Ribogospod. nauka Ukr., 2025; 2(72): 192-206
DOI: https://doi.org/10.61976/fsu2025.02.192
UDC [639.3.043:639.3.06]:[639.371.53:597-111]

Received: 28.04.2025
Received in revised form: 17.05.2025
Accepted: 05.06.2025

EFFECT OF FEED COMPOSITION ON GROWTH, BLOOD PARAMETERS AND ANTIOXIDANT SYSTEM OF AGE-1+ TENCH (*TINCA TINCA* LINNAEUS, 1758) IN CONDITIONS OF RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS)

R. Konopelsky, romankonopelskyi@gmail.com, ORCID ID 0009-0005-4192-2225, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
H. Kurinenko, annazakharenko@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-9365-7578, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
M. Korilyak, stasiv8@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8235-5400, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin

Purpose. *Assessing the productive parameters of age-1+ tench grown in recirculating aquaculture systems (RAS) and studying their physiological state depending on feed composition*

Methodology. *The study was conducted in RAS conditions at Karpatsky Vodogray LLC. Three 0.96 m³ tanks were used in the study. The stocking density of age-1 tench was 600 ind./m³, and the duration of cultivation was 225 days. For feeding, 3 options of artificial feeds from different manufacturers with different protein and fat contents were used, respectively – 44 and 9%; 46 and 10% and 54 and 15%. Sampling to study growth dynamics were carried out monthly. Analysis of basic haematological parameters was performed using an automatic biochemical analyser Miura 200. The activity of the antioxidant defence system of tench was determined in 10% homogenates of hepatopancreas tissues.*

ВПЛИВ СКЛАДУ КОРМІВ НА РІСТ, ПОКАЗНИКИ КРОВІ І АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ДВОЛІТОК ЛИНА (*TINCA TINCA* LINNAEUS, 1758) В УМОВАХ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ АКВАКУЛЬТУРНИХ СИСТЕМ (RAS)

Р. М. Конопельський, romankonopelskyi@gmail.com, ORCID ID 0009-0005-4192-2225, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
Г. А. Куріненко, annazakharenko@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-9365-7578, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
М. З. Кориляк, stasiv8@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8235-5400, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь

Мета. *Надання оцінки продуктивним показникам дволіток лина при вирощуванні в умовах рециркуляційних систем та вивчення їх фізіологічного стану у залежності від складу корму.*

Методика. *Дослідження проведено в умовах RAS на базі ТОВ «Карпатський водограй». Для досліджень використовували 3 басейни об'ємом 0,96 м³, щільність посадки однорічок лина складала 600 екз./м³, а тривалість вирощування — 225 діб. Для годівлі використовували три варіанти штучних кормів різних виробників із різним вмістом протеїну і жиру: відповідно — 44 і 9, 46 і 10 та 54 і 15%. Контрольні лови для дослідження динаміки росту проводили щомісячно. Аналіз основних гематологічних показників проведено із застосуванням автоматичного біохімічного аналізатора «Miura 200».*

Показники активності системи антиоксидантного захисту організму линів ви-

The activity of superoxide dismutase enzymes was determined as the proportion of inhibition of the nitroblue tetrazolium reduction reaction in the presence of phenazine metasulfate, and catalase – by the change in the concentration of H_2O_2. The concentration of lipid peroxidation products was investigated: diene conjugates by the optical density reaction of heptaneisopropanol lipid extract and malondialdehyde – spectrophotometrically by the colour reaction with thiobarbituric acid.

Findings. *The study showed that when using feeds with a protein content of 44–56%, their average weight was 62.3–71.2 g with a survival rate of 93.1–97.4%, while their highest values were when fed Coppens Vital feed with a protein content of 46% and fat of 10%. At the same time, high haemoglobin content and blood erythrocyte count of age-1+ was established, which did not depend on feed composition and were, respectively, within the limits of 110.0–117.0 g/L and 1.75–1.95×10^{12}/L. At this time, the proportion of leukocytes relative to erythrocyte count was highest when feeding with Coppens Advance feed – 0.97%, and platelets – when feeding with Coppens Vital feed – 2.38%. The fish antioxidant defence system showed a balance according to the feedback principle, i.e. an increase in the level of antioxidant activity inhibited free radical oxidation. At the same time, the best values were observed in fish, which were fed feed with a protein content of 46%.*

Originality. *For the first time in Ukrainian aquaculture, an assessment of the productive parameters of age-1+ tench in RAS conditions was provided, and the effect of feed of different formulae on blood parameters and the antioxidant defence system was analyzed.*

Practical Value. *Based on the results obtained, a productive and biological justification will be provided for increasing the efficiency of fish reproducers for tench reproduction in Ukrainian aquaculture. At the same time, the study results are important for improving the theoretical foundations of tench reproduction and cultivation in industrial conditions and can be used in the educational process.*

Keywords: *weight, productive indicators, two-year-olds, artificial feed, hemoglobin, erythrocytes, blood parameters, antioxidant defence system.*

Активність ферментів супероксиддисмутази визначали як частку гальмування реакції відновлення нітросинього тетразолію в присутності феназинметасульфату, а каталази — за зміною концентрації H_2O_2. Досліджували вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів: дієнових кон'югатів — за реакцією оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів, малонового діальдегіду — спектрофотометрично за кольоровою реакцією з тіобарбітуровою кислотою.

Результати. *Встановлено, що за вирощування дволіток лина в умовах рециркуляційних систем із застосуванням штучних кормів із вмістом протеїну на рівні 44–56%, їхня середня маса становила 62,3–71,2 г при виживаності у межах 93,1–97,4%, при цьому їх найвищі значення спостерігалися при годівлі кормом «Coppens Vital» із вмістом протеїну на рівні 46%, а жиру — 10%.*

Водночас, встановлено високий рівень вмісту гемоглобіну та кількості еритроцитів у крові дволіток, які не залежали від складу корму та перебували відповідно у межах 110,0–117,0 г/л та 1,75–1,95×10^{12}/л. У цей час частка лейкоцитів відносно кількості еритроцитів була найвищою при годівлі кормом «Coppens Advance» — 0,97%, а тромбоцитів — при годівлі кормом «Coppens Vital» — 2,38%.

