

Doktori (PhD) értekezés tézisei

A SÜGÉR (*PERCA FLUVIATILIS*) INTENZÍV TARTÁS-, ÉS TAKARMÁNYOZÁSI TECHNOLOGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE

Molnár Áron

Témavezető: Dr. Fehér Milán
Tudományos munkatárs



DEBRECENI
EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2023.

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A világon az egyre dinamikusabban növekvő népességnek köszönhetően globális fehérjehiány tapasztalható (KIM et al., 2019; de SOUZA-VILELA et al., 2019). A hal az emberiség egyik legfontosabb fehérjeforrása, amely a világ lakossága által elfogyasztott állati fehérje mintegy 16%-át adja. A halhús iránti igény a népesség növekedésével párhuzamosan fokozódik, ami csak a termelés intenzifikálásával fedezhető, a halászat ugyanis már nem képes fedezni a megnövekedett szükségleteket (TIDWELL és ALLAN, 2001).

Magyarországon az egy főre jutó halfogyasztás 2021-ban mindössze 6,52 kilogramm volt, ez a mutató világviszonylatban rendkívül alacsonynak mondható (MA-HAL, 2022). A magyar társadalom általános egészségi állapotának javítása érdekében elengedhetetlen a halfogyasztás népszerűsítése és növelése, amely nem képzelhető el a fogyasztók számára új, jobb gasztronómiai élményekkel kecsegtető halfajok bevonása nélkül, amely egyúttal a halászati ágazatot is pozitívan érintheti. A sügér (*Perca fluviatilis*) őshonos ragadozó halfajunk, amely kiváló húsminőségének köszönhetően megfelel a modern fogyasztói igényeknek.

A doktori kutatás átfogó célja éppen ezért az intenzív halnevelésben egyelőre újnak tekinthető a sügér termelésbe vonásának, illetve piaci bevezetésének támogatása és tudományos megalapozása.

A kutatás az intenzív haltermelés két fő pillérének fejlesztésére irányult, az optimális tartástechnológia, illetve a megfelelő takarmányozási protokoll kialakítására. Irodalmi adatokból jól ismert a halfaj nagyfokú stressz érzékenysége (ALANÄRÄ és STRAND, 2015), ezért a beállított tartástechnológia kísérletek során a halakat ért stressz hatások minimalizálására törekedtünk.

A doktori kutatás másik fő irányvonala, a sügér takarmányozási technológiájának fejlesztése, az alternatív fehérje forrásnak számító közönséges lisztbogár lárvá beillesztésével. Ennek érdekében kidolgozásra került egy hatékony dúsítási protokoll, amely lehetővé teszi a rovarlárva halak számára esszenciális nyomelemekkel történő gazdagítását.

A kutatómunka kísérleti fázisának a megkezdése előtt az alábbi célkitűzéseket határoztam meg:

1. A közönséges lisztbogár lárvá kedvező élettani hatású nyomelemekkel történő dúsítási technológiájának kidolgozása:

A kutatás során célom volt egy egyszerű és gyors, ugyanakkor hatékony nyomelemdúsítási protokoll kialakítása, melynek eredményeként a haltakarmányként szolgáló lisztbogár lárvá a

kobalt és mangán, illetve ezek kombinációja mellett különböző bioaktív anyagokkal kiegészíthető.

2. A sügér intenzív tartástechnológiájának fejlesztése:

A vizsgálatok során célom volt az intenzív tartási technológia optimalizálása, amelynek eredményeként a halakat érő stresszhatások minimalizálhatók, az állományok növekedése, megmaradása és egyöntetűsége javítható.

