

СЕЗОННІ ТА ПОРОДНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРОКСИДНИХ ПРОЦЕСІВ І АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ СИСТЕМИ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ У КОРОПОВИХ РИБ

О. П. Руденко, О. І. Віщур
olgarudenko86@ukr.net

Інститут біології тварин НААН,
вул. Василя Стуса, 38, м. Львів, Україна, 79034

У статті наведені дані про сезонні та видові особливості пероксидних процесів (ПОЛ) і активність ензимів системи антиоксидантного захисту (САЗ) у крові корошових риб.

Дослідження проведено на трьох групах риб дворічного віку. Коропи різного покриву та сазан вирощувалися в ставах за ідентичних умов. Риб вирощували за екстенсивною технологією з використанням зерносумішей у годівлі.

Матеріалом для дослідження слугувала кров, яку брали із серця риб у різні пори року: навесні (травень), влітку (серпень) і восени (жовтень) після проведення новокаїнового наркозу. Визначали вміст продуктів ПОЛ — гідропероксидів ліпідів, ТБК-активних продуктів, і активність ензимів — супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази.

Проведені дослідження показали, що вміст проміжних і кінцевих продуктів ПОЛ у плазмі крові лускатих та рамчастих корошов і сазана в осінній період значно більший ($P < 0,01-0,001$), а вміст гідропероксидів ліпідів у літній період досліджень — менший ($P < 0,001$), ніж у весняний. При цьому у крові досліджуваних видів риб в осінній період досліджень, порівняно з весняним, зафіксовано нижчу супероксиддисмутазну і глутатіонпероксидазну активності та вищу каталазну активність ($P < 0,01-0,001$), що свідчить про залежність інтенсивності пероксидних процесів в організмі риб від температурних факторів і активності ензимів САЗ.

В усі періоди досліджень у крові сазанів і рамчастих корошов, порівняно з лускатими, встановлено значно вищу глутатіонпероксидазну і нижчу каталазну активність ($P < 0,05-0,001$). Водночас зафіксовано вищу ($P < 0,05$) супероксиддисмутазну активність у крові рамчастих корошов порівняно з лускатими у весняний період і нижчу ($P < 0,01$) — у сазанів в осінній період досліджень.

Отже, отримані дані дають підставу вважати, що процеси ПОЛ і стан ензимної ланки антиоксидантної системи в організмі досліджуваних ставових риб характеризуються видовими особливостями та залежать від дії сезонних чинників.

Ключові слова: КОРОП ЛУСКАТИЙ, КОРОП РАМЧАСТИЙ, САЗАН, КРОВ, АНТИОКСИДАНТНІ ФЕРМЕНТИ, КАТАЛАЗА, СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗА, ГЛУТАТІОНПЕРОКСИДАЗА, ПЕРОКСИДНЕ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ

SEASONAL AND SPECIES FEATURES OF PEROXIDATION AND ACTIVITY OF ANTIOXIDANT DEFENSE SYSTEM ENZYME IN CARPS

O. P. Rudenko, O. I. Vishchur
olgarudenko86@ukr.net

Institute of animal biology NAAS,
38 Vasyl Stus str., Lviv 79034, Ukraine

The study was conducted on three groups of fish at age of two year. Carps with different cover were hold in ponds at identical conditions. The fishes were grown on extensive technology with feeding mixtures of grains.

As the material for the study the blood taken from the heart of fish after novocaine anesthesia in different seasons: spring (May), summer (August) and autumn (October) was used. The content of lipid peroxidation products (hydroperoxides lipids, TBA-active products) and enzyme activity (superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase) were determined.

