



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК664.66: 637

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.010

 EDN: YYMDUE

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ХЛЕБА

Ирина Юрьевна Резниченко <sup>1</sup>, Гиоргий Сергеевич Акопян <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия  
irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

<sup>2</sup> Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева  
Курган, Россия  
khleb\_direktor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4695-7831>

**Аннотация.** Разработка и внедрение в практику инновационных технологий, оценка влияния новых биологически активных веществ в форме биопептидов на качество продуктов питания является актуальным направлением исследований. Отдельное направление исследований связано с использованием пептидов в качестве природных консервантов, т.к. порча и загрязнение пищевых продуктов, зачастую связанные с микроорганизмами, особенно бактериями и грибами, приводят к потерям продуктов питания и серьезным заболеваниям пищевого происхождения. Пептиды обладают высокой биологической активностью, характеризуются антимикробными, бактерицидными, противовирусными свойствами в наноконцентрациях, что определило их перспективность использования в технологиях пищевых продуктов. Цель работы заключалась в обосновании применения БАД (ферментативный гидролизат фабрициевой сумки цыплят бройлеров) в технологии производства хлеба пшеничного для увеличения срока хранения и улучшения качественных характеристик хлеба. Объектами исследования являлись модельные образцы хлеба пшеничного из муки высшего сорта с добавлением БАД. В качестве методов исследования применяли методы анализа, систематизации, обобщения информационных данных поисковых отечественных и международных систем за последние пять лет, стандартные и отраслевые методы контроля сырья и изделий хлебопекарного производства. Установлено, что величина упека хлеба достоверно снижается с увеличением дозировки БАД, влажность мякиша хлеба незначительно увеличивается (на 4 %), что подтверждает данные о гидрофильности вносимых пептидов, кислотность хлеба увеличивается с увеличением дозировки гидролизата. Пористость мякиша и удельный объем хлеба с увеличением дозировки гидролизата увеличились на 7 % и 31 % соответственно. Оценка показателей безопасности выявила, что хлеб с 50 % заменой раствора соли на БАД в течение 120 часов сохранял свои первоначальные свойства, хлеб с полной заменой – 168 часов, контроль – 72 часа. Установлен рекомендуемый срок хранения хлеба с полной заменой солевого раствора БАД 144 часа (6 суток). Исключение соли из рецептуры при внесении 100 % БАД позволяет отнести разработанный хлеб к ахлоридному, т.е. хлебу специализированного назначения. Из результатов исследований следует, что ферментативные гидролизаты белка фабрициевой сумки, содержащие антимикробные пептиды, являются многообещающими альтернативами для использования в качестве натуральных консервантов, но также необходимы новые исследования для подтверждения полученных данных и оценки других показателей качества и отсутствия аллергенности хлеба.

**Ключевые слова:** гидролизат пептида, хлеб пшеничный, влияние пептида на качественные характеристики, микробиологические показатели, стойкость к заражению, сроки хранения.

**Для цитирования:** Резниченко И. Ю., Акопян Г. С. Использование биоактивных пептидов для обеспечения качества и хранимостоспособности хлеба // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 75–83. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/YYMDUE>.

Original article

## USE OF BIOACTIVE PEPTIDES FORENSURE THE QUALITY AND STORAGE OF BREAD

Irina Yu. Reznichenko <sup>1</sup>, Giorgi S. Akopyan <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia  
irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

<sup>2</sup> Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva, Kurgan, Russia

**Abstract.** *The development and implementation of innovative technologies in practice, the assessment of the impact of new biologically active substances in the form of biopeptides on the quality of food is an important area of research. A separate area of research is associated with the use of peptides as natural preservatives, since food spoilage and contamination, often associated with microorganisms, especially bacteria and fungi, lead to food wastage and serious foodborne illness. Peptides have high biological activity, are characterized by antimicrobial, bactericidal, antiviral properties in nanoconcentrations, which determined their promising use in food technology. The aim of the work was to substantiate the use of dietary supplements (enzymatic hydrolyzate of broiler chicken bursa fabricium) in wheat bread production technology to increase the shelf life and improve the quality characteristics of bread. The objects of the study were model samples of wheat bread from premium flour with the addition of dietary supplements. As research methods, methods of analysis, systematization, generalization of information data from search domestic and international systems over the past five years, standard and industry methods for monitoring raw materials and bakery products were used. It has been established that the value of bread baking significantly decreases with an increase in the dosage of dietary supplements, the moisture content of the bread crumb increases slightly (by 4%), which confirms the data on the hydrophilicity of the introduced peptides, the acidity of bread increases with an increase in the dosage of the hydrolyzate. The porosity of the crumb and the specific volume of bread with an increase in the dosage of the hydrolyzate increased by 7% and 31%, respectively. An assessment of safety indicators revealed that bread with a 50% replacement of salt solution with dietary supplements retained its original properties for 120 hours, bread with a complete replacement - 168 hours, control - 72 hours. The recommended shelf life of bread with a complete replacement of the salt solution of dietary supplements is 144 hours (6 days). The exclusion of salt from the recipe when adding 100% dietary supplements makes it possible to attribute the developed bread to achloride bread, i.e. specialized bread. The results of the research suggest that enzymatic bursal protein hydrolysates containing antimicrobial peptides are promising alternatives for use as natural preservatives, but more research is also needed to confirm the findings and evaluate other indicators of bread quality and non-allergenicity.*

**Keywords:** *peptide hydrolyzate, wheat bread, peptide influence on quality characteristics, microbiological parameters, infection resistance, shelf life.*

**For citation:** Reznichenko, I.Yu. & Akopyan, G.S. (2023). Use of bioactive peptides forensure the quality and storage of bread. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 75-83. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/YYMDUE>.