3. A sügér takarmányozási protokolljának fejlesztése:

A takarmányozási vizsgálatok során célom volt az optimális takarmányozási intenzitás meghatározása, illetve a lisztbogár lárvá beillesztése a sügér takarmányozásába. A kutatás utolsó szakaszában arra kerestem a választ, hogy a nyomelemekkel dúsított, élő lisztbogár lárvá hogyan hat a sügér növekedésre, illetve célul tűztem ki a rovarlárvában akkumulált nyomelemek halak által történő felvételének vizsgálatát.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Sügér tartástechnológiai kísérletek

2.1.1. A medenceszín hatása a sügér termelési és élettani paramétereire

Szakirodalmi források szerint a sügér neveléséhez az egyes fejlődési szakaszokban eltérő medenceszín ajánlott (STRAND et al., 2007; TAMAZOUZT et al., 2000; PALÍNSKA-ŽARSKA et al., 2013; JENTOFT et al., 2006). Bár a különböző medenceszínekről számos tanulmány született, ezek kombinációját mindeddig nem vizsgálták. Ezért a kísérlet célja az volt, hogy értékeljem a különböző medenceszínek kombinációinak hatását a sügér termelési és antioxidáns paramétereire.

Tesztkörnyezet

A kísérletet a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karának Halbiológiai Laboratóriumában (DE MÉK Halbiológiai laboratórium) végeztük. A kísérlet időtartama 8 hét volt. A kísérletet egy önálló mechanikai és biológiai szűrővel rendelkező ivadéknevelő recirkulációs rendszerben hajtottam végre.

Kísérleti halállomány

A kísérleti állomány kezdeti átlagos testtömege és testhossza $32,01 \pm 0,79$ g és $11,8 \pm 0,81$ cm volt. A kísérleti állomány a H&H Carpio Halászati Kft. mesterséges szaporításából származott, és a kísérletet megelőzően recirkulációs rendszerben neveltük a faj, illetve az adott korosztályok igényeinek figyelembe vételével.

Alkalmazott kezelések

A kísérleti rendszer 9 egységből állt, ebbe helyeztük ki a teljes, 180 egyedből álló kísérleti állományt (3 medence/kezelés, 20 hal/medence, 60 hal/kezelés). Vizsgálatunkban egy világosszürke (kontroll), egy fekete aljú és világosszürke oldalfalakkal ellátott (SA), valamint egy világosszürke aljú és fekete oldalfalakkal ellátott (SO) medence hatását vizsgáltuk a sügér termelési és antioxidáns paramétereire.

Takarmányozási protokoll

A kísérlet megkezdése előtt a halak két napig akklimatizálódtak a környezeti és technológia feltételekhez. A napi takarmányadag a halak teljes biomasszájának 1%-a volt (ALLER AQUA IVORY EX: 2 mm), és naponta kétszer kézzel került kiosztásra.

Vízminőségi paraméterek

A víz oldott oxigéntartalmát, a víz hőmérsékletét és a pH-t naponta ellenőriztem (HACH HQ30d). A vízben lévő különböző nitrogénformák koncentrációját hetente mértem (N-NH_3^+ , N-NO_2^- és N-NO_3^-) spektrofotométerrel (HACH DR3900).

Termelési paraméterek

A kísérlet végén meghatározásra került a túlélési arány (S), a végső testtömeg (BWf), a specifikus növekedési ütem (SGR), a takarmányértékesítés (FCR), a Fulton-féle kondíciófaktor (K-faktor) és az állomány homogenitása (CV%).

- Megmaradás (%): $S = (\text{lehalászott darabszám} / \text{kihelyezett darabszám}) \times 100$,
- SGR (%) = $(\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$, ahol: Wf: végső testtömeg (g), Wi: kezdő testtömeg (g), t: napok száma,
- FCR (g/g) = $F / (W_f - W_i)$, ahol: F: a kísérlet során kietetett takarmány mennyisége szárazanyagban (g), Wf: végső testtömeg (g), Wi: kezdő testtömeg (g),
- Fulton-féle kondíciófaktor (K-faktor) = $W / L^3 \times 100$, ahol W a nedves tömeg (g), L pedig a standard hossz (mm) és
- Homogenitás (CV%) = $(\text{szórás} / \text{átlag}) \times 100$.

