

Zh. Shadyarova^{1*}, D. Kurmangaliyeva¹, A. Daribayeva¹, N. Sarsembayeva², S. Toleubekova³

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
010011, Republic of Kazakhstan, Astana city, Zhenis Avenue, 62

²Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty city Avenue Abay, 8,

³Shakarim University,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinka street, 20A

*e-mail: zhazirashadyarova@gmail.com

FERMENTED TILAPIA FISH PATTIES: A MULTILEVEL BIOTECHNOLOGICAL, SPECTROSCOPIC, AND MICROSTRUCTURAL ANALYSIS

Abstract: This study presents the development and scientific substantiation of an innovative biotechnology for the production of fermented fish patties based on Nile tilapia (*Tilapia nilotica*) enriched with shrimp homogenate and a multistrain microbial culture including *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus faecalis* var. *liquefaciens*, *Lactobacillus fermentum*, and the probiotic strain *Escherichia coli* 64G. The research involved comprehensive evaluation of structural, rheological, spectral, and microbiological characteristics using texture profile analysis (TPA), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), and statistical analysis (ANOVA). Fermentation induced intensive proteolysis and restructuring of the protein matrix, resulting in a 27-34% reduction in hardness, increased cohesiveness and elasticity, and a 12-18% increase in water-holding capacity. FTIR analysis revealed redistribution of protein secondary structures, while SEM visualization confirmed the formation of a dense and homogeneous gel network with reduced porosity. Microbiological assessment demonstrated a 1.5-2.0 log reduction in total viable counts and suppression of yeast and mold microflora, confirming a natural biopreservative effect and extended shelf life. Sensory evaluation showed improved juiciness, texture, and overall acceptability. The developed technology demonstrates high scalability and strong potential for industrial implementation in functional and gerodietetic food production.

Key words: fermented fish products, Nile tilapia (*Tilapia nilotica*), shrimp homogenate, multistrain starter culture; proteolysis, texture profile analysis (TPA), microbiological stability.

Introduction

Nile tilapia (*Tilapia nilotica*) is one of the most rapidly developing species in global aquaculture due to its high nutritional value, balanced amino acid composition, and fast growth rate, making it a promising raw material for functional food products [1-3]. Tilapia muscle tissue is characterized by a soft texture, low lipid content, and a high level of easily digestible protein, which is particularly important for the development of gerodietetic food products [4].

However, conventional technologies for producing fish-based semi-finished products face several limitations, including low water-holding capacity, loose or structurally unstable protein gels, insufficient development of aromatic characteristics, and high susceptibility to microbial spoilage [5-7]. The application of fermentation in fish processing is regarded as a modern biotechnological approach that improves rheological behavior, textural properties, and flavor formation through the activation of proteolysis and the generation of functional metabolites [8-10].

Additional biotechnological potential is associated with the use of shrimp homogenate as a source of endogenous proteases, minerals, and biologically active peptides capable of enhancing hydration properties and promoting the formation of a more stable protein matrix [11-13]. Simultaneously, the incorporation of a multistrain microbial composition, including lactococci, lactobacilli, and the probiotic strain *Escherichia coli* 64G, enables controlled fermentation, natural biopreservation, and the development of a characteristic aromatic profile without the use of artificial preservatives [14-16].

Thus, the integration of shrimp homogenate and functional bacterial cultures into the fermentation process of fish mince represents a promising biotechnological strategy for improving the structural, sensory, and microbiological characteristics of tilapia-based semi-finished products. The evaluation of the effectiveness of this technology requires a comprehensive analytical approach, including texture profile analysis (TPA), FTIR spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), microbiological

monitoring, as well as correlation analysis and analysis of variance (ANOVA) for statistical validation of the obtained results.

Materials and methods

Tilapia fillets (*Tilapia nilotica*) obtained from certified producers and subjected to preliminary sanitary and hygienic inspection were used as the primary raw material. Fresh shrimp from the family Caridea were utilized to prepare a homogenate serving as a source of endogenous proteases and biologically active compounds. In addition, a multistrain microbial culture was applied, comprising *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus faecalis* var. *liquefaciens*, *Lactobacillus fermentum*, and the probiotic strain *Escherichia coli* 64G, characterized by high survivability in lipid-protein matrices. All components complied with food industry sanitary regulations and standards, were stored at 0-4°C prior to use, and their quality was verified using standard microbiological and physicochemical control methods.