### ВВЕДЕНИЕ

Разработка и внедрение в практику инновационных технологий, оценка влияния новых биологически активных веществ в форме биопептидов на качество продуктов питания является актуальным направлением исследований. В настоящее время большое внимание уделяется поиску и использованию биоресурсов для выработки биологически активных пептидов, характеризующихся разнообразными свойствами и спектром применения.

Порча и загрязнение пищевых продуктов часто связаны с микроорганизмами, особенно бактериями и грибами, что вызывает глобаль-

ную озабоченность, поскольку они приводят к потерям продуктов питания и серьезным заболеваниям пищевого происхождения, в связи с чем отдельное направление исследований связано с использованием пептидов в качестве природных консервантов. Выделение и идентификация пептидов также важна для продления сроков хранения изделий скоропортящихся, в том числе хлеба, а также сохранение ферментативной способности дрожжей при производстве замороженных мучных изделий.

Исследована антимикробная и противогрибковая активность белковых пептидов, выделенных из семян бобовых (Mani-López E. и др., 2021). Установлен противогрибковый

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ХЛЕБА

механизм действия катионных пептидов иммунной системы (дефензинов) в отношении пищевых продуктов, в том числе хлеба [1]. Обозначены направления дальнейших исследований бобовых пептидов, т.к. бобовые продуцируют защитные соединения (от грибов и насекомых-вредителей), которые можно экстрагировать для применения в качестве антимикробных средств.

Рассмотрены свойства белков и пептидов татарской гречихи (ZhuF., 2021). Пептиды показали различную биологическую активность *in vitro* и *in vivo*. Они ингибируют трипсин, замедляют старение, модулируют микробиоту кишечника, проявляют иммуномодулирующие, антидиабетические, противомикробные, противораковые и антиоксидантные свойства, профилактику сердечно-сосудистых заболеваний, снижение артериального давления. Показано, что протеины и пептиды гречихи имеют потенциал для применения в продуктах функционального назначения [2].

Установлено, что пептиды косточкового жмыха пальмы, полученные посредством лактоферментации, обладают противогрибковой активностью в отношении *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp.*, *Penicillium spp.* Показано, что применение пептидов в качестве биоконсервантов продляют сроки хранения хлеба до 10 суток. (Asri, N. M. и др., 2020). Противогрибковую активность в отношении *Penicillium spp.* проявляют пептиды гидролизованной сыворотки козьего молока. Кроме того, использованные в качестве ингредиента для приготовления хлеба, они влияют на снижение роста микотоксинов и увеличивают срок хранения хлеба на 48 часов (Luz C. и др., 2020) [3, 4].

Снижение активности дрожжей и ухудшение качества хлеба – две основные проблемы в технологии замороженного теста. Изучено влияние пептидов серицина (белка, входящего в состав шелковой железы тутового шелкопряда) на замороженное тесто, показано, что пептиды уменьшают содержание замерзающей воды и повышают коэффициент выживаемости дрожжей после 4-недельного хранения в замороженном виде (Gong, S. и др., 2019) [5].

Исследовано криопротекторное действие соевых пептидов на ферментативную способность хлебопекарных дрожжей (Liu M. и др., 2020). Продемонстрирована возможность использования соевых пептидов для поддержания способности дрожжей к брожению и сохранению качества хлеба, произведенного из замороженного теста [6].

Разработаны натуральные антибактери-

альные и противогрибковые пептиды из порошка семян кенафа (травянистого растения рода гибискус семейства мальвовых) и определена их эффективность при продлении срока годности различных видов хлеба. Определена минимальная ингибирующая и бактерицидная концентрации в отношении грамположительных бактерий. Применение порошка в дозе 3000 мг/кг снижало численность *Aspergillus niger*, *Aspergillus flayusu* *Fusarium sp.* в образцах хлеба, инокулированных грибами, при хранении при 25 °С. Пептиды в дозах 1000 и 3000 мг/кг успешно продлили срок годности хлеба на 10 дней. Показано, что добавление пептидов не вызвало изменений физико-химических свойств продукта (Arulrajah B. и др., 2022) [7].

Исследованы характеристики антимикробных пептидов, выделенных из белков глютена пшеницы, с использованием латексных пептидаз *Calotropis procera*, *Cryptostegiagrandidiflora* и *Caricacarpaya* (Freitas D. C. и др., 2022). Установлено ингибирование роста грибов в хлебе с пептидами и их активность против *Penicillium sp.* [8].

Рассмотрены побочные продукты животного происхождения – коллаген и производные пептиды как важные компоненты инновационных устойчивых пищевых систем (Yuan H. и др., 2022) [9]. Предложена технология получения и исследовано влияние пептидов ферментативного гидролизата фабрициевой сумки цыплят бройлеров на иммунитет лабораторных мышей (Тихонов С. Л. и др., 2022, Кольберг Н. А. и др., 2022). Показано, что разработанный биоактивный пептид с выраженным иммуностропным действием является перспективным источником для применения в пищевых системах [10–12].