Показники системи антиоксидантного захисту організму засвідчили збалансованість за принципом зворотного зв'язку, тобто збільшення рівня активності антиоксидантів гальмувало вільнорадикальне окиснення. При цьому найкращими показниками відзначаються дволітки, яким згодовували корм із вмістом протеїну на рівні 46%.

Наукова новизна. *Вперше в умовах аквакультури України надано оцінку продуктивним показникам дволіток лина у виробничих умовах із застосуванням RAS та проаналізовано вплив кормів різних рецептур на показники крові та систему антиоксидантного захисту.*

Практична значимість. *На основі отриманих результатів буде надано рибницьке та біологічне обґрунтування щодо підвищення ефективності діяльності рибницьких репродукторів з відтворення лина в аквакультурі України.*

Одночасно, результати досліджень є важливими для удосконалення теоретичних основ відтворення та вирощування лина

rocytes, leukocytes, platelets, malondialdehyde, superoxide dismutase, catalase.

в індустріальних умовах та можуть бути використані у навчальному процесі для студентів спеціальності «Водні біоресурси та аквакультура».

Ключові слова: *маса, продуктивні показники, дволітки, штучний корм, гемоглобін, еритроцити, лейкоцити, тромбоцити, малоновий діальдегід, супероксиддисмутаза, каталаза.*

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

Currently, tench *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) is an object of pond aquaculture, the cultivation of seeds of which is based mainly on the consumption of natural feeds [1, 2]. However, high demand encourages the development of technology for its intensive cultivation, taking into account modern achievements in biotechnology, new technical solutions and progress in the development of feed production, the combination of which allows improving traditional technologies for growing this fish. The introduction of intensive methods of growing tench under controlled conditions is considered the most promising approach to improving growth and significantly increasing production of this species [3, 4].

In the conditions of Ukrainian aquaculture, tench cultivation using industrial aquaculture is practically not used due to the lack of technological standards and the market for specialized artificial feeds. However, according to literature sources, tench can fully adapt to cultivation in artificial systems [5–7], which requires additional studies into such technological elements as stocking density and feeding ration.

During artificial cultivation of fish, their physiological condition certainly depends on complete food and their feeding standards. Since there are currently no specialized artificial feeds for feeding tench, various feeds for carp, trout, sturgeon and

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В умовах сьогодення лин *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) є об'єктом ставової аквакультури, вирощування посадкового матеріалу якого базується в основному на споживанні природної кормової бази [1, 2]. Однак високий попит спонукає до розроблення технології його інтенсивного вирощування із урахуванням сучасних досягнень біотехнології, нових технічних рішень та прогресу у розвитку кормовиробництва, поєднання яких дозволяє удосконалити традиційні технології вирощування даного виду риб. Впровадження інтенсивних методів вирощування лина в контрольованих умовах вважають найперспективнішим підходом до покращення росту та значного збільшення продукції цього виду [3, 4].

В умовах української аквакультури вирощування лина із застосуванням індустріальної аквакультури практично не використовується через відсутність технологічних нормативів та ринку спеціалізованих штучних кормів. Однак, згідно з літературними джерелами, лин може повноцінно адаптуватися до культивування в умовах штучних систем [5–7], що потребує додаткових досліджень таких технологічних елементів, як щільність посадки та раціон годівлі.

За штучного культивування риб їхній фізіологічний стан, безумовно, залежить від повноцінного корму та норм згодовування. Оскільки на даний час не існує спеціалізованих штучних кормів

even marine fish are usually used during its growing [8].

In this regard, many studies have been directed at selecting the optimal feed for feeding tench at different stages of growth among feeds available on the market for other fish species. According to some studies, it has been found that tench better digest feed with vegetable protein [8]. The use of specialized feeds for salmonids allowed obtaining fish seeds with a high survival rate of 89%, however, excessive fat deposition and growth arrest were observed, which, accordingly, required adjustment of the daily feeding rate [9]. At the same time, the use of high-protein feeds (>50%) contributed to excessive ammonia excretion, which is a negative consequence under RAS conditions [10].

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

Considering the growing role of tench in modern aquaculture, there are reasons to recommend the production of growing age-1+ fish in RAS conditions. The purpose of future studies is to find the most optimal feeds for feeding different age groups of tench and to conduct a more in-depth analysis of the effect of these rations on physiological and biochemical parameters. Considering that haemoglobin is the most important element of the oxygen transport system in vertebrates [11, 12], to determine the optimal feeding ration, it is appropriate to conduct a study to determine its content. Considering that the structure of blood cells depends on growing conditions, including the feed quality, and each type performs a specific function, the study of these parameters allows as-

для годівлі лина, при його вирощуванні зазвичай використовують різноманітні корми для коропів, форелевих, осетрових та навіть морських риб [8].