Antioxidáns paraméterek meghatározása

A minták antioxidáns koncentrációját kereskedelmi forgalomban elérhető ELISA kitek és kolorimetrikus assay-k segítségével határoztuk meg. Az ELISA és kolorimetrikus assay-k abszorbancia adatainak gyűjtése SPECTRO-star Nano Microplate reader készülék segítségével történt.

Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzéseket az SPSS 22.0 for Windows szoftver segítségével végeztem. A kísérleti csoportok közötti varianciák homogenitását Levene-teszttel ellenőriztem. A kezelések hatását a halak növekedési teljesítményére és antioxidáns paramétereire egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztem. A kezelések közötti szignifikáns különbségek meghatározására Tukey többszörös összehasonlító. A $p < 0,05$ érték minősült szignifikánsnak az elemzések során.

2.1.2. Különböző fényviszonyok hatása a termelési paraméterekre

A kísérlet során 3 hónapos, előnevelt és tápra szoktatott sügér állományban vizsgáltuk a fényintenzitás és a víz zavarosságának hatását a termelési paraméterekre és a kannibalizmus kialakulására egy akváiumi modellrendszerben.

Tesztkörnyezet

A kísérletet a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának egyik moduláris akváiumrendszerében hajtottuk végre. A horganyzott állványon 3 sorban (8 db akváium/sor, összesen 24 db) helyezkednek el az egyenként 12,96 literes hasznos víztérfogatú, négyzet alakú üvegakváiumok. A kísérleti egységek megvilágítása egy az akváiumok felé épített LED szalag (EVERGROW LED IT5012) segítségével történt. A 4 hetes vizsgálat során egységenként egyedi szivacsűrést alkalmaztunk és a tesztkörnyezetet összesen 24 db egység alkotta.

Kísérleti halállomány

A kísérleti állomány a H&H Carpio Halászati Kft. mesterséges szaporításából származott, és a kísérletet megelőzően recirkulációs rendszerben tartottuk a faj, illetve az adott korosztályok igényeinek figyelembe vételével. A vizsgálatot akváiumonként 10-10, összesen 240 sügér ivadékkal állítottuk be. A kihelyezés előtt a halak nedves testtömegét ($1,69 \pm 0,04$ gramm) egyedileg határoztuk meg, amelyhez tizedes pontosságú digitális mérleget (VWR LP-6501, max: 6500 gramm, 0,1 gramm pontosság) használtunk.

Alkalmazott kezelések

A kísérlet során három kezelést, illetve ezeken belül további két változót alkalmaztunk. Valamennyi beállítást 4-4 ismétlésben hajtottunk végre. A kísérleti állomány egy részét 300 lux megvilágítás (V), a második kezelést 100 lux megvilágítás (T), míg a harmadik kezelést 20 lux megvilágítás (S) mellett neveltük. A különböző intenzitású megvilágítást az akváium sorok között felszerelt, különböző sűrűségű raschel hálók segítségével állítottuk be. Minden kezelés esetében kialakítottunk olyan csoportokat, amelyek vizét huminsav (HUMIN Aqua) segítségével sötétítettük el (VH, TH, SH). A megvilágítás időtartama napi 14 óra volt (06 - 20 óra). A vízcserét követően a huminsavas kezelések esetében a víz zavarosságát (NTU) 7-7 ml huminsav adagolásával állítottuk be.

Takarmányozási protokoll

A napi takarmányadagok meghatározása kezdeti biomassa 2,5%-ban történt. A kísérlet során alkalmazott takarmány az AQUA GARANT AQUA START 1 mm-es szemcseméretű táp volt

(nyersfehérje: 60%, nyerszsír: 15%). A halak egy heti tápmennyisége előzetesen kimérésre került, majd *ad libitum*, kézből került kijuttatásra, napi 3 alkalommal, 9:00, 12:00 és 16:00 órákor.