The research has shown that the content of intermediate and final products of lipid peroxidation in plasma of scaly carp and scaleless carp in the autumn was significantly greater ($P < 0.01-0.001$), and the content of

lipid hydroperoxides in summer was lower ($P < 0.001$) than in spring. Thus, the blood of the studied species in autumn research period, compared to spring, lower superoxide dismutase and glutathione peroxidase activity and higher catalase activity ($P < 0.01-0.001$) was observed, which indicates the dependence of intensity of peroxide processes in the fish organism on temperature factors and activity of antioxidant enzymes.

In all research periods in the blood of scaleless and common carp, compared to the scaly carp, a significantly higher glutathione peroxidase and lower catalase activity ($P < 0.05-0.001$) was set. Meanwhile a higher ($P < 0.05$) superoxide dismutase activity in the blood of scaleless carps compared to scaly in the spring and lower ($P < 0.01$) in common carp in the autumn research period was observed.

Thus, these data give reason to believe that the processes of lipid peroxidation and state-level of antioxidant enzymatic system in the organism of studied fish are characterized by specific features and depend on seasonal factors.

Keywords: SCALY CARP, SCALELESS CARP, BLOOD ANTIOXIDANT ENZYMES, CATALASE, SUPEROXIDE DISMUTASE, GLUTATHION PEROXIDASE, LIPID PEROXIDATION

СЕЗОННЫЕ И ПОРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОЦЕССОВ И АКТИВНОСТЬ ЭНЗИМОВ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У КАРПОВЫХ РЫБ

О. П. Руденко, О. И. Вищур
olgarudenko86@ukr.net

Институт биологии животных НААН,
ул. Василя Стуса, 38, г. Львов, 79034, Украина

В статье приведены данные о сезонных и видовых особенностях пероксидных процессов (ПОЛ) и активности ферментов системы антиоксидантной защиты (САЗ) в крови карповых рыб.

Исследование проведено на трех группах рыб двухлетнего возраста. Карпы различного покрова и сазан выращивались в прудах при идентичных условиях. Рыб выращивали по экстенсивной технологии с использованием в кормлении зерносмесей.

Материалом для исследования служила кровь, которую брали из сердца рыб в разное время года: весной (май), летом (август) и осенью (октябрь) после проведения новокаинового наркоза. Определяли содержание продуктов ПОЛ — гидропероксидов липидов, ТБК-активных продуктов, и активность энзимов — супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы. Проведенные исследования показали, что содержание промежуточных и конечных продуктов ПОЛ в плазме крови чешуйчатых, рамчатых карпов и сазана в осенний период значительно больше ($P < 0,01-0,001$), а содержание гидроперекисей липидов в летний период исследований — меньше ($P < 0,001$), чем в весенний. При этом в крови исследуемых видов рыб в осенний период исследований, по сравнению с весенним, зафиксировано более низкую супероксиддисмутазу и глутатионпероксидазу активности и высшую каталазную активность ($P < 0,01-0,001$), что свидетельствует о зависимости интенсивности пероксидных процессов в организме рыб от температурных факторов и активности энзимов САЗ. Во все периоды исследований в крови сазанов и рамчатых карпов, по сравнению с чешуйчатыми, установлено значительно высшую глутатионпероксидазную и более низкую каталазную активности ($P < 0,05-0,001$). В то же время зафиксировано более высокую ($P < 0,05$) супероксиддисмутазу активность в крови рамчатых карпов по сравнению с чешуйчатыми в весенний период и более низкую ($P < 0,01$) — в сазанов в осенний период исследований.

Таким образом, полученные данные дают основание считать, что процессы ПОЛ и состояние энзимного звена антиоксидантной системы в организме испытываемых прудовых рыб характеризуются видовыми особенностями и зависят от действия сезонных факторов.