У зв'язку із цим, багато досліджень було спрямовано на підбір оптимального корму для годівлі лина на різних етапах вирощування серед наявних на ринку кормів для інших видів риб. Окремими дослідженнями встановлено, що лин краще засвоює корми з рослинним протеїном [8]. Використання спеціалізованих кормів для лососевих риб дало можливість отримати рибопосадковий матеріал з високим показником виживаності — 89%, однак спостерігалося надмірне відкладання жиру та зупинка в рості, що, відповідно, потребувало корегування добової норми годівлі [9]. Водночас, використання кормів із високим вмістом протеїну (>50%) сприяло надмірному виділенню аміаку, що є негативним наслідком в умовах RAS [10].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Враховуючи зростання ролі лина у сучасній аквакультурі, є підстави рекомендувати до виробничого впровадження вирощування дволіток в умовах RAS. У меті майбутніх досліджень є пошук найоптимальніших кормів для годівлі різновікових груп лина та проведення більш глибинного аналізу впливу даних раціонів на фізіолого-біохімічні показники. Враховуючи, що гемоглобін є найважливішим елементом транспортної системи кисню у хребетних [11, 12], для виявлення оптимального раціону годівлі доречно провести дослідження із визначення вмісту даного гематологічного показника. Враховуючи, що структура клітин крові залежить від умов вирощування, у тому числі і якості кормів, а кожен її тип виконує специфічну функцію, вивчення даних показників

sessing the physiological state of the organism [13–15]. Also, under the effect of a number of factors, including nutritional imbalance, there may be imbalances between the activity of prooxidant factors and the effectiveness of the organism's antioxidant system (AOS). This can lead to an intensification of lipid peroxidation (LPO) processes, the products of which cause disruption of basic cell functions, therefore, studying the state of equilibrium of the AOC-LPO systems is an important stage of studies in assessing the effectiveness of using various feeds or additives to them in fish feeding [15–17].

дозволяє оцінити фізіологічний стан організму [13–15]. Також, під впливом низки факторів, в тому числі і харчового дисбалансу, можливі порушення рівноваги між активністю прооксидантних чинників і ефективністю антиоксидантної системи організму (АОС). Це може призвести до інтенсифікації процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ), продукти якого викликають порушення основних функцій клітин, тому вивчення стану рівноваги системи «АОС-ПОЛ» є важливим етапом досліджень при оцінці ефективності застосування різних кормів або добавок до них у годівлі риб [15–17].

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted under RAS conditions of Karpatsky Vodogray LLC during the spring-autumn period of 2022. Three 0.96 m^3 tanks were used for the study (Fig. 1). The duration of cultivation was 225 days.

Based on the purpose of the study, an experiment was carried out to study the effect of feeding ration on the productive parameters and physiological condition of age-1+ tench. Cultivation was carried out at a stocking density of 600 ind./m^3 (Table 1), as the optimal option of previous studies [18].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проведено в умовах RAS на базі ТОВ «Карпатський водограй» упродовж весняно-осіннього періоду 2022 р. Для досліджень використовували 3 басейни об'ємом 0,96 $м^3$ (рис. 1). Тривалість вирощування складала 225 діб.

Виходячи з мети досліду, було здійснено експеримент з дослідження впливу раціону годівлі на продуктивні показники та фізіологічний стан дволіток лина. Вирощування проводили за щільності посадки 600 екз./$м^3$ (табл. 1)

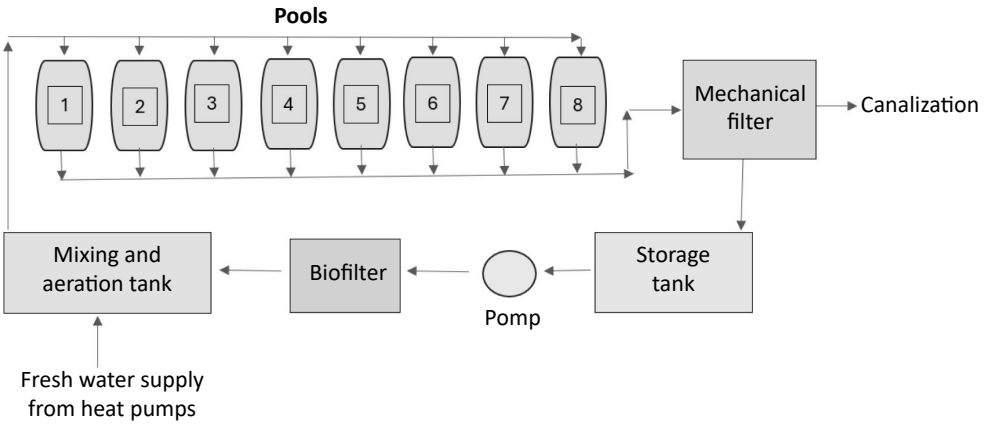


Fig. 1. **Scheme of the RAS tank module of the Karpatsky Vodogray farm for rearing and growing juveniles of various fish species**

Table 1. **Blood parameters of age-1+ tench grown in RAS conditions on different feeds (M±m, n=5)**

Parameters	Experiment I	Experiment II	Experiment III
Erythrocytes / RBC, 10^{12}/L	1.72±0.08	1.95±0.34	1.77±0.08
Leukocytes, % of RBC	0.88±0.05	0.61±0.08	0.97±0.07
Platelets, % of RBC	1.64±0.07	2.38±0.66	1.74±0.34
Hemoglobin, g/L	117.0±3.86	111.0±1.63	110.3±3.84
Mean corpuscular hemoglobin (MCH), pg*	68.13±0.90	61.53±8.47	62.23±0.79
Mean corpuscular hemoglobin content (MCHC), %	55.56±0.59^{a}	43.53±2.88^{b}	46.70±2.39^{ab}
Total protein, g/L	51.83±2.3	47.16±2.1	44.15±2.0
Glucose, mmol/L	8.47±0.4^{a}	13.55±0.6^{b}	11.64±0.5^{ab}

Note. Significant differences between study groups are indicated by different letters and are considered statistically significant at $P < 0.05$ according to Fisher's exact test.

Age-1 fish with an average individual body weight within 8.1 g were selected for the study.

Three options for artificial feeds from different manufacturers were selected for the study: Experiment I – "Aller Parvo EX GR", 0.5–2.0 mm with a protein content of 44% and fat of 9.0%, Experiment II – "Vital", 0.5–1.2 mm with a protein content of 46%, fat – 10%, Experiment III – "Advance", 1.0 mm with a protein content of 54%, fat – 15%.

Sampling to study growth dynamics were conducted monthly. Weighing was carried out on torsion balances of the ASIX brand - A 500 with a resolution of 0.01 g, up to 5 g, then Momert 6846.

