

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДНУ «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»
СЛОВАЦЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА (СЛОВАЦЬКА РЕСПУБЛІКА)
ЧЕСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК (ЧЕХІЯ)
ПОМОРСЬКА АКАДЕМІЯ В СЛУПСЬКУ (ПОЛЬЩА)**



Міжнародна науково-практична конференція

**АГРАРНА ОСВІТА ТА НАУКА: ДОСЯГНЕННЯ,
РОЛЬ, ФАКТОРИ РОСТУ**

**«Біоресурси та агропродовольчі системи:
інновації та сталі практики»**

14 вересня 2026 року

Біла Церква
2026

7. Fernández García L., Riera Rodríguez F.A. Combination of microfiltration and heat treatment for ESL milk production: impact on shelf life. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 128. P. 1–9. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2013.11.021.

8. Doll E. V., Scherer S., Wenning M. Spoilage of microfiltered and pasteurized extended shelf life milk is mainly induced by psychrotolerant spore-forming bacteria that often originate from recontamination. *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. DOI:10.3389/fmicb.2017.00135.

УДК 639.3:620.3

БІТЮЦЬКИЙ В.С., д-р с.-г. наук, **ЦЕХМІСТРЕНКО С.І.,** д-р с.-г. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В АКВАКУЛЬТУРІ: СЕЛЕНОВМІСНІ НАНОМАТЕРІАЛИ ТА БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Уперше запропоновано інтегровану чотирикомпонентну систему продуктивних, метаболічно-антиоксидантних, імунних і безпекових маркерів для стандартизованого оцінювання їх ефективності та безпечності.

Ключові слова: аквакультура; нанотехнології; селеновмісні наноматеріали; наноселен; антиоксидантний статус; біохімічні маркери.

BITYUTSKYY V.S., doctor of agricultural sciences, **TSEKHMISTRENKO S.I.,** doctor of agricultural sciences

Bila Tserkva national agrarian university

NANOTECHNOLOGY IN AQUACULTURE: SELENIUM-CONTAINING NANOMATERIALS AND BIOCHEMICAL MARKERS OF THEIR EFFICACY

For the first time, an integrated four-component system of productive, metabolic-antioxidant, immune and safety markers is proposed for the standardized evaluation of their efficacy and safety.

Keywords: aquaculture; nanotechnology; selenium-containing nanomaterials; selenium nanoparticles; antioxidant status; biochemical markers.

Інтенсифікація аквакультури підвищує вимоги до ефективності використання кормів, стійкості гідробіонтів до метаболічного та інфекційного стресу, а також безпечності продукції. Одним із перспективних напрямів є застосування наноматеріалів як джерел мікроелементів і компонентів функціональних кормів. Особливий інтерес становлять наночастинки селену (SeNPs) та підходи до їх біогенного («зеленого») одержання. Узагальнення методів такого синтезу свідчить про можливість використання біологічних систем для формування функціоналізованих SeNPs та подальшого створення біосумісних наночастинок [1].

Мета роботи – на основі порівняльного аналізу сучасних експериментальних досліджень уперше обґрунтувати інтегровану систему біохімічних і фізіологічних маркерів для стандартизованого оцінювання ефективності та безпечності селеновмісних наноматеріалів в аквакультурі. Новим, попередньо не опублікованим результатом є запропонована авторами чотирикомпонентна система маркерів, що об'єднує продуктивний, метаболічно-антиоксидантний, імунний і безпековий блоки. Проаналізовано експериментальні публікації 2021–2024 рр., присвячених нільській тиліпії (*Oreochromis niloticus*) та коропу звичайному (*Cyprinus carpio*), з окремим урахуванням форми наноматеріалу, дози, показників росту, антиоксидантної та імунної відповіді.

Одним із напрямів є наноінкапсуляція селену. У дослідженні на нільській тиліпії Se-навантажені хітозанові наночастинки характеризувалися високим ступенем включення селену та контрольованим його вивільненням. Їх введення з кормом супроводжувалося змінами кінцевої маси, ефективності використання корму та антиоксидантної відповіді порівняно з базовим раціоном і традиційними джерелами селену [2]. Отже, характеристика самої наносистеми має розглядатися разом із фізіолого-біохімічною відповіддю організму.

