Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-3-228-237 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.953 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Оптимизация рецептуры рыбного паштета с использованием высокобелкового минерального комплекса

Николай А. Двинских [1] kdvinskixag@ya.ru
Константин В. Есепенок [1] kv@esepenok.ru
Людмила К. Земцова [1] zemcova-l@ya.ru

1 Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования по оптимизации рецептуры рыбного паштета из фарша форели путем частичной замены сырья на высокобелковый минеральный комплекс (ВБМК). Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения белковой ценности и улучшения технологических свойств паштетной продукции при одновременном снижении себестоимости. Установлено, что в научной литературе отсутствуют систематические данные о влиянии различных дозировок ВБМК на комплекс органолептических, физико-химических и экономических показателей, что определило цель исследования – обоснование оптимальной доли замены фарша (5, 10 или 15%) на ВБМК. Экспериментальные образцы изготавливали по разработанным рецептурам с нормированием до 100% и учетом технологических потерь. Органолептическую оценку проводили по ГОСТ 9959–2015 с коэффициентами весомости, физико-химический анализ – по ГОСТ 7636–85. Статистическую обработку выполняли с использованием Microsoft Excel (критерии Фридмана, Уилкоксона, t-критерий Стьюдента). Результаты показали, что образец с 10% ВБМК получил максимальную обобщенную органолептическую оценку (4,90 балла), что достоверно выше контроля (4,69 балла, $p = 0,018$ по критерию Уилкоксона для заранее спланированного контраста). Содержание белка увеличилось на 49,7% (с 9,32% до 13,95%, $p < 0,001$), влажность снизилась до 68,52% ($p < 0,05$), массовая доля жира осталась без значимых изменений. Экономический анализ (CVP-метод, многокритериальное сравнение) выявил снижение себестоимости 1 т на 11 500 руб. и рост рентабельности продукции с 20,3% до 25,2%, а рентабельности продаж – с 16,9% до 20,1%. Научная новизна заключается в установлении дозозависимого эффекта ВБМК и определении порога замены (15%), за которым следует неприемлемое ухудшение качества. Практическая значимость состоит в разработке рецептуры, готовой к промышленному внедрению.

Ключевые слова: рыбный паштет, высокобелковый минеральный комплекс, лососевые, замена фарша, органолептическая оценка, физико-химические показатели, белок, влажность, себестоимость, рентабельность, оптимизация рецептуры, пищевая ценность.

Optimization of fish pate formulation using a high-protein mineral complex

Nikolai A. Dvinskikh [1] kdvinskixag@ya.ru
Konstantin V. Esepenok [1] kv@esepenok.ru
Lyudmila K. Zemtsova [1] zemcova-l@ya.ru

1 Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, 23 Academika Skryabina St., Moscow, 109472, Russia

Abstract. The article presents the results of an experimental study on the optimization of trout fish pate formulation by partial replacement of raw material with a high-protein mineral complex (HPMC). The relevance is due to the need to increase the protein value and improve the technological properties of pate products while reducing production costs. The scientific literature lacks systematic data on the effect of different HPMC dosages on the complex of sensory, physicochemical and economic indicators, which determined the aim of the study – to substantiate the optimal proportion of mince replacement (5, 10 or 15%) with HPMC. Experimental samples were prepared according to developed formulations with normalization to 100% and consideration of technological losses. Sensory evaluation was carried out according to GOST 9959–2015 with weight coefficients, physicochemical analysis – according to GOST 7636–85. Statistical processing was performed using Microsoft Excel (Friedman test, Wilcoxon test, Student's t-test). The results showed that the sample with 10% HPMC received the highest integrated sensory score (4.90 points), which is significantly higher than the control (4.69 points, $p = 0.018$ according to the Wilcoxon test for a pre-planned contrast). Protein content increased by 49.7% (from 9.32% to 13.95%, $p < 0.001$), moisture decreased to 68.52% ($p < 0.05$), while fat remained without significant changes. Economic analysis (CVP method, multi-criteria comparison) revealed a reduction in the cost of 1 ton by 11,500 rubles and an increase in product profitability from 20.3% to 25.2%, and in return on sales from 16.9% to 20.1%. Scientific novelty lies in establishing the dose-dependent effect of HPMC and determining the replacement threshold (15%) beyond which unacceptable quality deterioration occurs. Practical significance consists in the development of a formulation ready for industrial implementation

Keywords: fish pate, high-protein mineral complex, salmonids, mince replacement, sensory evaluation, physicochemical parameters, protein, moisture, cost price, profitability, formulation optimization, nutritional value.

Для цитирования
Двинских Н.А., Есепенок К.В., Земцова Л.К. Оптимизация рецептуры рыбного паштета с использованием высокобелкового минерального комплекса // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 3. С. 228–237. doi:10.20914/2310-1202-2026-3-228-237

For citation
Dvinskikh N.A., Esepenko K.V., Zemtsova L.K. Optimization of fish pate formulation using a high-protein mineral complex. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 3. pp. 228–237. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-3-228-237

© 2026, Двинских Н.А. и др. / Dvinskikh N.A. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В последние годы наблюдается устойчивый рост спроса на продукты из рыбы, обладающие высокой биологической ценностью и улучшенными потребительскими свойствами [12, 13, 19]. Паштеты из лососевых рыб являются популярным сегментом рынка [5, 17, 18, 20], однако традиционные рецептуры часто характеризуются избыточной жирностью, недостаточно стабильной консистенцией и ограниченным содержанием белка [4, 7, 14]. Одним из перспективных направлений модернизации рецептур является частичная замена рыбного фарша на высокобелковые минеральные комплексы (ВБМК), получаемые из вторичных ресурсов переработки гидробионтов [1, 2, 8, 9, 16, 21]. Такая замена позволяет не только повысить содержание белка, но и улучшить водосвязывающую способность, структуру и стабильность паштетной массы.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций показывает, что влияние дозировки ВБМК на комплекс качественных характеристик рыбных паштетов изучено недостаточно. Большинство работ сосредоточено на использовании соевых или молочных белков [3, 7, 14], тогда как применение специализированных комплексов из рыбного сырья остается малоисследованным. [2, 9, 16] Имеющийся пробел заключается в отсутствии научно обоснованных рекомендаций по предельным и оптимальным уровням замены фарша на ВБМК с учетом органолеп-тических, физико-химических и экономических критериев.