Ключевые слова: КАРП ЧЕШУЙЧАТЫЙ, КАРП РАМЧАТЫЙ, САЗАН, КРОВЬ, АНТИОКСИДАНТНЫЕ ФЕРМЕНТЫ, КАТАЛАЗА, СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗА, ЛИПИДЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Інтенсивність росту риб і стійкість їх до захворювань генетично детерміновані та значною мірою залежать від дії сезонних чин-

ників, які суттєво впливають на обмін речовин в їхньому організмі [7, 4]. Впродовж річного циклу вирощування риба витримує значні зміни

температури навколишнього середовища і вмісту кисню у воді [7, 4, 15]. Це, своєю чергою, впливає на стан метаболізму в їхньому організмі. Зокрема, інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів і активність системи антиоксидантного захисту в риб зазнає змін упродовж року [4, 15].

Окрім цього, інтенсивність пероксидних процесів і стан САЗ в організмі риб значно змінюється залежно від їхніх видових біологічних особливостей, які зумовлені в основному умовами їх існування. На інтенсивність ПОЛ і стан САЗ в організмі риб впливають абіотичні (висока чи низька температура, гіпоксія чи гіпероксія, солоність води, гідростатичний тиск, міграція), біотичні (інфікування, інтоксикація продуктами метаболізму мікроорганізмів) та технологічні й екологічні (низька якість кормів, інтенсифікація рибництва та інтоксикація солями важких металів, фенолом, пестицидами) фактори [8].

Механізми пероксидного окиснення ліпідів і стан антиоксидантного захисту за екстремальних факторів досить добре вивчено у гомойотермних тварин і людини. У **пойкіло**-термних тварин вони вивчені значно менше. Оскільки більшість даних про механізми ПОЛ і САЗ одержано в дослідках на ссавцях, актуальним є порівняти їх з результатами, отриманими в дослідках на рибах. Відомо, що у тварин підвищення рівня поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) в раціоні призводить до посилення ПОЛ [1].

Вміст ПНЖК у ліпідах тканин риб більший, ніж у тканинах ссавців [12]. Внаслідок цього риби більш чутливі до ПОЛ і залежні від активності антиоксидантної системи в їхньому організмі. Окрім цього, у зимовий період збільшується вміст ПНЖК у фосфоліпідах клітинних мембран, що впливає на інтенсивність процесів ПОЛ [2, 5]. Разом з цим, на пероксидні процеси й активність антиоксидантної системи в організмі риб значно впливають сезонні зміни продукції мелатоніну [3].

Основними об'єктами ставового рибництва західного регіону України є затверджені у 1997 р. лускаті та рамчасті коропа любінського внутрішньопородного типу. У племінних господарствах також вирощується сазан,

який є однією з вихідних форм для створення коропів любінського типу та використовується для отримання коропо-сазанових гібридів [16]. Найбільш актуальними проблемами при вирощуванні коропів є необхідність підвищення їхньої адаптації до факторів середовища та всебічне вивчення біологічних особливостей [2].

Проте дані такого плану, наявні в літературі, фрагментарні, а повідомлень щодо динаміки пероксидних процесів і стану ензимної ланки САЗ у різних видів коропових риб упродовж річного циклу вирощування практично немає. Тому мета досліджень полягала у комплексному вивченні процесів ПОЛ й активності ензимів антиоксидантної системи в організмі любінського рамчастого та лускатого коропів і сазана у різні періоди їх вирощування.

Матеріали і методи

Дослідження проводили у Львівському відділенні Інституту рибного господарства НААН, смт Великий Любін, на трьох групах риб дворічного віку. Короп лускатий і рамчастий вирощувались суміжно в одному ставі, а сазан — окремо, у розміщеному поряд.

Риб дворічного віку вирощували за екстенсивною технологією з використанням у годівлі зерноsumішей. Гідрохімічний режим у ставках підтримувався в межах рибницьких нормативів внесенням у воду добрив відповідно до потреб. Особливий контроль здійснювали за лімітуючими чинниками, зокрема за вмістом Оксигену у воді, перманганатною окисненістю, значення яких не допускали <2,5 мг/л для Оксигену і >19,0 мг/л для окиснюваності. Розвиток кормових гідробіонтів стимулювали внесенням у воду перегною з розрахунку 2 т/га та створенням сприятливих гідробіологічних показників водойми.