Analysis of the main haematological parameters: erythrocytes (RBC) 10^{12}/L, leukocytes, (% of RBC), platelets, (% of RBC), mean corpuscular hemoglobin (MCH), erythrocyte corpuscular hemoglobin content (MCHC), total protein, g/L and glucose, mmol/L was performed using the Miura 200 automatic biochemical analyser.

To determine the activity antioxidant defence system (ADA) in the tench body, 10% homogenates of hepatopancreas tissues were used [19]. The activity of superoxide dismutase (SOD) enzymes was determined as the proportion of inhibition

як оптимального варіанту попередніх досліджень [18]. Для експериментів були відібрані однорічки з середнім показником індивідуальної маси тіла на рівні 8,1 г.

Для досліджень було обрано три варіанти штучних кормів різних виробників: Дослід I — «Aller Parvo EX GR», 0,5–2,0 мм, із вмістом протеїну на рівні 44% та жиру — 9,0%; Дослід II — «Vital», 0,5–1,2 мм, із вмістом протеїну на рівні 46%, жиру — 10%; Дослід III — «Advance», 1,0 мм, із вмістом протеїну на рівні 54%, жиру — 15%.

Контрольні лови для дослідження динаміки росту проводили щомісячно. Зважування здійснювали на торсійних терезах торгової марки «ASIX» A 500 з дискретністю 0,01 г, до маси 5 г, потім — «Momert 6846».

Аналіз основних гематологічних показників — еритроцитів (RBC), 10^{12}/л; лейкоцитів, % до RBC; тромбоцитів, % до RBC; середньої концентрації гемоглобіну (MCH); концентрації в еритроциті гемоглобіну (MCHC); загального білка, г/л, та глюкози, ммоль/л, проведено із застосуванням автоматичного біохімічного аналізатора «Miura 200».

Для визначення показників активності системи антиоксидантного захисту (САЗ) в організмі линів використо-

of the nitroblue tetrazolium reduction reaction in the presence of phenazine metasulfate [20] and catalase – by changing H_2O_2 concentration. [21]. The concentration of lipid peroxidation products (LPO) was studied: diene conjugates by the optical density reaction of heptaneisopropanol lipid extract [22] and malondialdehyde (MDA) – spectrophotometrically by the color reaction with thiobarbituric acid [23].

The numerical material obtained as a result of the experiments was subjected to statistical processing using standard computer programs. The criteria for analyzing the parameters were their average value and the error of the arithmetic mean (M±m).

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

As a result of 225 days of growing age-1+ tench, using different feeds, the average body weight of age-1 fish increased by 7.7–8.8 times and reached 62.3–71.2 g. At the same time, the maximum body weight was observed in fish in Experiment II, which were fed with Vital. This experiment also showed the highest survival rate – 97.4%, which was 2.4% higher than the results of Experiment I and 4.3% higher than Experiment III (Fig. 2).

The growth rate of age-1+ tench had an increasing cumulative dynamic. Almost the entire growing period, age-1+ from Experiment II were superior in terms of growth rate. Only in May and June, individuals from Experiment III were superior. Starting in July, the growth rate of age-1+ tench in the second experiment outpaced their peers from the first and third experiments by an average of 1.2 times (Fig. 3).

Analysis of hematological tests showed

вували 10%-і гомогенати тканин гепатопанкреасу [19]. Показник активності супероксиддисмутази (СОД) визначали як частку гальмування реакції відновлення нітросинього тетразолію в присутності феназинметасульфату [20], каталази — за зміною концентрації H_2O_2 [21]. Досліджували концентрацію продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ): дієнових кон'югатів — за реакцією оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів [22], та малонового діальдегіду (МДА) — спектрофотометрично за кольоровою реакцією з тіобарбітуровою кислотою [23].

Одержаний в результаті проведених експериментів цифровий матеріал піддано статистичній обробці за стандартними комп'ютерними програмами. Критеріями аналізу показників були їхня середня величина та похибка середньої арифметичної (M±m).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті 225-ти діб вирощування дволіток лина при застосуванні різних кормів середня маса тіла однорічок збільшилася у 7,7–8,8 раза і досягла 62,3–71,2 г. При цьому максимальною масою тіла характеризувалися особини з Досліду II, яким згодовували «Vital». У даному досліді також зафіксовано максимальний показник виживаності — 97,4%, який на 2,4% перевищував результат Досліду I та на 4,3% — Досліду III (рис. 2).

Темп росту дволіток лина мав зростальну накопичувальну динаміку. Практично увесь період вирощування за показниками темпу росту домінували дволітки з Досліду II. Лише в травні та червні за даним показником перше місце посіли особини з Досліду III. Починаючи з липня, за темпом росту дволітки в другому досліді випереджали своїх одноліток з першого та третього дослідів у середньому в 1,2 раза (рис. 3).

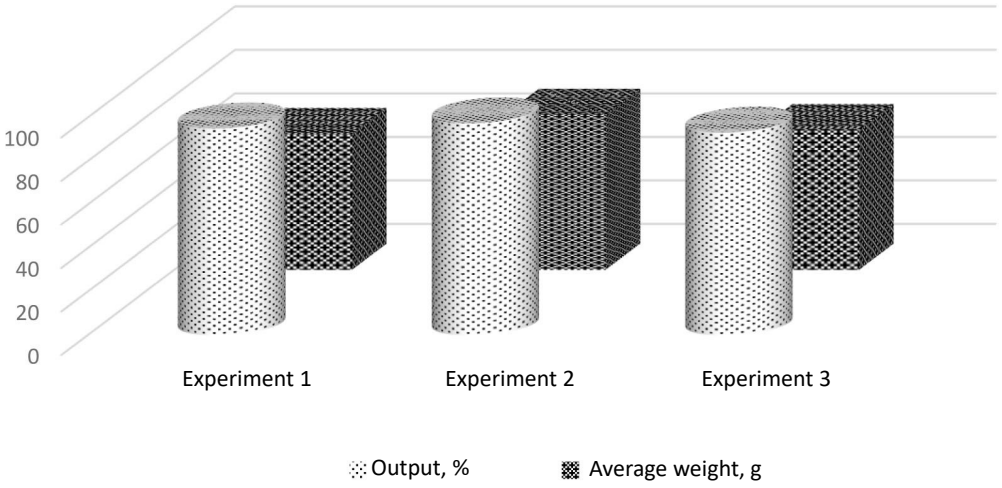


Fig. 2. **Average individual weight and survival of age-1+ tench grown in RAS conditions using different diets**