Цель работы – оптимизировать рецептуру рыбного паштета из форели путем частичной замены фарша на ВБМК и определить наиболее эффективную дозировку добавки.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования выполнены на базе кафедры технологии и управления качеством продукции АПК имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». Объектами исследования служили контрольный образец рыбного паштета из фарша радужной форели и три опытных образца, в которых 5; 10 и 15% фарша (от его содержания в контроле) были заменены на высокобелковый минеральный комплекс (ВБМК). При этом фактическое содержание ВБМК в общей массе сырья после нормирования составило 3,38; 6,54 и 9,50% соответственно (таблица 1). Разработка рецептур выполнена на основе известных подходов к созхданию комбинированных рыбных продуктов [3, 5, 7, 9, 20].

Органолептическую оценку [6, 11] выполняли в соответствии с ГОСТ 9959–2015 в специализированном помещении с контролируемыми параметрами микроклимата (температура 20 ± 1 °С, относительная влажность 68 ± 3%, освещенность 550 ± 50 лк). Дегустационная комиссия состояла из 7 экспертов (5 женщин, 2 мужчин, возраст 34–56 лет), имеющих действующие свидетельства о прохождении обучения по органолептическому анализу рыбной продукции согласно ГОСТ ISO 8586. Образцы кодировали трехзначными случайными числами и подавали в последовательности, рекомендованной п. 8.2 ГОСТ 9959–2015 (от менее интенсивного аромата к более выраженному). Каждый дегустатор оценивал пять показателей (внешний вид, цвет и вид на разрезе, запах, консистенцию, вкус) по 5-балльной шкале с шагом 0,5 балла. Для интегральной оценки качества использовали коэффициенты весомости, адаптированные из Приложения Д ГОСТ 9959–2015 для паштетообразных продуктов: внешний вид – 1, цвет – 3, консистенция – 2, запах – 2, вкус – 2. Итоговую оценку образца определяли как среднее арифметическое значений обобщенного показателя качества (всех семи экспертов.

Физико-химические показатели определяли по стандартным методикам ГОСТ 7636–85: белок – методом Кьельдаля (п. 8.9.1), жир – экстракционно-весовым методом (п. 3.7.1), влагу – методом высушивания до постоянной массы (п. 3.3.1), золу – методом сухого озоления в муфельной печи (п. 11.6). Массовую долю углеводов рассчитывали по разности: 100% – (влага + жир + белок + зола). Каждый образец анализировали в трех повторностях.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного пакета Microsoft Excel. Для каждого органолептического и физико-химического показателя рассчитывали среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (SD). Проверку нормальности распределения для физико-химических показателей выполняли визуально (Q-Q графики), отклонений от нормальности не обнаружено. Достоверность различий между образцами по органолептическим данным оценивали с помощью непараметрического критерия Фридмана с последующим post-hoc анализом по критерию Уилкоксона. Поскольку сравнения проводили только для заранее запланированных пар (контрольный образец с каждым опытным), поправка на множественные сравнения не вводилась. Физико-химические показатели сравнивали с использованием двухвыборочного t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Линейную регрессию для оценки зависимости содержания белка от дозировки ВБМК выполняли стандартными средствами Excel с расчетом коэффициента детерминации [6, 10, 13, 15].

Экономическую оценку эффективности производства рыбного паштета с добавлением ВБМК проводили по стандартным статьям затрат для рыбоперерабатывающих предприятий. Расчеты себестоимости 1 т продукции, переменных и постоянных затрат, точки безубыточности, рентабельности выполняли в Microsoft Excel с использованием метода цепных подстановок и CVP-анализа. Цена ВБМК принята равной 120 руб./кг, что соответствует среднерыночной стоимости белковых концентратов из вторичного рыбного сырья по данным коммерческих предложений на 1 квартал 2026 г., а также расчетной себестоимости производства (бесплатное сырье – отходы собственного производства, энергозатраты – 30 руб./кг, труд – 20 руб./кг, упаковка – 10 руб./кг, итого себестоимость ~60 руб./кг, с наценкой 100% для учета накладных расходов и рентабельности производства добавки). Для многокритериального сравнения контрольного образца и образца с 10% ВБМК применяли метод взвешенной суммы: нормализацию показателей (для прямых критериев – деление на максимальное значение, для обратных – деление минимального на текущее) и расчет интегрального показателя с весами, определенными экспертным путем с проверкой согласованности (коэффициент конкордации Кендалла, $W = 0{,}78$, $p < 0{,}05$) [4, 17–20].

Результаты и обсуждение

Разработанные рецептуры паштета представлены в таблице 1. Введение ВБМК сопровождалось снижением доли фарша и пропорциональным уменьшением остальных ингредиентов (кроме воды, которая корректировалась для сохранения консистенции). Потери при тепловой обработке составили 10% и не зависели от дозировки добавки. Такая процедура нормирования является стандартной при модификации рецептур.

Таблица 1.

Массовая доля ингредиентов в контрольном и опытных образцах рыбного паштета, %

Table 1.

