

УДК 639.32:591.5:637.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.44>

СТАН СИСТЕМИ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ТА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОДНОЛІТОК КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO LINNAEUS*, 1758) ЗА ВИКОРИСТАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ У СКЛАДІ КОРМУ

Тибінка А.Р. – аспірант,
Інститут рибного господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0004-8192-4260

У статті розглянуто вплив введення до раціону коропа суміші мікрowodоростей хлорели та спіруліни, як часткового замітника білка на стан системи антиоксидантного захисту та гематологічний профіль.

Дослідження проведено в ставових умовах рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй» (Пустомитівський район, Львівської області) на однорічках лускатого коропа (*Cyprinus carpio* L., 1758) середньою масою 339,6–342,8 г. Вирощування проводили за щільності посадки 1000 екз./га, в ставах площею 0,15–0,20 га. Риби були відібрані методом рендомізації та розподілені на контрольну групу, якій згодовували стандартний гранульований комбікорм із вмістом білка 23–24%, та дві дослідні групи, у яких частину білка тваринного походження замінено на суміші мікрowodоростей хлорели і спіруліни у концентрації 3,0% (Дослід 1) та 5% (Дослід 2). Тривалість вирощування складала 65 діб.

Встановлено, що застосуванням малих доз мікрowodоростей не спричиняє суттєвих змін супероксиддисмутазної та каталазної активності, що свідчить про стабільність системи антиоксидантного захисту. Водночас підвищення досліджуваних ензимів, при введенні більшої дози мікрowodоростей вказує на помірну дозозалежну активацію ензимної ланки антиоксидантного захисту.

Відмічено тенденцію до зниження продуктів ПОЛу тканинах гепатопанкреаса коропа за введення до раціону різних доз мікрowodоростей. Ці зміни більшою мірою були виражені у Досліді 2, де вміст дієнових кон'югатів знизився на 7,1 % та ТБК-активних продуктів на 14,2 % порівняно з Контролем.

Аналіз гематологічних показників встановив, що додавання різних доз суміші мікрowodоростей до раціону коропа призвело до помірного підвищення вмісту гемоглобіну: у Досліді 1 на 6,2 % та Досліді 2 на 7,5 % відносно Контролю. Кількість еритроцитів при цьому залишалась стабільною у двох дослідних групах та Контролі.

Враховуючи те, що короп є одним із основних об'єктів прісноводної аквакультури України, та отримані результати, доцільним є проведення більш широкого спектру досліджень впливу часткової заміни білка тваринного походження у кормах на мікрowodорості.

Ключові слова: короп, аквакультура, мікрowodорості, хлорела, спіруліна, антиоксидантна система, продукти пероксидного окиснення ліпідів, гематологічні показники.

Tybinka A.R. Effects of microalgae on antioxidant defense and hematological parameters in one-year-old carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)

This article examines the effect of adding a combination of microalgae (chlorella and spirulina) to the carp diet as a partial protein substitute on the antioxidant defense system and hematological profile.

The study was conducted in pond conditions at the “Karpatskyi Vodograi” LLC fish farm (Pustomyty District, Lviv Region) on one-year-old scaled carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) with an average weight 339,6–342,8 g. Rearing was carried out at a stocking density of 1,000 fish/ha in ponds with an area of 0.15–0.20 ha. The fish were selected at random and divided into a



© Тибінка А.Р., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

control group, which was fed a standard pelleted feed with a protein content of 23–24%, and two experimental groups, in which part of the animal protein was replaced with a combination of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae at concentrations of 3.0% (Experiment 1) and 5% (Experiment 2). The rearing period lasted 65 days.

It has been established that the administration of low doses of microalgae does not cause significant changes in superoxide dismutase and catalase activity, which indicates the stability of the antioxidant defense system. At the same time, an increase in the activity of the enzymes under study upon administration of a higher dose of microalgae indicates a moderate dose-dependent activation of the enzymatic component of the antioxidant defense system.

