методических рекомендациях 4.2-022-2016⁵.

Перед использованием колориметра NR60CP проводилась калибровка прибора с использованием белой стандартной пластинки ($L^* = 96,77$, $a^* = 0,11$, $b^* = -0,71$), которую также применяли в качестве фона при измерении цветных характеристик пленок (светлота (L^*), краснота (зеленоватость) (a^*) и желтизна (голубоватость) (b^*)).

Суммарное цветовое различие (ΔE) и цветность рассчитывали по формулам (1) и (2) [25]:

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

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

где: L^* , a^* , b^* — стандартные значения параметров цвета белой пластины; L , a , b — значения параметров цвета пленок.

Потери массы (усушку) определяли гравиметрически как разницу масс продукта до и после хранения.

Исследования органолептических свойств проводили в соответствии с ГОСТ 5667⁶. Количество привлекаемых экспертов ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» — 10.

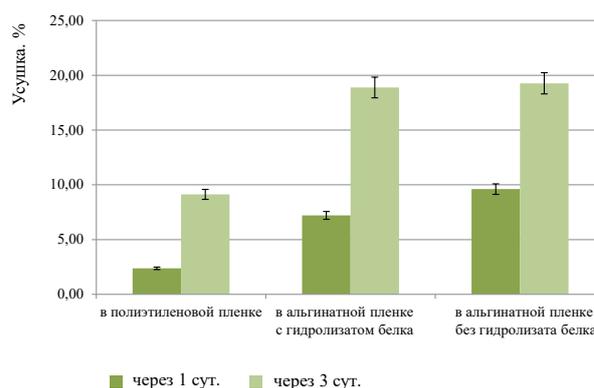
Оборудование и средства измерения, используемые в исследованиях, были поверены ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Челябинской области» (г. Челябинск, Россия).

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office (США). Средние значения трех измерений приняты за достоверные при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При хранении хлеба происходит ухудшение его качества, обусловленное процессами черствения и

Рис. 2. Результаты определения усушки хлеба при хранении
Fig. 2. Results of determining bread shrinkage during storage



усыхания [26]. Интенсивность данных процессов зависит от уровня паропроницаемости упаковочного материала. С одной стороны, пленки с высокой паропроницаемостью позволяют избежать сохранения в продукте излишней влаги сразу после выпечки, но с другой — хлеб быстро усыхает из-за поступления через поры воздуха и интенсивного газообмена с внешней средой. В связи с этим хлебобулочные изделия в упаковке с высокой паропроницаемостью рекомендуется хранить не более суток [20].

Результаты оценки потерь массы хлеба в разных видах пленок представлены на рисунке 2.

Усушка продукта наиболее интенсивно происходила в альгинатных пленках без белкового гидролизата, что согласуется с полученными ранее данными о паропроницаемости данных пленок [27]. При этом начальная влажность в образцах хлеба составила $38,12 \pm 0,61$ ($p \leq 0,05$), что соответствует требованиям ГОСТ Р 58233⁷. Близкие значения потерь массы при хранении хлеба в желатиновых пленках в течение 3 суток установлены зарубежными учеными — от 20 до 28% [28].

Кислотность в образцах хлеба значительно не изменилась в течение 3 суток хранения — увеличилась с 1,2 до 1,5° в контрольном образце и осталась на том же уровне у образцов хлеба в альгинатных пленках.

В таблице 1 приведены результаты определения цветовых характеристик хлеба при хранении.

Следует отметить, что в процессе хранения форма и состояние поверхности булок хлеба не изменились,

