

## FEEDS AND FEEDING / КОРМИ ТА ГОДІВЛЯ

Ribogospod. nauka Ukr., 2025; 4(74): 254-271  
DOI: <https://doi.org/10.61976/fsu2025.04.254>  
UDC [639.3.043.13:636.087.74]:639.371.52

Received: 03.10.2025  
Received in revised form: 06.11.2025  
Accepted: 29.11.2025

### PROSPECTS FOR THE USE OF SUNFLOWER CONCENTRATE AS A SOURCE OF PROTEIN IN CARP FEEDS

**O. Deren**, [derenj@ukr.net](mailto:derenj@ukr.net), ORCID ID  
0000-0002-8246-9456, Institute of  
Fisheries of the National Academy of  
Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv

**Purpose.** Determination of prospects, technological aspects, and effectiveness of introducing sunflower concentrate into carp feeds according to productive and individual biochemical parameters characterizing the functional state of the fish body.

**Methodology.** The object of the study was age-1+ carps with an average initial weight of 19.3 g. Aquariums with a volume of 80 dm<sup>3</sup> were used to ensure optimal identical physicochemical parameters of the aquatic environment. The carps were fed twice a day for 20 days. A control group and four experimental groups were formed. The control group was fed a compound feed of a specific composition. Sunflower concentrate was added to the diet of the experimental groups to completely or partially replace the following components in the feed: 100% fish meal (Experiment 1), 50% fish meal (Experiment 2), 100% soybean meal (Experiment 3), 100% sunflower meal (Experiment 4). Based on the results of the studies, the fish productive parameters and the activity of antioxidant and digestive enzymes in the control and experimental groups were analyzed using generally accepted methods.

**Findings.** Studies have shown a significant effect of experimental feeding on the functional parameters of fish.

In all experimental groups, an increase in the activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase and catalase), as well as lipid peroxidation products (diene conjugates and TBA products), was recorded. A significant increase in

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯШНИКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ЯК ДЖЕРЕЛА БІЛКА У СКЛАДІ КОРМІВ ДЛЯ КОРОПА

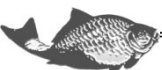
**О. В. Дерень**, [derenj@ukr.net](mailto:derenj@ukr.net), ORCID ID  
0000-0002-8246-9456, Інститут рибного  
господарства Національної академії  
аграрних наук України, м. Київ

**Мета.** Визначення перспектив, технологічних аспектів та ефективності введення соняшникового концентрату до складу кормів для коропа, відповідно до продуктивних та окремих біохімічних показників, що характеризують функціональний стан організму.

**Методика.** Об'єктом дослідження були дволітки коропа, середня початкова маса яких складала 19,3 г. Використано акваріуми об'ємом 80 дм<sup>3</sup> із забезпеченням оптимальних ідентичних фізико-хімічних параметрів водного середовища. Годівлю коропа проводили двічі на день впродовж 20 днів. Сформовано контрольну і 4 дослідні групи. Контрольній групі згодовували комбікорм визначеного складу. До раціону коропів дослідних груп вводили соняшковий концентрат для повного чи часткового заміщення у складі корму наступних компонентів: 100% рибного борошна (Дослід 1), 50% рибного борошна (Дослід 2), 100% соєвої макухи (Дослід 3), 100% соняшникового шроту (Дослід 4). За результатами досліджень проаналізовано рибогосподарські показники, активність антиоксидантних та травних ферментів контрольної та дослідних груп із використанням загальноприйнятих методів.

**Результати.** Встановлено значний вплив експериментальної годівлі на функціональні показники організму риб.

В усіх дослідних групах зафіксовано підвищення активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутази та ка-



the activity of intestinal tissue enzymes (alkaline phosphatase and gamma-glutamyl transpeptidase,  $\alpha$ -amylase, alanine aminotransferase) was also observed. This indicates an intensification of digestive and metabolic processes, as well as the activation of mechanisms of adaptation to oxidative stress.

The highest weight gain rates were in Experiments 3 and 4 – 11.6% and 23.5%, respectively. In Experiment 2, the weight gain was 5.2% higher than the Control, and in Experiment 1 – 11.6% lower.

According to productivity parameters, the use of sunflower concentrate to replace soybean meal or sunflower meal in carp feed is promising. It is necessary to study in more detail the prolonged effect of experimental feeding on the activity of the digestive and antioxidant systems of the body, as well as to establish economic efficiency in production conditions.

**Originality.** New data have been obtained on the methods and amount of sunflower concentrate used in carp feeding as a high-protein feed component.

**Practical Value.** The study aims to solve the urgent problem of the shortage of affordable and highly nutritious feed components for fish. The practical application of the results obtained provides an opportunity to optimize the use of local raw materials, thereby reducing dependence on limited sources of protein and imports of raw materials for the production of carp feeds.

**Keywords:** carp, sunflower concentrate, non-traditional feed components, local raw material resources, productivity parameters, functional state of the body.

талази), а також продуктів перекисного окиснення ліпідів (дієнових кон'югатів і та ТБК-продуктів). Також спостерігалось значне зростання активності ферментів тканин кишечника (лужної фосфатази та гамма-глутамілтранспептидази,  $\alpha$ -амілази, аланінамінотрансферази). Це свідчить про посилення травних і метаболічних процесів, а також активацію механізмів адаптації до окисного стресу.

Показники приросту маси були найвищими у Дослідах 3 і 4 — на 11,6 та 23,5% відповідно. У досліді 2 відносний приріст маси був на 5,2% вищим, ніж показник Контролю, а у Досліді 1 — нижчим на 11,6%.

Відповідно до продуктивних показників, перспективним є використання соняшникового концентрату для заміни соєвої макухи або соняшникового шроту у складі кормів для коропа. Доцільно детальніше дослідити пролонгований вплив експериментальної годівлі на активність травної та антиоксидантної систем організму, а також встановити економічну ефективність у виробничих умовах.

**Наукова новизна.** Отримано нові дані щодо способів та кількості використання в годівлі коропа соняшникового концентрату як високобілкового кормового компонента.

**Практична значущість.** Дослідження спрямовано на розв'язання актуальної проблеми дефіциту доступних і високопоживних кормових компонентів кормів для риб. Практичне використання отриманих результатів передбачає можливість оптимізувати використання місцевих сировинних ресурсів, тим самим зменшити залежність від лімітованих джерел білка та імпорту сировини для виробництва кормів для коропа.

