

АКТИВНІСТЬ ТРАНСФЕРАЗ КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO L.*) ЗА ВИКОРИСТАННЯ СОРБЦІЙНОЇ ДОБАВКИ У СКЛАДІ КОРМУ, КОНТАМІНОВАНОГО МІКОТОКСИНАМИ

¹Дерень О. В. – к. с.-г. н., с. н. с.,

²Забитівський Ю. М. – к. б. н., с. н. с.,

³Добрянська О. П. – PhD,

³Кориляк М. З. – к. с.-г. н.

¹Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України,

²Інститут екології Карпат Національної академії аграрних наук України,

³Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства

Національної академії аграрних наук України,

derenj@ukr.net, yurafish@ukr.net

Досліджено перспективи зменшення негативного впливу мікотоксинів у складі кормів для коропа в результаті використання сорбційної добавки та з огляду на зміни активності трансфераз гепатопанкреасу та сироватки крові коропа.

У ході досліджень у лабораторних умовах змодельовано оптимальні аналогічні фізико-хімічні параметри середовища вирощування коропа. Сформовано 4 групи однорічок коропа середньою початковою масою 20,0 г, яких вирощували у акваріумах об'ємом 80 дм³ із розрахунку по 12 екз. у кожному. Коропам контрольної та усіх дослідних груп впродовж 25 діб згодовували комбікорм, у якому виявлено токсини афлатоксин В1, зеараленон та дезоксиніваленон. До раціону дослідних груп додатково вводили препарат «Мікосорб»® у кількості 0,05 (дослід 1), 0,075 (дослід 2) та 0,1 % (дослід 3). По завершенні експериментальної годівлі вивчали рівень активності трансфераз однорічок коропа.

Дослідженнями встановлено, що використання в якості основного раціону комбікорму з ознаками псування є стресовим чинником, який спричинив чітку тенденцію зміни активності ферментів в дослідних групах відносно контрольної. Загалом в дослідних групах відмічено інгібування активності лужної фосфатази у гепатопанкреасі та гамма-глутамілтранспептидази у сироватці крові та гепатопанкреасі, а також посилений синтез аланінамінотрансферази. Тобто, за введення досліджуваної сорбційної добавки до складу корму, відмічено адаптацію ферментів до пролонгованого впливу стрес-чинника.

В результаті проведених досліджень активності ферментів у сироватці крові та гепатопанкреасі однорічок коропа було встановлено, що додавання до основного раціону сорбційної добавки в кількості 0,05, 0,075 та 0,1 % від маси корму не викликає патології у функціонуванні ензимів.

Вперше вивчено вплив використання в годівлі коропа досліджуваної сорбційної добавки на активність трансфераз гепатопанкреасу за умов використання кормів з ознаками псування. На основі отриманих результатів окреслено ефективність використання досліджуваного сорбенту з метою інактивації впливу мікотоксинів на організм коропа.

Ключові слова: короп, корм, кормові добавки, мікотоксини, сорбент, трансферази.

Постановка проблеми. Одним із ключових технологічних аспектів інтенсифікації аквакультури є організація нормованої годівлі риб із використанням збалансованих за складом штучних кормів, які відповідають біологічним потребам організму риб [1]. Забезпечення високої якості кормів, що відповідають встановленим нормам безпечності, є базовою умовою досягнення оптимальних показників ефективності виробництва рибної продукції [2].

Серед чинників, що негативно впливають на показники якості та безпечності кормів особливо небезпечним є забруднення мікотоксинами, що перш за все виникає в результаті використання у складі корму контамінованих компонентів, а також неналежних умов виготовлення та зберігання кормів [3, 4].

Понаднормовий вміст мікотоксинів у комбікормах призводить до розвитку харчових токсикоінфекцій, які чинять негативний вплив на функціонування органів і систем організму, що призводить до зниження рибогосподарських показників та рентабельності виробництва, зростання захворюваності і рівня смертності риб [5, 6]. Також відбувається порушення гістологічної структури органів травлення, активності травних ензимів, згортання крові, показників неспецифічної резистентності організму риб тощо [7–10].