A vízminőségi és termelési paraméterek, valamint az eredmények statisztikai értékelése megegyezett a korábbi fejezetben leírtakkal.

2.2. Sügér takarmányozási kísérletek

2.2.1. Az etetési gyakoriság hatása a termelési paraméterekre

A sügér takarmányozási technológiájának fejlesztése során, a megfelelő összetételű és szemcseméretű tápok biztosítása, valamint a takarmányozás intenzitásának helyes megválasztása mellett a takarmányadagok időbeli elosztása is alapvető fontosságú.

Tesztkörnyezet

A kísérletet a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumában moduláris akvárium rendszerében hajtottuk végre, ahol 3 sorban 4-4 db, összesen 12 db négyzet alakú üvegakvárium található, egyenként 23,5 literes hasznos víztérfogattal. A kísérlet során a moduláris akvárium egységet recirkulációs rendszerként üzemeltettük.

Alkalmazott kezelések

A vizsgálat során 3 kezelést alkalmaztunk, 4-4 ismétlésben. A napi takarmányadagokat a kezdeti biomassa 5%-ban határoztuk meg, amelyet az első kezelés esetében napi kétszeri megosztásban (K2 kezelés; 08:00 és 20:00), a második kezelés esetében napi háromszori (K3 kezelés, 8:00 - 14:00 - 20:00), míg a harmadik csoport esetében napi négyszeri megosztásban (K4 kezelés; 8:00 - 12:00 - 16:00 - 20:00) etettünk ki.

Takarmányozási protokoll

A napi takarmányadag minden esetben akváriumonként összesen 2 gramm volt. A takarmányozás során 1,5 mm-es szemcseméretű tápot alkalmaztunk (AQUA GARANT AQUA START 1,5 mm, nyersfehérje: 52%, nyerszsír: 20%), amelyet automata önetetők (JBL AutoFood Black) segítségével juttattunk ki.

Kísérleti halállomány

A kísérlet során akváriumonként 10-10 sügér ivadékokat helyeztünk ki, amelyek egyedi átlagos testtömege a vizsgálat kezdetén $3,93 \pm 0,06$ gramm volt. A kísérleti állomány a H&H Carpio

Halásznati Kft. mesterséges szaporításából származott és a kísérletet megelőzően recirkulációs rendszerben neveltük a faj, illetve az adott korosztályok igényeinek figyelembe vételével.

A vízminőségi és termelési paraméterek, valamint az eredmények statisztikai értékelése megegyezett a korábbi fejezetben leírtakkal.

2.2.2. A lisztbogár lárvá beillesztése a sügér takarmányozásába

Számos tanulmány vizsgálta, hogy a rovarfehérje alkalmas-e a takarmányban lévő halliszt kiváltására. Ezek a kutatások elsősorban száraz, porított formában (rovarliszt) kísérleteztek a rovarfehérje beillesztésével a haltakarmányozásba. Vizsgálatom során arra kerestem a választ, hogy az élő lisztbogár lárvá alkalmas-e legalább részben kiváltani a halliszt alapú takarmányt, illetve milyen arányban alkalmazható a halak takarmányozásában a termelési paraméterek leromlásának elkerülése mellett.

Tesztkörnyezet

A 35 napos kísérletet a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának moduláris akváriumrendszerében (2.2.1-es fejezet) hajtottuk végre (12 db akvárium, recirkulációs rendszerben).

Kísérleti halállomány

A vizsgálatot akváriumonként 5, összesen 60 egyeddel állítottuk be. A halak átlagos testsúlya $24,25 \pm 0,26$ g volt. A megvilágítás időtartama napi 14 óra (06 - 20 óra) volt. A kísérleti állomány a H&H Carpio Halásznati Kft. mesterséges szaporításából származott és a kísérletet megelőzően recirkulációs rendszerben neveltük a faj, illetve az adott korosztályok igényeinek figyelembe vételével.