**Ключові слова:** короп, соняшниковий концентрат, нетрадиційні кормові компоненти, місцеві сировинні ресурси, продуктивні показники, функціональний стан організму.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The current state of global aquaculture is characterized by increasing production scale and dynamic development, which leads to a growing demand for feed components with a high level of nutritional

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний стан світової аквакультури характеризується нарощуванням масштабів виробництва продукції та динамічним розвитком, що зумовлює зростання попиту на кормові компоненти із високим рівнем поживності



value and digestibility. In this context, the key challenge is to provide aquaculture with high-quality artificial feeds [1, 2]. The main component of high-protein feeds is fishmeal, but its resources are limited and its cost is high. Therefore, in recent decades, there has been a growing need to find alternative sources of protein for feed production [3].

The main object of fish farming in Ukraine is carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). The current conditions for carp culture in Ukraine are characterized by a combination of technological, economic and environmental challenges, in particular, the instability of economic conditions, fluctuations in prices for feed resources and their availability, as well as changes in the physical and chemical parameters of the aquatic environment. It is known that balanced feeding of fish can not only ensure optimal growth intensity and increase the efficiency of nutrient absorption but also support the physiological and biochemical state of the body under different growing conditions [4]. Therefore, to achieve the needed conditions, especially under conditions of intensification of production, it is necessary to provide the industry with functional artificial feeds in accordance with the biological needs of the fish body [5]. The optimal protein content in carp feeds is significantly lower than that required for salmonids or sturgeons, but this parameter is important as is the balanced amino acid composition of the feed and the level of digestibility of feed components [4].

In Ukraine, the volumes of fishmeal production are insignificant while the high cost of soybean pomace and seed meals is the reason for their replacement with cheaper feed resources. Since these components are the main source of protein in artificial fish feeds, feed production is limited by these factors, which leads to

та перетравності. У даному контексті ключовим викликом є забезпечення аквакультури якісними штучними кормами [1, 2]. Основним компонентом високобілкових кормів є рибне борошно, проте його ресурси обмежені, а вартість висока. Тому в останні десятиліття виникла і зростає потреба пошуку альтернативних джерел білка для кормовиробництва [3].

Головним об'єктом риборозведення в Україні є короп (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Сучасні умови вирощування коропа в Україні характеризуються поєднанням технологічних, економічних та екологічних викликів, зокрема нестабільністю господарських умов, коливанням цін на кормові ресурси та їх доступністю, а також змінами фізико-хімічних параметрів водного середовища. Відомо, що збалансована годівля риб здатна не лише забезпечити оптимальну інтенсивність росту та підвищити ефективність засвоєння поживних речовин, а й підтримати фізіолого-біохімічний стан організму за різних умов вирощування [4]. Тому для досягнення необхідних кондицій, особливо за умов інтенсифікації виробництва, необхідно забезпечити галузь функціональними штучними кормами відповідно до біологічних потреб організму риб [5]. Оптимальний вміст протеїну у кормах для коропа значно нижчий, порівняно із таким для лососевих чи осетрових видів риб, проте даний показник є важливим, як і збалансований амінокислотний склад корму та рівень перетравності кормових компонентів [4].

В Україні обсяги виробництва рибного борошна є незначними, а висока вартість соєвої макухи і шротів є причиною їх заміни на дешевші кормові ресурси. Оскільки зазначені компоненти є основним джерелом білка у складі штучних кормів для риб, то кормовиробництво лімітоване даними чинни-



dependence on the global aquafeed market [5, 6].

The search for alternative sources of protein for fish feed will solve the problem of the shortage of affordable and highly nutritious feed components, which will positively affect the productive and economic indicators of fish production. This problem is relevant both in the global context and for the current conditions of aquaculture in Ukraine.

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

In accordance with the above, partial or complete replacement of fishmeal and soy in carp feeds with alternative feed components is promising. An effective way to solve this problem is to introduce plant protein sources into the feed composition.

In Ukraine, one of the most important oilseed crops occupying a significant share of the sown area is sunflower. It is characterized by a high crude protein content and a complete amino acid composition as well as a lower price compared to soybeans [7]. The limiting factor for the use of traditional sunflower processing products in fish feeding is the rather high fiber content and the presence of anti-nutrients, which can negatively affect the digestibility of the feed [8]. However, modern methods of processing feed components of plant origin [9] outline the prospects for using sunflower for partial or complete replacement not only of soybeans but also of animal protein sources in feeds.

In this context, sunflower concentrate is promising, the digestibility of which is close to that of soybeans as a result of the use of modern technological methods of processing raw materials (mechanical,

що призводить до залежності від глобального ринку аквакормів [5, 6].

Пошук альтернативних джерел білка для рибних кормів дозволить розв'язати проблему дефіциту доступних і високопоживних кормових компонентів, що позитивно вплине на рибогосподарські та економічні показники виробництва рибної продукції. Дана проблема є актуальною як у глобальному контексті, так і для сучасних умов аквакультури України.

### **ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ**

Відповідно до зазначеного вище, перспективною є часткова або повна заміна рибного борошна і сої в кормах для коропа альтернативними кормовими компонентами. Ефективним способом вирішення даного завдання є введення до складу кормів джерел рослинного білка.

В Україні однією із найважливіших олійних культур, що займає значну частку посівних площ, є соняшник. Він характеризується високим вмістом сирого протеїну та повноцінним амінокислотним складом, а також нижчою ціною у порівнянні із соєю [7]. Лімітуючим чинником використання традиційних продуктів переробки соняшника в годівлі риб є досить високий вміст клітковини та наявність антипоживних речовин, що може негативно впливати на перетравність кормів [8]. Проте сучасні способи переробки кормових компонентів рослинного походження [9] окреслюють перспективи використання соняшника для часткової чи повної заміни не лише сої, а й джерел тваринного білка у складі кормів.

У даному контексті перспективним є соняшниковий концентрат, перетравність якого наближена до сої в результаті використання сучасних техноло-



chemical, biochemical, or complex). Sunflower concentrate is characterized by high protein content (44–48%), low fat content (up to 1.5%) and almost complete absence of anti-nutrients, compared to traditional feed components – sunflower pomace and seed meal. Accordingly, the digestibility of the protein contained in the concentrate reaches 80% [10].

As a result of studies of the effectiveness of complete or partial replacement for traditional feed components of fish feeds with sunflower concentrate, it was found that it can be an alternative to soybean. It is important that when completely replacing traditional sources of plant and animal protein, it is necessary to adjust the amino acid composition and balance the content of mineral elements in the feed [10].

Therefore, the prospects for using sunflower concentrate in carp feeding lie in expanding the component base of artificial feeds, rational use of local feed resources, and ensuring the efficiency of fish cultivation in modern conditions.

Analyzing the results of studies on the topic, it was found that the effect of sunflower concentrate in carp feed on the functional state of the body, namely: the antioxidant defense system and the activity of digestive tract enzymes, remains unstudied. These parameters are important and indicative for analyzing the adaptation of the fish body to experimental feeding.

The purpose of the work is to determine the prospects, technological aspects and effectiveness of introducing sunflower concentrate into the composition of carp feeds, in accordance with productive and individual biochemical parameters characterizing the functional state of the body.