В умовах сьогодення контамінація кормів мікотоксинами має глобальне поширення, тому особливої актуальності набуває проблема пошуку дієвих превентивних заходів, а також способів зниження впливу на організм тварин [11, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання в годівлі риб штучних кормів низької якості створює особливі ризики високого вмісту у них мікотоксинів [8]. Також встановлено вищий ризик понаднормового рівня забруднення токсинами компонентів рослинного походження, особливо злакових (пшениця, ячмінь, овес, висівки) [13, 14]. Оскільки значну частку у складі кормів для коропа складають злакові кормові культури [1], то існує підвищена імовірність вмісту у них токсинів.

Також слід зауважити, що лабораторними дослідженнями у більшості випадків встановлюється присутність токсинів у кормах, проте у межах нормативних значень. При цьому слід враховувати сумарну дію токсинів на організм, адже часто значно токсичнішим, є вплив групи токсинів, ніж одного [4].

Для запобігання впливу мікотоксинів на організм у тваринництві та аквакультурі активно застосовуються спеціальні речовини й препарати із сорбційними властивостями. Основний механізм їхньої дії полягає у блокуванні абсорбції мікотоксинів у травному тракті при споживанні контамінованого корму, а також у стимуляції їхнього виведення з організму [15].

Крім цього, використання сорбентів у кормах сприяє зниженню накопичення токсинів у м'язовій тканині риб, що покращує споживчі характеристики та показники безпечності рибної продукції [16, 17].

До таких препаратів належить «Мікосорб»® (Alltech Inc.), створений на основі комплексу виділених із стінок клітин дріжджів етерифікованих глюкоманнанів. Має потужну здатність зв'язувати широкий спектр мікотоксинів і запобігати їхньому потраплянню до кровоносної системи через травний тракт [18].

Попередньо нами досліджено окремі аспекти ефективності застосування препарату «Мікосорб»® у складі кормів для коропа з ознаками псування. Встановлено покращення фізіологічного стану (приростів маси риб на 0,4–15,2 %) та опірності організму (зростання активності антиоксидантних ферментів із тенденцією до зниження вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів у м'язах коропів) в результаті експериментальної годівлі [19].

Таким чином, перспективним є використання досліджуваного препарату за інтенсивних технологій вирощування коропа, а також доцільним є поглиблене вивчення його впливу на організм, зокрема на активність метаболізму в органах трактового тракту, що забезпечується функціональною активністю трансфераз.

Постановка завдання. Пошук ефективних кормових добавок із сорбційними властивостями є актуальним для мінімізації ризиків, пов'язаних із негативним впливом мікотоксинів на організм риб, а також з метою забезпечення показників безпечності та якості рибної продукції для споживачів. Оскільки короп (*Cyprinus carpio* L.) є головним об'єктом аквакультури України, вивчення доцільності застосування досліджуваного сорбенту у складі корму з ознаками псування у перспективі дозволить оптимізувати продуктивні показники у широких масштабах виробництва.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведено у лабораторних умовах із забезпеченням оптимальних параметрів утримання коропів та дотриманням загальноприйнятих методик проведення експериментів у рибництві [20].

Сформовано 4 групи однорічок нивківського внутрішньопородного типу української лускатої породи коропа середньою початковою масою 20,0 г, яких вирощували у акваріумах об'ємом 80 дм³ із розрахунку по 12 екз. у кожному.

Адаптаційний період склав 14 діб, після чого розпочали експериментальну годівлю, яка тривала 25 діб. Добову потребу корму визначали відповідно до показників маси риб. При цьому забезпечували оптимальну температуру води у акваріумах на рівні 21–22 °С, а також контролювали основні хімічні показники та вміст у ній розчиненого кисню. Оптимальні

показники хімічного складу та кисневого режиму водного середовища забезпечено шляхом водобміну та аерування у акваріумах.

В годівлі використовували комбікорм рецепту ПКС111-2/2/4 із візуальними ознаками грибкового ураження, що виникли в результаті неналежних умов зберігання. До раціону дослідних груп додатково вводили препарат «Мікосорб»® у кількості 0,05 (дослід 1), 0,075 (дослід 2) та 0,1 % (дослід 3).