A downward trend in LPO products was observed in the hepatopancreatic tissues of carp following the addition of various doses of microalgae to the diet. These changes were more pronounced in Experiment 2, where the content of diene conjugates decreased by 7.1% and that of TBA-reactive products by 14.2% compared to the Control.

Analysis of hematological parameters indicated that adding various doses of a microalgae mixture to the carp diet resulted in a moderate increase in hemoglobin content: by 6.2% in Experiment 1 and by 7.5% in Experiment 2 compared to the Control group. The red blood cell count remained stable in both experimental groups and the Control group.

Considering that carp is one of the main species in Ukraine's freshwater aquaculture sector, and in light of the results obtained, it would be advisable to conduct a broader range of studies on the effects of partially replacing animal-based protein in feed with microalgae.

Key words: carp, aquaculture, microalgae, *Chlorella*, *Spirulina*, antioxidant system, lipid peroxidation products, hematological parameters.

Актуальність теми дослідження. Збалансовані комбікорми є важливою складовою інтенсивного вирощування коропа у ставових господарствах, оскільки природна кормова база водойм не завжди здатна повністю забезпечити рибу необхідними поживними речовинами. Раціонально сформований корм зменшує кормові витрати, покращує коефіцієнт конверсії корму, підвищує рибопродуктивність. Білок є ключовим компонентом раціону коропа, оскільки саме він забезпечує синтез структурних тканин, ферментів, біологічно активних сполук, а також визначає інтенсивність росту риб.

Пошук ефективних джерел білка для кормів є одним із пріоритетних напрямів сучасної аквакультури [22]. Ріст риб фактично пов'язаний із накопиченням білкових сполук, тому недостатній або надмірний вміст білка може призводити до системних порушень в організмі [20].

За даними оглядових досліджень, мікроводорості, зокрема хлорела та спіруліна, розглядаються як перспективні компоненти кормів в аквакультурі завдяки високій поживній цінності та вмісту біологічно активних речовин [20]. Їх включення до складу раціонів риб сприяє підвищенню темпу росту, покращенню репродуктивних показників та якості рибної продукції, а також стимулює імунну систему та підвищує опірність організму до захворювань [20, 21].

Відомо, що мікроводорості тривалий час активно застосовують в різних галузях тваринництва [16].

Chlorella vulgaris – нетоксична для риб та водного середовища, легко культивується, має тонкі та пористі клітинні стінки, які складаються з целюлози та мінеральних компонентів. Хлорела містить високий рівень білка (45–65%), а також значну кількість ліпідів і поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вуглеводів, вітамінів (А, групи В, С, Е), мінералів (Ca, Na, K, P, Mg, Fe, Zn) та антиоксидантних пігментів (хлорофіл, каротиноїди) [25]. Мікрофлора кишечника риб бере участь у перетравленні мікроводоростей, забезпечуючи утворення коротколанцюгових жирних кислот та критично важливих амінокислот [24].

Отже, завдяки поєднанню легко засвоюваних клітинних стінок і високого вмісту корисних речовин *Chlorella vulgaris* є ефективним та безпечним функціональним інгредієнтом для кормів в аквакультурі.

Спіруліна (*Spirulina – Arthrospira Platensis*) характеризується високим вмістом білка (55-70%), вітамінів (А, групи В, С, Е), мінералів (Fe, Ca, Mg, K, Zn) та біологічно активних пігментів (фікоціанін, хлорофіл, β-каротин) [26, 29]. Спіруліна проявляє антиоксидантні, антимікробні та імуномодулюючі властивості, які відповідно покращують фізіологічний стан гідробіонтів [27, 28].

Дослідження на коропах (*Cyprinus carpio* L., 1758) показало, що заміна частини рибного борошна на *Spirulina platensis* та *Chlorella vulgaris* позитивно впливає на ріст, активність травних ензимів та перетравність поживних речовин [13].