Analysis of the results obtained will allow a comprehensive assessment of the impact of sunflower concentrate on the

гічних способів обробки сировини (механічного, хімічного, біохімічного чи комплексного). Соняшниковий концентрат характеризується високим вмістом протеїну (44–48%), низьким вмістом жиру (до 1,5%) та майже повною відсутністю антипоживних речовин, порівняно із традиційними кормовими компонентами — соняшниковим шротом та макухою. Відповідно, перетравність протеїну, що міститься у концентраті, сягає 80% [10].

У результаті досліджень ефективності повної чи часткової заміни традиційних кормових компонентів рибних кормів на соняшниковий концентрат встановлено, що він може бути альтернативою сої. Важливо, що при повній заміні традиційних джерел рослинного та тваринного білка необхідно корегувати амінокислотний склад та балансувати вміст мінеральних елементів у кормі [10].

Отже, перспективи використання соняшникового концентрату в годівлі коропа полягають у розширенні компонентної бази штучних кормів, раціональному використанні локальних кормових ресурсів та забезпеченні ефективності вирощування коропа у сучасних умовах.

Аналізуючи результати досліджень за темою, встановили, що залишається невивченим вплив соняшникового концентрату у складі кормів для коропа на функціональний стан організму, а саме — систему антиоксидантного захисту та активність ферментів травного тракту. Дані показники є важливими і показовими для аналізу адаптації організму риб до експериментальної годівлі.

Мета роботи полягає у визначенні перспектив, технологічних аспектів та ефективності введення соняшникового концентрату до складу кормів для коропа, відповідно до продуктивних та окремих біохімічних показників, що



carp body and determine the optimal methods of its introduction into the diet.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in 2024 at the laboratory complex of the Institute of Fisheries of the NAAS, Kyiv. The object of the study were age-1+ carps. A control and four experimental groups were formed, each containing 15 fish, which were kept in 80 dm<sup>3</sup> aquariums. The conditions for keeping fish were identical in all groups, with optimal physical and chemical parameters of the aquatic environment ensured through thermoregulation, water exchange and aeration. The aquariums had a single source of water supply and autonomous water supply and water exchange. During the study, the water temperature was 22°C and the average dissolved oxygen content was 6.3 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. The adaptation period, during which fish of all groups received the same diet, lasted 14 days. At the end of the adaptation period, the average initial weight of fish in the groups was within 18.5–21.2 g. Experimental feeding lasted 20 days. The feed was produced by wet granulation and fed twice a day at the rate of 3% of the fish weight. The control group of fish was fed with an artificial feed without the experimental additive in its composition (Table 1).

Carps of the experimental groups were fed with the sunflower concentrate (“Gurman”, AGRO-V, protein content 45%, fat 1%), in particular: Experiment 1 – to replace 100% of fish meal, Experiment 2 – to replace 50% of fish meal, Experiment 3 – to replace 100% of soybean pomace, Experiment 4 – to replace 100% of sunflower seed meal.

Upon completion of the experiment, in-

характеризують функціональний стан організму.

Аналіз отриманих результатів дозволить комплексно оцінити вплив соняшникового концентрату на організм коропа та визначити оптимальні способи його введення до раціону.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено у 2024 р. в умовах лабораторного комплексу Інституту рибного господарства НААН, м. Київ. Об'єктом дослідження були дволітки коропа. Сформовано контрольну і 4 дослідні групи у кількості 15 особин риб кожна, яких утримували у акваріумах об'ємом 80 дм<sup>3</sup>. Умови утримання риб були ідентичними в усіх групах, при цьому забезпечено оптимальні фізико-хімічні параметри водного середовища шляхом терморегуляції, водообміну і аерації. Акваріуми мали єдине джерело водопостачання та автономну водоподачу і водообмін, впродовж дослідження температура води складала 22°C, середнє значення вмісту розчиненого у воді кисню — 6,3 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Адаптаційний період, впродовж якого риби усіх груп отримували однаковий раціон, тривав 14 діб. Після завершення адаптаційного періоду середня початкова маса риб у групах перебувала в межах 18,5–21,2 г. Експериментальна годівля тривала 20 діб. Корм виготовляли способом вологого гранулювання і згодовували двічі на день із розрахунку 3% від маси риб. Контрольній групі риб згодовували штучний корм без експериментальної добавки у складі (табл. 1).

Коропам дослідних груп до складу раціону вводили соняшниковий концентрат («Гурман», «АГРО-В», вміст протеїну — 45%, жиру — 1%), зокрема: Дослід 1 — для заміщення 100% рибного борошна, Дослід 2 — для заміщення 50% рибного борошна, Дослід 3 — на заміщення 100% соєвої макухи, Дослід



PROSPECTS FOR THE USE OF SUNFLOWER CONCENTRATE  
AS A SOURCE OF PROTEIN IN CARP FEEDS

Table 1. Composition of experimental feeds, %

Feed components	Control	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
Fish meal	15	—	7.5	15	15
Sunflower concentrate	—	15	7.5	15	20
Bran	8	8	8	8	8
Wheat	20	20	20	20	20
Soybean pomace	15	15	15	—	15
Sunflower seed meal	20	20	20	20	—
Yeast	20	20	20	20	20
Feed chalk	1	1	1	1	1
Premix	1	1	1	1	1
Protein content	33	33	33	34	34
Fat content	4.0	2.3	3.1	2.9	4.0

dividual parameters of the functional state of the body in the control and experimental groups were analyzed.

According to the generally accepted methods in ichthyological research, the analysis of following morphometric parameters was carried out: L – total length; l – standard length, H – greatest body height; O – body girth. Measurements were taken using a measuring tape. According to the measurements, body composition indices were calculated: body length to height ratio (L/H) and body girth to length ratio (O/l) [11]. The fish weight (W, g) was determined by weighing on a scale with an accuracy of 0.1 g. The condition factor (CF) was determined according to Fulton.

Relative weight gain (RWG) was calculated using the formula [12]:

$$RG = ((Wf - Wi) / Wi) \times 100,$$

where  $Wi$  – initial average fish weight;  
 $Wf$  – final average fish weight.

To determine the activity of enzymes, the medial section of the intestine after the first loop was used, a fragment of which was prepared and frozen in liquid nitrogen at  $-195^{\circ}\text{C}$  and subsequently stored at  $-80^{\circ}\text{C}$ . After thawing, the tissue was homogenized in a buffer solution, centrifuged for 15 min at a speed of  $3000 \times G$ , and enzyme activity was determined in the supernatant. Alkaline phosphatase

4 — на заміщення 100% соняшникового шроту.

Після завершення експерименту проаналізовано окремі показники функціонального стану організму контрольної та дослідних груп.