Перед початком експериментальної годівлі визначали ступінь контамінації мікроскопічними грибами кормів у зразку корму. В результаті було виявлено три групи токсинів у комбікормі: афлатоксин В1 – 0,0015 мг/кг (при максимально допустимому вмісту (МДВ) для повнораціонних та додаткових кормів – 0,01 мг/кг); зеараленон – 0,0625 мг/кг (при МДВ для кормових матеріалів, зернових та продуктів переробки зерна – 2 мг/кг); дезоксиніваленон – 3,36 мг/кг (при МДВ для комбікормів та кормосумішей – 5 мг/кг) [21]. Тобто, за сучасними вимогами щодо вмісту мікотоксинів у кормах досліджуваний зразок не перевищував показників МДВ.

По завершенні експериментальної годівлі вивчали рівень активності трансфераз одnorічок коропа. Для цього на холоді відбирали гепатопанкреас, а також сироватку крові із подальшим поміщенням у рідкий азот за температури мінус 196 °С. Одразу після розмороження відібрані зразки тканин гомогенізували в розчині Рінгера для холонокровних тварин (0,65 % – NaCl, 0,014 % – KCl, 0,02 % – NaHCO₃) та центрифугували. В супернатанті визначали активність ферментів.

Активність лужної фосфатази (ЛФ) визначали за реакцією з фенілфосфатом, в результаті якої утворюється фенол та фосфат. Фенол з 4-амінофеназоном у присутності Натрій періодиту утворює забарвлену сполуку, за інтенсивністю якої розраховують активність ферменту [22]. Активність аланінаміотрансферази (АЛАТ) визначали за методом Райтмана-Френкеля із застосуванням кольорової реакції продукту гідролізу з 2,4-динітрофенілгідразинном. Визначення активності ферменту розраховували за інтенсивністю забарвленого гідразону пірвовиноградної кислоти [23]. Активність ферменту гамма-глутамілтранспептидази (ГГТП) визначали кінетичними методами [24]. Загальний вміст білка визначали за методом Лоурі [25]. Перерахунок активності трансфераз здійснювали в перерахунок на 1 г білка.

Одержані цифрові дані опрацьовували методами варіаційної статистики, використовуючи стандартний пакет статистичних програм Microsoft Excel. Визначали середні арифметичні величини (М), середню квадратичну помилку (m) і вірогідність різниць (P) між досліджуваними середньоарифметичними величинами. Статистично вірогідну різницю отриманих показників оцінювали за t-критерієм Стьюдента [26].

Результати досліджень. З метою глибшого розуміння процесів дезамінування та дефосфорилювання, що відбуваються в гепатопанкресі і сироватці крові, а також для оцінки ступеня ураженості організму однорічок коропа у процесі токсичного впливу мікотоксинів досліджено активність ЛФ, АлАТ та ГГТП.

Дослідження активності ензимів у сироватці крові має велике діагностичне та прогностичне значення за різних патологічних станів структури паренхіматозних органів. Крім того, показники активності ензимів у сироватці крові відображають функціональний і морфологічний стани печінки.

Мембранний ензим ЛФ у плазмі крові однорічок коропа контрольної групи становив $0,07 \pm 0,011$ мкмоль фенілфосфату/с \times мг білка (таблиця 1). Вірогідне зниження активності цього ензиму на 42,9 % відносно контролю ($p < 0,05$) в досліді 1, свідчить про позитивний вплив сорбенту на мембрани гепатопанкреасу. В досліді 2, за згодовування «Мікосорбу» з розрахунку 0,075 %, є тенденція до зростання активності даного ензиму на 12,5 % відносно контролю, а в досліді 3, за згодовування «Мікосорбу» з розрахунку 0,1 %, – на 22,2 %. Це може вказувати на спрямованість метаболізму внутрішніх органів, зокрема, гепатопанкреасу на стабілізацію токсикологічних процесів, які в певній мірі спричинили порушення мембран окремих гепатоцитів.