Исследовано влияние БАД с пантами марала и пятнистого оленя на характеристики булочных изделий, установлено улучшение состояния мякиша и замедление процесса черствения (Кузьмина С. С. и др., 2016) [13].

Другим не менее важным направлением научных исследований является создание продуктов с низким содержанием соли, так как высокие уровни пищевой соли приводят к повышению артериального давления и риску развития сердечно-сосудистых заболеваний (He F.J и др., 2020) [14]. Пищевые продукты с наибольшим содержанием соли в рационе включают хлеб и хлебобулочные изделия [15].

Цель работы заключалась в обосновании применения БАД (ферментативный гидролизат фабрициевой сумки цыплят бройлеров) в технологии производства хлеба пшенич-

ного для увеличения срока хранения и улучшения качественных характеристик хлеба.

### МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования в работе использованы мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (изготовитель ООО «Привоз», Россия, г. Новосибирск, выработанная по ГОСТ 25574-2017); дрожжи хлебопекарные прессованные (изготовитель ООО «САФ-НЕВА», Россия, г. Воронеж, выработанные по ТУ 10.89.13-038-48975583-2018); модельные образцы хлеба, приготовленные на активированных дрожжах с применением БАД – ферментативный гидролизат фабрициевой сумки цыплят-бройлеров, выработанной по ТУ 20.59.59-001-32698901-2019 (БАД). Образцы хлеба готовили в лабораторных условиях по ГОСТ 27669-88. В качестве контрольного образца служил образец хлеба, приготовленный без внесения ферментативного гидролизата.

В работе применяли стандартные и отраслевые методы контроля сырья и полуфабрикатов хлебопекарного производства. Определение влажности муки пшеничной хлебопекарной проводили по ГОСТ 9404-88 методом высушивания в сушильном шкафу (марка SNOL 20/30, производитель АВ UMEGA, Литва), цвет, запаха, вкус и хруст определили по ГОСТ 27558-87, количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013. Для определения качества клейковины применяли прибор ИДК-3М, производитель АО «Промприбор», Россия. Дрожжи хлебопекарные прессованные анализировали по ГОСТ Р 54731-2011, массовую долю влаги дрожжей определяли ускоренным методом, для этого использовали прибор Чижовой (марка ПЧМЦ, производитель ООО «ОЛИС», Россия), подъемную силу дрожжей с имеющимися сроками хранения со дня выработки определяли ускоренным способом, использовали термостат марки ST1, Россия. Пробную лабораторную выпечку осуществляли по ГОСТ 27669-88. Замес теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с добавлением и без добавления БАД осуществляли на тестомесилке лабораторной У1-ЕТК-1М (Россия). Формование тестовых заготовок осуществляли ручным способом. Образцы хлеба выпекали в печи лабораторной марки РЗ-ХЛП, Россия при температуре 200–220 °С, продолжительность выпечки составляла 25–30 минут.

Для биологической стимуляции метаболизма дрожжей применяли БАД гидролизат из фабрициевой сумки цыплят бройлеров (БАД), которая представляет собой жидкую питательную смесь [16]. БАД вносили при замесе теста.

В качестве контрольного образца служил образец хлеба без внесения БАД.

В модельных образцах хлеба анализировали органолептические показатели качества по ГОСТ Р 58233-2018, пористость – по ГОСТ 5669-96, влажность – по ГОСТ 210940-75, упек (уменьшение массы тестовой заготовки при выпечке) весовым методом, величину упека выражали в процентах к массе тестовой заготовки перед выпечкой, удельный объем определяли методом, основанным на измерении объема индикатора, вытесненного погруженным в него готовым изделием. В качестве индикатора использовали шлифованное пшено с размерами частиц порядка 1,5 мм.

Показатели безопасности хлеба определяли согласно требований ТР ТС 021/2011 в испытательной аккредитованной лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области.

Экспериментальные данные обрабатывали статистическими методами анализа. Определение физико-химических показателей качества муки, дрожжей и модельных образцов хлеба проводили в 3-кратной повторности.

В качестве объектов исследования в работе использованы: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (изготовитель ООО «Привоз», Россия, г. Новосибирск, выработанная по ГОСТ 25574-2017); дрожжи хлебопекарные прессованные (изготовитель ООО «САФ-НЕВА», Россия, г. Воронеж, выработанные по ТУ 10.89.13-038-48975583-2018); модельные образцы хлеба, приготовленные на активированных дрожжах с применением БАД – ферментативный гидролизат фабрициевой сумки цыплят-бройлеров, выработанной по ТУ 20.59.59-001-32698901-2019 (БАД). Образцы хлеба готовили в лабораторных условиях по ГОСТ 27669-88. В качестве контрольного образца служил образец хлеба, приготовленный без внесения ферментативного гидролизата.