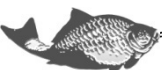
За загальноприйнятими в іхтіологічних дослідженнях методиками проводили аналіз морфометричних показників: L — загальна довжина; l — мала довжина, H — висота тіла найбільша; O — обхват тіла. Проміри здійснювали за допомогою мірної стрічки. Відповідно до промірів, вираховували індекси будови тіла — високоспинності (L/H) та компактності (O/l) [11]. Визначали масу риб (P, г) зважуванням на вагах з точністю до 0,1 г. Коефіцієнт вгодованості (Кв) визначали за Фультоном.

Відносний приріст (ВП) розраховували за формулою [12]:

$$ВП = ((P_k - P_n) / P_n) \times 100,$$

де  $P_n$  — початкова середня маса риб;  
 $P_k$  — кінцева середня маса риб.

Для визначення активності ферментів використовували медіальну ділянку кишечника після першої петлі, фрагмент якої відпрепарували і заморожували в рідкому азоті при  $-195^{\circ}\text{C}$  і у подальшому зберігали при  $-80^{\circ}\text{C}$ . Після розмороження тканину гомогенізували в буферному розчині, центрифугували



(AP) activity was determined by reaction with phenylphosphate [13]. Alanine aminotransferase (ALT) activity was determined by the Reitman-Frenkel method using the color reaction of the hydrolysis product with 2,4-dinitrophenylhydrazine [14]. The determination of  $\alpha$ -amylase activity was calculated by the intensity of the colored pyruvic acid hydrazone [15]. The activity of gamma-glutamyl transpeptidase (GGTP) was determined by reaction with L-gamma-glutamyl-p-nitroaniline using ready-made kits from the company "Reagent" [16]. All calculations were made per unit of protein in the reaction mixture, which was determined by the Lowry method [17].

The study of the activity of the antioxidant defense system (ADS) of the body was carried out in the carp hepatopancreas, as this is the key organ of detoxification of the body, which allows obtaining significant changes [18]. The activities of superoxide dismutase (SOD) [19] and catalase [20], the concentration of diene conjugates [21] and thiobarbituric acid (TBA products) were determined using standard methods [22]. Protein content was determined by the Bradford method [23].

Statistical processing of the results was carried out by the method of variational statistics using Microsoft Excel [24].

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

As noted, fish with approximate initial weights were used to form the experimental groups (Table 2).

Upon completion of the study, trends in changes in the size and weight of age-1+ carps were established. Body composition indices did not differ significantly within

протягом 15 хв зі швидкістю  $3000 \times G$ , в супернатанті визначали активність ферментів. Активність лужної фосфатази (ЛФ) визначали за реакцією з фенілфосфатом [13]. Активність аланінамінотрансферази (АлАТ) визначали за методом Райтмана — Френкеля із застосуванням кольорової реакції продукту гідролізу з 2,4-динітрофенілгідразином [14]. Визначення активності  $\alpha$ -амілази розраховували за інтенсивністю забарвленого гідразону пірвіноградної кислоти [15]. Активність гамма-глутамілтрансептидази (ГГТП) визначали за реакцією з L-гамма-глутаміл-п-нітроаніліном з використанням готових наборів фірми «Реагент» [16]. Усі перерахунки здійснювали на одиницю білка в реакційній суміші, яку визначали за методом Лоурі [17].

Дослідження активності системи антиоксидантного захисту (САЗ) організму проводили у гепатопанкреасі коропів, адже це ключовий орган детоксикації організму, що дозволяє отримати показові зміни [18]. Загальноприйнятими методами визначали активність супероксиддисмутази (СОД) [19] та каталази [20], концентрацію дієнових кон'югатів [21] та тіобарбітуратової кислоти (ТБК-продуктів) [22]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорда [23].

Статистичну обробку результатів проводили методом варіаційної статистики за використання програми «Microsoft Excel» [24].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як було зазначено, для формування експериментальних груп використовували риб із наближеною початковою масою (табл. 2).

Після завершення дослідження встановлено тенденції зміни розмірно-вагових показників дволіток коро-



Table 2. Morphometric parameters and body structure indices of age-1+ carps fed with experimental feeds ( $M \pm m$ ,  $n=15$ )

Parameters	Control	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
Wi, g	21.2	20.3	18.6	19.0	18.5
Wf, g	22.5 $\pm$ 3.14	21.4 $\pm$ 5.64	19.8 $\pm$ 4.51	20.3 $\pm$ 2.03	19.9 $\pm$ 2.92
L, cm	12.16 $\pm$ 0.41	11.26 $\pm$ 0.84	11.70 $\pm$ 1.75	11.10 $\pm$ 0.38	10.72 $\pm$ 0.56
l, cm	9.41 $\pm$ 0.60	9.08 $\pm$ 0.67	8.72 $\pm$ 0.60	8.94 $\pm$ 0.34	8.54 $\pm$ 0.46
H, cm	3.73 $\pm$ 0.11	3.46 $\pm$ 0.36	3.12 $\pm$ 0.23	3.33 $\pm$ 0.13	3.14 $\pm$ 0.12
O, cm	8.64 $\pm$ 0.21	8.00 $\pm$ 0.65	7.44 $\pm$ 0.57	7.64 $\pm$ 0.28	7.26 $\pm$ 0.33
l/H	2.64 $\pm$ 0.04	2.66 $\pm$ 0.09	2.80 $\pm$ 0.04	2.69 $\pm$ 0.05	2.71 $\pm$ 0.06
O/l, %	88.04 $\pm$ 2.37	87.99 $\pm$ 1.35	85.14 $\pm$ 1.19	85.61 $\pm$ 1.48	85.23 $\pm$ 2.21
CF	2.62 $\pm$ 0.16	2.97 $\pm$ 0.10	2.70 $\pm$ 0.15	2.76 $\pm$ 0.14	2.61 $\pm$ 0.08
RWG, %	6.13	5.42	6.45	6.84	7.57

the experimental groups. The body length to height (l/H) was higher in all experimental groups compared to the control group, with the highest index in Experiment 2 – 2.80 versus 2.64 in the Control group. The body girth to length ratio (O/l) was highest in Experiment 1 and was 87.99% versus 88.04% in Control. The CF differed slightly between groups (2.61–2.97).

According to the study results, the RWG of age-1+ carps in the control group was 6.13%. In Experiment 1, in the 100% absence of fish meal, the RWG was the lowest and was 5.42%, respectively. In other experimental variants, the RWG was higher than the Control: in Experiment 2 – by 5.2%, in Experiment 3 – by 11.6%, in Experiment 4 – by 23.5%.

According to the productive parameters of age-1+ carps, the introduction of sunflower concentrate into their feed showed that it was optimal for the complete replacement of soybean pomace (Experiment 3) and sunflower seed meal (Experiment 4). It is also effective to use it to partially replace fishmeal in the feed (Experiment 2).