Комбінації наномікроелементів демонструють більш складний профіль дії. За поєднання SeNPs і ZnO-NPs у нільської тиліпії оцінювали показники росту та конверсії корму, гематологічний профіль, супероксиддисмутази (SOD), каталазу (CAT), малоновий

діальдегід (MDA), лізоцимну й фагоцитарну активність та IgM [3]. Це свідчить про доцільність комплексного оцінювання нанодобавки, оскільки продуктивний результат не відображає всіх метаболічних та імунних змін.

Важливою властивістю SeNPs є дозозалежність ефекту. За різних рівнів наноселену в раціонах тилapiaї зареєстровано зміни росту, ефективності використання корму, травних ферментів, антиоксидантного статусу та імунної резистентності за експериментального інфекційного навантаження *Aspergillus flavus* [4]. Тому результати, одержані для однієї дози або виду риби, не слід безпосередньо переносити на інші технологічні умови.

Особливий інтерес становлять біогенні SeNPs. У роботі з «зеленими» SeNPs, синтезованими за участі мікроводорості *Pediastrum boryanum*, встановлено покращення показників росту та окремих параметрів імунних параметрів нільської тилapiaї. Водночас антиоксидантна відповідь була неоднорідною: GSH і CAT за вищої дослідженої дози зростали, тоді як MDA та SOD істотно не змінювалися [5]. Отже, ефективність наноматеріалу некоректно оцінювати за одним антиоксидантним показником.

Інше дослідження мікроводоростево-синтезованих SeNPs продемонструвало зміни біохімічних індексів, накопичення селену, експресії генів антиоксидантної та імунної відповіді й морфофункціонального стану кишечника [6]. Такий багаторівневий підхід дає змогу одночасно оцінювати системну дію нанодобавки та потенційні небажані реакції.

Перспективність комбінованих систем показано також у коропа звичайного. За сумісного використання SeNPs і вітаміну С змінювалися показники росту та конверсії корму, а кращі значення SOD і відновленого глутатіону реєстрували в окремих групах. Водночас MDA та IgM значущих змін не демонстрували [7]. Це ще раз підтверджує необхідність відмови від узагальнення ефекту наноматеріалу за принципом «покращуються всі біохімічні показники».

Інтегрованим науково-практичним результатом порівняльного аналізу є вперше запропонована авторами чотирикомпонентна система оцінювання наноматеріалів в аквакультурі: продуктивний блок – приріст маси, специфічна швидкість росту, коефіцієнт конверсії корму; метаболічно-антиоксидантний – GPx, SOD, CAT, GSH, MDA та базові біохімічні показники; імунний – IgM, лізоцимн і фагоцитарна активність та експресія імунорегуляторних генів; блок безпечності – функціональні маркери печінки, гістоморфологія, тканинне накопичення селену та ознаки запальної відповіді.

Порівняння відібраних робіт показало, що показники росту та антиоксидантної системи найбільш регулярно включаються до експериментальних протоколів, тоді як реакція окремих імунних та редокс-маркерів є неоднорідною й залежить від дози, виду риби та типу наносистеми. Тому практичне застосування наноматеріалів в аквакультурі потребує видоспецифічного обґрунтування доз, стандартизованої характеристики наночастинок та комплексного моніторингу ефективності й безпечності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Синтез наночастинок селену з використанням “зелених” технологій / О.С. Цехмістренко та ін. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2022. 1 (170). С. 98–113. [DOI:10.33245/2310-9289-2022-170-1-98-113](https://doi.org/10.33245/2310-9289-2022-170-1-98-113)
2. Delivery of selenium using chitosan nanoparticles: Synthesis, characterization, and antioxidant and growth effects in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / J.M. Araujo et al. PLoS One. 2021. 16 (5). [DOI:10.1371/journal.pone.0251786](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251786)
3. Ghazi S., Diab A.M., Khalafalla M.M. Synergistic Effects of Selenium and Zinc Oxide Nanoparticles on Growth Performance, Hemato-biochemical Profile, Immune and Oxidative Stress Responses, and Intestinal Morphometry of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Biological trace element research. 2022. 200 (1). P. 364–374. [DOI:10.1007/s10499-023-01230-4](https://doi.org/10.1007/s10499-023-01230-4)
4. Eissa E.S.H., Bazina W.K., Abd El-Aziz Y.M., Abd Elghany N.A. Nano-selenium impacts on growth performance, digestive enzymes, antioxidant, immune resistance and histopathological scores of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aspergillus flavus* infection. Aquaculture International, 2024. 32 (2). P. 1587–1611. [DOI:10.1007/s10499-023-01230-4](https://doi.org/10.1007/s10499-023-01230-4)
5. Dietary biogenic selenium nanoparticles improve growth and immune-antioxidant indices without inducing inflammatory responses in Nile tilapia / A.H. Al-Wakeel et al. Scientific Reports. 2024. 14 (1). DOI:[10.1038/s41598-024-72022-w](https://doi.org/10.1038/s41598-024-72022-w)
6. Dietary microalgal-fabricated selenium nanoparticles improve Nile tilapia biochemical indices, immune-related gene expression, and intestinal immunity / E. Zahran et al. BMC Veterinary Research. 2024. 20 (1). 107 p. [DOI:10.1186/s12917-024-03966-4](https://doi.org/10.1186/s12917-024-03966-4)