В работе применяли стандартные и отраслевые методы контроля сырья и полуфабрикатов хлебопекарного производства. Определение влажности муки пшеничной хлебопекарной проводили по ГОСТ 9404-88 методом высушивания в сушильном шкафу (марка SNOL 20/30, производитель АВ UMEGA, Литва), цвет, запаха, вкус и хруст определяли по ГОСТ 27558-87, количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013. Для определения качества клейковины применяли прибор ИДК-3М, производитель АО «Промприбор», Россия. Дрожжи хлебопекарные прессованные анализировали по ГОСТ Р 54731-2011, массовую долю влаги дрожжей определяли ускоренным

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ХЛЕБА

методом, для этого использовали прибор Чижовой (марка ПЧМЦ, производитель ООО «ОЛИС», Россия), подъемную силу дрожжей с имеющимися сроками хранения со дня выработки определяли ускоренным способом, использовали термостат марки ST1, Россия. Пробную лабораторную выпечку осуществляли по ГОСТ 27669-88. Замес теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с добавлением и без добавления БАД осуществляли на тестомесилке лабораторной У1-ЕТК-1М (Россия). Формование тестовых заготовок осуществляли ручным способом. Образцы хлеба выпекали в печи лабораторной марки РЗ-ХЛП, Россия при температуре 200–220 °С, продолжительность выпечки составляла 25–30 минут.

Для биологической стимуляции метаболизма дрожжей применяли БАД гидролизат из фабричной сумки цыплят бройлеров (БАД), которая представляет собой жидкую питательную смесь [6]. БАД вносили при замесе теста. В качестве контрольного образца служил образец хлеба без внесения БАД.

В модельных образцах хлеба анализировали органолептические показатели качества по ГОСТ Р 58233-2018, пористость – по ГОСТ 5669-96, влажность – по ГОСТ 210940-75, упек (уменьшение массы тестовой заготовки при выпечке) – весовым методом, величину упека выражали в процентах к массе тестовой заготовки перед выпечкой, удельный объем определяли методом, основанным на измерении объема индикатора, вытесненного погруженным в него готовым изделием. В качестве индикатора использовали шлифованное пшено с размерами частиц порядка 1,5 мм.

Показатели безопасности хлеба определяли согласно требований ТР ТС 021/2011 в испытательной аккредитованной лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области.

Экспериментальные данные обрабатывали статистическими методами анализа. Определение физико-химических показателей качества муки, дрожжей и модельных образцов хлеба проводили в 3-кратной повторности.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показателей качества применяемой в рецептуре муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта показали, что количество клейковины составило  $(31,5 \pm 0,3)$  %, качество клейковины, ед. ИДК –  $(51,0 \pm 0,5)$ , влажность –  $(12,4 \pm 0,3)$  %, органолептические показатели муки также соответствовали требованиям ГОСТ 25574-2017.

Оценка органолептических показателей качества используемых дрожжей выявила их соответствие требованиям ГОСТ Р54731-  
*POLZUNOVSKIY VESTNIK № 1 2023*

2011. Массовая доля сухого вещества в дрожжах составила  $(31,6 \pm 0,3)$  %, подъемная сила –  $(57,5 \pm 0,5)$  мин., что также соответствовало регламентируемым нормам.

По показателям качества используемое сырье отвечает регламентируемым требованиям стандартов и может быть использовано для исследований.

Проведенные авторами исследования влияния БАД на биологическую стимуляцию дрожжей хлебопекарных прессованных и сушеных показали, что БАД оказывает положительное воздействие на физиологическую активность дрожжей благодаря пептидам [16, 17]. При этом, учитывая свойства БАД, имеющей солоноватый вкус, производили замену раствора соли в рецептуре теста на БАД. Полученные результаты показали, что по сравнению с контролем подъемная сила дрожжей прессованных хлебопекарных с полной заменой раствора соли на гидролизат увеличилась на 23 % [16].

Использование БАД при замене раствора соли на 100 % позволяет ускорить производственный технологический процесс, но необходимо проведение исследований по влиянию БАД на показатели качества готового хлеба и его хранимоспособность.

Готовили три модельных образца хлеба с учетом влажности используемой муки и дрожжей с различным количественным соотношением соли, БАД и воды. При этом раствор соли заменяли БАД на 50 и 100 %. Составы контрольного (№ 1) и опытных образцов (№ 2, № 3) хлеба приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы образцов

Table 1 - Sample compositions

Наименование сырья	Количество, г		
	№ 1	№ 2	№ 3
Мука пшеничная	105,6	105,6	105,6
Дрожжи	3,0	3,0	3,0
Соль поваренная пищевая	1,5	0,75	0
БАД, мл	0	30	60
Вода питьевая, мл	64,1	34,1	4,1
Итого:	173,45	173,45	173,45

Анализ выхода и величины упека образцов хлеба показал, что выход хлеба практически не изменяется и составляет около 116–117 %, при этом величина упека при увеличении дозы БАД достоверно снижается на 11,5 % (образец № 2) ( $P \leq 0,05$ ) и 23 % (образец № 3) ( $P \leq 0,05$ ).

Результаты оценки физико-химических показателей качества образцов приведены в таблице 2. Установлено, что влажность мякиша незначительно увеличилась при увеличении количества БАД (на 1 и 4 % соответственно у образца № 2 и № 3), что подтверждает данные

о гидрофильности вносимых пептидов. Динамика кислотности в зависимости от дозировки БАД показала, что увеличение количества гидролизата способствует более высокой кислотности (на 11 и 16 % соответственно у образцов № 2 и № 3), что говорит об увеличении в хлебе доли органических кислот. Полученные данные согласуются с данными о том, что вносимые пептиды относят к кислым, т.к. их изоэлектрическая точка ниже 7,0 [11, 12].