Також в літературі наявні дані, де встановлено, що включення *Chlorella vulgaris* та наночастинок заліза (Fe-NPs) до раціону коропа призводить до підвищення активності антиоксидантних ензимів (СОД, КАТ), зменшення рівня продуктів ПОЛ, покращення гематологічних показників – кількості еритроцитів, рівня гемоглобіну та гематокриту. Крім того, експериментальні дані свідчать про зміни в біохімічних показниках крові, зокрема відмічено помірне зниження активності печінкових ензимів та стабілізацію рівня глюкози в крові [17].

Дослідження на нільській тилапії (*Oreochromis niloticus*) показали, що включення до її раціону *Chlorella vulgaris* стимулювало підвищення активності антиоксидантних ензимів, гематологічних показників та імунної активності. Також бактерицидна активність проти *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens* та *Vibrio anguillarum* була значно вищою у риб, яким згодовували *Chlorella vulgaris* в порівнянні з контрольною групою риб [18].

Незважаючи на наявні дослідження щодо використання мікроводоростей у годівлі риб, питання їх впливу на САЗ та гематологічні показники коропа залишаються фрагментарно вивченими та потребують детальнішого дослідження. Оскільки короп є одним із основних об'єктів прісноводної аквакультури України, важливо враховувати місцеві екологічні та технологічні умови, що має ключове значення для оптимізації годівлі та підвищення продуктивності.

Постановка проблеми. Додавання альтернативних джерел білка до складу комбікормів для гідробіонтів є перспективним напрямом розвитку аквакультури, оскільки сприяє зменшенню екологічного навантаження на природні ресурси та створює передумови для здешевлення виробництва кормів [7].

За даними FAO (Food and Agriculture Organization) мікроводорості розглядаються, як альтернативний інгредієнт для кормів в аквакультурі [11]. Вони є функціональним компонентом, оскільки містять комплекс біологічно активних сполук із антиоксидантною, антимікробною та імуномодулюючою дією, що забезпечує позитивний вплив на гомеостаз гідробіонтів [10, 12].

При оцінюванні ефективності нових кормових добавок у рибництві особливе значення має дослідження стану системи антиоксидантного захисту (САЗ) печінки, оскільки цей орган є центральною ланкою метаболізму ліпідів, білків і вуглеводів, а також одним із основних місць утворення активних форм кисню (АФК).

Дослідженнями встановлено, що включення хлорели, спіруліни та їх комбінації до раціону райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) знижує рівень продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) в тканинах печінки та підвищує активність антиоксидантних ферментів. Крім того, застосування мікроводоростей сприяє біодетоксикації кадмію (Cd) у печінці та м'язах риб і стимулює їх ріст [9].

Поряд із біохімічними показниками важливими індикаторами фізіологічного стану організму риб є гематологічні параметри крові. Кількість еритроцитів та концентрація гемоглобіну в крові риб відповідають за транспортування кисню і перенесення поживних речовин. Вони характеризують рівень забезпечення

тканин киснем та можуть змінюватись під впливом різних факторів, зокрема умов вирощування, якості водного середовища та складу корму [30]. Доведено, що застосування мікроводоростей в раціоні сприяє нормалізації гематологічних параметрів та зменшенню негативного впливу токсинів [6]. Також дослідженнями встановлено, що включення у різних співвідношеннях *Spirulina platensis* та *Chlorella vulgaris* в раціон африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) покращує ріст, гематологічні показники та антиоксидантний статус риб, що підтверджує перспективність їх застосування, як альтернативних джерел білка [8].

Антиоксидантна система організму відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу, оскільки забезпечує нейтралізацію АФК та запобігає розвитку оксидативного стресу. Порушення рівноваги між процесами пероксидного окиснення ліпідів та антиоксидантного захисту може призвести до погіршення фізіологічного стану риб і зниження їх адаптаційних можливостей, що відповідно вплине на рибопродуктивність. Водночас гематологічні показники є важливим індикатором функціонального стану організму риб і широко використовується для оцінки впливу різних факторів середовища та компонентів корму.