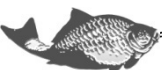
Digestibility and absorption of feed nutrients directly depends on anabolic and catabolic metabolism. Therefore, to assess the effect of experimental feeds on the functional state of the digestive system, the activity of digestive hydrolases ( $\alpha$ -am-

па. Індекси будови тіла не значно відрізнялись у межах експериментальних груп. Індекс високоспинності (l/H) був вищим у всіх дослідних групах щодо контрольної із найвищим показником у Досліді 2 — 2,80 проти 2,64 у Контролі. Індекс компактності риб (O/l) був найвищим у Досліді 1 і склав 87,99% проти 88,04% у Контролі. Показник Кв незначно відрізнявся між групами (2,61–2,97).

За результатами досліджень, показник ВП дволіток контрольної групи склав 6,13%. У Досліді 1, за 100% відсутності рибної муки, ВП був найменшим і, відповідно, складав 5,42%. В інших дослідних варіантах ВП був вищим порівняно з Контролем: у Досліді 2 — на 5,2%, у Досліді 3 — на 11,6%, у Досліді 4 — на 23,5%.

Відповідно до продуктивних показників дволіток коропа в результаті введення до складу корму соняшникового концентрату, встановлено, що оптимальним було його введення для повного заміщення соєвої макухи (Дослід 3) та соняшникового шроту (Дослід 4). Також ефективним є його використання для часткового заміщення рибного борошна у складі корму (Дослід 2).

Перетравність і засвоєння поживних речовин корму безпосередньо залежать від анаболічного та катаболічного ме-



ylase) and transferases (LP, ALT, GGTP) was investigated. It is known that the former are responsible for the digestion of carbohydrates, the latter for the activation of the transport processes of dephosphorylation and transamination [25].

As a result of the studies, pronounced changes in the activity of intestinal tissue enzymes were found compared to the control group (Table 3).

$\alpha$ -Amylase activity was highest in Experiments 1 and 2, exceeding the control group value by 13 and 12 times ( $P < 0.001$ ), respectively. In Experiment 3, an increase in  $\alpha$ -amylase activity was recorded – 3.6 times ( $P < 0.05$ ), while replacing sunflower pomace with its concentrate (Experiment 4) caused minimal changes.

The increase in amylase activity in the experimental groups corresponds to the activation of carbohydrate breakdown [25]. The activity of  $\alpha$ -amylase when replacing the animal protein source in the feed composition (Experiment 1 and 2) was significantly different from the results of replacing the vegetable protein (Experiment 3 and 4). Therefore, it can be assumed that the activity of this enzyme corresponded to the introduction of a vegetable protein source into the feed composition.

LF activity increased in all experimental groups. The maximum value was

таболізму. Тому з метою оцінки впливу експериментальних кормів на функціональний стан травної системи досліджували активність травних гідролаз ( $\alpha$ -амілази) та трансфераз (ЛФ, АлАТ, ГГТП). Відомо, що перші відповідають за перетравлення вуглеводів, другі — за активацію транспортних процесів дефосфорилювання та трансамінування [25].

У результаті досліджень встановлено виражені зміни активності ферментів тканин кишечника щодо контрольної групи (табл. 3).

Активність  $\alpha$ -амілази була найвищою у Дослідах 1 та 2, що переважало значення контрольної групи у 13 та 12 разів ( $P < 0,001$ ) відповідно. У Досліді 3 зафіксовано підвищення активності  $\alpha$ -амілази у 3,6 раза ( $P < 0,05$ ), тоді як заміна соняшникового шроту на його концентрат (Дослід 4) спричинила мінімальні зміни.

Підвищення активності амілази у дослідних групах відповідає активації розщеплення вуглеводів [25]. Активність  $\alpha$ -амілази при заміщенні джерела тваринного білка у складі корму (Дослід 1 та 2) значно відрізнялась від результатів заміни рослинного білка (Дослід 3 та 4). Тому можна вважати, що активність даного ферменту відповіда-

**Table 3. Enzyme activity in the intestinal tissues of age-1+ carp under the influence of sunflower concentrate ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Experimental group	Alkaline phosphatase, $\mu\text{mol}$ phenylphosphate/s $\times$ mg protein	$\alpha$ -amylase, g starch/s $\times$ mg protein	Alanine aminotransferase, mmol sodium pyruvate/s $\times$ mg protein	Gamma-glutamyl-transpeptidase mmol p-nitroanilide/s $\times$ mg protein
Control	0.860 $\pm$ 0.090	0.019 $\pm$ 0.003	25.058 $\pm$ 1.529	2.247 $\pm$ 0.265
Experiment 1	1.230 $\pm$ 0.413	0.249 $\pm$ 0.035***	60.455 $\pm$ 11.732*	8.443 $\pm$ 0.994***
Experiment 2	1.405 $\pm$ 0.222	0.230 $\pm$ 0.027***	93.171 $\pm$ 14.581**	5.492 $\pm$ 0.416***
Experiment 3	1.333 $\pm$ 0.083**	0.068 $\pm$ 0.017*	35.222 $\pm$ 5.745	2.889 $\pm$ 0.219
Experiment 4	1.171 $\pm$ 0.194	0.023 $\pm$ 0.003	34.422 $\pm$ 6.370	3.838 $\pm$ 0.481*

**Notes.** Differences are significant compared to the control group: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ .



recorded in Experiment 2 – 38.8% higher than Control. In Experiment 1, this parameter was higher by 30.1%, in Experiment 3 by 35.5% ( $P < 0.01$ ), and in Experiment 4 by 26.6%.

ALT activity was significantly higher in two groups compared to the Control: in Experiment 1 by 2.4 times ( $P < 0.05$ ), in Experiment 2 by 3.7 times ( $P < 0.01$ ). In Experiments 3 and 4, there was a trend towards an increase in this parameter by 40.6 and 37.5%, respectively.

GGTP activity was higher in all experimental groups of fish. Accordingly, by 3.8 times in Experiment 1 ( $P < 0.001$ ), by 2.4 times in Experiment 2 ( $P < 0.001$ ), by 28.6% in Experiment 3 and by 70.8% in Experiment 4 ( $P < 0.05$ ).

Thus, the activity of LF, ALT, and GGTP increased significantly in Experiments 1 and 2, while the changes were less pronounced in Experiments 3 and 4. The change in transferase activity in the experimental groups may indicate an increase in the functional activity of the intestine and an adaptive response of the digestive tract to the experimental composition of the diet. However, their significant change may also reflect the fish compensatory reactions to stress factors [26, 27].

Therefore, according to the results obtained, it is advisable to investigate the adaptive characteristics of the carp body to experimental feeding in accordance with the antioxidant status of the body to determine the level of oxidative stress.