Таблица 1. Цветовые характеристики хлеба

Table 1. Color characteristics of bread

Образец хлеба	L	a*	b*	DE	Интенсивность цвета
В полиэтиленовой пленке после изготовления	66,54 ± 1,54	1,79 ± 0,02	10,79 ± 0,41	32,39	10,94
	64,36 ± 1,22	1,94 ± 0,03	11,33 ± 0,38	34,62	11,49
	60,68 ± 1,08	2,31 ± 0,07	12,96 ± 0,44	38,65	13,16
В альгинатной пленке с гидролизатом белка после изготовления	66,47 ± 1,37	1,84 ± 0,02	10,97 ± 0,39	32,52	11,12
	63,46 ± 1,30	2,17 ± 0,04	11,81 ± 0,42	35,64	12,01
	60,12 ± 0,92	3,08 ± 0,08	13,15 ± 0,46	39,30	13,51
В альгинатной пленке без гидролизата белка после изготовления	66,84 ± 1,63	1,81 ± 0,02	10,88 ± 0,38	32,14	11,03
	63,91 ± 1,27	2,07 ± 0,03	14,09 ± 0,45	36,09	14,24
	59,87 ± 1,01	3,16 ± 0,08	14,84 ± 0,46	39,74	15,17

² ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности.

³ ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

⁴ ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов.

⁵ 4.2-022-2016 Методы микробиологического экспресс-контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием продукции «Петритестм» (с изм. от 01.07.2018, 05.03.2019, 24.05.2022).

⁶ ГОСТ 5667-2022 Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий.

⁷ ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.

форма оставалась выпуклой, поверхность гладкая без трещин и подрывов. Визуально цвет корки не изменился, в отличие от цвета мякиша, который во всех образцах оказался более темным по сравнению с его цветом сразу после выпечки. Запах у образцов хлеба в альгинатных пленках сохранился — характерный для данного продукта, а в полимерной пленке на 3-и сутки хранения появился едва уловимый запах плесени.

В таблице 2 приведены результаты определения микробиологических показателей хлеба при хранении.

Результаты микробиологических исследований показали, что рост плесени в образцах хлеба, хранившихся в биоактивных пленках, происходил медленнее по сравнению с образцами в полимерной пленке и альгинатной пленке, что подтверждают данные литературных источников об антимикробных свойствах белковых гидролизатов. При этом во всех образцах на 3-и сутки хранения количество плесени не превысило регламентируемых значений (50 КОЕ/г).

Результаты исследований упакованного в биоактивные пленки мяса показали аналогичный эффект: введение белкового гидролизата в состав хитозановой пленки способствовало снижению количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, что привело авторов к выводу о возможности применения биоактивного упаковочного материала с антимикробным свойством для хранения пищевой продукции.

Авторы отметили, что ингибирование роста микроорганизмов вызвано и снижением активности воды вследствие испарения влаги из мяса из-за высокой пористости хитозановых пленок [29].

Результаты исследований другой группы ученых показали, что хлеб не рекомендуется хранить в

целлюлозной пищевой бумаге, пергаменте и подпергаменте в связи с высокой усушкой продукта в процессе хранения, а также в биоразлагаемых пленках на основе полимолочной кислоты из-за ухудшения органолептических свойств уже через сутки хранения [26].

Выводы/Conclusions

Результаты работы показали, что биоактивные пленки, изготовленные на основе альгината натрия, оказывают положительное влияние на микробиологическую стабильность хлеба при хранении. Однако это может быть связано не только с антимикробной активностью белкового гидролизата, используемого как активный компонент в составе пленки, но и вследствие снижения активности воды из-за интенсивного влагообмена с окружающей средой.

Полученные результаты согласуются с результатами многих авторов, показывающих аналогичный эффект при упаковке хлеба в биоразлагаемые и биоактивные пленки. Для снижения паропроницаемости пленок необходимо совершенствовать состав композиции.

Таблица 2. Микробиологические показатели хлеба при хранении
Table 2. Microbiological parameters of bread during storage

Показатель	Образцы хлеба		
	в полиэтиленовой пленке	в альгинатной пленке с гидролизатом белка	в альгинатной пленке без гидролизата белка
<i>После изготовления</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(0,9 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(0,9 \pm 0,2) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Через сутки хранения</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(3,4 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(3,1 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(3,2 \pm 0,5) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	4,0	1,0	2,0
<i>Через 3 суток хранения</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(4,7 \pm 1,2) \cdot 10^2$	$(4,1 \pm 0,8) \cdot 10^2$	$(4,3 \pm 0,7) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	28,0	14,0	19,0