Mass fraction of ingredients in the control and experimental samples of fish pate, %

Ингредиент Ingredient	Массовая доля, % | Mass fraction, %			
	Контроль Control	О1 (5% ВБМК)	О2 (10% ВБМК)	О3 (15% ВБМК)
Фарш лососевый (форель) | Minced salmon (trout)	70,00	67,63	65,42	63,35
ВБМК | VBMK	–	3,38	6,54	9,50
Крупа манная | Semolina	6,00	5,80	5,61	5,43
Крахмал картофельный | Potato starch	2,00	1,93	1,87	1,81
Смесь специй | Spice Blend	1,00	0,97	0,93	0,90
Оптиспайс «Паштет Деликатесный» | Optispice "Delicacy Pâté"	1,00	0,97	0,93	0,90
OPTIMIX Фиш Фэтлинк СБ 624 | ORTIMICH Fish Fatlink SB 624	1,00	0,97	0,93	0,90
Растительное масло | Vegetable oil	5,00	4,83	4,67	4,52
Вода (для эмульсии) | Water (for emulsion)	5,00	4,83	4,67	4,52
Лук репчатый сушеный | Dried onions	2,00	1,93	1,87	1,81
Вода (дополнительная) | Water (optional)	7,00	6,76	6,56	6,36
ИТОГО | TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Анализ данных таблицы 1 показывает, что замена фарша на ВБМК закономерно приводит к пропорциональному снижению массовой доли всех остальных ингредиентов. Суммарное количество вносимой воды снизилось с 12% в контроле до 10,88% в О3, что обусловлено гидратационной способностью ВБМК. Разработанные рецептуры являются технологически корректными и могут быть воспроизведены в промышленных условиях.

Высокобелковый минеральный комплекс, использованный в работе, получен из вторичного рыбного сырья – хвостовых плавников с прирезями мышечной ткани дальневосточного лосося (кеты) [1–2]. Технология получения включала следующие этапы: промывка сырья, варка при 95–98 °С в течение 20 минут для размягчения костной ткани, первичное измельчение на волчке с диаметром отверстий решетки 4–5 мм, конвективная сушка при температуре 70–80 °С до остаточной влажности 8–10%, охлаждение и тонкое криогенное измельчение до размера частиц менее 0,5 мм. Полученный порошок представляет собой однородный сыпучий продукт коричневого цвета без посторонних запахов и примесей, с нейтральным вкусом, что обеспечивает удобство дозирования и равномерное распределение в паштетной массе.

Физико-химический анализ ВБМК (таблица 2) показал высокое содержание белка – 81,03% при низкой массовой доле влаги (2,12%), что гарантирует концентрацию нутриентов и длительный срок хранения.

Таблица 2.

Основные физико-химические и микробиоло-гические показатели ВБМК

Table 2.

Main physicochemical and microbiological indicators of VBMC

Показатель | Indicator	Значение Value
Массовая доля, % | Mass fraction, %:	
белок | protein	81,03 ± 1,29
жир | fat	13,3 ± 0,21
влага | moisture	2,12 ± 0,10
зола | ash	0,83 ± 0,01
КМАФАнМ, КОЕ/г | QMAFAnM, CFU/g	$1,6 \times 10^2$
БГКП (колиформы) в 1 г BGCP (coliforms) per 1 g	–
Сальмонеллы в 25 г | Salmonella in 25 g.	–
Сульфитредуцирующие анаэробы в 0,1 г Sulphite reducing anaerobes per 0.1 g	–

Содержание жира составило 13,3%, золы – 0,83%. Микробиологические исследования подтвердили полное соответствие требованиям ТР ТС 021/2011: общее количество мезофильных микроорганизмов – $1,6 \times 10^2$ КОЕ/г (при норме не более $5 \cdot 10^3$), бактерии группы кишечной палочки, сальмонеллы и сульфитредуцирующие анаэробы не обнаружены.

Аминокислотный профиль ВБМК включает 18 аминокислот, в том числе все незаменимые. Суммарное содержание незаменимых аминокислот составляет 27,76 г. на 100 г. белка. Аминокислотный скор серосодержащих аминокислот (метионин + цистеин) достигает 322,8%, ароматических (фенилаланин + тирозин) – 242,7%, триптофана – 136,3%, что позволяет компенсировать возможный дефицит этих аминокислот в основном сырье для паштета. Биологическая ценность белка ВБМК, рассчитанная по аминокислотному скору, составляет 66,98%.

Минеральный состав ВБМК характеризуется высоким содержанием кальция – 45 200 мг/кг (4,52%), калия – 8 150 мг/кг, магния – 4 380 мг/кг, натрия – 2 060 мг/кг. Железо присутствует в количестве 54,3 мг/кг. Такая концентрация макроэлементов позволяет рассматривать ВБМК не только как белковую добавку, но и как натуральный минеральный комплекс, способный существенно обогатить готовый продукт физиологически значимыми элементами. Соотношение калия и натрия (примерно 1,9:1) близко к рекомендуемому для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом, ВБМК является безопасным, биологически ценным и технологически функциональным ингредиентом, пригодным для обогащения рыбных паштетов.

Результаты дегустационного анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты органолептической оценки образцов (n = 7, баллы, M ± SD)

Table 3.

Results of organoleptic evaluation of samples (n = 7, points, M ± SD)

Показатель Indicator	Контроль Control	О1 (5% ВБМК)	О2 (10% ВБМК)	О3 (15% ВБМК)
Внешний вид Appearance	4,9 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,0 ± 0,4
Цвет и вид на разрезе Color and Cut Appearance	4,7 ± 0,3	4,8 ± 0,3	4,9 ± 0,2	3,1 ± 0,4
Запах (аромат) Smell (aroma)	4,6 ± 0,4	4,7 ± 0,3	4,9 ± 0,2	3,0 ± 0,3
Консистенция Consistency	4,8 ± 0,3	4,8 ± 0,3	4,9 ± 0,2	3,2 ± 0,4
Вкус Taste	4,6 ± 0,4	4,7 ± 0,3	4,9 ± 0,2	2,9 ± 0,4
Обобщенная оценка Summary Assessment	4,69 ± 0,06	4,74 ± 0,05	4,90 ± 0,04	3,10 ± 0,08

Обобщенная оценка рассчитана как среднее по 7 экспертам значений, полученных по формуле с коэффициентами весомости
The overall assessment is calculated as the average of 7 expert values obtained using a formula with weighting coefficients