Анализ таких показателей, как пористость и удельный объем, выявил, что с увеличением дозировки гидролизата пористость мякиша увеличилась на 2,3 % (образец № 2) и на 7 % (образец № 3), удельный объем

также увеличился на 15 и 31 % соответственно (таблица 2).

Сравнительная оценка органолептических показателей качества готовых образцов хлеба показала, что все изделия имели правильную форму с выпуклой верхней коркой, отсутствием боковых выплывов и трещин на поверхности (рисунок 1). Отмечено, что цвет корки образцов хлеба с внесением БАД не изменялся и соответствовал контрольному образцу – золотисто-желтому.

На разрезе образцы хлеба с внесением БАД имели эластичный мякиш, равномерную тонкостенную пористость, пустоты и уплотнения в мякише отсутствовали (рисунок 1, справа). Вкус и запах – без постороннего, свойственный хлебу.

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества образцов хлеба

Table 2 - Physico-chemical indicators of the quality of bread samples

Наименование показателя	Характеристика образцов			
	по ГОСТ	№ 1	№ 2	№ 3
Влажность мякиша, %, не более	45,0	36,8±0,3	37,18±0,3	38,52±0,3
Кислотность мякиша, град, не более	3,0	1,8±0,1	2,0±0,1	2,1±0,1*
Пористость мякиша, %, не менее	65,0	73,21±0,3	74,90±0,3	78,31±0,3*
Удельный объем, см <sup>3</sup>	–	380,0±0,3	440,0±0,3*	500,0±0,3*

Примечание: \* P ≤ 0,05



Рисунок 1 – Внешний вид образцов хлеба и вид на разрезе образцов хлеба с БАД

Figure 1 - Appearance of bread samples and section view of bread samples with biologically active additive

Исследование показателей безопасности образцов хлеба проводили в течение 240 часов (10 суток). Хлеб хранили упакованным в полиэтиленовую пищевую пленку по ГОСТ 10354 при температуре 8–10 °С, изолированным от источников нагрева и охлаждения. Для упакованного хлеба из муки высшего сорта массой менее 0,2 кг согласно ГОСТ 31752-2012 рекомендуемые сроки хранения составляют 48 часов.

Выявлено, что в течение 144 часов количество плесеней во всех образцах составляло не

более 10 КОЕ/г. В контрольном образце при хранении в течение 120 часов КМАФАнМ увеличилось до  $(9,6 \pm 1,3) \times 10^3$  и не соответствовало нормам. В образцах хлеба с БАД данный показатель оставался на допустимом уровне.

В таблице 3 приведены данные результатов анализа содержания КМАФАнМ в образцах хлеба при хранении. В таблице 4 результаты тестирования мякиша образцов хлеба, зараженного тест-штаммами плесеней и спорных бактерий при хранении.

Таблица 3 – Показатели безопасности образцов хлеба при хранении

Table 3 - Safety indicators of bread samples during storage

Образец хлеба	Количество мезофильных аэробных и факультативноанаэробных микроорганизмов, КОЕ/г (см <sup>3</sup> )			
	По ТР ТС 021/2011	48 ч	96 ч	144 ч
№ 1	Не более $1 \times 10^3$	$(4,3 \pm 1,3) \times 10^2$	$(6,2 \pm 1,3) \times 10^2$	$(10,3 \pm 1,3) \times 10^3$
№ 2		$(4,2 \pm 1,3) \times 10^2$	$(5,1 \pm 1,3) \times 10^2$	$(8,3 \pm 1,3) \times 10^2$
№ 3		$(4,3 \pm 1,3) \times 10^2$	$(4,9 \pm 1,3) \times 10^2$	$(6,7 \pm 1,3) \times 10^2$

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ХЛЕБА

Таблица 4 – Результаты тестирования мякиша хлеба, зараженного тест-штаммами плесеней  
Table 4 - Test results for breadcrumbs infected with mold test strains

Образец хлеба		<i>Aspergillusniger</i>			<i>Penicillium sp</i>		
		4 ч	72 ч	120 ч	4 ч	72 ч	120 ч
№ 1	Площадь	11,5± 2,2	18,1± 2,2	39,1± 2,2	7,6 ± 1,2	21,2 ± 1,2	36,6± 2,2
№ 2	заражения,	9,9 ± 2,1*	14,2 ± 2,1	22, 5± 2,1*	5,7± 0,9	12,3 ± 0,9*	14,8± 0,7*
№ 3	см <sup>2</sup>	6,8 ± 1,5*	10,7 ± 1,5*	19,3± 1,5*	3,2± 0,5*	7,5 ± 0,6*	8,7± 0,6*

Примечание: \* P ≤ 0,05

Оценка показателей безопасности выявила, что хлеб с 50 % заменой раствора соли на БАД в течение 120 часов сохранял свои первоначальные свойства, хлеб с полной заменой – 168 часов, контроль – 72 часа.

Рекомендуемый срок хранения хлеба с полной заменой солевого раствора БАД составляет 144 часа (6 суток).

Результаты исследований согласуются с данными, в которых установлено, что белковые гидролизаты используются в качестве противогрибковых средств (Luz, C. и др. 2020) [18]. Исследования (Nionelli, L. и др., 2020) показали, что гидролизат хлеба, образующийся в результате протеолитического действия металлопептидаз и сериновых пептидаз из *Lactobacillus brevis* AM7, обладает широким ингибирующим спектром против разных видов грибов и противогрибковой активностью в диапазоне от 20 до 70 % [19].