7. Saremi N., Keyvanshokooh S., Mousavi S.M., Mohammadiarzam H. Synergistic effects of dietary selenium nanoparticles and vitamin C improve growth performance, immune response, and antioxidant status of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2024. 86. [DOI:10.1016/j.jtemb.2024.127530](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2024.127530)

УДК 664.661

НЕДАШКІВСЬКА Н.В., канд. с.-г. наук, **ОСІПЕНКО І.С.**, д-р філософії
Білоцерківський національний аграрний університет

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОБНИЦТВА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОЛОЧНОКИСЛОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

Досліджено застосування молочнокислої ферментації у технології виробництва житньо-пшеничного хліба як інноваційного способу підвищення його якості та безпечності.

Ключові слова: житньо-пшеничний хліб, молочнокисла ферментація, закваска, біотехнологія, харчові технології, якість, безпечність, HACCP.

NEDASHKIVSKA N.V., candidate of agricultural sciences, **OSIPENKO I.S.**, PhD

INNOVATIVE APPROACHES TO THE PRODUCTION OF RYE-WHEAT BREAD USING LACTIC FERMENTATION

The application of lactic acid fermentation in the production technology of rye-wheat bread as an innovative way to improve its quality and safety has been studied.

Keywords: rye-wheat bread, lactic acid fermentation, sourdough, biotechnology, food technologies, quality, safety, HACCP.

Сучасний розвиток харчової промисловості зосереджений на пошуку технологічних рішень, здатних забезпечити високу якість продукції, її мікробіологічну стабільність, економне використання сировини і ефективність виробництва. В хлібопекарській галузі особливо актуальним є вдосконалення методів біологічної підготовки тіста, оскільки саме ферментаційні процеси суттєво впливають на структуру, смак та аромат кінцевого продукту.

Перспективним напрямом є впровадження молочнокислої ферментації у виробництві житньо-пшеничного хліба. На відміну від підходів, що зосереджені лише на механічних операціях, використання закваски дозволяє контролювати біохімічні перетворення компонентів борошна. Під час дозрівання закваски накопичуються органічні кислоти, змінюється кислотність середовища й активізуються мікробіологічні та ферментативні процеси, що забезпечує формування необхідних властивостей тіста.

У представленій технології передбачено використання житнього обдирного та пшеничного борошна другого сорту, води, кухонної солі та молочнокислої закваски. Рецептūra сформована з урахуванням співвідношення 50:50 між житнім і пшеничним борошном, що забезпечує характерні властивості житньо-пшеничного хліба.

Метою роботи є обґрунтування технологічних параметрів виробництва житньо-пшеничного хліба із застосуванням молочнокислої ферментації та оцінювання їх впливу на формування основних показників готового виробу.

У роботі аналізується двофазна технологічна схема виробництва, яка включає окреме приготування молочнокислої закваски та подальше змішування тіста. Для закваски використовується частина житнього борошна і вода. Загальна кількість житнього борошна в рецептурі становить 50 кг на 100 кг, з яких 20 кг додають на стадії підготовки закваски. Вологість закваски становить 50 %, а вологість готового тіста — 47 %.

Дозрівання закваски здійснюють за температури 28–30 °C протягом 10–12 годин, що сприяє розвитку молочнокислих бактерій та накопиченню продуктів ферментації. Коли закваска досягає потрібної зрілості, її використовують для замішування тіста. Важливо контролювати параметри ферментації: недостатня активність мікрофлори може призвести до неприйнятного рівня кислотності та порушення смако-ароматичних властивостей, тоді як надлишок кислот може негативно впливати на якість м'якушки. Процес замішування триває