Матеріалом для дослідження слугувала кров, яку брали із серця риб у різні пори року: навесні (травень), влітку (серпень) і восени (жовтень). Дослідження особин проводили після новокаїнового наркозу.

Як коагулянт використовували гепарин у розрахунку 25 МО на 1 мл крові. У зразках крові визначали активність ензимів — супероксиддисмутази (КФ 1.15.1.1.), каталази (КФ

1.11.1.6) та глутатіонпероксидази (КФ 1.11.1.9.) за використанням описаних методик [10, 11, 14] та вміст продуктів ПОЛ — гідроперекисів ліпідів [13] і ТБК-активних продуктів [9].

Одержані цифрові дані опрацьовано статистично з використанням програмного пакету *Microsoft Excel* для персональних комп'ютерів, за допомогою загальноприйнятих методів варіаційної статистики з визначенням середніх величин (M), їх квадратичної похибки (m) та вірогідності різниць, які встановлювали за t -критерієм Стьюдента.

Результати й обговорення

З наведених у таблиці даних бачимо, що інтенсивність пероксидних процесів й активність ензимної ланки САЗ у крові коропових риб значно змінюється впродовж року, що свідчить про залежність цих змін від виду риб і зміни температури води.

Зокрема, вміст проміжних і кінцевих продуктів ПОЛ у крові лускатих та рамчастих коропів і сазана в осінній період досліджень (жовтень) значно більший ($P < 0,01-0,001$), ніж у весняний (травень). При цьому необхідно зауважити, що вміст гідропероксидів ліпідів, які утворюються на проміжній стадії пероксидного окиснення ліпідів, у плазмі крові досліджуваних видів риб у літній період менший, ніж у весняний ($P < 0,001$) і, особливо, осінній періоди. Отримані дані свідчать про значне посилення пероксидних процесів в організмі риб в осінній період, що, очевидно, зумовлено температурними факторами та виявленим значним зниженням ($P < 0,01-0,001$) глутатіонпероксидазної і супероксиддисмутазної активностей у крові досліджуваних видів риб. Високий вміст ГПЛ і ТБК-активних продуктів у плазмі крові риб в осінній період також можна пояснити збільшенням кількості поліненасичених жирних кислот, які ініціюють пероксидне окиснення ліпідів у ліпідах клітинних мембран в умовах зниження температури навколишнього середовища [6].

Дослідження видових особливостей пероксидних процесів у риб показали (табл.), що вміст ТБК-активних продуктів у плазмі крові рамчастих коропів у весняний і осінній

періоди та гідропероксидів ліпідів в осінній період менший ($P < 0,01-0,001$), ніж у лускатих коропів. Водночас у плазмі крові сазанів, порівняно з лускатими коропами, виявлено вірогідно більший вміст ТБК-активних продуктів у весняний і гідропероксидів ліпідів — у літній періоди досліджень. Різниця у вмісті продуктів ПОЛ у досліджуваних видів риб може бути зумовлена вмістом ПНЖК у ліпідах тіла прісноводних риб і в ліпідах кормів, які вони споживають.

Активність ензимів антиоксидантної системи у крові досліджуваних видів коропів також значно змінювалася впродовж річного циклу вирощування, що зумовлено дією сезонних чинників. Так, як вже зазначалося, супероксиддисмутаза і глутатіонпероксидаза активності у крові рамчастого, лускатого коропа і сазана в осінній і літній періоди у 4–5 разів ($P < 0,01-0,001$) нижча, ніж у весняний. Ці дані свідчать про обернену залежність між змінами вмісту продуктів ПОЛ і супероксиддисмутазою та глутатіонпероксидазою активністю, ключових ензимів антиоксидантної системи у крові коропа і сазана впродовж річного циклу вирощування. Вищу супероксиддисмутазу та глутатіонпероксидазу активність у крові коропа і сазана у весняний період досліджень можна пояснити тим, що після зимової перетримки у риб настає період відносної гіпероксигенації, що приводить до адаптивного збільшення активності супероксиддисмутази і глутатіонпероксидази у крові [5].