Противогрибковая активность гидролизата фабрициевой сумки была того же порядка величины, что и у авторов (Feng G. и др., 2020), которые исследовали противогрибковые эффекты пептида танатина против *Penicillium digitatum* и наблюдали ингибирование примерно на 53 % [20]. Авторы (Muhialdin B.J. и др., 2016) [21] выделили пептид из бесклеточного супернатанта *Lactobacillus plantarum* и показали, что он способен ингибировать рост *Penicillium roqueforti* на 60 %, что аналогично показателям, полученным в нашем исследовании.

Авторы (Souza P. F. и др., 2020) с помощью флуоресцентной микроскопии установили, что антимикробные пептиды и гидролизаты индуцируют сильную красную флуоресценцию в спорах. Пропионат натрия и контроль вызывали соответственно слабую и отсутствие красной флуоресценции в спорах. Можно предположить, что пептиды вызывают повреждение мембраны бактерий и грибов [22] и обладают всеми необходимыми свойствами для взаимодействия с мембранами, такими как гидрофильность и положительный заряд, вызывая ионное взаимодействие с отрицательным зарядом микробных мембран, что позволяет внедряться в мембраны.

Сообщалось, что пептиды с такими же

характеристиками и механизмом действия индуцируют сильную красную флуоресценцию в спорах *Penicillium digitatum* [23]. В некоторых исследованиях сообщалось о более длительном сроке хранения хлеба, обработанного различными белковыми гидролизатами. Однако они использовали высокие концентрации гидролизатов. Установлено продление срока годности хлеба на 7 дней при внесении 1,5 г/кг смешанной муки из чечевицы (*Lensculinaris*), гороха (*Pisumsativum*) и бобовых (*Vicia faba*), гидрализованых коммерческой нейтральной пептидазой (*VeronPS*) из *Aspergillusoryzae* [24].

### ВЫВОДЫ

Хлеб является одним из самых потребляемых продуктов питания во всем мире. Хотя разработаны некоторые технологии для улучшения его характеристик, хлеб, по-прежнему, очень быстро портится, в основном из-за грибкового загрязнения, что приводит к недовольству потребителей и экономическим потерям для хлебопекарной промышленности. Кроме того, загрязнение хлеба грибами приводит к нежелательным изменениям вкуса и выработке вредных веществ, таких как микотоксины.

Из результатов исследований следует, что ферментативные гидролизаты белка фабрициевой сумки, содержащие антимикробные пептиды, являются многообещающими альтернативами для использования в качестве натуральных консервантов для замедления роста грибов в хлебе при хранении, но также необходимы новые исследования для подтверждения полученных данных и оценки других показателей качества и отсутствия аллергенности хлеба.

Потенциально эффективной стратегией сокращения потребления соли населением является сокращение содержания соли в хлебе. Исключение соли из рецептуры при внесении 100 % БАД позволяет отнести разработанный хлеб к ахлоридному, то есть продукции специализированного назначения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mani-López E., Palou E., López-Malo A. Legume proteins, peptides, water extracts, and crude protein ex-

tracts as antifungals for food applications // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Т. 112. P. 16–24.

2. Zhu F. Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Т. 110. P. 155–167. DOI 10.1016/j.tifs.2021.01.081.

3. Asri N.M., Muhialdin B.J., Zarei M., Saari N. Low molecular weight peptides generated from palm kernel cake via solid state lacto-fermentation extend the shelf life of bread // *Lwt*. 2020. Т. 134. P. 110206.

4. Luz C., Izzo L., Ritieni A., Manes J., Meca G. Antifungal and antimycotoxigenic activity of hydrolyzed goat whey on *Penicillium* spp: An application as biopreservation agent in pita bread // *Lwt*. 2020. Т. 118. P. 108717.

5. Gong S., Yang D., Wu Q., Wang S., Fang Z., Li Y., Wu J. Evaluation of the antifreeze effects and its related mechanism of sericin peptides on the frozen dough of steamed potato bread // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019. Т. 43. № 8. P. 14053. DOI 10.1111/jfpp.14053.

6. Liu M., Liu X., Li Y. Soybean peptides' cryoprotective effects on *Saccharomyces cerevisiae* fermenting power in frozen dough and maintenance of the Chinese steamed bread qualities // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Т. 44. № 8. P. e14572. DOI 10.1111/jfpp.14572.

7. Arulrajah B., Qoms M.S., Muhialdin B.J., Hasan, H. Zarei M., Hussin A.S., Saari N. Antibacterial and antifungal activity of kenaf seed peptides and their effect on microbiological safety and physicochemical properties of some food models // *Food Control*. 2022. Т. 140. P. 109119. DOI 10.1016/j.foodcont.2022.109119.

8. Freitas D.C., Zambelli R.A., Ramos M.V., Oliveira J.P., Souza P.F., Santos G.B. Latex peptidases produce peptides capable of delaying fungal growth in bread // *Food Chemistry*. 2022. Т. 373. P. 131410. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.131410.

9. Yuan H., Luo Z., Ban Z., Reiter R.J., Ma Q., Liang Z., Li L. Bioactive peptides of plant origin: distribution, functionality and evidence of benefits in food and health // *Food & Function*. 2022. Т. 13. P. 3133–3158.

10. Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Кольберг Н.А., Кудряшов Л.С. Систематизация научных знаний о технологии получения и механизме действия некоторых биологически активных пептидов // *АПК России*. 2022. Т. 29. № 2. С. 254–261.

11. Кольберг Н.А., Тихонова, Н.В., Тихонов, С.Л., Леонтьева, С.А. Разработка технологии выделения и исследования иммуноотропного действия бурсальных пептидов на мышцах с экспериментальным иммунодефицитом // *Техника и технология пищевых производств*. 2022. Т. 52. № 2. С. 296–309.

12. Kolberg N.A., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Kudryashov L.S. Influence of peptides from the bursa of fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice // *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022. Т. 7. № 2. С. 83–90.

13. Кузьмина С.С., Козубаева Л.А., Егорова Е.Ю. Влияние БАД "Панторин" на потребительские свойства булочных изделий // *Ползуновский вестник*. 2016. № 2. С. 8–12.

14. He F.J., Tan M., Ma Y., MacGregor G.A. Salt Reduction to Prevent Hypertension and Cardiovascular Disease // *J. Am. Coll. Cardiol*. 2020. Т. 75. P. 632–647.

15. Webster J.L., Dunford E.K., Neal B.C. A Systematic Survey of the Sodium Contents of Processed // *Foods*. *Am. J. Clin. Nutr*. 2010. Т. 92. P. 1003.

16. Резниченко И.Ю., Акопян Г.С., Резниченко А.А., Резниченко Е.А. Биологическая активация дрожжей и оценка их влияния на процесс хлебопечения // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2022. № 6 (77). С. 83–88.

17. Резниченко И.Ю., Акопян Г.С., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Биологическая активация хлебопекарных дрожжей и возможность обогащения продукции хлебопечения пептидами // *Health, Food & Biotechnology*. 2022. Т. 4. № 3. С. 49–58.

18. Luz C., Izzo L., Ritieni A., Manes, J. & Meca, G. (2020). Antifungal and antimycotoxigenic activity of hydrolyzed goat whey on *Penicillium* spp: An application as biopreservation agent in pita bread // *Lwt*, 2020. Т. 118. P. 108717. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108717>.

19. Nionelli L., Wang Y., Pontonio E., Immonen M., Rizzello C.G., Maina, H.N., Coda, R. (2020). Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf life // *Food Control*. 2020. Т. 118. P. 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>.

20. Feng G., Li X., Wang W., Deng L. & Zeng K. (2020). Effects of peptide thanatin on the growth and transcriptome of *Penicillium digitatum*. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.606482>.

21. Muhialdin B.J., Hassan Z., Bakar F.A. & Saari, N. (2016). Identification of antifungal peptides produced by *Lactobacillus plantarum* IS10 grown in the MRS broth. *Food Control*, 59, 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.022>.

22. Souza P.F.N., Marques L.S.M., Oliveira J.T.A., Lima P.G., Dias L.P., Neto N.A.S., ... Freitas, C.D.T. (2020). Synthetic antimicrobial peptides: From choice of the best sequences to action mechanisms. *Biochimie*, 175, 132–145. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.05.016>.

23. Lima P.G., Freitas C.D.T., Oliveira J.T.A., Neto N.A.S., Amaral J.L., Silva A.F.B., ... Souza P.F.N. (2021). Synthetic antimicrobial peptides control *Penicillium digitatum* infection in orange fruits. *Food Research International*, 147, 110582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110582>.

24. Rizzello C.G., Verni M., Bordignon S., Gramaglia V. & Gobetti M. (2017). Hydrolysate from a mixture of legume flours with antifungal activity as an ingredient for prolonging the shelf life of wheat bread. *Food Microbiology*, 64, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.12.003>.

### Информация об авторах

И. Ю. Резниченко – доктор технических наук, профессор кафедры «Биотехнологий и производства продуктов питания» ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия».

Г. С. Акопян – доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО «Кузганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева».

### REFERENCES

1. Mani-López, E., Palou, E. & López-Malo, A (2021). Legume proteins, peptides, water extracts, and crude protein extracts as antifungals for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 16–24.

2. Zhu, F. (2021). Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 110. 155–167. DOI 10.1016/j.tifs.2021.01.0813.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ХЛЕБА