У попередніх наших дослідженнях було показано позитивний вплив суміші мікроводоростей на рибницько-біологічні показники коропа [22].

З огляду на це, завданням дослідження було встановити вплив використання мікроводоростей у раціон коропа на систему антиоксидантного захисту та гематологічний профіль. Отримані дані дозволять оцінити ефективність часткової заміни білка тваринного походження на суміш хлорели та спіруліни й будуть використані для удосконалення технології годівлі та вирощування коропових риб.

Методика досліджень. Експеримент проведено в ставових умовах рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй» (Пустомитівський район, Львівської області) на однорічках лускатого коропа (*Cyprinus carpio* L., 1758) середньою 339,6-342,8 г. Вирощування проводили за щільності посадки 1000 екз./га, в ставах площею 0,15–0,20 га. Риби були відібрані методом рендомізації та розподілені на контрольну групу, якій згодовували стандартний гранульований комбікорм із вмістом білка 23-24%, та дві дослідні групи, у яких частину білка тваринного походження замінено на суміш мікроводоростей хлорели і спіруліни у концентрації 3,0% (Дослід 1) та 5% (Дослід 2). Тривалість вирощування складала 65 діб.

Після завершення досліду в цільній крові риб визначали вміст гемоглобіну гемоціанідним методом за допомогою фотоелектроколориметра КФК-3, кількість еритроцитів – шляхом підрахунку в камері Горяєва; в тканинах гепатопанкреаса коропа досліджували активність антиоксидантних ензимів: СОД та каталази, а також вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів.

Концентрацію дієнових кон'югатів визначали за методом, що ґрунтується на реакції оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів. Визначення концентрації ТБК-активних продуктів проводили спектрофотометрично за кольоровою реакцією між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою, яка протікає в кислому середовищі та при дії високої температури, утворюючи триметильний комплекс (Коробейникова, 1989). Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за методом, що базується на відновленні нітротетразолію синього супероксидними радикалами, які утворюються у результаті реакції між феназинметасульфатом і відновленою формою нікотинаміддинуклеотиду (Дубиніна, 1983). Визначення активності каталази проводили, використовуючи метод, що ґрунтується на утворенні стійкої кольорової комплексної сполуки за реакції пероксиду водню з солями амоній молібдату (Корольок, 1988). Визначення

вказаних показників у біологічному матеріалі риб проводили згідно зазначених методик, які описані у довіднику [14]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорда [15].

Одержані цифрові дані опрацьовували методами варіаційної статистики, використовуючи стандартний пакет статистичних програм Microsoft Excel. Визначали середні арифметичні величини (M), середню квадратичну помилку (m) і вірогідність різниць (P) між досліджуваними середньоарифметичними величинами. [2]

Результати досліджень. Оскільки гепатопанкреас коропа є ключовим метаболічним органом, у ньому інтенсивно утворюються АФК в процесі обміну речовин та детоксикації. САЗ у свою чергу нейтралізує ці реактивні молекули запобігаючи окисному пошкодженню клітинних мембран.

Результати проведених досліджень показали, що активність ензимів антиоксидантного захисту за введення до раціону суміші мікроводоростей хлорели та спіруліни істотно не змінювалася, однак відмічено певні тенденції (таблиця 1).