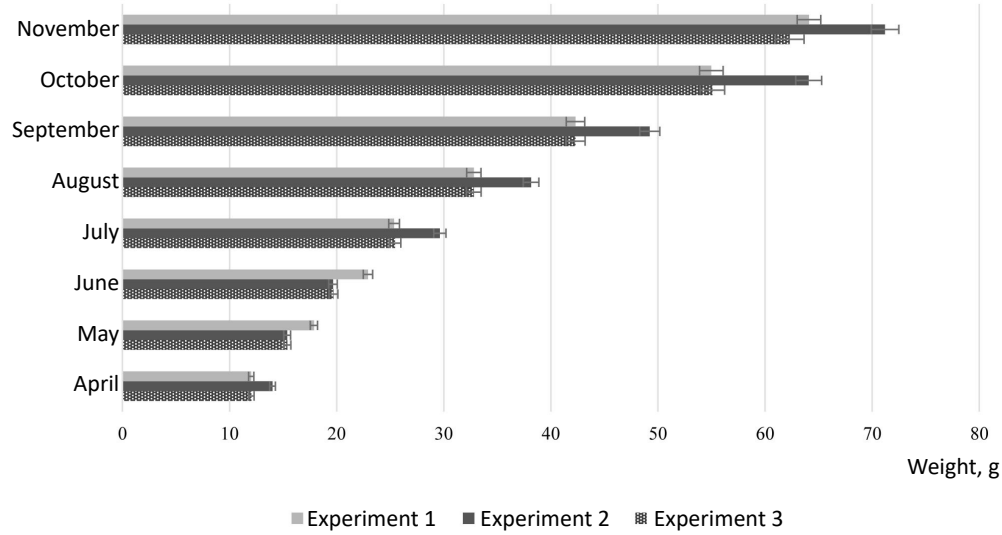


Fig. 3. **Growth dynamics of age-1+ tench grown under RAS conditions using different feed rations (M±m, n=15)**

that the hemoglobin level in the experimental groups of tench was high – 110–117 g/L, without statistically significant differences, which significantly exceeded that in tench from natural water bodies [24] and from cultivation in cages [17].

The highest erythrocyte content was observed in age-1+ tench of the second

Згідно з аналізом результатів гематологічних досліджень, встановлено, що рівень гемоглобіну у дослідних групах лина був високим — 110–117 г/л, без статистично достовірних відмінностей, і значно перевищував відповідні показники у линів із природних водойм [24] та з вирощування у садках [17].

experimental group (1.95×10^{12}/L), which was 10.2–13.4% higher than the values in Experiments III and I, respectively. At the same time, the proportion of leukocytes relative to the number of erythrocytes was the highest when using Coppens Advance feed – 0.97%, and the lowest – in Experiment II – 0.61%. At the same time, the age-1+ tench of this experimental group had the highest platelet count – 2.38%, which was the lowest in Experiment I.

MCHC and MCH varied depending on the experimental variant and were lowest in Experiment II and highest in Experiment III.

In order to determine the effect of diet on AOC activity and the content of products (POL) in age-1+ tench, liver samples from experimental groups of fish were taken. In this case, the enzymatic link of AOS is represented by superoxide dismutase (SOD) and catalase; the products of POL are diene conjugates (DC) and TBA products.

The studies of the enzyme link of the antioxidant system showed that the lowest catalase activity was in the liver of age-1+ tench from Experiment III, which were fed with Advance feed, and the highest – of age-1+ fish from Experiment II (Vital) ($P < 0.01$). Tench of Experiment I (Aller Parvo) occupied an intermediate position in terms of catalase activity: it was insignificantly higher by 1.2% than when fish were fed with Advance feed, and lower by 1.7% than when fed with Vital feed (Table 2).

At the same time, the highest value of SOD activity was in age-1+ tench fed with Advance feed, which was 23.1% higher compared to the lowest value in age-1+ fish of Experiment I ($P < 0.05$). According to this parameter, age-1+ from Experiment II (Vital) were 2.3% inferior to those from Experiment III (Advance), but exceeded fish fed with Aller Parvo by 20.3%.

The content of diene conjugates, which are the primary link of lipid peroxidation

За вмістом еритроцитів переважали дволітки лина другої дослідної групи — $1,95\times10^{12}$/л, що на 10,2–13,4% вище значень у Дослідах III і I відповідно. При цьому, частка лейкоцитів відносно кількості еритроцитів була найвищою при годівлі кормом «Coppens Advance» — 0,97%, а найнижчою — у Досліді II — 0,61%. Водночас, у дволіток цієї дослідної групи була встановлена максимальна частка тромбоцитів — 2,38%, яка була найнижчою у Досліді I.

Вміст гемоглобіну в еритроциті (МСНС) та його середня концентрація в еритроцитах (МСН) варіювали в залежності від варіанту досліду і були найнижчими у Досліді II, а найвищими — у Досліді III.

З метою визначення впливу раціону на активність АОС та вміст продуктів ПОЛ дволіток лина, відібрано зразки печінки експериментальних груп риб. В даному випадку ферментна ланка АОС була представлена супероксиддисмутазою (СОД) і каталазою; продукти ПОЛ — дієновими кон'югатами (ДК) і ТБК-продуктами.