Alkalmazott kezelések és takarmányozási protokoll

A kísérlet során 4 kezelést alkalmaztunk, 3-3 ismétlésben. A kezelések elnevezésüket a lisztbogár lárvá (L) és annak az aránya (%) alapján kapták. Az LT75% csoport 75%-ban élő lisztbogár lárvát és 25%-ban száraz tápot kapott, az LT50% csoport 50%-ban élő lisztbogár lárvát, és 50%-ban tápot kapott. Az LT25%-os csoport 25%-ban lisztbogár lárvát és 75%-ban tápot fogyasztott a kísérlet alatt. A kontroll csoport (K) 100%-ban száraz takarmányt kapott a teljes idő alatt. A kereskedelmi forgalomban kapható takarmány (AQUA GARANT UNI, 2 mm, nyersfehérje: 47%, nyerszsír: 16%), illetve a lisztbogár lárvá naponta kétszeri megosztásban, kézzel került kijuttatásra. A kísérlet során 1,08%-os takarmányozási intenzitást

alkalmaztunk. A lisztbogár lárvát fogyasztó kezelések napi takarmányadagjai szárazanyag ekvivalencia alapján kerültek kiszámításra.

A vízminőségi és termelési paraméterek, valamint az eredmények statisztikai értékelése megegyezett a korábbi fejezetben leírtakkal.

2.2.3. A lisztbogár lárvá nyomelem dúsítása

A lisztbogár lárvák nyomelem dúsítási protokolljának kidolgozása érdekében 2 különböző, ugyanakkor egymással összefüggő kísérletet is beállítottam. A két kísérlet közötti alapvető különbség, hogy az első kísérletben kizárólag a 7. és 14. napon vettem mintát a nyomelemekkel dúsított szubsztrátumban nevelt lárvákból, a második vizsgálatban pedig a 7. és 14. nap között folyamatosan, minden nap mintáztam a lárvák elemfelvételét, felmérve ezzel, hogy pontosan hogyan változik a lárvák nyomelem akkumulációja az említett időperiódusban

A kísérletek során a saját termelésből származó lárvák kobalttal és mangánnal, a halak számára esszenciálisnak számító nyomelemekkel történő dúsítását egy 14 napos kísérlet során hajtottam végre, amelynek 7. és 14. napján történt a mintavétel, illetve a nyomelemfelvétel meghatározása.

A 150 ml-es műanyag dúsító edényeket 40 g étkezési búzadarával töltöttem fel. A szubsztrátra 100 mg/kg-os koncentrációban kobalt-klorid és mangán-klorid oldatot, illetve a két mikroelem kombinációját juttattam ki (3-3 ismételts). A szárítást és homogenizálást követően minden egységbe 10-10 kezdeti fejlődési stádiumban lévő $0,03 \pm 0,003$ g testtömegű lárvát helyeztem ki (összesen 240 lárvát). A lárvák növekedését és nyomelem-felvételét a 7. és a 14. nap vonatkozásában határoztuk meg (2 x 12 kezelés).

A kísérlet elején és végén egyaránt meghatároztam a lisztbogár lárvák egyedi testtömegét, valamint a megmaradási arányt. A lárvák műanyag mintavételi zacskóban tároltam fagyasztoóban (-18 °C) a laboratóriumi mérésekig. A roncsolást követően meghatároztuk a lárvák kobalt (mg/kg) és mangán (mg/kg) tartalmát. A minták elemanalitikai mérése induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) segítségével történt.

Az eredmények statisztikai értékelése megegyezett a korábbi fejezetben leírtakkal.

2.2.4. A sügér kobalt és mangán felvétele a dúsított lisztbogár lárvával történő etetés eredményeként

Kísérletünkben a haltakarmányt 100%-ban élő lisztbogár lárvával váltottuk ki. A lárvákat a halak számára két esszenciális nyomelemmel, kobalttal és mangánnal, valamint azok kombinációjával dúsítottuk. A vizsgálat célja a halak közvetett nyomelem akkumulációjának feltárása volt, a hipotézisünk szerint a lisztbogár lárvák által szerves kötésbe került nyomelemeket a halak képesek akkumulálni a rovarok elfogyasztásával. A kísérlet időtartama 28 nap volt. A kísérlet során 4 kezelés került beállításra, egyenként 3 ismétlésben.