Таблиця 1. Активність ензимів сироватки крові однорічок коропа за впливу сорбенту «Мікосорб» ($M \pm m$, $n=5$)

Досліджувані показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
Активність ЛФ, мкмоль фенілфосфату/с \times мг білка	$0,07 \pm 0,011$	$0,04 \pm 0,004^*$	$0,08 \pm 0,014$	$0,09 \pm 0,007$
Активність АлАТ, ммоль пірувату натрію/год \times мг білка	$0,10 \pm 0,013$	$0,16 \pm 0,027$	$0,15 \pm 0,027$	$0,15 \pm 0,017$
Активність ГГТП, ммоль пірувату натрію/год \times мг білка	$22,37 \pm 2,870$	$18,02 \pm 2,872$	$17,91 \pm 1,546$	$16,85 \pm 4,224$

Визначення активності амінотрансфераз у сироватці крові застосовувати як чутливий тест на проникність мембран гепатоцитів у випадку ураження печінки екзогенними або ендогенними токсинами. Активність внутрішньоклітинного ензиму АлАТ, що безпосередньо впливає на синтез білка, в сироватці крові риб контрольної групи склала $0,10 \pm 0,013$ ммоль пірувату натрію/год \times мг білка. В досліді 1–3 активність даного ензиму мала тенденцію до збільшення на 37,5; 33,3 та 33,3 %, відповідно. Проте, відсутність вірогідних змін, і як у випадку з ЛФ, свідчить про позитивний ефект застосування сорбенту у належній підтримці гомеостазу.

Активність ГГТП у сироватці крові підвищується при будь-яких патологічних станах печінки та жовчних шляхів, і, навпаки, при нор-

мальній активності ензиму ймовірність захворювання печінки дуже мала. Залежно від механізму ушкодження печінки ступінь збільшення активності ГГТП у сироватці крові, як правило, помітно відрізняється, що дозволяє успішно використовувати цей маркер для диференціальної діагностики захворювань печінки. Щодо активності ГГТП у сироватці крові коропів контрольної групи, то даний показник складав $22,37 \pm 2,870$ ммоль пірувату натрію/год \times мг білка. В усіх дослідних варіантах активність даного ензиму зменшувалась пропорційно до збільшення введення «Мікосорбу» до корму і в дослідах 1–3 була нижчою щодо контролю на 19,4; 19,9 та 24,7 %, відповідно.

Печінка відіграє важливу роль у процесах підтримання стабільності гомеостазу організму. У печінці синтезуються протеїни, особливо їх глобулінові фракції, відбувається також синтез ензимів амінотрансфераз. Встановлено, що застосування сорбенту «Мікосорб» призводить до зниження активності ЛФ у гепатопанкреасі однорічок коропа. В контрольній групі риб активність цього ензиму була найвищою і становила 0,21, проти 0,12 мкмоль фенілфосфату/с \times мг білка в дослідних групах, що на 42,9 % менше (таблиця 2). Таким чином, споживання корму з низьким вмістом мікотоксинів призводить до певних порушень в метаболізмі фосфору, що призводить до підвищення процесів фосфорелювання у гепатопанкреасі, а застосування «Мікосорбу» сприяє процесам детоксикації шляхом зниження енергозатрат на інтенсивність АТФ-залежних процесів дефосфорелювання.

Таблиця 2. Активність ферментів гепатопанкреасу однорічок коропа за впливу сорбенту «Мікосорб» ($M \pm m$, $n=5$)

Досліджувані показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
Активність ЛФ, мкмоль фенілфосфату/с \times мг білка	$0,21 \pm 0,043$	$0,12 \pm 0,020$	$0,12 \pm 0,012$	$0,12 \pm 0,033$
Активність АлАТ, ммоль пірувату натрію/год \times мг білка	$0,09 \pm 0,019$	$0,17 \pm 0,022^*$	$0,19 \pm 0,010^{**}$	$0,17 \pm 0,027$
Активність ГГТП, ммоль пірувату натрію/год \times мг білка	$171,85 \pm 23,773$	$73,29 \pm 12,320^{**}$	$90,26 \pm 12,034^*$	$69,79 \pm 11,037^{**}$