Как следует из данных таблицы 3, все образцы, за исключением О3, получили оценки, соответствующие категории «отличное качество» согласно ГОСТ 7457–2007. Образец О2 (10% ВБМК) продемонстрировал наивысшую обобщенную оценку (4,90 балла), что статистически значимо выше контроля ($p = 0,018$ по критерию Уилкоксона для заранее спланированного контраста). Эксперты единогласно отметили у данного образца более нежную и пластичную консистенцию, сбалансированный аромат без излишней рыбной резкости, а также стабильный светло-кремовый цвет с розоватым оттенком. Образец О1 (5% ВБМК) занял промежуточное положение (4,74 балла), причем различия с контролем оказались статистически незначимыми ($p = 0,063$), что свидетельствует о «нейтральном» влиянии данной дозировки на сенсорные свойства. В противоположность этому, образец О3 (15% ВБМК) получил резко сниженные оценки (3,10 балла, $p < 0,001$ по сравнению со всеми остальными образцами). Дегустаторы зафиксировали появление постороннего бобового привкуса, горьковатого послевкусия, бледную окраску и крошащуюся консистенцию, что не соответствует требованиям нормативной документации.

Оптимальной дозировкой ВБМК, обеспечивающей улучшение потребительских свойств, является 10%, тогда как увеличение доли замены до 15% недопустимо. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, отмечавших пороговые концентрации белковых добавок в паштетных изделиях.

Для наглядного сопоставления сенсорных профилей исследуемых образцов была построена лепестковая диаграмма (профилограмма), в которой по пяти осям отложены средние балльные оценки соответствующих дескрипторов. На рисунке 1 представлены профили контрольного образца (А) и опытных образцов О1 (Б), О2 (В) и О3 (Г).

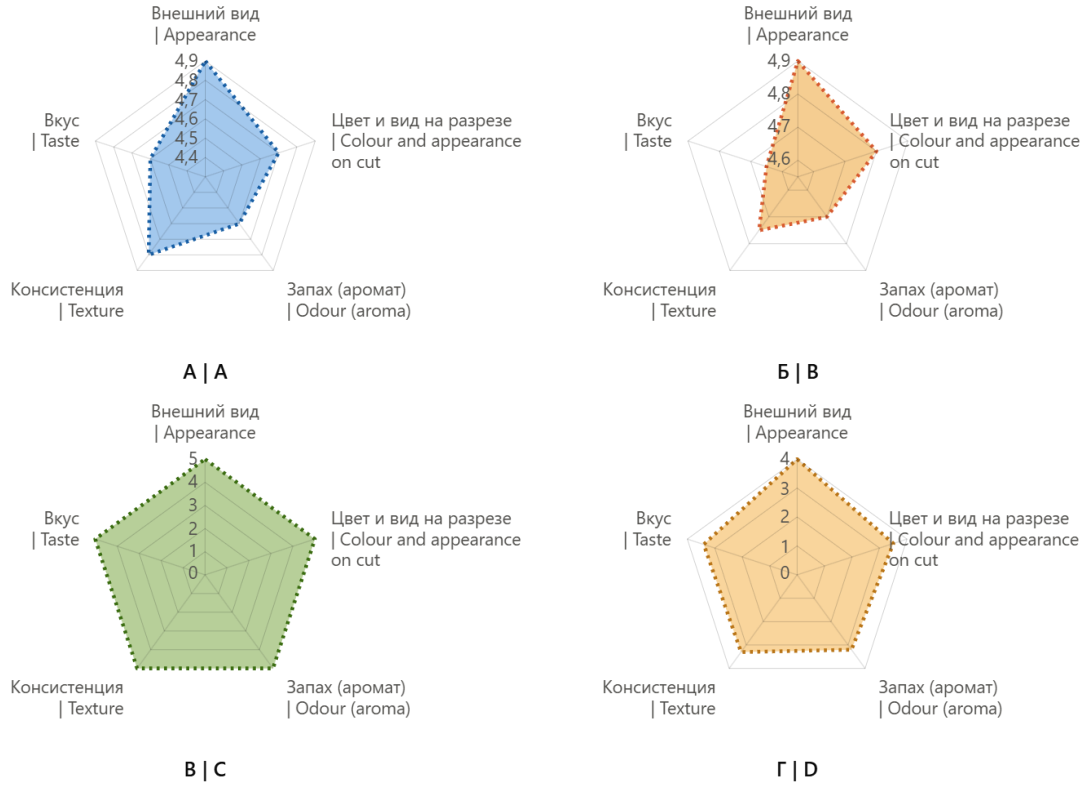


Рисунок 1. Профилограмма сенсорной оценки образцов рыбного паштета: А – контроль (фарш форели 70%, без ВБМК); Б – О1 (замена 5% фарша на ВБМК); В – О2 (замена 10% фарша на ВБМК); Г – О3 (замена 15% фарша на ВБМК)

Figure 1. Profilogram of sensory evaluation of fish pate samples: A – control (70% trout mince, without VBM); B – O1 (replacement of 5% of mince with VBM); C – O2 (replacement of 10% of mince with VBM); G – O3 (replacement of 15% of mince with VBM)

Сравнение конфигураций профилограмм показывает, что образец О2 характеризуется равномерным приближением координат к максимальным значениям (4,9–5,0 баллов) по всем пяти осям. Площадь, ограниченная ломаной линией профиля О2, превышает таковую для контрольного образца, что свидетельствует о комплексном улучшении сенсорных свойств. Полученные графические данные полностью коррелируют с результатами статистического анализа (критерий Фридмана, $p < 0,01$; критерий Уилкоксона, $p = 0,018$ для пары контроль – О2).

Физико-химические показатели. Для объективной характеристики пищевой ценности и техноло-гических свойств паштетов были определены массовые доли белка, жира, влаги, золы и углеводов. Результаты трехкратных измерений представлены в таблице 4.