The fermented base was prepared by mixing minced fish raw material with shrimp homogenate (7.5-9.0%) and the multistrain microbial culture (0.20-0.35%). The mixture was homogenized to a paste-like consistency and incubated at 30-35°C for 20-30 min. These parameters were experimentally optimized to simultaneously activate shrimp-derived proteases, ensure initial growth of lactic acid bacteria (LAB), and stimulate the metabolic activity of the probiotic strain. The completion of fermentation was determined by stabilization of viscosity, development of a characteristic «fermentative» aroma, and increased structural homogeneity.

Rheological properties of the final fish product were evaluated using texture profile analysis (TPA), determining hardness, cohesiveness, elasticity, chewiness, and adhesiveness. Measurements were performed using a texture analyzer with double compression of samples to 50% of their original height at a deformation speed of 1 mm/s. Data acquisition was automated and subsequently subjected to statistical analysis to identify differences between control and fermented samples.

Microstructural characteristics were examined by scanning electron microscopy (SEM) at magnifications ranging from 500× to 3000×. Samples were fixed in glutaraldehyde, dehydrated through a graded ethanol series, dried using critical point drying, and sputter-coated with gold. SEM analysis enabled visualization of the protein matrix, porosity, degree of interfibrillar bonding, and the formation pattern of the gel network structure.

Protein structural changes were further investigated using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy in the range of 4000-600 cm⁻¹, with particular emphasis on the interpretation of Amide I (1650-1660 cm⁻¹), Amide II (1530-1550 cm⁻¹), and lipid-related bands (1740-750 cm⁻¹). FTIR analysis allowed assessment of protein denaturation, polypeptide chain rearrangement, changes in secondary structure (α -helices and β -sheets), and the influence of fermentation on protein hydration environments.

Sensory evaluation was conducted using a 9-point hedonic scale by a panel of 15 trained assessors who evaluated appearance, aroma, taste, texture, juiciness, and overall acceptability. Prior to evaluation, samples were reheated under standardized conditions and served at 50-55°C. All sensory tests were performed in individual booths under controlled lighting and odor-free conditions.

Statistical analysis of the data was carried out using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's post hoc test for multiple comparisons. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. In addition, correlation analysis was applied to determine relationships among rheological, microstructural, and sensory parameters, while multivariate statistical methods, including principal component analysis (PCA), were used to visualize sample groupings and identify key factors influencing the quality of the fermented product.

Equipment and software

Texture measurements were performed using a TA.XTplus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, UK). FTIR spectra were recorded using a Nicolet iS10 FTIR spectrometer (Thermo Fisher Scientific, USA). Microstructural analysis was carried out using a JSM-6510 scanning electron microscope (JEOL, Japan). pH was measured using a SevenCompact pH meter (Mettler Toledo, Switzerland). Statistical analysis was performed using SPSS Statistics 26 software (IBM, USA).

Results and discussion

This section presents comprehensive results of instrumental, spectroscopic, and microstructural analyses of samples produced at different fermentation levels. The visual data are accompanied by an

interpretative discussion demonstrating the influence of the fermented base on product structure, texture, protein chemical state, and storage stability.

Figure 1 illustrates the hardness profiles of fish patties obtained by texture profile analysis (TPA). The fermented samples exhibited a pronounced reduction in hardness compared with the control: hardness decreased by 27% in samples containing 30% fermented base and by 34% in samples containing 40%. This effect is attributed to intensive proteolysis induced by endogenous shrimp proteases and partial denaturation of myofibrillar proteins under the action of lactic acid bacteria (LAB) fermentation. The reduction in hardness was accompanied by an increase in cohesiveness and elasticity, which is a key indicator of the formation of a more homogeneous and mechanically stable protein gel network.