Як і у сироватці крові, активність АлАТ у гепатопанкреасі дослідних груп по завершенні досліджень була вищою відносно показника контрольної групи. В Контролі даний показник складав $0,09 \pm 0,019$ ммоль пірувату натрію/год \times мг білка. В дослідах 1–3, за використання в складі корму відповідно 0,05; 0,075 та 0,1 % «Мікосорбу», різниця склала 47,1 ($p < 0,05$),

52,6 ($p < 0,01$) та 47,1 % щодо контролю. Причиною зростання активності АлАТ в дослідних варіантах є більш виражена компенсаторна реакція детоксикації на наявність стрес-чинника в ході досліджень за впливу досліджуваного сорбенту.

Встановлено значне достовірне зниження активності ГГТП в гепато-панкреасі однорічок коропа дослідних груп щодо контрольної. Отримані результати узгоджуються з аналогічним дослідженнями у сироватці крові коропів, але у даному випадку тенденція є більш вираженою. В Контролі активність ГГТП склала $171,85 \pm 23,773$ ммоль пірувату натрію/год \times мг білка, а значення у дослідях 1–3 є нижчими на 57,4 ($p < 0,01$); 47,5 ($p < 0,05$) та 59,4 % ($p < 0,01$), відповідно.

Загалом, отримана динаміка зміни активності досліджуваних ферментів свідчить про ідентичність результатів ферментів як у сироватці крові, так і гепатопанкреасі із більшою кількістю достовірних даних у гепатопанкреасі. Протилежні результати у сироватці крові та гепатопанкреасі отримано лише у досліді 2 і досліді 3 за активністю ЛФ.

Висновки. В результаті досліджень, при використанні у складі кормів з ознаками ураження мікотоксинами, сорбційних властивостей «Мікосорбу», встановлено позитивний вплив на фізіолого-біохімічні показники організму коропа. Досліджено, що сорбційні властивості «Мікосорбу», при використанні у складі кормів з ознаками контамінування мікотоксинами, опосередковано впливають на активність ферментів у крові та гепатопанкреасі коропів. Відмічено, за введення 0,075 та 0,1 % «Мікосорбу», тенденцію до зростання активності лужної фосфатази у сироватці крові риб, та зниження у гепатопанкреасі. За згодовування 0,05; 0,075 та 0,1 % «Мікосорбу» у сироватці крові і гепатопанкреасі риб активність аланінамінотрансферази зростає, а гамма-глутамілтранспептидази – знижується ($p < 0,05 - 0,01$) відносно контрольної групи.

Таким чином, споживання корму з низьким вмістом мікотоксинів призводить до певних порушень в метаболізмі фосфору, що призводить до активізації процесів фосфорелювання. Проте, застосування «Мікосорбу» сприяє процесам детоксикації шляхом зниження енергозатрат на інтенсивність дефосфорелювання та гамма-глутаміл-залежних процесів у гепатопанкреасі коропа. Також, це дозволяє суттєво перебудувати метаболізм амінокислот, який направлений на подолання початкових наслідків мікотоксикозу у цьому органі.

ACTIVITY OF TRANSFERASES OF CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.) UNDER THE USE OF SORPTION ADDITIVE IN THE COMPOSITION OF FEED CONTAMINATED WITH MYCOTOXINS

¹*Deren O. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

²*Zabytivskiy Yu. M. – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,*

³*Dobrianska O. P. – PhD,*

³*Koryliak M. Z. – Candidate of Agricultural Sciences,*

¹*Institute of Fisheries of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,*

²*Institute of Ecology of the Carpathians of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,*

³*Lviv Experimental Station of the Institute of Fisheries of National Academy of*

Agrarian Sciences of Ukraine,

derenj@ukr.net, yurafish@ukr.net

The prospects for reducing the negative impact of mycotoxins in carp feeds as a result of the use of a sorption additive and taking into account changes in the activity of hepatopancreatic transferases and of blood serum carp were investigated.