У результаті досліджень показників ферментної ланки антиоксидантної системи встановлено, що найнижчою активність каталази виявилася у печінці дволіток лина із Досліду III, яких годували кормом «Advance», а найвищою — у дволіток Досліду II («Vital») ($P < 0,01$). Дволітки Досліду I («Aller Parvo») посідали проміжне місце за активністю каталази: вона була невірогідно вищою на 1,2%, ніж при годівлі кормом «Advance», і нижчою на 1,7%, ніж при годівлі кормом «Vital» (табл. 2).

Водночас, максимальне значення активності СОД спостерігалося у дволіток лина при годівлі кормом «Advance», яке було на 23,1% вищим проти найнижчого значення у дволіток Досліду I ($P < 0,05$). За даним показником дволітки Досліду II («Vital») на 2,3% поступалися таким Досліду III (Advance), проте на 20,3% перевищували дволіток, яким

Table 2. **Parameters of the state of the antioxidant system of age-1+ tench when grown under RAS conditions on different feeds (M±m, n=4)**

Parameters	Experiment I Aller Parvo	Experiment II Coppens Vital	Experiment III Coppens Advance
Catalase, μmol H_2O_2 /min/mg protein	55.25±0.1^{ab}	56.17±0.05^{a}	54.57±0.34^{b}
COD, u/min. / mg protein	2.81±0.09^{a}	3.38±0.41^{ab}	3.46±0.17^{b}
Diene conjugates, nmol/mg protein	2.05±0.11^{a}	1.36±0.03^{b}	1.58±0.07^{b}
MDA, nmol/mg protein	1.76±0.11^{a}	1.43±0.03^{b}	1.60±0.12^{ab}

Note. Significant differences between study groups are indicated by different letters and were considered statistically significant at $P < 0.05$ according to Fisher's exact test.

products, in tench from Experiments II and III was statistically lower than in Experiment I by 33.6% ($P < 0.001$) and 22.9% ($P < 0.05$), respectively, while in tench from Experiment III it was higher by 13.9% compared to those from Experiment II.

A secondary product of LPO is malondialdehyde, which reflects the level of oxidative stress in the body. Its content in age-1+ tanch fed Vital feed was the lowest, and it was the highest in those of Experiment I ($P < 0.05$).

Analysis of the antioxidant system status parameters shows that age-1+ tench fed with Coppens Vital feed, which had the highest catalase activity and the lowest levels of lipid peroxidation products, were characterized by the highest level of protection against highly toxic oxygen radicals. The results obtained are fully confirmed by literary sources, which show the dependence of the content of lipid peroxidation products and antioxidant enzymes in the fish body on feeding rations [25].

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

Studies on the cultivation of age-1+ tench in RAS tancks, which lasted 225

згодовували корм «Aller Parvo».

Вміст дієнових кон'югатів, які є первинною ланкою продуктів ПОЛ, у дволіток із Дослідів II та III був статистично нижчим щодо Досліду I на 33,6% ($P < 0,001$) та на 22,9% ($P < 0,05$) відповідно, при цьому у дволіток Досліду III він був вищий на 13,9% у порівнянні із дволітками Досліду II.

Вторинним продуктом ПОЛ є малоновий діальдегід, який відображає рівень оксидативного стресу в організмі. Його вміст у дволіток, яких годували кормом «Vital», був найнижчим, а максимальним він виявився у дволіток Досліду I ($P < 0,05$).

Аналіз показників стану антиоксидантної системи свідчить, що дволітки лина, у яких було встановлено найвищі показники активності каталази та мінімальні значення вмісту продуктів ПОЛ при годівлі кормом «Coppens Vital», характеризувалися найвищим рівнем захисту організму від високотоксичних кисневих радикалів. Отримані результати цілком підтверджуються літературними джерелами, в яких показана залежність вмісту продуктів ПОЛ та антиоксидантних ферментів в організмі риб від раціонів годівлі [25].

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Проведені дослідження із вирощування дволіток лина у басейнах RAS, які тривали 225 діб, показали, що за

days, showed that when using extruded feeds of three recipes, their average weight reached 62.3–71.2 g with survival rates within 93.1–97.4%, while their highest values were when fed Coppens Vital feed with a protein content of 46% and fat of 10%.

Analysis of the results of hematological studies showed a high level of hemoglobin content and blood erythrocyte count of age-1+, which did not depend on the feed composition and were respectively within the limits of 110.0–117.0 g/L and 1.75–1.95×10^{12}/L. At this time, the proportion of leukocytes relative to the erythrocyte count was highest when fed Coppens Advance feed – 0.97%, and platelets – when fed Coppens Vital feed – 2.38%.

At the same time, the AOS-POL system in the liver of age-1+ tench of all experimental groups showed good balance according to the feedback principle, i.e. an increase in the level of antioxidant activity inhibited free radical oxidation. At the same time, the best balance between AOS and POL are observed in age-1+ tench when fed with Coppens Vital feed.

Thus, the use of artificial feeds of three brands for feeding age-1+ tench in RAS conditions showed positive results, however, it is advisable to use feeds with a fat content of no more than 10%, and the possibility of using feeds with a higher fat content requires additional studies.

використання екструдованих кормів трьох рецептів середня маса риб досягла 62,3–71,2 г при виживаності у межах 93,1–97,4%, при цьому найвищі значення даних показників спостерігали при годівлі кормом «Coppens Vital» із вмістом протеїну на рівні 46%, а жиру — 10%.

Згідно з аналізом результатів гематологічних досліджень, встановлено високий рівень у крові дволіток вмісту гемоглобіну та кількості еритроцитів, які не залежали від складу корму та перебували відповідно у межах 110,0–117,0 г/л та 1,75–1,95×10^{12}/л. У цей же час, частка лейкоцитів відносно кількості еритроцитів була найвищою при годівлі кормом «Coppens Advance» — 0,97%, а тромбоцитів — при годівлі кормом «Coppens Vital» — 2,38%.