As a result of the studies, a significant increase in the activity of antioxidant enzymes was found against the background of an increase in the content of lipid peroxidation products in all experimental groups relative to the control values (Table 4).

In the hepatopancreas of carp of all experimental groups, a significant increase in SOD activity was found, by 1.6-2.9 times ( $P < 0.05-0.001$ ) compared to the Control. The highest value was in Experiment 3,

ла введенню до складу корму джерела рослинного білка.

Активність ЛФ підвищувалась в усіх дослідних групах. Максимальне значення зафіксовано у Досліді 2 — на 38,8% вище порівняно з Контролем. У Досліді 1 даний показник був вищим на 30,1%, у Досліді 3 — на 35,5% ( $P < 0,01$ ) та Досліді 4 — на 26,6%.

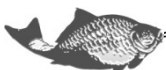
Достовірно вищою щодо Контролю була активність АлАТ у двох групах: у Досліді 1 — в 2,4 раза ( $P < 0,05$ ), у Досліді 2 — в 3,7 раза ( $P < 0,01$ ). У Дослідах 3 та 4 спостерігалась тенденція до зростання даного показника на 40,6 та 37,5% відповідно.

Активність ГГТП була вищою в усіх дослідних групах риб: відповідно, у Досліді 1 — у 3,8 раза ( $P < 0,001$ ), у Досліді 2 — у 2,4 раза ( $P < 0,001$ ), у Досліді 3 — на 28,6%, у Досліді 4 — на 70,8% ( $P < 0,05$ ).

Таким чином, у Дослідах 1 та 2 активність ЛФ, АлАТ та ГГТП значно зросла, а у Дослідах 3 та 4 зміни були менш вираженими. Зміна активності трансфераз у дослідних групах може свідчити про посилення функціональної активності кишечника та адаптивну реакцію травного тракту до експериментального складу раціону. Проте суттєва їхня зміна також може відображати компенсаторні реакції організму на стресові чинники [26, 27].

Тому, відповідно до отриманих результатів, доцільно дослідити адаптаційні характеристики організму коропа до експериментальної годівлі відповідно до антиоксидантного статусу організму для визначення рівня оксидативного стресу.

У результаті досліджень встановлено значне зростання активності антиоксидантних ферментів на фоні збільшення вмісту продуктів ПОЛ у всіх дослідних групах щодо показників Контролю (табл. 4).



*Table 4. Activity of antioxidant enzymes and content of lipid peroxidation products in hepatopancreas of age-1+ carps fed with experimental feeds (M±m, n=5)*

Experimental group	Superoxide dismutase, U/min × mg protein	Catalase enzyme activity, $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min} \times \text{mg protein}$	Diene conjugates, nmol/mg protein	TBA-active products, nmol/mg protein
Control	4.06±0.040	4.06±1.110	0.60±0.107	0.81±0.098
Experiment 1	6.84±0.862*	23.82±9.046	0.87±0.044*	0.98±0.084
Experiment 2	6.57±0.393***	44.92±5.124***	1.20±0.167*	1.35±0.173*
Experiment 3	11.86±0.843***	35.37±6.165**	1.13±0.118*	1.45±0.144**
Experiment 4	9.49±0.455***	39.9±7.035**	1.00±0.119*	1.26±0.080**

less pronounced in Experiments 1 and 2.

Catalase activity also increased in all experimental groups. In Experiment 1, it increased 5.9 times compared to the Control, 11.1 times in Experiment 2 ( $P<0.001$ ), 8.7 times in Experiment 3 ( $P<0.01$ ), 9.8 times in Experiment 4 ( $P<0.01$ ).

The content of primary lipid peroxidation products, diene conjugates, significantly increased ( $P<0.05$ ) in experimental groups 1–4: by 31.0; 50.0; 46.9 and 40.0%, respectively.

The concentration of TBA products was higher relative to the Control by 17.4% in Experiment 1, by 40.0% in Experiment 2 ( $P<0.05$ ), by 44.1% in Experiment 3 ( $P<0.01$ ), by 35.7% in Experiment 4 ( $P<0.01$ ).

Increased SOD activity indicates increased antioxidant defense of the body, while significantly expressed catalase activity confirms the body's adaptive response to stress factors. At the same time, the accumulation of secondary metabolites of POL (TBA products) may occur as a result of the activation of oxidative processes. This indicates an increase in the processes of free radical oxidation of lipids and the adaptive response of the body's immune system [28].

У гепатопанкреасі коропів усіх дослідних груп встановлено достовірне підвищення активності СОД — в 1,6–2,9 раза ( $P<0,05$ – $0,001$ ) відносно Контролю. Найвищим значення було у Досліді 3, менш вираженим — у Дослідах 1 та 2.

Активність каталази також зросла в усіх дослідних групах. У Досліді 1 показник підвищився у 5,9 раза щодо Контролю, у Досліді 2 — в 11,1 раза ( $P<0,001$ ), у Досліді 3 — у 8,7 раза ( $P<0,01$ ), у Досліді 4 — у 9,8 раза ( $P<0,01$ ).

Вміст первинних продуктів ПОЛ, дієнових кон'югантів, вірогідно зріс ( $P<0,05$ ) в дослідних групах 1–4: на 31,0; 50,0; 46,9 та 40,0% відповідно.

Концентрація ТБК-продуктів була вищою відносно показника Контролю у Досліді 1 на 17,4%, у Досліді 2 — на 40,0% ( $P<0,05$ ), у Досліді 3 — на 44,1% ( $P<0,01$ ), у Досліді 4 — на 35,7% ( $P<0,01$ ).

Підвищення активності СОД свідчить про посилення антиоксидантного захисту організму, а значно виражена активність каталази підтверджує адаптивну реакцію організму до стресових чинників. Разом з цим, накопичення вторинних метаболітів ПОЛ (ТБК-продуктів) може відбуватись у результаті активації окисних процесів. Це свідчить про зростання процесів вільнорадикального окиснення ліпідів та адаптивну відповідь САЗ організму [28].



## CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The study was conducted to outline the prospects for introducing sunflower concentrate into carp feeds to fully or partially replace fish meal, soybean pomace and sunflower seed meal.

It was found that with the complete replacement of soybean pomace and sunflower seed meal with sunflower concentrate, the relative weight gain of age-1+ carps was 11.6 and 23.5% higher, respectively, compared to the control group. With 50% replacement of fish meal with sunflower concentrate, it was higher by 5.2%, and in the absence of fish meal in the feed, the weight gain was lower by 11.6%.

After 20 days of feeding with experimental feeds, a significant increase in the enzymatic activity of the intestinal tissues of carps of all experimental groups was established, which indicates an increase in the digestive processes and an increase in the intensity of metabolic reactions. A significant increase in the activity of intestinal tissue enzymes (LP and GGTP,  $\alpha$ -amylase, ALT) was observed. The most pronounced changes were recorded in the absence of fish meal in the feed and a 50% reduction in its share in the diet.