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-26-00153.
<https://rscf.ru/project/23-26-00153/>

FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation No. 23-26-00153.
<https://rscf.ru/project/23-26-00153/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фаткуллин Р.И. и др. Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2022; 9: 167–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>
2. Есина В.А. Ценность хлеба как важная составляющая жизни человека. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Пенза: ПГАУ. 2022; 1: 224–226. <https://www.elibrary.ru/nljyua>
3. Жарылкасынова Ж.Ә., Искакова Г.К., Байысбаева М.П., Батырбаева Н.Б. Ұзақ мерзімде сақтауға негізделген пектин қосылған галеталар технологиясын әзірлеу. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 124–133. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-16)
4. Егорова К.Н., Рушакова Е.С. Разработка технологии гречневого хлеба без глютена. *Юность большой Волги. Сборник статей лауреатов XIX Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи*. Чебоксары: Центр молодежных инициатив Минобразования Чувашии. 2017; 78–81. <https://www.elibrary.ru/xncatb>
5. Махмудов Ф.А., Азимова С.Т., Ребезов М.Б., Изтаев А.И., Конарбаева З.К. Технология производства и качество выпеченного хлеба из цельномолотой пшеничной муки. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 165–173. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
6. Алашбаева Л.Ж., Боранкулова А.С., Турсунбаева Ш.А., Нургожина Ж.К., Баялы А.А. Функционалды бағыттағы нан өнімдерінің технологиясы. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 81–89. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-11)

REFERENCES

1. Fatkullin R.I. et al. Study of the antioxidant properties of enriched bakery products. *Agrarian science*. 2022; 9: 167–172 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>
2. Yesina V.A. The value of bread as an important component of human life. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2022; 1: 224–226 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nljyua>
3. Zharylkasynova Zh.A., Iskakova G.K., Baiysbayeva M.P., Bатыrbaeva N.B. Development of technology of pectin-containing galets with long shelf life. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 124–133. (in Kazakh). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-16)
4. Egorova K.N., Rushakova E.S. Development of technology of grechnevo bread gluten free. *Youth of the Great Volga. Collection of articles by laureates of the 19th Interregional Conference-Festival of Scientific Creativity of Students*. Cheboksary: Center for Youth Initiatives of the Ministry of Education of Chuvashia. 2017; 78–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xncatb>
5. Makhmudov F.A., Asimova S.T., Rebezov M.B., Iztaev A.I., Konarbayeva Z.K. Technology for production and quality of bread baked from whole grind wheat flour. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 165–173. (in Russian). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
6. Alashbayeva L.Zh., Borankulova A.S., Tursunbayeva Sh.A., Nurgozhina Zh.K., Bayaly A.A. Technology of bakery products by functional direction. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 81–89. (in Kazakh). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-11)