Водночас, система «АОС-ПОЛ» у печінці дволіток лина усіх дослідних груп показала добру збалансованість за принципом зворотного зв'язку, тобто збільшення рівня активності антиоксидантів гальмувало вільнорадикальне окиснення. При цьому найкращими показниками рівноваги між АОС та ПОЛ відзначалися дволітки лина при годівлі кормом «Coppens Vital».

Таким чином, використання штучних кормів трьох торгових марок для годівлі дволіток лина в умовах RAS показало позитивні результати, однак доцільно використовувати корми із вмістом жиру не більше 10%, а можливість застосування кормів із вищим вмістом жиру вимагає додаткових досліджень.

CONFLICT OF INTERESTS

There is no conflict of interest of the authors in this work.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів авторів відсутній.

SOURCES OF FUNDING

The results obtained are part of the scientific research program of the NAAS for 2021–2025. 32. "System of compre-

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Отримані результати є складовою програми наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр.: 32. «Система комп-

hensive scientific support for fisheries in inland waters of Ukraine" ("Fisheries and fishing") under the task 32.00.00.14Pk To investigate the possibility of artificial reproduction and cultivation of breeding groups of tench (*Tinca tinca*) in the languages of reproducers with different levels of intensification of fish farming. State registration number 0121U108913.

лексного наукового забезпечення рибного господарства на внутрішніх водоймах України» («Рибництво та рибальство») за завданням 32.00.00.14Пк: «Дослідити можливість штучного відтворення та вирощування племінних груп лина (*Tinca tinca*) в умовах репродукторів з різним рівнем інтенсифікації рибництва» «№ держреєстрації 0121U108913».

REFERENCES

1. Rudnicki, A., Waluga, J., & Waluś, T. (1971). *Rybactwo Jeziorowe.* Warszawa: PWRiL.
2. Steffens, W. (1997). Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, *151,* 97-119. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01493-7.
3. Konopelskyi, R. M. (2024). Vyroshchuvannia ryboposadkovoho materialu lyna (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758) za riznykh tekhnolohii kultyvuvannia. *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Kyiv: PRO FORMAT, 153-155.
4. Pula, H. J., Trenzado, C. E., García-Mesa, S., Fallola, C., & Sanz, A. (2018). Effects of different culture systems on growth, immune status and other physiological parameters of tench (*Tinca tinca*). *Aquaculture, 485,* 101-110.
5. Kamler, Ewa, Myszkowski, Leszek, Kamiński, Rafał, Korwin-Kossakowski, Michał, & Wolnicki, Jacek. (2006). Does overfeeding affect tench *Tinca tinca* (L.) juveniles? *Aquaculture International, 14,* 9-111. https://doi.org/10.1007/s10499-005-9018-x.
6. Myszkowski, L., Korwin-Kossakowski, M., Kamiński, R., & Stanny, L.A. (2006). Effects of different diets on juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions. *Aquacul-*

ЛІТЕРАТУРА

1. Rudnicki A., Waluga J., Waluś T. Rybactwo Jeziorowe. Warszawa : PWRiL, 1971. 404 p.
2. Steffens W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans // Aquaculture. 1997. Vol. 151. P. 97—119. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01493-7.
3. Конопельський Р. М. Вирощування рибопосадкового матеріалу лина (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758) за різних технологій культивування // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : VI Міжнар. наук.-практ. конф., 9–10 жовт. 2024 р. : матер. Київ : ПРО ФОРМАТ, 2024. С. 153—155.
4. Effects of different culture systems on growth, immune status and other physiological parameters of tench (*Tinca tinca*) / Pula H. J. et al. // Aquaculture. 2018. Vol. 485. P. 101—110.
5. Does overfeeding affect tench *Tinca tinca* (L.) juveniles? / Kamler E. et al. // Aquacult. Int. 2006. Vol. 14. P. 99—111.
6. Effects of different diets on juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions / Wolnicki J. et al. // Aquacult. Int. 2006. Vol. 14. P. 89—98.
7. Artificial Spawning of Common Tench (*Tinca Tinca* L.) Collected from Wild Populations / Kucharczyk Dariusz et al. // Polish Journal of Natural Science. 2007. Vol. 22. P. 107—115. https://doi.

ture International, 14, 89-98. https://doi.org/10.1007/s10499-005-9017-y.