Таким чином, можна констатувати, що виявлене нами збільшення вмісту продуктів ПОЛ у крові досліджуваних видів риб в осінній період зумовлене зниженням активності ключових ензимів антиоксидантної системи — СОД і ГПО. Причиною цього може бути зменшення субстратного забезпечення синтезу білків у печінці риб зі зниженням температури в цей період [17] і зменшення у гіпофізі продукції мелатоніну, який проявляє модулюючий вплив на синтез ензимів антиоксидантної системи у різних тварин [3].

На відміну від СОД і ГП, каталазна активність у плазмі крові досліджуваних ставових риб у літній і, особливо, осінній періоди значно вища, ніж у весняний ($P < 0,001$).

Результати цих досліджень свідчать про протилежні за напрямом зміни каталазної активності у літній і осінній період порівняно з весняним. Ці зміни можна пояснити тим, що за дії стресових факторів у ранній весняний період в організмі риб активуються вільнорадикальні

процеси, що призводять до генерації ендogenousного кисню, утворення якого каталізується каталазою і компенсує нестачу кисню в організмі риб за умов гіпоксії [18].

При аналізі особливостей ензимної ланки САЗ досліджуваних видів риб привер-

Таблиця

Вміст продуктів ПОЛ і активність ензимів САЗ у крові досліджуваних видів риб у різні пори року, M±m, n=4

Lipid peroxidation products content and enzyme activity in the blood of research fish species in different seasons, M±m, n=4

Показники Parameters	Періоди досліджень The research period		
	Весна Spring	Літо Summer	Осінь Autumn
<i>Любінський лускатий короп (контроль)</i> <i>Lyubin scaly carp (control)</i>			
ТБК-активні продукти, нмоль/мл (плазма крові) TBA-active products, Nmol/ml (blood plasma)	2,28±0,05	2,42±0,14	3,53±0,13 ^{ooo}
ГПЛ, од.Е/мл (плазма крові) HPL, od.E /ml (blood plasma)	1,24±0,02	0,62±0,01 ^{ooo}	1,74±0,11 ^{oo}
СОД, у.о./мг білка (еритроцити) SOD, cu/mg protein (erythrocytes)	3,37±0,18	1,35±0,09 ^{ooo}	0,88±0,04 ^{ooo}
ГП, мкмоль GSH/мг білка за 1 хв. (еритроцити) GP, mkmol GSH/mg protein for 1 min. (erythrocytes)	5,19±0,23	1,19±0,05 ^{ooo}	1,16±0,06 ^{ooo}
Каталаза, ммоль H ₂ O ₂ /мг білка за 1 хв. ×10 ⁻⁷ (сироватка) Catalase, mmol H ₂ O ₂ /mg of protein for 1 min. ×10 ⁻⁷ (serum)	1,45±0,05	5,50±0,12 ^{ooo}	6,48±0,17 ^{ooo}
<i>Рамчастий короп</i> <i>Scaleless carp</i>			
ТБК-активні продукти, нмоль/мл (плазма крові) TBA-active products, Nmol/ml (blood plasma)	1,60±0,13 ^{***}	2,19±0,07 ^{oo}	2,29±0,04 ^{***ooo}
ГПЛ, од.Е/мл (плазма крові) HPL, U.E/ml (blood plasma)	1,26±0,04	0,63±0,01 ^{ooo}	1,32±0,05 ^{**}
СОД, у.о./мг білка (еритроцити) SOD, cu/mg protein (erythrocytes)	4,28±0,22 [*]	1,14±0,11 ^{ooo}	0,97±0,03 ^{ooo}
ГП, мкмоль GSH/мг білка за 1 хв. (еритроцити) GP, mkmol GSH/mg protein for 1 min. (erythrocytes)	7,20±0,31 ^{***}	2,44±0,16 ^{***ooo}	1,44±0,04 ^{***ooo}
Каталаза, ммоль H ₂ O ₂ /мг білка за 1 хв. ×10 ⁻⁷ (сироватка) Catalase, mmol H ₂ O ₂ /mg of protein for 1 min. ×10 ⁻⁷ (serum)	0,82±0,03 ^{***}	4,12±0,06 ^{***ooo}	5,16±0,13 ^{***ooo}
<i>Сазан</i> <i>Common carp</i>			
ТБК-активні продукти, нмоль/мл (плазма крові) TBA-active products, Nmol/ml (blood plasma)	2,47±0,06 [*]	2,42±0,05	3,72±0,14 ^{ooo}
ГПЛ, од.Е/мл (плазма крові) HPL, U.E /ml (blood plasma)	1,24±0,02	0,87±0,02 ^{***ooo}	1,86±0,06 ^{ooo}
СОД, у.о./мг білка (еритроцити) SOD, cu/mg protein (erythrocytes)	3,21±0,18	1,57±0,16 ^{ooo}	0,65±0,04 ^{** ooo}
ГП, мкмоль GSH/мг білка за 1 хв. (еритроцити) GP, mkmol GSH/mg protein for 1 min. (erythrocytes)	6,73±0,23 ^{***}	1,37±0,05 ^{ooo}	1,31±0,04 ^{ooo}
Каталаза, ммоль H ₂ O ₂ /мг білка за 1 хв. ×10 ⁻⁷ (сироватка) Catalase, mmol H ₂ O ₂ / mg protein for 1 min. ×10 ⁻⁷ (serum)	1,25±0,03 ^{**}	4,14±0,13 ^{***ooo}	5,53±0,06 ^{*** ooo}