7. Зинина О.В., Павлова Я.С., Ребезов М.Б., Чанов И.М., Николина А.Д., Нурымхан Г.Н. Разработка и исследование крекера, обогащенного пищевыми волокнами. *Аграрная наука*. 2022; 9: 173–179. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-173-179>
8. Рустемова А.Ж., Ребезов М.Б. Зернобобовая смесь как перспективный сырьевой источник в технологии хлебопечения. *Аграрная наука*. 2023; 6: 121–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-121-125>
9. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
10. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
11. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Zhumanova G., Burkov P., Knyazeva A. Investigation of Microbial Hydrolysis of Hen Combs with Bacterial Concentrates. *Fermentation*. 2022; 8(2): 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020056>
12. Nionelli L. *et al.* Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life. *Food Control*. 2020; 118: 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>
13. Науменко Н.В., Ботвинникова В.В., Сотникова В., Грживна Л., Белоглазова Н.В. Микотоксины и безопасность продуктов питания: явные и скрытые угрозы. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020; 8(1): 105–111. <https://www.elibrary.ru/erhaax>
14. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
15. Архипов Д.С., Архипова Т.М., Токарева Т.Ю., Быстров Д.И., Суворов О.А. Современная упаковка и ее влияние на сохранность продукции с заданными потребительскими свойствами. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2023; 2: 140–147. <https://www.elibrary.ru/sfkecx>
16. Rebezov M. *et al.* Crosslinking methods for improving the properties of soy-protein based films for meat packaging: a review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 635–648. <https://doi.org/10.5219/1892>
17. Зинина О.В., Меренкова С.П., Ребезов М.Б., Вишнякова Е.А. Исследование свойств белковых гидролизатов, полученных из желудков цыплят-бройлеров, как потенциального компонента биоактивных пленочных покрытий. *Пищевые системы*. 2024; 7(1): 44–51. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
18. Полищук Е.К. Изучение потенциала биоактивной упаковки на основе хитозана с включенными антимикробными пептидами животного происхождения. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 2020; 14: 192–204. <https://www.elibrary.ru/puvrph>
19. Алексеева М.М., Пашкова Е.Ю. Влияние различных упаковочных материалов на потребительские свойства хлеба из муки пшеничной высшего сорта. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013; 4: 77–81. <https://www.elibrary.ru/rdlarb>
20. История упаковки хлеба. *Пищевая индустрия*. 2017; 1: 34–36. <https://www.elibrary.ru/xviemv>
21. Lisitsyn A. *et al.* Approaches in Animal Proteins and Natural Polysaccharides Application for Food Packaging: Edible Film Production and Quality Estimation. *Polymers*. 2021; 13(10): 1592. <https://doi.org/10.3390/polym13101592>
22. Мьяленко Д.М. Современные биоразлагаемые материалы с ускоренной деградацией для молочной и пищевой продукции (предметный обзор). *Пищевые системы*. 2023; 6(1): 11–21. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-11-21>
23. Костерина Н.А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 5: 49–60. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60>
24. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Optimization of Microbial Hydrolysis Parameters of Poultry By-Products Using Probiotic Microorganisms to Obtain Protein Hydrolysates. *Fermentation*. 2021; 7(3): 122. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030122>
25. Zhang Y. *et al.* 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145>
26. Ловкис З.В., Корзан С.И., Зайченко Д.А. Хранение хлеба в различных видах упаковки и температурных условий. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2022; 15(4): 52–61. <https://www.elibrary.ru/jhigpm>
27. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films with Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics with Incorporation of Protein Hydrolysates. *Sustainability*. 2023; 15(20): 15086. <https://doi.org/10.3390/su152015086>
7. Zinina O.V., Pavlova Ya.S., Rebezov M.B., Chanov I.M., Nikolina A.D., Nurymkhan G.N. Development and examination of a cracker enriched with dietary fiber. *Agrarian science*. 2022; 9: 173–179 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-173-179>
8. Rustemova A.Zh., Rebezov M.B. Leguminous mixture as a promising raw material source in bakery technology. *Agrarian science*. 2023; 6: 121–125 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-121-125>
9. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
10. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
11. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Zhumanova G., Burkov P., Knyazeva A. Investigation of Microbial Hydrolysis of Hen Combs with Bacterial Concentrates. *Fermentation*. 2022; 8(2): 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020056>
12. Nionelli L. *et al.* Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life. *Food Control*. 2020; 118: 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>
13. Naumenko N.V., Botvinnikova V.V., Sotnikova V., Grzhivna L., Beloglazova N.V. Mycotoxins and Security of Food Products: Obvious and Hidden Threats. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2020; 8(1): 105–111 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/erhaax>
14. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
15. Arkhipov D.S., Arkhipova T.M., Tokareva T.Yu., Bystrov D.I., Suvorov O.A. Modern packaging and its impact on the safety of products with desired consumer properties. *News of the Dagestan State Agrarian University*. 2023; 2: 140–147 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sfkecx>
16. Rebezov M. *et al.* Crosslinking methods for improving the properties of soy-protein based films for meat packaging: a review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 635–648. <https://doi.org/10.5219/1892>
17. Zinina O.V., Merenkova S.P., Rebezov M.B., Vishnyakova E.A. Research of the properties of protein hydrolysates obtained from the broiler chicken gizzards as a potential component of bioactive film coatings. *Food systems*. 2024; 7(1): 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
18. Polishchuk E.K. Study of the potential of bioactive package based on chitosan with included antimicrobial peptides of animal origin. *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i khraneniya material'nykh tseknostey dlya gosudarstvennykh nuзд*. 2020; 14: 192–204 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/puvrph>
19. Alekseeva M.M., Pashkova E.Yu. Effect of different packaging materials on consumer properties of premium wheat flour bread. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii*. 2013; 4: 77–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rdlarb>
20. History of bread packaging. *Pishchevaya industriya*. 2017; 1: 34–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xviemv>
21. Lisitsyn A. *et al.* Approaches in Animal Proteins and Natural Polysaccharides Application for Food Packaging: Edible Film Production and Quality Estimation. *Polymers*. 2021; 13(10): 1592. <https://doi.org/10.3390/polym13101592>
22. Myalenko D.M. Modern biodegradable materials with accelerated degradation for dairy and food products (subject review). *Food systems*. 2023; 6(1): 11–21 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-11-21>
23. Kosterina N.A. Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 5: 49–60 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60>
24. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Optimization of Microbial Hydrolysis Parameters of Poultry By-Products Using Probiotic Microorganisms to Obtain Protein Hydrolysates. *Fermentation*. 2021; 7(3): 122. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030122>
25. Zhang Y. *et al.* 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145>
26. Lovkis Z.V., Korzan S.I., Zaichenko D.A. Storing bread in different types of packaging and temperature conditions. *Food Industry: Science and Technology*. 2022; 15(4): 52–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jhigpm>
27. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films with Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics with Incorporation of Protein Hydrolysates. *Sustainability*. 2023; 15(20): 15086. <https://doi.org/10.3390/su152015086>