In the course of research in laboratory conditions, the optimal similar physical and chemical parameters of the carp rearing environment were modeled. Four groups of age-1+ carp with an average initial weight of 20.0 g were formed, which were reared in 80 dm³ aquariums at the rate of 12 specimens each. For 25 days, carps of the control and all experimental groups were fed feed containing the toxins aflatoxin B1, zearalenone, and deoxynivalenol. The diet of the experimental groups was additionally supplemented with Mycosorb® in the amount of 0.05 (experiment 1), 0.075 (experiment 2) and 0.1 % (experiment 3). At the end of the experimental feeding, the level of transferases activity in yearling carp was studied.

Studies have shown that the use of compound feed with signs of spoilage as the main diet is a stress factor that caused a clear trend in the activity of enzymes in the experimental groups compared to the control group. In general, in the experimental groups, inhibition of alkaline phosphatase activity in the hepatopancreas and gamma-glutamyl transpeptidase in the blood serum and hepatopancreas was observed, as well as increased synthesis of alanine aminotransferase. That is, with the introduction of the studied sorption additive into the feed, the adaptation of enzymes to the prolonged effect of the stressor was noted.

As a result of the studies of enzyme activity in the blood serum and hepatopancreas of yearling carp, it was found that the addition of a sorption additive to the main diet in the amount of 0.05, 0.075 and 0.1 % of the feed weight does not cause pathology in the functioning of enzymes.

For the first time, the effect of the use of the studied sorption additive in carp feeding on the activity of transferases under the conditions of using feed with signs of spoilage was studied. Based on the results obtained, the effectiveness of the use of the studied sorbent in order to inactivate the effect of mycotoxins on the carp organism was outlined.

Keywords: carp, feed, feed additives, mycotoxins, sorbent, transferases.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фермерське рибництво / Грициняк І. І та ін. Київ : Герб, 2008. 560 с.
2. Про безпечність та гігієну кормів : Закон України від 21 груд. 2017 р. № 2264-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2264-19#Text> (дата звернення: 24.11.2024).
3. A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in foods / Gamal M. Hamad et al. *Food Control*. 2023. Vol. 144. 109350.
4. Титарьова О. Крюкова Л. Сорбенти мікотоксинів: правильний вибір. *Тваринництво і ветеринарія*. 2020. № 1. С. 52–54.
5. Mycotoxins in Aquaculture: Feed and Food / Gonçalves, R. A et al. *Reviews in Aquaculture*. 2020. Vol. 12. P. 145–175.
6. Boutrif E., Canet C. Mycotoxin prevention and control: FAO programmes. *Revue Med. Vet.* 1998. Vol. 149. P. 681–694.
7. Aflatoxin in feed and its effect on fish health / Hegazi Sayed et al. *Kafrelsheikh Vet. Med. J.* 2013. Vol. 11. P. 317–329.
8. Pietsch Constanze, Junge Ranka, Burkhardt-Holm Patricia Immunomodulation by Zearalenone in Carp (*Cyprinus carpio* L.). *BioMed Research International*. 2015. 9 p.
9. Bondy G. S., Pestka J. J. Immunomodulation by fungal toxins. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews*. 2000. Vol. 3. № 2. P. 109–143.
10. Response of channel catfish to diets containing T-2 toxin / Manning B. B. et al. *J. Aquatic Animal Health*. 2003. Vol. 15. № 3. P. 229–238.
11. Altomare Claudio, Logrieco Antonio F., Gallo Antonia Mycotoxins and Mycotoxigenic Fungi: Risk and Management. A Challenge for Future Global Food Safety and Security. *Encyclopedia of Mycology*. 2021. Vol. 1. P. 64–93.
12. Оцінка ступеня контамінації мікроміцетами та мікотоксинами кормів у скотарській галузі України за останні роки / О. Куцан та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 2. С. 52–57.
13. Oliveira M.; Vasconcelos V. Occurrence of mycotoxins in fish feed and its effects: a review. *Toxins*. 2020. Vol. 12. 160 p.
14. Distribution of deoxynivalenol, zearalenone, and their respective modified analogues in milling fractions of naturally contaminated wheat grains / Schwake-Anduschus C. et al. *World Mycotoxin J.* 2015. Vol. 8. P. 433–443.
15. A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination / Vila-Donat P. et al. *Food and Chemical Toxicology*. 2018. Vol. 114. P. 246–259.
16. Nikola Puvača, Dragana Ljubojević Pelić, Vincenzo Tufarelli Mycotoxins Adsorbents in Food Animal Production. *Journal of Agronomy Technology and Engineering Management (JATEM)*. 2023. Vol. 6. № 5. P. 944–952.