Для выявления статистически значимых различий между образцами использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок (при $n = 3$, $df = 4$, критическое $t = 2,776$). Результаты попарного сравнения сведены в матрицу значимости (таблица 5), что позволяет компактно оценить все возможные сочетания.

Таблица 4.
Физико-химические показатели контрольного и опытных образцов (n = 3, %, M ± SD)

Table 4.
Physicochemical parameters of control and experimental samples (n = 3, %, M ± SD)

Показатель Indicator	Контроль Control	О1 (5% ВБМК)	О2 (10% ВБМК)	О3 (15% ВБМК)
Массовая доля | Mass fraction				
белок protein	9,32 ± 0,21	11,69 ± 0,35	13,95 ± 0,28	16,21 ± 0,58
жир fat	9,56 ± 0,22	9,58 ± 0,30	9,85 ± 0,18	9,88 ± 0,35
влага moisture	73,31 ± 1,69	71,02 ± 1,88	68,52 ± 1,05	66,41 ± 2,54
зола ash	3,55 ± 0,08	3,49 ± 0,10	3,34 ± 0,06	3,31 ± 0,12
углеводы carbohydrates	4,26 ± 0,10	4,17 ± 0,12	4,20 ± 0,07	4,05 ± 0,15

Анализ таблиц 4 и 5 позволяет сделать следующие заключения: по массовой доле белка наблюдается закономерное и высокозначимое увеличение во всех опытных образцах по сравнению с контролем ($p < 0,01…0,001$). Прирост относительно контроля составил 25,4% для О1, 49,7% для О2 и 73,9% для О3. При этом различия между соседними опытными образцами также статистически значимы ($p < 0,01$ для О1-О2 и О2-О3), что свидетельствует о дозозависимом эффекте. Линейная регрессия (0,997) показывает, что каждый процент замены фарша увеличивает содержание белка примерно на 0,46 п.п. В отношении жира не выявлено статистически значимых различий ни в одной из сравниваемых пар ($p > 0,05$ во всех случаях). Колебания массовой доли жира в пределах 9,56–9,88% находятся в границах погрешности метода, что опровергает гипотетическую возможность нежелательного накопления липидов при введении ВБМК. Содержание влаги достоверно снижается в образцах О2 и О3 по сравнению с контролем ($p < 0,05$), однако разница между О1 и контролем, а также между О2 и О3 статистически незначима. Умеренное уменьшение влажности с 73,31% (контроль) до 68,52% (О2) является технологически благоприятным, так как способствует улучшению консистенции и потенциально увеличивает срок годности за счет снижения активности воды. По зольности зафиксировано достоверное снижение в О2 и О3 относительно контроля ($p < 0,05$). Углеводный состав остается стабильным: различия между любыми образцами статистически незначимы ($p > 0,05$). Физико-химический анализ однозначно указывает на образец О2 как на наиболее сбалансированный: он обеспечивает максимальный прирост белка при умеренном и статистически обоснованном снижении влажности и зольности, без нежелательного изменения жирового и углеводного профилей.

Таблица 5.

Матрица значимости различий физико-химических показателей (t-критерий / p-уровень/заключение)

Table 5.

The significance matrix of differences in physicochemical parameters (t-test/p-level/conclusion)

Сравниваемая пара Comparison Pair	Белок Protein	Жир Fat	Влага Moisture	Зола Ash	Углеводы Carbohydrates
Контроль – О1	9,48 / < 0,01 / *	0,09 / > 0,05 / нс	1,59 / > 0,05 / нс	0,92 / > 0,05 / нс	1,12 / > 0,05 / нс
Контроль – О2	22,91 / < 0,001 / *	1,77 / > 0,05 / нс	4,17 / < 0,05 / *	3,64 / < 0,05 / *	0,85 / > 0,05 / нс
Контроль – О3	18,15 / < 0,001 / *	1,45 / > 0,05 / нс	3,91 / < 0,05 / *	2,98 / < 0,05 / *	1,84 / > 0,05 / нс
О1 – О2	8,73 / < 0,01 / *	1,24 / > 0,05 / нс	1,98 / > 0,05 / нс	2,16 / > 0,05 / нс	0,35 / > 0,05 / нс
О1 – О3	12,06 / < 0,001 / *	1,08 / > 0,05 / нс	2,28 / > 0,05 / нс	2,06 / > 0,05 / нс	1,09 / > 0,05 / нс
О2 – О3	6,08 / < 0,01 / *	0,14 / > 0,05 / нс	1,42 / > 0,05 / нс	0,41 / > 0,05 / нс	1,45 / > 0,05 / нс

* – различия статистически значимы при $p < 0,05$; нс – незначимо

* – the differences are statistically significant at $p < 0.05$; ns – insignificant

Оценка экономической эффективности производства рыбного паштета по контрольной рецептуре и рецептуре О2 (как наилучшей по совокупности органолеп-тических и физико-химических показателей) проводилась на основе расчета себестоимости 1 т готовой продукции, прибыли, рентабельности и точки безубыточности. Расчеты выполняли для типового рыбоперерабатывающего предприятия с производственной мощностью 50 т/мес. и отпускной ценой 350 руб./кг (без НДС). Цена ВБМК принята равной 120 руб./кг, что соответствует среднерыночной стоимости белковых концентратов из вторичного рыбного сырья по данным коммерческих предложений на 1 квартал 2026 г., а также расчетной себестоимости производства (бесплатное сырье – отходы собственного производства, энергозатраты – 30 руб./кг, труд – 20 руб./кг, упаковка – 10 руб./кг, итого себестоимость ~60 руб./кг, с наценкой 100% для учета накладных расходов и рентабельности производства добавки). Результаты сведены в таблицу 6.

Таблица 6.

Основные экономические показатели производства контрольного паштета и паштета с 10% ВБМК (О2)

Table 6.