In the hepatopancreas of carp of all experimental groups, an increase in the activity of SAD enzymes was found compared to that in the control group. The highest increase in SOD (2.9 times) was recorded when replacing soybean pomace with sunflower concentrate, and catalase – 11.1 times – with 50% replacement of fish meal. The content of LPO products also increased in all experimental variants: diene conjugates by 31–50%, and TBA products by 17.4–44.1%, and the highest values were in these same groups. The trend may indicate the activation of free radical processes in fish tissues and a compensatory increase in the activity of the enzyme

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Дослідження проведено з метою окреслення перспектив введення соняшникового концентрату до складу кормів для коропа для повного чи часткового заміщення рибного борошна, соєвої макухи та соняшникового шроту.

Встановлено, що за повного заміщення соєвої макухи та соняшникового шроту на соняшниковий концентрат відносний приріст дволіток коропа був відповідно на 11,6 та 23,5% вищим у порівнянні із контрольною групою. За 50% заміни рибного борошна на соняшниковий концентрат даний показник був вищим на 5,2%, а за відсутності рибного борошна у кормі — нижчим на 11,6%.

Після 20 днів годівлі експериментальними кормами встановлено суттєве зростання ферментативної активності тканин кишечника коропа усіх дослідних груп, що свідчить про посилення процесів травлення та підвищення інтенсивності обмінних реакцій. Спостерігалось значне зростання активності ферментів тканин кишечника (ЛФ та ГГТП,  $\alpha$ -амілази, АлАТ). Найвираженіші зміни зафіксовано за відсутності рибного борошна у кормі та 50% зниження його частки у складі раціону.

У гепатопанкреасі коропів усіх дослідних груп встановлено підвищення активності ферментів САЗ щодо показників контрольної групи. Найбільше зростання СОД (у 2,9 раза) зафіксовано за заміщення соєвої макухи на соняшниковий концентрат, а каталази — в 11,1 раза — за 50% заміни рибного борошна. Вміст продуктів ПОЛ також зростає у всіх дослідних варіантах: дієнових кон'югантів — на 31–50%, ТБК-продуктів — на 17,4–44,1%, а найвищими дані показники були у цих же групах. Тенденція може свідчити про активацію вільнорадикальних процесів у тканинах



link of the ADS of the body to ensure the maintenance of the oxidative-antioxidant balance.

In general, the obtained weight gain results indicate that sunflower concentrate can be considered as a source of vegetable protein in carp feeds. However, along with positive productive indicators, the study results established an active adaptive and compensatory reaction of the fish body to experimental feeding. To comprehensively analyze the impact of the studied feed component on the growth and condition of the carp body, it is advisable to conduct tests in production conditions with balancing the amino acid composition and energy nutritional value of the feed. This will also allow assessing the economic feasibility of using sunflower concentrate in carp feeds.

Determining the norms and methods of introducing sunflower concentrate into carp feed is a promising solution for using local feed raw materials as an alternative source of protein to reduce dependence on expensive imported components as well as develop domestic feed production for the needs of Ukrainian aquaculture.

### CONFLICT OF INTEREST

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

### SOURCES OF FUNDING

The results obtained are part of the scientific research program of the NAAS for 2021–2025: 32. “System of comprehensive scientific support for fisheries in inland waters of Ukraine” (“Aquaculture and fishery”) under the task 32.00.00.22.P

риб та про компенсаторне підвищення активності ферментної ланки САЗ організму для забезпечення підтримання окисно-антиоксидантної рівноваги.

Загалом, отримані результати приросту маси свідчать про те, що соняшниковий концентрат можна розглядати як джерело рослинного білка у складі кормів для коропа. Однак, поряд із позитивними продуктивними показниками, результатами досліджень встановлено активну адаптивну і компенсаторну реакцію організму риб на експериментальну годівлю. З метою комплексного аналізу впливу досліджуваного кормового компонента на ріст та стан організму коропа доцільно провести випробування у виробничих умовах із балансуванням амінокислотного складу та енергетичної поживності кормів. Це також дасть змогу оцінити з економічної точки зору доцільність використання соняшникового концентрату в кормах для коропа.

Визначення норм і способів введення соняшникового концентрату до складу кормів для коропа є перспективним рішенням використання місцевої кормової сировини як альтернативного джерела білка з метою зниження залежності від високовартісних імпортованих компонентів, а також розвитку власного кормовиробництва для потреб аквакультури України.

### КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів авторів відсутній.

### ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Отримані результати є складовою програми наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр.: 32. «Система комплексного наукового забезпечення рибного господарства на внутрішніх водоймах України» («Рибництво та ри-



“Development of methods for improving the component base of artificial feeds for carp using proteins of plant origin” (state registration number 0124U002397).

бальство») за завданням 32.00.00.22.П «Розроблення методів удосконалення компонентної бази штучних кормів для коропа за використання білків рослинного походження» (№ держреєстрації 0124U002397).

## REFERENCES

1. Tacon A. G. J. (2020). Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Rev. Fish. Sci. Aquacult.*, 28, 43–56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>.
2. Ruby P., Ahilan B., Cheryl Antony, & Selvaraj S. (2022). Recent Trends in Aquaculture Technologies. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 37, 1–4, 29–36. <https://doi.org/10.32381/JAT.2022.37.1-4.2>.
3. FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture – Blue Transformation in action. Rome. *openknowledge.fao.org*. Retrieved from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/53a2c5a2-f531-480c-96c0-706a43480571/content>.
4. Hrytsyniak, I. I. (2007). *Naukovo-praktychni osnovy ratsionalnoi hodivli ryb*. Kyiv: Rybka moia.
5. Tarasiuk, S. I., Dvoretzkyi, A. I., Deren, O. V., & Zaiarko, O. I. (2015). *Biologichni osnovy hodivli ryb*. Dnipro: Adverta.
6. Prodovolchi systemy Ukrainy: povoienne vidnovlennia ta zabezpechennia staloho rozvytku: Mizhnar. nauk.-prakt. forum: mater. (2024). Kharkiv: Derzh. biotekhnologichnyi un-t. *btu.kharkov.ua*. Retrieved from: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>.
7. Chekhova, I. V. (2021). Sotsialno-ekonomichne znachennia produktsii oliinykh kultur. *Naukovo-tekhnichnyi biuletен Instytutu oliinykh kultur NAAN*, 30, 146–157. <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-30-15>.
8. Serra, Valentina, Grazia, Pastorelli, Dori-