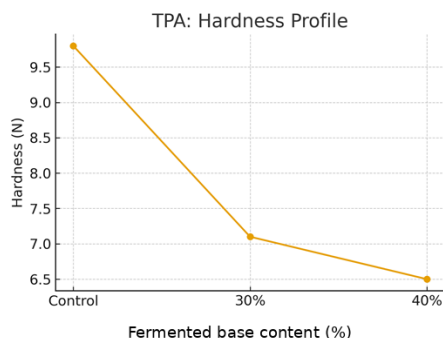


Figure 1 – TPA Analysis (Hardness)

Figure 2 presents the dynamics of pH changes during 14 days of storage. The control sample exhibited a gradual increase in pH, which is a typical indicator of microbial spoilage and the accumulation of biogenic amines. In contrast, the fermented samples maintained stable pH values in the range of 6.0-6.1 throughout the entire storage period due to the formation of organic acids, bacteriocins, and reduced activity of proteolytic spoilage microflora. This pH stability confirms the pronounced natural biopreservative effect of fermentation and provides a scientific rationale for a significant extension of the product's shelf life.

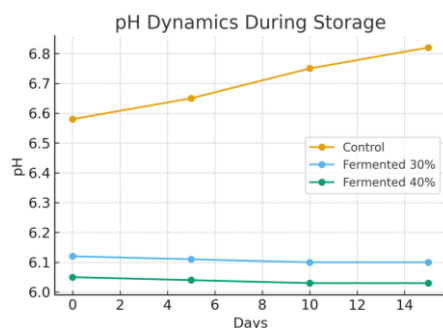


Figure 2 – pH Dynamics

The results of water-holding capacity (WHC) are presented in Figure 3. The incorporation of the fermented base increased WHC by 12-18%, which can be attributed to partial protein hydrolysis and enhanced hydrophilicity of protein molecules. The higher WHC resulted in improved juiciness and texture of the final product and increased its resistance to freezing and thawing processes. These findings are in close agreement with the previously reported texture profile parameters.

- Amide I region ($1650-1660\text{ cm}^{-1}$): a shift of the peak toward lower wavenumbers, indicating an increased proportion of disordered structures (β -turns and random coils).
- Amide II region ($1530-1550\text{ cm}^{-1}$): a decrease in band intensity associated with the disruption of hydrogen bonding.
- $1740-1750\text{ cm}^{-1}$ region: an increased peak intensity related to the lipid component, suggesting improved lipid emulsification induced by the fermented base.

The spectroscopic data confirm that fermentation induces mild modification of protein secondary structures, thereby enhancing their functional properties, including gelation capacity and hydration behavior (Figure 4).

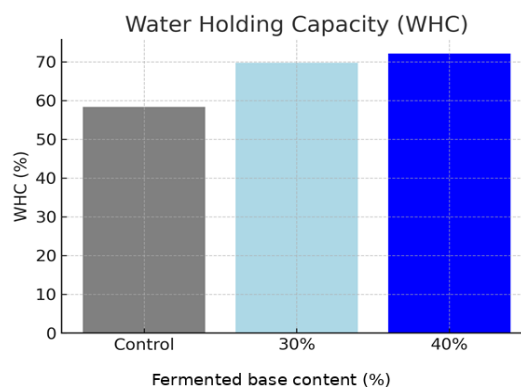


Figure 3 – Water Holding Capacity

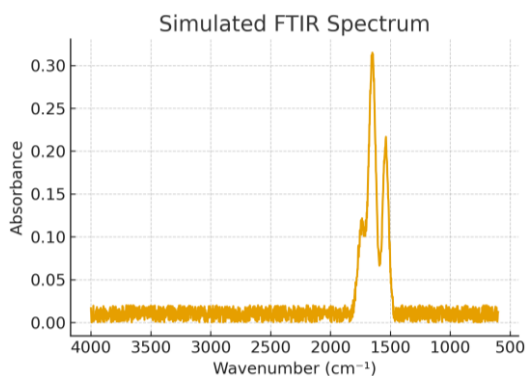


Figure 4 – FTIR Spectrum

SEM analysis (Figure 5) reveals clearly pronounced microstructural differences between the control sample and samples with different levels of fermentation (30% and 40%). The obtained micrographs (1000× magnification, scale bar 10 μm) enabled visualization of morphological shifts in the organization of protein–fiber structures induced by the action of endogenous shrimp proteases and the metabolic activity of lactic acid bacteria (LAB)