Key economic indicators for the production of control pate and pate with 10% VBMK (O2)

Показатель | Indicator	Контроль Control	О2	Абсолютное изменение | Absolute change	Относительное изменение, % | Relative change, %
Себестоимость 1 т, руб. | Cost of 1 ton, RUB	291 000	279 500	-11 500	-3,95
Переменные затраты на 1 кг, руб. Variable costs per 1 kg, rubles	241,0	230,0	-11,0	-4,56
Постоянные затраты в месяц, тыс. руб. Fixed costs per month, thousand rubles	2 500	2 500	0	0
Выручка с 1 т, руб. | Revenue from 1 ton, RUB	350 000	350 000	0	0
Прибыль с 1 т, руб.| Profit from 1 ton, RUB	59 000	70 500	+11 500	+19,49

Показатель | Indicator	Контроль Control	О2	Абсолютное изменение | Absolute change	Относительное изменение, % | Relative change, %
Рентабельность продукции (прибыль / себестоимость), % Profitability of products (profit / cost), %	20,3	25,2	+4,9 п.п.	–
Рентабельность продаж (прибыль / выручка), % | Return on sales (profit / revenue), %	16,9	20,1	+3,2 п.п.	–
Точка безубыточности, т/мес. Break-even point, t/month	22,9	20,8	-2,1	-9,17

Рентабельность продукции рассчитана по формуле (Прибыль / Себестоимость) • 100%. Постоянные затраты рассчитаны исходя из усредненных данных типового рыбоперерабатывающего предприятия (амортизация, аренда, общепроизводственные и административные расходы) при загрузке 50 т/мес.
Profitability of products is calculated according to the formula (Profit / Cost) • 100%. Fixed costs are calculated based on the average data of a typical fish processing enterprise (depreciation, rent, general production and administrative costs) with a load of 50 tons per month

Приведенные в таблице 5 данные показывают, что замена лососевого фарша на ВБМК позволяет снизить себестоимость 1 т продукции на 11 500 руб. (на 3,95%) за счет разницы в цене сырья (фарш форели – около 350 руб./кг, ВБМК – 120 руб./кг). При неизменной отпускной цене это приводит к росту прибыли с 1 т с 59 000 до 70 500 руб., то есть дополнительная прибыль на каждую тонну составляет 11 500 руб. Рентабельность продукции увеличивается с 20,3% до 25,2% (на 4,9 п.п.), рентабельность продаж – с 16,9% до 20,1% (на 3,2 п.п.). Снижение точки безубыточности с 22,9 до 20,8 т в месяц (на 9,17%) означает, что для покрытия постоянных затрат требуется меньший объем продаж, что повышает запас финансовой прочности предприятия. Технологический процесс практически не усложняется, поэтому постоянные затраты остаются неизменными. С экономической точки зрения рецептура с 10% ВБМК является предпочтительной, что согласуется с результатами аналогичных исследований по снижению себестоимости паштетной продукции.

Многокритериальный анализ. Поскольку ни один единичный показатель не может служить единственным критерием для выбора оптимальной рецептуры, был применен метод многокритериального анализа. Весовые коэффициенты для пяти критериев (себестоимость, прибыль на 1 т, рентабельность продукции, содержание белка, органолептическая оценка) определены экспертным путем с участием пяти технологов рыбоперерабатывающего предприятия; согласованность экспертов подтверждена коэффициентом конкордации Кендалла ($W = 0,78$, $p < 0,05$). Интегральный показатель рассчитан как сумма взвешенных нормированных значений. Результаты представлены в таблице 7.

Как видно из таблицы 7, интегральный показатель для образца О2 составил 1,189, что на 18,9% выше, чем для контроля (1,000). Наибольший вклад в это превосходство внесли рентабельность продукции (взвешенный вклад 0,248 против 0,200) и содержание белка (0,225 против 0,150). Даже по тем критериям, где разница невелика (органолептическая оценка, себестоимость), О2 имеет небольшое, но устойчивое преимущество. Чувствительность решения была проверена варьированием весов в разумных пределах; во всех случаях образец О2 сохранял лидерство, что подтверждает робастность полученного вывода. Такой подход к многокритериальной оптимизации рецептур ранее был применен в работах.

Таблица 7.

Многокритериальный анализ контрольного образца и образца О2 (10% ВБМК)

Table 7.

Multicriteria analysis of the control sample and the O2 sample (10% VBMC)

Критерий (вес) Criterion (weight)	Контроль Control	О2	Нормированное значение (О2 / контроль) | Normalized value (O2 / control)	Взвешенный вклад (О2) | Weighted contribution (O2)	Взвешенный вклад (контроль) | Weighted contribution (control)
Себестоимость 1 т, руб. (0,25) Cost of 1 ton, RUB (0.25)	291 000	279 500	1,041	0,260	0,250
Прибыль на 1 т, руб. (0,25) Profit per 1 ton, RUB (0.25)	59 000	70 500	1,195	0,299	0,250
Рентабельность продукции, % (0,20) Profitability of products, % (0.20)	20,3	25,2	1,241	0,248	0,200
Содержание белка, % (0,15) Protein content, % (0.15)	9,32	13,95	1,497	0,225	0,150
Органолептическая оценка, балл (0,15) Organoleptic score, score (0.15)	4,69	4,90	1,045	0,157	0,150
Интегральный показатель Integral indicator	1,000	1,189	–	–	–

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что частичная замена лососевого фарша на высокобелковый минеральный комплекс в рецептуре рыбного паштета оказывает дозозависимое влияние на органолептические, физико-химические и экономические характеристики продукта.

Установлено, что дозировка ВБМК 10% (образец О2) является оптимальной, поскольку обеспечивает статистически значимое улучшение сенсорных свойств: обобщенная органолептическая оценка повышается с 4,69 до 4,90 балла ($p = 0,018$ по критерию Уилкоксона для заранее спланированного контраста), увеличивается массовая доля белка на 49,7% (с 9,32% до 13,95%, $p < 0,001$) при сохранении массовой доли жира на уровне контроля и умеренном снижении влажности (до 68,52%, $p < 0,05$), что благоприятно сказывается на консистенции и потенциальном сроке годности.