Tesztkörnyezet

A vizsgálatot a DE MÉK Halbiológiai Laboratórium kísérleti recirkulációs rendszerében állítottuk be. A rendszer műszaki és technológiai paramétereit a 2.1.1. fejezetben részletesen ismertettem.

Kísérleti halállomány

A kísérlet kezdetén medencénként 15, kezelésenként 45, összesen 180 db sügér került kihelyezésre $83,15 \pm 12,20$ g átlagos egyedi testtömeggel. A kísérleti állomány a H&H Carpio Halászati Kft. mesterséges szaporításából származott és a tesztet megelőzően recirkulációs rendszerben neveltük a faj, illetve az adott korosztályok igényeinek figyelembe vételével.

Alkalmazott kezelések

A kísérlet során a korábban bemutatott nyomelem dúsítási protokollt alkalmaztuk, kezelésenként 3-3 ismétlésben: kobalttal dúsított kezelés (Co), mangánnal dúsított kezelés (Mn), a két nyomelem kombinációja (CoMn), illetve kontroll (K).

Takarmányozási protokoll

A halak 1% takarmány mennyiséget kaptak dúsított élő lisztbogár formájában. Az etetésre szánt lisztbogár lárvák mennyisége szárazanyag ekvivalencia alapján (40% szárazanyag) került meghatározásra. A kísérlet megkezdése előtt 7 nappal az egy heti etetéshez szükséges mennyiségű lisztbogár lárvát kihelyeztem az előzetesen nyomelemekkel dúsított szubsztrátumokra, amit 1 hét elteltével folyamatosan kiettem a halak számára (7 napon keresztül). Ezután a kísérlet 4 hetes időtartama alatt minden hét elején új dúsítást állítottunk be a következő heti takarmány biztosítása érdekében.

A vízminőségi és termelési paraméterek, valamint az eredmények statisztikai értékelése megegyezett a korábbi fejezetben leírtakkal.

Nyomelem felvétel vizsgálata

A kísérlet végén minden medencéből, 2-2 halból filé és teljes haltest mintát vettünk, hogy meghatározzuk a halak nyomelem akkumulációját. A halhús minták liofilizálás után kerültek elemzésre. A halminták elemanalitikai összetételének meghatározása induktívan csatolt plazma optikai emissziós spektrométer (Agilent ICP-OES 5110 VDV) segítségével történt.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Sügér tartástechnológiai kísérletek

3.1.1. A medenceszín hatása a sügér termelési és életteni paramétereire

A kísérlet során a túlélési arány 100%-os volt minden beállítás esetében. A halak lehalászási egyedsúlyát tekintve a lesötétített aljú medencében nevelt halak (SA) szignifikánsan jobb eredményt értek el a kísérlet végén a másik két kezeléshez képest, míg a lesötétített oldalfalú medencék (SO) és a kontroll csoport (K) között nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható eltérést.

A sügér ivadékok specifikus növekedési üteme (SGR) szintén az SA kezelés esetében volt a legkedvezőbb, a medencék aljának elsötétítése szignifikánsan jobb növekedést eredményezett azokhoz a csoportokhoz képest, amelyeknek az oldalfala került letakarásra (SO), míg a kontroll csoporttól nem tért el egyiktől sem statisztikailag igazolható mértékben.

A halak takarmányértékesítése, kondíció faktora és az állományok homogenitása vonatkozásában nem volt tapasztalható szignifikáns eltérés a kezelések között. A halak termelési paramétereit a **1. táblázat** foglalja össze.