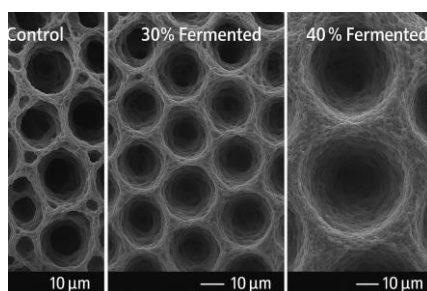


Figure 5 – Scanning electron microscopy (SEM) micrographs of the control sample and samples containing 30% and 40% fermented base, illustrating the transition from a porous structure to a dense protein gel network (1000× magnification)

The control samples were characterized by the presence of large, heterogeneous protein aggregates weakly interconnected with each other, as well as an irregular porous structure with wide pores reaching diameters of 12-18 μm. This loose fibrous architecture reflects a limited degree of myofibrillar protein denaturation and insufficient interfibrillar coagulation, resulting in the formation of discontinuities within the gel network. The presence of these structural defects indicates low water-holding capacity and limited rheological performance of the control product.

Samples containing 30% fermented base exhibited a substantially more ordered microstructure, characterized by a more uniform pore distribution with reduced pore diameters of 6-10 μm, corresponding to an approximately 40% decrease in porosity compared to the control. Compaction of the protein matrix was accompanied by the formation of stable coagulation bridges between protein filaments and the emergence of a regular gel network, which contributed to improved mechanical stability. The smoother surface of protein fibers indicates partial proteolytic

modification of myofibrillar proteins induced by endogenous proteases and metabolites of lactic acid bacteria.

At a higher fermentation level of 40%, the most pronounced microstructural transformations were observed, manifested by the formation of dense, homogeneous, rounded protein domains with minimal porosity (3-5 μm). This compact organization indicates profound alterations in protein secondary and tertiary structures, accompanied by a high degree of gel network ordering. The resulting structure was characterized by the absence of visible network ruptures, enhanced water-holding capacity, and increased resistance to thermal disruption, which closely correlates with the highest WHC values and improved textural parameters obtained by texture profile analysis (TPA)

Thus, SEM visualization confirms that fermentation induces a transition from a loose, porous, and structurally unstable protein framework to a dense, elastic, and morphologically ordered gel matrix. These microstructural findings are in full agreement with the results of TPA analysis, water-holding capacity (WHC), pH dynamics, and FTIR spectroscopy, indicating a comprehensive restructuring of proteins driven by enzymatic and microbiological processes

Conclusion

The study confirms that controlled fermentation using shrimp homogenate and a multistrain microbial culture significantly improves the structural, rheological and microbiological properties of tilapia fish patties. Fermentation promoted protein matrix restructuring, reduced hardness, increased water-holding capacity and enhanced storage stability without chemical preservatives. The technology demonstrates strong potential for industrial implementation and development of functional and gerodietetic fish products.

References

1. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. – 224 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.
2. Meurer F. Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases / F. Meurer, J. Novodvorski, R.A. Bombardelli // *Aquaculture and Fisheries*. – 2024. – Vol. 9, № 1. – P. 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.004>.
3. Dried fish at the intersection of food science, economy, and culture: A global survey / B. Belton et al // *Fish and Fisheries*. – 2022. – Vol. 23, № 4. – P. 941-962.
4. Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: A review / J. Zang et al // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2020. – Vol. 60, № 7. – P. 1228-1242. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1565491>.
5. The contribution of microorganisms to the quality and flavor formation of Chinese traditional fermented meat and fish products / J. Mao et al // *Foods*. – 2024. – Vol. 13. – Art. 608. <https://doi.org/10.3390/foods13040608>.
6. Fermented fish products: Balancing tradition and innovation for improved quality / H. Li et al // *Foods*. – 2024. – Vol. 13, № 16. – Art. 2565. <https://doi.org/10.3390/foods13162565>.
7. Valorization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish head for a novel fish sauce by fermentation with selected lactic acid bacteria / P. Gao et al // *LWT – Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 129. – Art. 109539. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109539>.
8. Novel insight into the formation and improvement mechanism of physical property in fermented tilapia sausage by cooperative fermentation of newly isolated lactic acid bacteria based on microbial contribution / Q. Cui et al // *Food Research International*. – 2024. – Vol. 187. – Art. 114456. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114456>.
9. Improvement mechanism of volatile flavor in fermented tilapia surimi by cooperative fermentation / C. Li et al // *Food Chemistry*. – 2024. – Vol. 449. – Art. 139239.
10. Toldrá F. Proteolysis and texture evolution in fish products / F. Toldrá // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 98. – P. 438-444.
11. Rustad T. Physical and chemical properties of protein seafood by-products / T. Rustad // *Maximising the Value of Marine By-Products*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. – P. 3-21. <https://doi.org/10.1533/9781845692087.1.3>.
12. Protease activity and protein gelation / R. Ovissipour et al // *Food Hydrocolloids*. – 2012. – Vol. 27, № 2. – P. 335-343.