17. Сироватко К. М., Зотько М. О. Технологія кормів та кормових добавок : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2020. 263 с.
18. Бомко В. С., Сиваченко Є. В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин : навч. посіб. Біла Церква, 2023. 225 с
19. Результати використання в годівлі коропа сорбенту у складі корму з ознаками контамінування мікотоксинами / Дерень О. В. та ін. *Рибогосподарська наука України*. 2021. № 3 (57). С. 72–86.
20. Желтов Ю. О. Методичні вказівки з проведення дослідів по годівлі риб. *Рибне господарство*. 2003. Вип. 62. С. 23–28.
21. Перелік речовин, наявність яких у кормах є обмеженою або забороненою. : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 16 серп. 2024 р. № 2691. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-24#Text> (дата звернення: 24.11.2024).
22. ГУ У 24.4-13433137-047-2003. 30.06.2016. Інструкція «Лужна фосфатаза» до набору реагентів для визначення активності лужної фосфатази за реакцією з феніл фосфатом.
23. ГУ У 24.4-13433137-047-2003. 30.06.2016. Інструкція «АлАТ» до набору реагентів для визначення активності аланінамінотрансферази методом Рейтмана-Френкеля.
24. ГУ У 24.4-13433137-050: 2006. 30.03.2016. Інструкція «Альфа – амілаза» до набору реагентів для визначення активності лужної фосфатази за реакцією з феніл фосфатом.
25. Protein measurement with the folin phenol reagent / Lowry O. H. et al. *The Journal of Biological Chemistry*. 1951. Vol. 193. P. 265–275.
26. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях. метод. рек. Київ, 2011. 28 с.

REFERENCES

1. Hrytsyniak I. I., Hrynzhevskiy M. V., Tretiak O. M., Kiva M. S., Mruk A. I. (2008). *Fermerske rybnystvo* [Farm fishery]. Kyiv: Herb. [in Ukrainian].
2. Law of Ukraine dated December 21 2017 No. 2264-VIII [On the safety and hygiene of fodder]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2264-19#Text> [in Ukrainian].
3. Gamal M. Hamad, Taha Mehany, Jesus Simal-Gandara, Sarah Abou-Alella, Okon J. Esua, Mosaad A. Abdel-Wahhab, Elsayed E. Hafez (2023). A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in foods. *Food Control*, Vol. 144, 109350.
4. Tytarova O., Kriukova L. (2020). *Sorbenty mikotoksyniv: pravylnyi vybir*. [Mycotoxin sorbents: the right choice]. *Tvarynnystvo i veterynariia*, Vol. 1, 52–54. [in Ukrainian].