## ЛІТЕРАТУРА

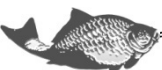
1. Tacon A. G. J. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017 // *Rev. Fish. Sci. Aquacult.* 2020. Vol. 28. P. 43—56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>.
2. Recent Trends in Aquaculture Technologies / Ruby P. et al. // *Journal of Aquaculture in the Tropics*. 2022. Vol. 37. № 1–4. P. 29—36. <https://doi.org/10.32381/JAT.2022.37.1-4.2>.
3. The State of World Fisheries and Aquaculture – Blue Transformation in action. Rome : FAO, 2024. 264 p. URL : <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/53a2c5a2-f531-480c-96c0-706a43480571/content> (accessed : 24.11.2025).
4. Грициняк І. І. Науково-практичні основи раціональної годівлі риб. Київ : Рибка моя, 2007. 306 с.
5. Біологічні основи годівлі риб / Тарасюк С. І. та ін. Дніпро : Адверта, 2015. 180 с.
6. Продовольчі системи України: повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку : Міжнар. наук.-практ. форум : матер. Харків : Держ. біотехнологічний ун-т, 2024. 147 с. URL : <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/> (дата звернення : 24.11.2025).
7. Чехова І. В. Соціально-економічне значення продукції олійних культур // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. № 30. С. 146—157. <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-30-15>.
8. Alternative protein sources in aquafeed: Current scenario and future perspec-



- ana, Eurosia Angela, Tedesco, Laurretta Turin, & Alessandro Guerrini (2024). Alternative protein sources in aquafeed: Current scenario and future perspectives. *Veterinary and Animal Science*, 25, 100381 <https://doi.org/10.1016/j.vas.2024.100381>.
9. Fotini Kokou, & Eleni Fountoulaki (2018). Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. *Aquaculture*, 495, 295–310. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.003>.
  10. Enrique Martínez-Force, Nurhan Turgut Dunford, & Joaquín J. Salas. (Eds.). (2015). *Sunflower. Chemistry, production, processing and utilization*. Urbana: AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00069-7>.
  11. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Ленинград, 1939. 246 с.
  12. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ : Вища освіта, 2005. 351 с.
  13. ТУ У 24.4-13433137-047-2003. Інструкція до набору реактивів для визначення активності лужної фосфатази за реакцією з фенілфосфатом (по кінцевій точці) «Лужна фосфатаза». ДВ 047 від 30.06.2016 р.
  14. ТУ У 24.4-13433137-047-2003. Інструкція до набору реактивів для визначення активності аланінамінотрансферази методом Райтмана-Френкеля «АЛАТ». ДВ047 від 30.06.2016 р.
  15. ТУ У 24.4-13433137-050:2006. Інструкція до набору реактивів для визначення активності  $\alpha$ -амілази (діастази) амілоклстичним методом Каравея «альфа-амілаза». ДВ050 від 31.03.2016 р.
  16. ТУ У 24.4-13433137-047-2003. Інструкція до набору реактивів для визначення активності гамма-глутамілтрансептидази за реакцією з L-гамма-глутаміл-п-нітроаніліном (розрахунок за калібрувальним графіком, методика – кінцева точка) («ГГТП-калібровка»). ДВ 047 від 30.06.2016 р.



- hrafikom, metodyka – kinceva tochka / «GGTP-kalibrovka» (2016). *TU U 24.4-13433137-047-2003*. DV 047 vid 30.06.2016.
17. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*, 193 (1), 265-275.
  18. Hrubynko, V. V., & Leus, Yu. V. (2001). Perekysnoe okyslenye lypydov y antyoksydantnaia zashchyta u ryb (obzor). *Hydrobyolohycheskyi zhurnal*, 37 (1), 64-78.
  19. Dubinina, E. E., Sal'nikova, L. A., & Efimova, L. F. (1983). Aktivnost' i izofermentnyj spektr superoksidismutazy jericitocitov i plazmy krovi cheloveka. *Laboratornoe delo*, 10, 30-33.
  20. Koroljuk, M. A., Ivanova, L. I., & Majorova, I. G. (1988). Metod opredelenija aktivnosti katalazy. *Laboratornoe delo*, 1, 16-19.
  21. Metod opredelenija dienovoj kon'jugacii nenasyshhenyh vysshih zhirnih kislot. (1977). *Sovremennye metody v biohimii*, 63-64.
  22. Korobejnikova, E. N. (1989). Modifikacija opredelenija produktov perekisnogo okislenija lipidov v reakcii s tiobarbiturovoj kislotoj. *Laboratornoe delo*, 7, 8-9.
  23. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*, 72, 248-254.
  24. Kaminskyi, V. F., & Buslaieva, N. H. (2011). *Osnovy prykladnoho matematychnoho analizu v silskohospodarskykh doslidzhenniakh*. Metodychni rekomendatsii. Kyiv.
  25. Ballantyne, J. S. (2001). Amino acid metabolism. *Fish physiology*, 20, 77-107. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(01\)20004-1](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(01)20004-1).
  26. Gowda, S., Desai, P. B., Hull, V. V., Math, A. A. K., Vernekar, S. N., & 17. Protein measurement with the folin phenol reagent / Lowry O. H. et al. // *The Journal of Biological Chemistry*. 1951. Vol. 193. P. 265—275.
  18. Грубинко В. В., Леус Ю. В. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у рыб (обзор) // *Гидробиологический журнал*. 2001. Т. 37, № 1. С. 64—78.
  19. 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.
  20. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г. Метод определения активности каталазы // *Лабораторное дело*. 1988. № 1. С. 16—19.
  21. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // *Современные методы в биохимии*. Москва : Медицина, 1977. С. 63—64.
  22. Коробейникова Е. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиobarбитуровой кислотой // *Лабораторное дело*. 1989. № 7. С. 8—9.
  23. 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.
  24. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях : методичні рекомендації. Київ, 2011. 28 с.
  25. Ballantyne J. S. Amino acid metabolism // *Fish physiology*. 2001. Vol. 20. P. 77—107. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(01\)20004-1](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(01)20004-1).
  26. A review on laboratory liver function tests / Gowda S. et al. // *The Pan African Medical Journal*. 2009. Vol. 3. 17 p. <https://doi.org/10.11604/>



- Kulkarni, S. S. (2009). A review on laboratory liver function tests. *The Pan African Medical Journal*, 3, 17. <https://doi.org/10.11604/pamj.2009.3.17.125>.
27. Butt, R. L., & Volkoff, H. (2019). Gut microbiota and energy homeostasis in fish. *Frontiers in Endocrinology*, 10(9). <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00009>.
28. Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. Фізіологія риб : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2010. 315 с.
28. Dekhtiarov, P. A., Yevtushenko, M. Yu., & Sherman, I. M. (2010). *Fiziolohiia ryb: Pidruchnyk*. Kyiv: Ahrarna osvita. pamj.2009.3.17.125.