Таблиця 1

Активність СОД і каталази та вміст дієнових кон'югатів і ТБК-активних продуктів у тканинах гепатопанкреаса коропа за застосування у їх раціоні мікроводоростей ($M \pm m$, $n=4$)

Досліджувані показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
СОД, Ум. Од/хв. мг Б	4,84 ± 0,31	4,80 ± 0,26	5,08 ± 0,12
Каталаза, Мкмоль H ₂ O ₂ /хв. х мг білка	47,95 ± 0,18	47,97 ± 0,26	48,32 ± 0,24
Дієнові кон'югати, С (нмоль /мг білка)	0,85 ± 0,14	0,87 ± 0,06	0,79 ± 0,07
ТБК-активні продукти, (нмоль /мг білка)	1,20 ± 0,08	1,17 ± 0,04	1,03 ± 0,08

Зокрема, у Досліді 1 активність ключового ензиму антиоксидантного захисту – СОД була на рівні Контролю, це свідчить про стабільність САЗ при малих дозах мікроводоростей. При цьому встановлено підвищення супероксиддисмутазної активності на 5 % у Досліді 2 в порівнянні з контрольною групою, що вказує на дозозалежну активацію ензимної ланки САЗ. Вірогідних змін щодо активності каталази у гепатопанкреасі коропа Досліді 1, відносно Контролю нами не зафіксовано. Однак у Досліді 2 активність каталази зросла на 0,8 %. Незначні зміни свідчать про ефективну нейтралізацію перексиду водню в тканинах гепатопанкреаса.

Показники ПОЛ у гепатопанкреасі коропа за введення до раціону різних доз мікроводоростей демонстрували тенденцію до зниження. Ці зміни більшою мірою були виражені у Досліді 2, де вміст дієнових кон'югатів знизився на 7,1 % та ТБК-активних продуктів на 14,2 % порівняно з Контролем. Зниження цих показників свідчить про пригнічення процесів ПОЛ та зменшення інтенсивності окисного пошкодження мембран гепатоцитів.

Особливо виражений ефект спостерігався у другій дослідній групі, де частка мікроводоростей у раціоні становила 5 %, у цьому випадку підвищення активності ензимів САЗ поєднувалося зі зниженням вмісту як первинних, так і вторинних ПОЛ, що вказує на стабілізацію прооксидантно-антиоксидантного балансу в тканинах гепатопанкреаса коропа. Очевидно, це пов'язано з тим, що досліджувані мікроводорості є джерелом природних антиоксидантів, які здатні пригнічувати

утворення вільних радикалів, захищати ліпіди клітинних мембран від окиснення та підвищувати адаптаційні можливості організму. Результати нашого дослідження узгоджуються з даними інших авторів, які показали, що введення мікродоростей до раціону риб позитивно впливає на АОС та знижує продукти ПОЛ в печінці [4, 5].

Аналіз гематологічних показників встановив, що додавання різних доз суміші мікродоростей до раціону коропа призвело до помірного підвищення вмісту гемоглобіну: у Досліді 1 на 6,2 % та Досліді 2 на 7,5 % відносно Контролю (таблиця 2). Це свідчить про покращення транспорту кисню до тканин, що може сприяти оптимізації обмінних процесів та підвищенню рибопродуктивності. Кількість еритроцитів при цьому залишалась стабільною у двох дослідних групах та Контролі.

Таблиця 2

Вміст гемоглобіну та кількість еритроцитів у сироватці крові коропа за застосування у їх раціоні мікродоростей ($M \pm m, n=4$)

Досліджувані гематологічні показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
Гемоглобін, г/л	109,2	116	117,4
Еритроцити, Т/л	1,25	1,23	1,27

Збереження стабільного рівня еритроцитів та гемоглобіну, відображене в отриманих результатах досліджень, є критично важливим для підтримки гомеостазу кровоносної системи та функціональної цілісності організму коропа, оскільки значні коливання цих показників можуть свідчити про метаболічний стрес, порушення еритропоезу або розвиток анемії.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Введення до раціону коропа суміші мікродоростей хлорели та спіруліни, як часткового замітника білка, сприяло стабілізації антиоксидантної системи організму. У тканинах гепатопанкреаса відмічено тенденцію до підвищення ензимів САЗ та зниження вмісту продуктів ПОЛ. Одночасно встановлено підвищення вмісту гемоглобіну без зміни кількості еритроцитів, що свідчить про покращення фізіологічного стану та киснево-транспортної функції крові коропа. Отримані результати підтверджують, що мікродорості є безпечним і функціонально корисним компонентом корму. Подальші дослідження слід спрямувати на комплексне вивчення впливу часткової заміни білка тваринного походження у кормах на мікродорості, а також оцінити їх функціональний вплив на показники неспецифічної резистентності організму риб.