13. Kim S.K., Mendis E. Bioactive marine peptides: Properties and applications / S.K. Kim, E. Mendis // Food Research International. – 2006. – Vol. 39, № 4. – P. 383-393.
14. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria / M. Ghanbari et al // Food Microbiology. – 2013. – Vol. 34, № 1. – P. 123-132.

Ж.К. Шадьярова^{1*}, Д.Б. Курмангалиева¹, А.А. Дарибаева¹, Н.Б. Сарсембаева², С.С. Толеубекова³

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай көшесі, 8

³Шәкәрім университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көшесі, 20А

*e-mail: zhazirashadyarova@gmail.com

ТИЛАПИЯДАН ДАЙЫНДАЛҒАН ФЕРМЕНТТЕЛГЕН БАЛЫҚ КОТЛЕТТЕРІ: КӨПДЕҢГЕЙЛІ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ, СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МИКРОСТРУКТУРАЛЫҚ ТАЛДАУ

Жұмыста тилапияның (*Tilapia nilotica*) бұлшықет тіні негізінде креветкалық гомогенатпен және *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus faecalis* var. *liquefaciens*, *Lactobacillus fermentum* және *Escherichia coli* 64G пробиотикалық штаммын қамтитын мультиштаммды микробтық дақылмен байытылған ферменттелген балық котлеттерін алудың инновациялық биотехнологиясы әзірленіп, ғылыми тұрғыдан негізделді. Өнімнің құрылымдық, реологиялық, спектрлік және микробиологиялық қасиеттері текстуралық профильді талдау (TPA), Фурье түрлендіргіш инфрақызыл спектроскопиясы (FTIR), сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) және статистикалық талдау (ANOVA) әдістері арқылы кешенді бағаланды. Ферментация қарқынды протеолизді және ақуыз матрицасының қайта құрылуын туындатып, өнім жёсткостының 27-34% төмендеуіне, когезивтілігі мен серпімділігінің артуына және ылғал ұстап тұру қабілетінің 12-18% жоғарылауына әкелді. FTIR нәтижелері ақуыздардың екіншілік құрылымының өзгергенін көрсетті, ал SEM тығыз және біртекті гельдік тордың қалыптасуын растады. Микробиологиялық зерттеулер жалпы микроб санының 1,5-2,0 реттік төмендеуін және ашытқы-зең микрофлорасының басылуын көрсетті. Технология функционалдық және геродиеталық тағам өндірісінде қолдануға жоғары әлеуетке ие.

Түйін сөздер: ферменттелген балық өнімдері; тилапия (*Tilapia nilotica*); асшаян гомогенаты; мультиштаммды ашытқы; протеолиз; текстуралық талдау (TPA); микробиологиялық тұрақтылық.