28. Figueroa-Lopez K.J., Andrade-Mahecha M.M., Torres-Vargas O.L. Development of Antimicrobial Biocomposite Films to Preserve the Quality of Bread. *Molecules*. 2018; 23(1): 212. <https://doi.org/10.3390/molecules23010212>

29. Полищук Е.К., Котенкова Е.А. Разработка биоактивной упаковки на основе хитозана с включенными антимикробными пептидами. *Пищевые системы*. 2021; 4(3S): 217–222. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-217-222>

ОБ АВТОРАХ

Оксана Владимировна Зинина¹

доцент кафедры пищевых и биотехнологий,
доктор технических наук
zininaov@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

Елена Александровна Вишнякова¹

лаборант-исследователь управления научной и инновационной
деятельности, магистрант
l_vishny@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8557-9239>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор²;
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
доктор сельскохозяйственных наук³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ Южно-Уральский государственный университет,
пр-т им. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

28. Figueroa-Lopez K.J., Andrade-Mahecha M.M., Torres-Vargas O.L. Development of Antimicrobial Biocomposite Films to Preserve the Quality of Bread. *Molecules*. 2018; 23(1): 212. <https://doi.org/10.3390/molecules23010212>

29. Polishchuk E.K., Kotenkova E.A. Development of bioactive packaging based on chitosan with incorporated antimicrobial peptides. *Food systems*. 2021; 4(3S): 217–222 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-217-222>

ABOUT THE AUTHORS

Oksana Vladimirovna Zinina¹

Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology,
Doctor of Technical Sciences
zininaov@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

Elena Aleksandrovna Vishnyakova¹

Laboratory Assistant-researcher in the Management of Scientific
and Innovative Activities, Undergraduate
l_vishny@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8557-9239>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor²;
Professor of the Department of Biotechnology and Food Products,
Doctor of Agricultural Sciences³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

² V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems
of the Russian Academy of Sciences,
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³ Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453,
по e-mail agrovetpress@inbox.ru

» В АГЕНТСТВЕ ПОДПИСКИ
ООО «Урал-Пресс Округ»
<https://www.ural-press.ru/catalog/>



» БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
на отраслевом портале
<https://agrarnayanauka.ru>



» ПОДПИСКА НА АРХИВНЫЕ НОМЕРА
И ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ
на сайте Научной электронной библиотеки
www.elibrary.ru



Реклама