Подяки. Автори висловлюють щирі подяки рибному господарству, що спеціалізується на вирощуванні риб родини коропових, лососевих та осетрових – ТЗОВ «Карпатський Водограй» (м. Пустомити) – за сприяння у проведенні досліджень та наданні виробничих потужностей, а також біотехнологічній компанії, що спеціалізується на вирощуванні живого планктонного штаму хлорели – ТОВ «Хлорела Україна» (м. Біла Церква) – за консультативну підтримку та плідну співпрацю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Желтов Ю. О. Методичні вказівки з проведення дослідів по годівлі риб. *Рибне господарство*. 2003. Вип. 62, С. 23–28.

2. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях: методичні рекомендації: Київ, 2011. 28 с.

3. Oxidative stress and antioxidant biomarker responses in fish exposed to heavy metals / a review Zeng Y. et., all : Environmental Monitoring and Assessment. 2025. Vol. 197. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14376-w>
4. Dietary Supplementation of *Chlorella vulgaris* Effectively Enhanced the Intestinal Antioxidant Capacity and Immune Status of *Micropterus salmoides* / Yu H., et. all : Antioxidants. 2023. Vol. 12 (8) P. 1565. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox12081565>
5. Improving Growth, Digestive and Antioxidant Enzymes and Immune Response of Juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) by Using Dietary *Spirulina platensis* / Faheem M., et. all : Fishes. 2022. Vol. 7 (5). P. 237. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes7050237>
6. The protective effects of dietary microalgae against hematological, biochemical, and histopathological alterations in pyrogallol-intoxicated *Clarias gariepinus* / Hamed M., et. all : Heliyon. 2024 Vol. 10 (24). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e4093>.
7. Аквакультура для кліматично стійкого майбутнього/ за ред. Даутарте А. 2025. 145 с. URL: <https://dibluca.vdu.lt/wp-content/uploads/E-Book-UA.pdf>. (дата звернення: 16.02.2026).
8. Fishmeal replacement with *Spirulina Platensis* and *Chlorella vulgaris* in African catfish (*Clarias gariepinus*) diet: Effect on antioxidant enzyme activities and haematological parameters / Raji A.A., et. all : Research in Veterinary Science. 2018. Vol. 119. P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.013>
9. Effects of supplementing the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet with *Spirulina* and *Chlorella* on the tissue's cadmium detoxification capacity, growth performance, fatty acid composition, antioxidant defense system and liver histology / Harmantepe F. B., Gündoğdu A., Karşlı Z., Sağır D. : Aquaculture. 2025. Vol. P. 595. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741687>
10. Sheikhzadeh N., Soltani M., Heidarieh M., Ghorbani M. Role of Dietary Microalgae on Fish Health and Fillet Quality: Recent Insights and Future Prospects : Fishes. 2024. Vol. 9(1). P. 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes9010026>
11. FAO. An overview on local alternative ingredients, aquafeed supply and feeding management in selected African countries. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025. FAO : Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 734. URL: <https://www.fao.org> (Last accesser: 28.02.2026)
12. Microalgae – nutritious, sustainable aqua- and animal feed source / Dineshbabu G. et all : Journal of Functional Foods. 2019. Vol. 62. P. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>
13. Harmantepe B., Yılmaz E. Effects of spirulina and chlorella used as protein source on growth and digestion enzymes of common carp (*Cyprinus carpio*, L., 1758). : Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2025. Vol. 13 (3). P. 787–793. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.787-793.7254>
14. Лабораторна діагностика у ветеринарній медицині / Влізло В. В. та ін. : Довідник. 2-ге видання. Львів. 2014. 152 с.
15. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding : Analytic Biochemistry. 1976. Vol. 72. P. 248–254.
16. *Chlorella vulgaris* as a Livestock Supplement and Animal Feed: A Comprehensive Review / Gadzama I. U., et. all : Animals. 2025. Vol. 15(6). P. 879. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15060879>
17. Al Sulivany B. S. A., Omar I., Yousif A., Owais M. Effects of Dietary Green Microalgae (*Chlorella vulgaris*) and Iron Nanoparticles on Biochemical, Enzymatic, and Tissue Health in *Cyprinus carpio*. : Journal of Aquaculture Science. 2025. Vol. 10(2) P. 98–108. DOI: <https://doi.org/10.20473/joas.v10i2.74314>
18. Dietary *Chlorella vulgaris* modulates the performance, antioxidant capacity, innate immunity, and disease resistance capability of Nile tilapia fingerlings fed on plant-based diets / Abdel-Tawwab M., et. all : Animal Feed Science and Technology 2022. Vol. 283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115181>