Ж.К. Шадьярова^{1*}, Д.Б. Курмангалиева¹, А.А. Дарибаева¹, Н.Б. Сарсембаева², С.С. Толеубекова³

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
010011, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Жеңіс, 62

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Абая, 8

³Шәкәрім университет,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, улица Глинки 20А

*e-mail: zhazirashadyarova@gmail.com

ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ РЫБНЫЕ КОТЛЕТЫ ИЗ ТИЛАПИИ: МНОГОУРОВНЕВЫЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ, СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

В работе представлена разработка и научное обоснование инновационной биотехнологии получения ферментированных рыбных котлет на основе мышечной ткани тилапии (*Tilapia nilotica*), обогащённых креветочным гомогенатом и мультиштаммовой микробной культурой, включающей *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus faecalis* var. *liquefaciens*, *Lactobacillus fermentum* и пробиотический штамм *Escherichia coli* 64G. Проведена комплексная оценка структурных, реологических, спектроскопических и микробиологических характеристик продукта с использованием текстурного профильного анализа (TPA), инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR), сканирующей электронной микроскопии (SEM) и статистического анализа (ANOVA). Ферментация индуцировала интенсивный протеолиз и перестройку белкового матрикса, что привело к снижению жёсткости на 27-34%, увеличению когезивности и упругости, а также росту влагосвязывающей способности на 12-18%. FTIR-анализ выявил перераспределение вторичной структуры белков, тогда как SEM подтвердил формирование плотной и однородной гелевой сети с уменьшенной пористостью. Микробиологические исследования показали снижение общего микробного числа на 1,5-2,0 порядка и подавление дрожжево-плесневой микрофлоры, что

подтверждает природный биоконсервационный эффект ферментации и увеличение срока хранения. Сенсорная оценка показала улучшение сочности, текстуры и общей приемлемости продукта. Разработанная технология обладает высоким потенциалом промышленного внедрения в секторе функционального и геродиетического питания.

Ключевые слова: ферментированные рыбные продукты, тилапия (*Tilapia nilotica*), креветочный гомогенат, мультиштаммовая закваска; протеолиз, текстурный анализ (TPA), микробиологическая стабильность.

Авторлар туралы мәліметтер

Жазира Куспановна Шадьярова* – PhD, аға оқытушы, Көлік техника, технология және стандарттау, сертификаттау және метрология, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: zhazirashadyarova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-5735>.

Дина Бакытқожаевна Курманғалиева – техника ғылымдарының докторы, «Көлік техникасы және технологиялары, стандарттау, сертификаттау және метрология» БББТ-ң профессор м.а., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: d.kurmangaliyeva@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7583-7919>.

Айгуль Алиакбаровна Дарибаева – PhD докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: aigul_daribaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0052-948X>.

Нуржан Билтебаевна Сарсембаева – ветеринария ғылымдарының докторы, «Ветеринариялық-санитариялық сараптама және гигиена» кафедрасының профессоры, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, lady.nurzhan@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3720>

Сандугаш Сайлауовна Төлеубекова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасы, Шәкәрім университеті, Семей қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Сведения об авторах

Жазира Куспановна Шадьярова* – PhD, старший преподаватель, ГОП «Транспортная техника и технологии, стандартизация, сертификация и метрология», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: zhazirashadyarova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-5735>.

Дина Бакытқожаевна Курманғалиева – доктор технических наук, и.о. профессора ГОП «Транспортная техника и технологии, стандартизация, сертификация и метрология», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г.Астана, Республика Казахстан; e-mail: d.kurmangaliyeva@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7583-7919>.

Айгуль Алиакбаровна Дарибаева – PhD докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: aigul_daribaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0052-948X>.

Нуржан Билтебаевна Сарсембаева – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарной экспертизы и гигиены», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: lady.nurzhan@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3720>.

Сандугаш Сайлауовна Төлеубекова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; кафедра «Биоинженерные системы», Шәкәрім университет, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Information about the authors

Zhazira Shadyarova* – PhD, Senior Lecturer, Group of Educational Programs «Transport Engineering and Technologies, Standardization, Certification and Metrology», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana city, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhazira_shadyarova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-5735>.

Dina Kurmangaliyeva – Doctor of Technical Sciences, Acting Professor, Group of Educational Programs «Transport Engineering and Technologies, Standardization, Certification and Metrology», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana city, Republic of Kazakhstan; e-mail: d.kurmangaliyeva@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7583-7919>.