7. Kucharczyk, Dariusz, Kujawa, Roman, Mamcarz, Andrzej, Targońska, Katarzyna, Krejszeff, Sławomir, & Wyszomirska, Elżbieta. (2007). Artificial spawning of common tench (*Tinca Tinca* L.) collected from wild populations. *Polish Journal of Natural Science, 22,* 107-115. https://doi.org/10.2478/v10020-007-0011-x.
8. Geldhauser, F. (1995). Some aspects of embryonic and larval development of tench (*Tinca tinca* (L.). *Polskie archiwum hydrobiologii, 42,* 87-95.
9. Celada, Jesus Aguilera, Amelia, Carral, Jose, Sáez-Royuela, María, Melendre, & Pedro Pérez, Jose. (2007). Effects of stocking density on survival and growth of juvenile tench (*Tinca tinca* L.). *Aquaculture International, 15,* 461-465. https://doi.org/10.1007/s10499-007-9111-4.
10. Vinatea, Luis, Malpartida, Jesús, Ricard Carbó, Karl B., Andree, Enric, Gisbert, & Alicia, Estévez. (2018). A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). *Aquaculture, 482,* 155-161. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.041.
11. Giardina, B., Antonini, E., & Brunori, M. (1973). Hemoglobin in fishes: Structural and functional properties of trout hemoglobins. *Netherlands Journal of Sea Research, 7,* 339-344. https://doi.org/10.1016/0077-7579(73)90056-2.
12. Souza, P. C., & Bonilla-Rodriguez, G. O. (2007). Fish hemoglobins. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 40,* 769-778. https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000600004.
13. Ainsworth, A. J. (1992). Fish granulocytes: morphology, distribution, org/10.2478/v10020-007-0011-x.
8. Geldhauser F. Some aspects of embryonic and larval development of tench (*Tinca tinca* (L.)) // Pol. Arch. Hydrobiol. 1995. Vol. 42. P. 87—95.
9. Effects of stocking density on survival and growth of juvenile tench (*Tinca tinca* L.) / Celada J. D. et al. // Aquacult. Int. 2007. Vol. 15. P. 461—465.
10. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae) / Vinatea Luis et al. // Aquaculture. 2018. Vol. 482. P. 155—161. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.041.
11. Giardina B., Antonini E., Brunori M. Hemoglobin in fishes: Structural and functional properties of trout hemoglobins // Netherlands Journal of Sea Research. 1973. Vol. 7. P. 339—344. https://doi.org/10.1016/0077-7579(73)90056-2.
12. Souza P. C. de, Bonilla-Rodriguez G. O. Fish hemoglobins // Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2007. Vol. 40(6). P. 769—778. https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000600004.
13. Ainsworth A. J. Fish granulocytes: morphology, distribution, and function // Annu Rev Fish Dis. 1992. Vol. 2. P. 123—148. https://doi.org/10.1016/0959-8030(92)90060-B.
14. Ortiz M., Esteban M. Á. Biology and functions of fish thrombocytes: A review // Fish & Shellfish Immunology. 2024. Vol. 148. 109509. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109509.
15. Hematological methods in fish – Not only for beginners / Witeska M. et al. // Aquaculture. 2022. Vol. 547, 30 January. 737498. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737498.
16. Hematological profile of red drum *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus, 1766) under

and function. *Annual Review of Fish Diseases, 2,* 123-148. https://doi.org/10.1016/0959-8030(92)90060-B.

14. Ortiz, M., & Esteban, M. Á. (2024). Biology and functions of fish thrombocytes: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, *148,* 109509. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109509.
15. Witeska, Małgorzata, Kondera, Elżbieta, Ługowska, Katarzyna, & Bojarski, Bartosz. (2022). Hematological methods in fish – Not only for beginners. *Aquaculture, 547.* https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737498.
16. Do Huu, Quyet, Dung Pham, Na, Nguyen, Dung, Mai, Hương, & Nguyễn, Vuong Tuong. (2025). Hematological profile of red drum *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus, 1766) under natural and commercial feed nutritional conditions. *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 77,* 91-103. https://doi.org/10.46989/001c.129224.
17. Shalak, M. V., & Goncharik, Yu. M. (2017). Vliyanie preparata «iodinol» na biokhimicheskie pokazateli krovi linya (*Tinca tinca*). *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina, 3,* 18-22.
18. Kurinenko, H. A., & Konopelskyi, R. M. (2025). Vplyv shchilnosti posadky na rybnytsko-biolohichni pokaznyky dvolitok lyna za vyroshchuvannia v umovakh retsyrkuliatsiinykh system. *Tavriiskyi naukovyi visnyk, 142,* 300–307.
19. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72,* 248-254.
20. Dubinina, Ye. Ye., Salnikova, L. A., & Yefimova, L. F. (1983). Aktivnost i izofermentnii spektr superoksiddismutazi eritrotsitov i plazmi krovi cheloveka. *Laboratornoe delo, 10,* 30-33.
21. Korolyuk, M. A., Ivanova, L. I., & Maiorova, I. G. (1988). Metod opredeleniya aktivnosti katalazi. *Laboratornoe* natural and commercial feed nutritional conditions / Huu Quyet D. et al. // Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh. 2025. Vol. 77(1). P. 91—103. https://doi.org/10.46989/001c.129224.
17. Шалак М. В., Гончарик Ю. М. Влияние препарата «йодинол» на биохимические показатели крови линя (*Tinca tinca*) // Животноводство и ветеринарная медицина. 2017. № 3. С. 18—22.
18. Куріненко Г. А., Конопельський Р. М. Вплив щільності посадки на рибницько-біологічні показники дволіток лина за вирощування в умовах рециркуляційних систем // Таврійський науковий вісник. 2025. Вип. 142, т. 2. С. 300—307.
19. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248—254.
20. Дубинина Е. Е., Сальникова Л. А., Ефимова Л. Ф. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека // Лабораторное дело. 1983. № 10. С. 30—33.
21. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16—19.
22. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Современные методы в биохимии / ред. Орехович В. Н. Москва : Медицина, 1977. С. 63—64.
23. Коробейникова Е. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой // Лабораторное дело. 1989. № 7. С. 8—9.
24. Омельковець Я. Порівняльно-морфологічне дослідження еритроцитів форелі струмкової, лина та сома зви-

delo, 1, 16-19.
22. Stalnaya, I. D. (1977). Metod opredeleniya dienovoi konyugatsii nenasishchennikh visshikh zhirnikh kislot. *Sovremennie metodi v biokhimii.* Moskva: Meditsina.
23. Korobeinikova, Ye. N. (1989). Modifikatsiya opredeleniya produktov perekisnogo okisleniya lipidov v reaktsii s tiobarbiturovoi kislotoi. *Laboratornoe delo, 7,* 8-9.
24. Omelkovets, Ya. (2016). Porivnialno-morfolohichne doslidzhennia erytrotsytiv foreli strumkovoi, lyna ta soma zvychainoho. *Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky II, Zoolohiia, 12,* 64-71.
25. Martines-Alvarez, R. M., Morales, A. E., & Sanz, A. (2005). Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries, 15,* 75-88.

чайного // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки РОЗДІЛ ІІ. Зоологія. 2016. № 12. С. 64—71.
25. Martines-Alvarez R. M., Morales A. E., Sanz A. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors // Rev. Fish Biol. Fish. 2005. Vol. 15, № 1. P. 75—88.