19. The effect of *Spirulina platensis* on water quality factors, biofloc composition, growth efficiency, fatty acid and amino acid profile of fillets, carcass composition, Antioxidant activities, bacterial population, and gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) reared in a system without water exchange / Alishahi R., et. all : Aquacultural Engineering. 2026. Vol.112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102660>
20. Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review / Alagawany M., et. all : Aquaculture. 2021. Vol. 542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736841>
21. Aly S. M., El Banna N. I., Fathi M. *Chlorella* in aquaculture: challenges, opportunities, and disease prevention for sustainable development. Aquaculture International. 2024. Vol. 32(2). P. 1559–1586. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01229-x>
22. Продуктивні характеристики дволіток коропа за умов згодовування мікрородоростей / Тибінка А. Р. та ін. Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : VII Міжнар. наук.-практ. конф. : матер. Київ : ПРО ФОРМАТ, 2025. С. 243–245.
23. Effects of Dietary Protein Levels on the Growth, Physiological, and Biochemical Indices of Juvenile Yellow River Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) Jiang X., et. all : Animals. 2025. Vol. 15(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15121800>
24. Albaqami N. M. *Chlorella vulgaris* as unconventional protein source in fish feed: A review : Aquaculture. 2025. Vol. 594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741404>
25. Mendes A. R., Spinola M. P., Lordelo M., Prates J. A. Chemical compounds, bioactivities, and applications of *Chlorella vulgaris* in food, feed and medicine. : Applied Sciences. 2024. Vol. 14(23). DOI: <https://doi.org/10.3390/app142310810>
26. Effect of *Spirulina platensis* on growth, hematological, biochemical, and immunological parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / Youssef I. M., et. all : Tropical Animal Health and Production. 2023. Vol. 55(4). P. 275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03690-5>
27. Zhang F., Man Y. B., Mo W. Y., Wong M. H. Application of *Spirulina* in aquaculture: a review on wastewater treatment and fish growth. / Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12(2). P. 582–599. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12341>
28. Sushma A. K., Sharma P. Therapeutic and Nutritional aspects of *Spirulina* in Aquaculture. : Journal of Agriculture and Aquaculture. 2021. Vol. 3(1). P. 1–6.
29. The effect of *Spirulina platensis* on water quality factors, biofloc composition, growth efficiency, fatty acid and amino acid profile of fillets, carcass composition, Antioxidant activities, bacterial population, and gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) reared in a system without water exchange / Alishahi R., et. all : Aquacultural Engineering. 2025. Vol. 112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102660>
30. Салига Ю.Т., Купиняк Н.І. Тепловий стрес у тварин: монографія. Київ : Аграрна наука, 2025. 320 с. DOI: <https://doi.org/10.31073/978-966-540-634-1>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026