Экономический анализ показал снижение себестоимости 1 т продукции на 3,95%, рост рентабельности продукции с 20,3% до 25,2% (на 4,9 п.п.), рентабельности продаж – с 16,9% до 20,1% (на 3,2 п.п.) и уменьшение точки безубыточности на 2,1 т/мес. Многокритериальная интегральная оценка подтвердила превосходство образца О2 над контролем на 18,9% по совокупности значимых показателей.

Увеличение доли замены до 15% приводит к резкому ухудшению потребительских свойств (появление посторонних привкусов, ухудшение консистенции, снижение обобщенной оценки до 3,10 балла), а дозировка 5% является нейтральной (не хуже контроля, но и не лучше). Рекомендованная рецептура рыбного паштета с 10% ВБМК может быть внедрена в промышленное производство как продукт повышенной белковой ценности с улучшенными сенсорными и экономическими характеристиками.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам кафедры технологии и управления качеством продукции АПК имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина» за всестороннее содействие в проведении экспериментальных исследований.

Литература

1 Двинских Н.А., Бодрякова Н.П., Есепенок К.В. Разработка безотходной технологии переработки рыбных отходов // Чугуновские агрочтения: сб. науч. ст. по мат. XV Всерос. науч.-практ. конф. агротехнологической направленности «Чугуновские агрочтения 2023». Якутск: Издат. дом СВФУ, 2023. С. 275–280.

2 Есепенок К.В. и др. Биологическая ценность белкового порошка из рыбных отходов: преимущества использования // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2025. Т. 14. № 1 (69). С. 79–85.

3 Зачесова И.А., Страхова С.А., Кузина А.А. Разработка рецептуры паштета из креветок с использованием пшеничной клетчатки // Вестник КрасГАУ. 2019. № 2 (143). С. 139–143.

4 Каленик Т.К., Доценко С.М., Купчак Д.В., Любимова О.И. Комбинированные продукты для здорового питания // Пищевая промышленность. 2012. № 7. С. 65–67.

5 Корниенко Н.Л., Гусева Л.Б. Расширение ассортимента паштетов из дальневосточных рыб // Труды ВНИРО. 2019. Т. 176. С. 61–71.

6 Лилишенцева А.Н., Соловьева А.О. Сравнительный сенсорный анализ майонезов с использованием критерия Фридмана // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2020. Т. 13. № 2. С. 97–104.

7 Любимова О.И., Любимова А.А. Разработка рецептур и технологий комбинированных рыборастительных паштетов с соевой белково-минеральной пастой // Вестник Хабаровского ГУЭП. 2019. № 2 (100). С. 134–137.

8 Махнач Е.В., Бессмертная И.А. Разработка технологии функционального продукта из пшеничной муки, обогащённого рыбным белково-минеральным наполнителем // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1. С. 15.

9 Москвичев А.С., Москвичева Е.В. Разработка технологии функционального паштета на основе побочных продуктов переработки рыбного сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2025. № 1 (63).

10 Орлов А.И. Двухвыборочный критерий Вилкоксона – анализ двух мифов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2014. № 104. С. 91–111.

11 Покровский А.В., Смирнов Е.А., Колобродов С.В., Скурихин И.М. Краткий обзор современных международных методов органолептического анализа. М.: МГУПП, 1999. 301 с.

12 Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2024: «Синяя трансформация» в действии / ФАО. Рим: ФАО, 2024. 264 с. ISBN 978-92-5-138763-4.

13 Сафаралиев И.А., Коноплева И.В., Чаплыгин В.А., Николенков А.А. Предварительные результаты сравнительной уловистости осетровых ставными сетями с разным коэффициентом посадки сетного полотна // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2014. № 3. С. 59–63.

14 Свидерская Д.С., Карабекова А.А. Использование растительного белка в производстве мясорастительного паштета // Пищевая промышленность. 2022. № 1. С. 8–11.

15 Смирнова Е.М. Обоснование статистической значимости экспериментальных данных с помощью критерия Уилкоксона // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 151–153.

16 Степанова К.А., Байдалинова Л.С. Оценка безопасности мясных паштетов, обогащаемых белково-минеральным комплексом из вторичного рыбного сырья горячего копчения // Известия КГТУ. 2021. № 62. С. 120–132.

17 Цибизова М.Е. More on developing fish paste with improved biological value // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. С. 134–143. doi: 10.24143/2073-5529-2020-3-134-143

18 Alekseev G., Leu A., Eliseeva S., Sergacheva E. Research of the Nutritional Value of Combined Fish Pastes for Functional Food // KnE Life Sciences. 2020. doi: 10.18502/kls.v5i1.6025

19 Henriksson P.J., Rico A., Zhang W. et al. Comparison of Asian Aquaculture Products by Use of Statistically Supported Life Cycle Assessment // Environmental Science & Technology. 2015. V. 49. № 24. P. 14176–14183. doi: 10.1021/acs.est.5b04634

20 Kazhibayeva G., Issaeva K., Mukhamejanova A. et al. Development Of Formulation And Production Technology Of Fish Pate For Therapeutic And Prophylactic Purposes // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 8. № 5C. P. 1355–1359.

21 Kim S.K., Mendis E. Bioactive compounds from marine processing byproducts: A review // Food Research International. 2006. V. 39. № 4. P. 383–393. doi: 10.1016/j.foodres.2005.10.010

References

1 Dvinskikh N.A., Bodryakova N.P., Esepenok K.V. Development of waste-free technology for processing fish waste. In: Chugunov Agro-Readings: Collection of scientific articles based on the materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference of Agrotechnological Orientation "Chugunov Agro-Readings 2023". Yakutsk: Publishing House of NEFU, 2023. pp. 275–280. (in Russian).