Примітка: у цій таблиці різниця вірогідна порівняно з лускатим коропом (* — P<0,05; ** — P<0,01; *** — P<0,001) та весняним періодом досліджень (° — P<0,05; °° — P<0,01; °°° — P<0,001).

Note: in this table the difference is significant compared to scaly carp (* — P<0.05; ** — P<0.01; *** — P<0.001) and to the spring research period (° — P<0.05; °° — P<0.01; °°° — P<0.001)

тає увагу значно вища глутатіонпероксидазна і нижча каталазна активності у крові сазанів і рамчастих коропів порівняно з лускатими у всі періоди досліджень ($P < 0,05 - 0,001$). При цьому спостерігали вищу ($P < 0,05$) супероксиддисмутазну активність у крові рамчастих коропів порівняно з лускатими у весняний період і нижчу ($P < 0,01$) — у сазанів в осінній період досліджень.

Отже, отримані дані дають підставу вважати, що процеси пероксидного окиснення ліпідів і стан ензимної ланки антиоксидантної системи в організмі досліджуваних ставових риб характеризуються видовими особливостями та залежать від дії сезонних чинників.

Висновки

Констатовано, що вміст проміжних і кінцевих продуктів ПОЛ у плазмі крові лускатих та рамчастих коропів і сазана в осінній період досліджень значно більший ($P < 0,01 - 0,001$), а вміст гідроперекисів ліпідів у літній період — менший ($P < 0,001$), ніж у весняний. При цьому у крові досліджуваних видів риб в осінній період досліджень, порівняно з весняним, зафіксовано нижчу супероксиддисмутазну і глутатіонпероксидазну активності та вищу каталазну активність ($P < 0,01 - 0,001$), що свідчить про залежність інтенсивності пероксидних процесів в організмі риб від температурних факторів і активності ензимів САЗ.