5. Gonçalves R. A., Schatzmayr D., Albalat A., Mackenzie S. (2020). Mycotoxins in Aquaculture: Feed and Food. *Reviews in Aquaculture*, vol. 12, 145–175.
6. Boutrif E., Canet C. (1998). Mycotoxin prevention and control: FAO programmes. *Revue Med. Vet.*, Vol. 149, 681–694.
7. Hegazi Sayed, Elsabagh Mabrouk, Abeer El-Keredy, Zaineldin Amr. (2013). Aflatoxin in feed and its effect on fish health. *Kafrelsheikh Vet. Med. J.*, Vol. 11, 317–329.
8. Pietsch Constanze, Junge Ranka, Burkhardt-Holm Patricia (2015). Immunomodulation by Zearalenone in Carp (*Cyprinus carpio* L.). *BioMed Research International*.
9. Bondy G. S., Pestka J. J. (2000). Immunomodulation by fungal toxins. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews*, Vol. 3(2), 109–143.
10. Manning B. B., Li M. H., Robinson E. H., Gaunt P. S., Camus A. C., Rottinghaus G. E. (2003). Response of channel catfish to diets containing T-2 toxin. *J. Aquatic Animal Health*, Vol. 15(3), 229–238.
11. Altomare Claudio, Logrieco Antonio F., Gallo Antonia (2021). Mycotoxins and Mycotoxigenic, Fungi: Risk and Management. A Challenge for Future Global Food Safety and Security. *Encyclopedia of Mycology*, Vol. 1, 64–93.
12. Kutsan O., Orobchenko O., Yaroshenko M., Herilovych I. (2020). *Otsinka stupenia kontaminatsii mikromitsetamy ta mikotoksynamy kormiv u skotarskii haluzi Ukrainy za ostanni roky* [Assessment of the degree of micromycetes and mycotoxin contamination of fodder in the cattle industry of Ukraine in recent years]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, Vol. 98(2), 52–57. [in Ukrainian].
13. Oliveira M., Vasconcelos V. (2020). Occurrence of mycotoxins in fish feed and its effects: a review. *Toxins*, Vol. 12.
14. Schwake-Anduschus C., Proske M., Scieurba E., Muenzing K., Koch M., Maul R. (2015). Distribution of deoxynivalenol, zearalenone, and their respective modified analogues in milling fractions of naturally contaminated wheat grains. *World Mycotoxin J.*, Vol. 8, 433–443.
15. Vila-Donat S. Marín, V. Sanchis, A. J. Ramos (2018). A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination. *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 114, 246–259.
16. Nikola Puvača, Dragana Ljubojević Pelić, Vincenzo, Tufarelli (2023). Mycotoxins Adsorbents in Food Animal Production. *Journal of Agronomy Technology and Engineering Management (JATEM)*, Vol. 6(5), 944–952.
17. Syrovatko K. M., Zotko M. O. (2000). *Tekhnolohiia kormiv ta kormovykh dobavok*. Navch. posib. [Technology of feed and feed additives. Study guide]. Vinnytsia : VNAU. [in Ukrainian].

18. Bomko V. S., Syvachenko Ye. V., Smetanina O. V. (2023). *Kormy i kormovi dobavky ta efektyvnist yikh vykorystannia v hodivli tvaryn*. Navch. posib. [Fodder and feed additives and the effectiveness of their use in animal feeding. Study guide]. Bila Tserkva. [in Ukrainian].
19. Deren O. V., Syrovatka N. Yu., Koryliak M. Z., Dobrianska O. P. (2021). *Rezultaty vykorystannia v hodivli koropa sorbentu u skladi kormu z oznakamy kontaminuvannia mikotoksynamy* [The results of the use of a sorbent in feeding carp as part of feed with signs of contamination with mycotoxins]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, Vol. 3(57), 72–86. [in Ukrainian].
20. Zheltov Yu. O. (2003). *Metodychni vkazivky z provedennia doslidiv po hodivli ryb* [Methodical guidelines for conducting experiments on fish feeding]. *Rybne hospodarstvo*, Vol. 62, 23–28. [in Ukrainian].
21. Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine dated August 16 2024 No. 2691 [List of substances whose presence in feed is restricted or prohibited]. Kyiv. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-24#Text> [in Ukrainian].
22. TU U 24.4-13433137-047-2003 (2016). [Instruction «Alkaline phosphatase» to a set of reagents for determining the activity of alkaline phosphatase by reaction with phenylphosphate (endpoint)]. Kyiv. [in Ukrainian].
23. TU U 24.4-13433137-047-2003 (2016). [Instruction of «ALT» to a set of reagents for determination of alanine aminotransferase activity by the Reitman-Frenkel method]. [in Ukrainian].
24. TU U 24.4-13433137-050:2006 (2016). [Instruction «Alpha-amylase» to a set of reagents for determining the activity of α -amylase (diastase) by the amyloclastic method of Caraway]. [in Ukrainian].
25. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*, Vol. 193(1), 265–275.
26. Kaminskyi V. F., Buslaieva N. H. (2011). *Osnovy prykladnoho matematychnoho analizu v silskohospodarskykh doslidzhenniakh*. *Metodychni rekomendatsii*. [Basics of applied mathematical analysis in agricultural research. Guide lines]. Kyiv. [in Ukrainian].