2 Esepenok K.V., Gorbacheva M.V., Shagaeva N.N., Zemtsova L.K. Biological value of protein powder from fish waste: advantages of use. XXI Century: Results of the Past and Problems of the Present Plus. 2025. vol. 14. no. 1 (69). pp. 79–85. (in Russian).

3 Zachesova I.A., Strakhova S.A., Kuzina A.A. Development of a recipe for shrimp pate using wheat fiber. Bulletin of KrasGAU. 2019. no. 2 (143). pp. 139–143. (in Russian).

4 Kalenik T.K., Dotsenko S.M., Kupchak D.V., Lyubimova O.I. Combined products for healthy nutrition. Food Industry. 2012. no. 7. pp. 65–67. (in Russian).

5 Kornienko N.L., Guseva L.B. Expansion of the range of pates from Far Eastern fish. Proceedings of VNIRO. 2019. vol. 176. pp. 61–71. (in Russian).

6 Lilishentseva A.N., Solovyeva A.O. Comparative sensory analysis of mayonnaise using the Friedman criterion. Food Industry: Science and Technologies. 2020. vol. 13. no. 2. pp. 97–104. (in Russian).

7 Lyubimova O.I., Lyubimova A.A. Development of recipes and technologies for combined fish-vegetable pates with soy protein-mineral paste. Bulletin of Khabarovsk State University of Economics and Law. 2019. no. 2 (100). pp. 134–137. (in Russian).

8 Makhnach E.V., Bessmertnaya I.A. Development of technology for a functional product from wheat flour enriched with fish protein-mineral filler. Scientific Journal of ITMO University. Series: Processes and Apparatus for Food Production. 2014. no. 1. p. 15. (in Russian).

9 Moskvichev A.S., Moskvicheva E.V. Development of technology for functional pate based on by-products of fish raw material processing. Scientific Journal of ITMO University. Series: Processes and Apparatus for Food Production. 2025. no. 1 (63). (in Russian).

10 Orlov A.I. Two-sample Wilcoxon test – analysis of two myths. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2014. no. 104. pp. 91–111. (in Russian).

11 Pokrovsky A.V., Smirnov E.A., Kolobrodov S.V., Skurikhin I.M. Brief review of modern international methods of organoleptic analysis. Moscow: MGUPP, 1999. 301 p. (in Russian).

12 The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: "Blue Transformation" in Action. FAO. Rome: FAO, 2024. 264 p. (in Russian).

13 Safaraliev I.A., Konopleva I.V., Chaplygin V.A., Nikolenkov A.A. Preliminary results of comparative catchability of sturgeon by fixed nets with different coefficients of netting placement. Bulletin of ASTU. Series: Fisheries. 2014. no. 3. pp. 59–63. (in Russian).

14 Sviderskaya D.S., Karabekova A.A. The use of plant protein in the production of meat-vegetable pate. Food Industry. 2022. no. 1. pp. 8–11. (in Russian).

15 Smirnova E.M. Substantiation of the statistical significance of experimental data using the Wilcoxon criterion. Issues of Normative-Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2019. no. 1. pp. 151–153. (in Russian).

16 Stepanova K.A., Baidalinova L.S. Safety assessment of meat pates enriched with a protein-mineral complex from secondary fish raw materials of hot smoking. News of KSTU. 2021. no. 62. pp. 120–132. (in Russian).

17 Tsibizova M.E. More on developing fish paste with improved biological value. Bulletin of ASTU. Series: Fisheries. 2020. pp. 134–143. doi: 10.24143/2073-5529-2020-3-134-143.

18 Alekseev G., Leu A., Eliseeva S., Sergacheva E. Research of the Nutritional Value of Combined Fish Pastes for Functional Food. KnE Life Sciences. 2020. [Online first]. doi: 10.18502/kls.v5i1.6025.

19 Henriksson P.J., Rico A., Zhang W. et al. Comparison of Asian Aquaculture Products by Use of Statistically Supported Life Cycle Assessment. Environmental Science & Technology. 2015. vol. 49. no. 24. pp. 14176–14183. doi: 10.1021/acs.est.5b04634.

20 Kazhibayeva G., Issaeva K., Mukhamejanova A. et al. Development Of Formulation And Production Technology Of Fish Pate For Therapeutic And Prophylactic Purposes. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. vol. 8. no. 5C. pp. 1355–1359.

21 Kim S.K., Mendis E. Bioactive compounds from marine processing byproducts: A review. Food Research International. 2006. vol. 39. no. 4. pp. 383–393. doi: 10.1016/j.foodres.2005.10.010.

Сведения об авторах

Николай А. Двинских магистрант, кафедра технологии и управления качеством продукции АПК имени С.А. Каспарьянца, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, kdvinskixag@ya.ru

Константин В. Есепенок к.б.н., доцент, кафедра технологии и управления качеством продукции АПК имени С.А Каспарьянца, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, kv@esepenok.ru

Людмила К. Земцова к.т.н., доцент, кафедра технологии и управления качеством продукции АПК имени С.А. Каспарьянца, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, zemcova-l@ya.ru

Information about authors

Nikolai A. Dvinskikh master student, department of technology and quality management of agricultural products named after S.A. Kaspar'yants, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, 23 Academika Skryabina St., Moscow, 109472, Russia, kdvinskixag@ya.ru

Konstantin V. Esepenok Cand. Sci. (Biol.), assistant professor, department of technology and quality management of agricultural products named after S.A. Kaspar'yants, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, 23 Academika Skryabina St., Moscow, 109472, Russia, kv@esepenok.ru

Lyudmila K. Zemtsova Cand. Sci. (Biol.), assistant professor, department of technology and quality management of agricultural products named after S.A. Kaspar'yants, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, 23 Academika Skryabina St., Moscow, 109472, Russia, zemcova-l@ya.ru

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/06/2026	**После редакции** 20/07/2026	**Принята в печать** 10/08/2026
Received 15/06/2026	**Accepted in revised** 20/07/2026	**Accepted** 10/08/2026