В усі періоди досліджень у крові сазанів і рамчастих коропів, порівняно з лускатими, встановлено значно вищу глутатіонпероксидазну і нижчу каталазну активності ($P < 0,05 - 0,001$). Водночас зафіксовано вищу ($P < 0,05$) супероксиддисмутазну активність у крові рамчастих коропів порівняно з лускатими у весняний період і нижчу ($P < 0,01$) — у сазанів в осінній період досліджень.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на вивчення активності антиоксидантної системи та продуктів ПОЛ за дії вітамінно-мінеральної добавки.

1. Afonin G. B. On free radical oxidation role of lymphocyte membranes in the development of immune deficiency and its correction with the alpha-

tocopherol. *Immunology*, 1990, no. 5, pp. 33–35. (in Ukrainian)

2. Archakov A. I. *Microsomal Oxidation*. Nauka, 1975, 327 p. (in Russian)

3. Baraboi V. A. Antioxidant and biological activity of melatonin. *Ukr. Biochem. J.*, 2000, vol. 72, no. 3, pp. 5–11. (in Ukrainian)

4. Baraboi V. A. Mechanisms of stress and lipid peroxidation. *Phys. Modern. Biol.*, 1991, vol. 111, no. 6, pp. 923–931. (in Ukrainian)

5. Danchuk V. V. *Peroxidation in farm animals and poultry*. Kamenets ABC, 2006, 192 p. (in Ukrainian)

6. Guderley H. Going with the flow in the fast lane: contrasting mitochondrial responses to thermal change. *J. Exp. Biol.*, 2002, vol. 205, pp. 2237–2249.

7. Grubinko V. V. Lipid peroxidation and antioxidant defence system in fish. *Hydrobiological Journal*, 2001, vol. 37, no. 1, pp. 64–78. (in Russian)

8. Grytsyniak I. I. Use of sprouted wheat in feeding two-year carp. *Fishery science*, 2008, no. 1, pp. 34–41. (in Ukrainian)

9. Korobeynikov E. N. Modification of the definition of LPO in the reaction with TBA. *Laboratory business*, 1989, no. 7, pp. 89–90.

10. Kostyuk V. A. Simple and Sensitive Method for determining the superoxide dismutase activity based on oxidation reactions of quartseryn. *Problems. Honey. Chemistries*, 1990, no. 2. pp. 88–91.

11. Koroliuk M. A., Ivanova L. I., Mayorov I. The method for determining the activity of catalase. *Laboratory work*, 1988, no. 1, pp. 16–18.

12. Lushchak V. I. Temperature increase results in oxidative stress in goldfish tissues. *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.*, 2006, vol. 143, no. 1, pp. 36–41.

13. Mironchik W. V. 1084681 USSR MKI G 01 number 33/48. A method for determining lipid hydroperoxide in biological tissues. No. 3468369. 28–13; appl. 08/07/82; publ. 04.07.84, Bul., no. 13, 4 p.

14. Moin V. M. Simple and specific method for determining the activity of glutathione peroxidase in erythrocytes. *Laboratory work*, 1986, no. 12, pp. 724–727. (in Russian)

15. Ronisz D. D., Larsson G. J., Förlin L. Seasonal variations in the activities of selected hepatic biotransformation and antioxidant enzymes in eelpout (*Zoarces viviparus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 1999, vol. 124, pp. 271–279.

16. Rudenko O. P., Vischur O. I., Kovalenko V. L. Specific features seasonal and non-specific resistance carp fish. *Veterinary Biotechnology*, 2016, no. 28, pp. 241–246. (in Ukrainian)

17. Tsap M. M., Rivis J. F. Nonetherified content of fatty acids in the liver by feeding carp and oils. *Fisheries science fusas Ukraine*, 2008, no. 2. pp. 61–65. (in Ukrainian)

18. Tymochko M. F. *Metabolic aspects of oxygen homeostasis in extreme conditions*. L., 1998, p. 141. (in Ukrainian)