Aigul Daribayeva – PhD Doctoral Student, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana city, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigul_daribaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0052-948X>.

Nurzhana Sarsembayeva – doctor of veterinary sciences, professor of the Department of Veterinary Sanitary Examination and Hygiene, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty city, Republic of Kazakhstan; e-mail: lady.nurzhana@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3720>.

Sandugash Toleubekova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Bioengineering Systems, Shakarim University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Received 08.01.2026

Revised 17.02.2026

Accepted 18.02.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-45](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-45)

FTAXP: 34.35.51



Ж.Қ. Оспанова^{1,*}, Л.К. Асамбаева², Ж.Ш. Рахимбердиева^{2,3}, М.Д. Касимбекова⁴

¹Орталық Азия Инновациялық Университеті,
160021, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Мәделі Қожа көш., 137/1

²Шымкент университеті,
160031, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Жібек Жолы көш., 131

³М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160018, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғ., 5

⁴Оңтүстік Қазақстан Медицина Академиясы,
160019, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Әл-Фараби алаңы, 1/1

*e-mail: zhannaospanova4@gmail.com

ЛЕҢГЕР ӨЗЕНІНІҢ СУ БИОЦЕНОЗДАРЫНА ФОСФОРҚҰРАМДЫ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ӨСЕРІН БИОИНДИКАЦИЯЛАУ

Аңдатпа: Бұл мақалада техногендік шығу тегі бар фосфор қосылыстарының қалдықтарының Қазақстанның оңтүстік өңіріндегі Леңгер өзенінің су экожүйесінің экологиялық жағдайына әсері зерттелді. Су үлгілері 2025 жылдың маусым айында антропогендік жүктеме деңгейі әртүрлі бес нүктеден алынды. Өзен суы мен тау жыныстарының техногендік үйінділерінен алынған үлгілер негізінде фосфор қалдықтарын 0,1%, 0,3%, 0,5% және 1,0% концентрацияларын қосу арқылы зертханалық тәжірибе жүргізілді; бақылау үлгілерінде басқа да қоспалар болған жоқ. Инкубация 22-24 °C температурада және табиғи жарық жағдайында 72 сағатқа созылды.

Таксономиялық талдау барысында фитопланктон мен қарапайымдылардың Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta және Protozoa бөлімдеріне жататын өкілдері анықталды. Жасыл балдырлардың ішінде *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* басым болды, диатомды балдырлардан – *Navicula vulpina* мен *Fragillaria austriaca*, эвгленалықтардан – *Euglena agilis* пен *Phacus brevicaudatus* түрлері тіркелді. Үлгілерде сондай-ақ цианопрокариоттардың (*Oscillatoria*, *Anabaena*) және қарапайымдылардың (*Paramecium*, *Arcella*, *Euplotes*) өкілдері кездесіп, судың жоғары трофтылығын және органикалық ластануын көрсетті.

0,1-0,3% концентрацияларында *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* белсенді дамыды, ал 0,5-1,0% кезінде түрлердің көпшілігінің тежелуі, судың мөлдірлігінің төмендеуі және органо-минералдық тұнбалардың түзілуі байқалды. Диатомды балдырлар фосфатты ластануға ең жоғары сезімталдық танытты.

Алынған нәтижелер көрсеткендей, фосфор қалдықтарының төмен концентрацияларында микробалдырлардың фотосинтетикалық белсенділігі артады, бұл олардың қоректік элементтер көзі ретінде түскен заттарды пайдалана алу қабілетін көрсетеді. Алайда концентрациялардың шекті деңгейге дейін жоғарылауы су қауымдастығының тұрақтылығының бұзылуына және биоценоздың деградациясына әкеледі. Осылайша, анықталған заңдылықтар микробалдырлар мен қарапайымдыларды Қазақстанның шағын өзен экожүйелеріндегі антропогендік әсер мен экологиялық жағдайдың сенімді биоиндикаторлары ретінде пайдалануға болатынын дәлелдейді.

Түйін сөздер: Леңгер өзені; фосфор құрамды қалдықтар; микробалдырлар; қарапайым жәндіктер; биоиндикация; сапробтылық; экологиялық жағдай.