3. Asri, N.M., Muhialdin, B.J., Zarei, M. & Saari, N. (2020). Low molecular weight peptides generated from palm kernel cake via solid state lacto-fermentation extend the shelf life of bread. *Lwt*.134, 110206.
4. Luz, C., Izzo, L., Ritieni, A., Manes, J. & Meca, G. (2020). Antifungal and antimycotoxigenic activity of hydrolyzed goat whey on *Penicillium* spp: An application as bio-preservation agent in pita bread. *Lwt*.118, 108717.
5. Gong, S., Yang, D., Wu, Q., Wang, S., Fang, Z., Li, Y. & Wu, J. (2019). Evaluation of the antifreeze effects and its related mechanism of sericin peptides on the frozen dough of steamed potato bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 43 ( 8), 14053. DOI 10.1111/jfpp.14053.
6. Liu, M., Liu, X. & Li, Y. (2020). Soybean peptides' cryoprotective effects on *Saccharomyces cerevisiae* fermenting power in frozen dough and maintenance of the Chinese steamed bread qualities. *Journal of Food Processing and Preservation*. 44 ( 8). e14572. DOI10.1111/jfpp.14572.
7. Arulrajah, B., Qoms, M.S., Muhialdin, B.J., Hasan, H., Zarei, M., Hussin, A.S. & Saari, N. (2022). Antibacterial and antifungal activity of kenaf seed peptides and their effect on microbiological safety and physicochemical properties of some food models. *Food Control*. 140, 109119. DOI10.1016/j.foodcont.2022.109119.
8. Freitas, D.C., Zambelli, R.A., Ramos, M.V., Oliveira, J.P., Souza, P.F. & Santos, G.B. (2022). Latex peptidases produce peptides capable of delaying fungal growth in bread. *Food Chemistry*. 373. 131410. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.131410.
9. Yuan, H., Luo, Z., Ban, Z., Reiter, R.J., Ma, Q., Liang, Z. & Li, L. (2022). Bioactive peptides of plant origin: distribution, functionality, and evidence of benefits in food and health. *Food & Function*. 13, 3133-3158.
10. Tikhonov, S.L., Tikhonova, N.V., Kolberg, N.A. & Kudryashov, L.S. (2022). Systematization of scientific knowledge about the technology of obtaining and the mechanism of action of some biologically active peptides. *APK of Russia*. 29(2), 254-261. (In Russ.).
11. Kolberg, N.A., Tikhonova, N.V., Tikhonov, S.L. & Leontiev, S.A. (2022). Development of a technology for the isolation and study of the immunotropic action of bursal peptides in mice with experimental immunodeficiency. *Technique and technology of food production*. 52(2), 296-309. (In Russ.).
12. Kolberg, N.A. & Tikhonov, S.L., Tikhonova, N.V., Kudryashov, L.S. (2022). Influence of peptides from the bursa of fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice. *Theory and Practice of Meat Processing*. 7 (2). 83-90.
13. Kuzmina, S.S., Kozubaeva, L.A. & Egorova, E.Yu. (2016). Influence of dietary supplement "pantorin" on the consumer properties of bakery products. *Polzunovskiy vestnik*. 2. 8-12. (In Russ.).
14. He, F.J., Tan, M., Ma, Y., MacGregor, G.A. & Salt (2020). Reduction to Prevent Hypertension and Cardiovascular Disease. *J. Am. Coll. Cardiol*. 75, 632-647.
15. Webster, J.L.; Dunford, E.K. & Neal, B.C. (2010). A Systematic Survey of the Sodium Contents of Processed Foods. *Am. J. Clin. Nutr.* 92, 1003.
16. Reznichenko, I.Yu. & Akopyan, G.S. (2022) Biological activation of yeast and assessment of their influence on the baking process. *Technology and commodity science of innovative food products*. 6 (77). 83-88. (In Russ.).
17. Reznichenko, I.Yu., Akopyan, G.S., Tikhonov, S.L. & Tikhonova, N.V. (2022). Biological activation of baker's yeast and the possibility of enrichment of bakery products with peptides. *Health, Food & Biotechnology*. 4 (3). 49-58. (In Russ.).
18. Luz, C., Izzo, L., Ritieni, A., Manes, J. & Meca, G. (2020). Antifungal and antimycotoxigenic activity of hydrolyzed goat whey on *Penicillium* spp: An application as bio-preservation agent in pita bread. *Lwt*, 118, 108717. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108717>.
19. Nionelli, L., Wang, Y., Pontonio, E., Immonen, M., Rizzello, C.G., Maina, H.N., Coda, R. (2020). Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf life. *Food Control*, 118, 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>.
20. Feng, G., Li, X., Wang, W., Deng, L. & Zeng, K. (2020). Effects of peptide thanatin on the growth and transcriptome of *Penicillium digitatum*. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.606482>.
21. Muhialdin, B.J., Hassan, Z., Bakar, F.A. & Saari, N. (2016). Identification of antifungal peptides produced by *Lactobacillus plantarum* IS10 grown in the MRS broth. *Food Control*, 59, 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.022>.
22. Souza, P.F.N., Marques, L.S.M., Oliveira, J.T.A., Lima, P.G., Dias, L.P., Neto, N.A.S. & Freitas, C.D.T. (2020). Synthetic antimicrobial peptides: From choice of the best sequences to action mechanisms. *Biochimie*, 175, 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.05.016>.
23. Lima, P.G., Freitas, C.D.T., Oliveira, J.T.A., Neto, N.A.S., Amaral, J.L., Silva, A.F.B. & Souza, P.F.N. (2021). Synthetic antimicrobial peptides control *Penicillium digitatum* infection in orange fruits. *Food Research International*, 147, 110582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110582>.
24. Rizzello, C.G., Verni, M., Bordignon, S., Gramaglia, V. & Gobetti, M. (2017). Hydrolysate from a mixture of legume flours with antifungal activity as an ingredient for prolonging the shelf life of wheat bread. *Food Microbiology*, 64, 72-82. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.12.003>.

### Information about the authors

I.Yu. Reznichenko - Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Biotechnology and Food Production, Kuzbass State Agricultural Academy.

G.S. Akopyan - Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products, Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23.12.2022; одобрена после рецензирования 13.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was received by the editorial board on 23 Dec 2022; approved after editing on 13 Mar 2023; accepted for publication on 21 Mar 2023.