1. táblázat: A sügér állomány termelési paramétereit különböző medenceszínek esetén

	S (%)	BWf (g)	SGR (%/nap)	FCR (g/g)	CV%	K
SO	100	48,70 ± 11,21 ^a	0,76 ± 0,08 ^a	1,40 ± 0,19	22,44 ± 4,66	2,66 ± 0,25
SA	100	54,24 ± 9,70 ^b	1,00 ± 0,06 ^b	1,29 ± 0,13	17,51 ± 2,46	2,70 ± 0,27
K	100	49,22 ± 11,21 ^a	0,84 ± 0,14 ^{ab}	1,38 ± 0,24	22,40 ± 6,56	2,62 ± 0,25

Az adatok átlag ± standard eltérésekben vannak megadva. **Kontroll:** Világos szürke medenceszín; **SO:** Lesötétített oldalfalú medence; **SA:** Lesötétített aljú medence, az oszlopokon belül különböző betűkkel jelölt átlagértékek szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$).

A **2. táblázat** a két medenceszín (SO, SA) különböző kombinációinak a halak antioxidáns paramétereire gyakorolt hatását mutatja be. A sötét aljú medencékben (SA) nevelt halak ($55,79 \pm 3,20$ g) és a kontroll csoport ($56,62 \pm 2,89$ g) szignifikánsan alacsonyabb kortizol-koncentrációt mutattak, mint a sötét oldalfalú medencékben nevelt halak ($SO = 66,33 \pm 2,08$ g). A glükózszintek korreláltak a kortizol szintekkel a különböző kezelésekben. A SA csoport halai szignifikánsan alacsonyabb glükózszintet mutattak, mint a SO csoport halai, míg a

kontroll csoport halai nem különböztek (SO = $5,33 \pm 0,94$ g; SA = $4,13 \pm 0,83$ g; kontroll = $4,48 \pm 0,95$ g).

Az antioxidáns enzimek közül a kataláz szintje a kontroll csoportban ($4,95 \pm 0,51$ g) és a SA csoportban ($4,68 \pm 0,91$ g) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a SO csoportban ($6,94 \pm 0,51$ g); a GR értékek azonban teljesen ellentétes tendenciát mutattak. A SO csoport GR értékei szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint a kontroll és a SA csoporté. A harmadik antioxidáns enzim (GPx) esetében nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között (SO = $220,09 \pm 37,62$ g, SA = $169,48 \pm 17,66$ g, K = $182,52 \pm 14,11$ g). Ami a glutation különböző formáit (GSH, GSSG) illeti, sem a GSH, sem a GSSG szintje nem különbözött a kontroll és a SA csoportok között, amelyek szignifikánsan magasabbak voltak, mint a SO csoportban. Az alacsony molekulatömegű antioxidánsokra kapott eredmények azt mutatták, hogy a halak C-vitamin-szintje a SA csoportban szignifikánsan magasabb volt ($92,32 \pm 59,99$ g), mint a SO csoportban ($30,38 \pm 9,67$ g), míg egyik csoportban sem különbözött jelentősen a kontroll csoport szintjétől ($46,54 \pm 13,60$ g). A SA csoportban mértük a legmagasabb C-vitamin szintet, ami feltehetően annak köszönhető, hogy a halak nem használták fel vitaminkészleteiket az oxidatív stressz elleni védekezésre. A kísérlet végén mért MDA-értékeket tekintve a kontroll csoport eredményei ($1029,31 \pm 183,83$ g) szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint a SO csoporté ($1604,59 \pm 412,06$ g), míg egyik csoport szintje sem különbözött jelentősen a SA csoport szintjétől ($1172,85 \pm 239,08$ g).

2. táblázat: A sügér állomány antioxidáns paraméterei különböző medenceszínnek esetén

Antioxidáns	Kontroll	SO	SA
Kortizol (mg/mL)	56.62 ± 2.89^a	66.33 ± 2.08^b	55.79 ± 3.20^a
Glükóz (mmol/L)	4.48 ± 0.95^{ab}	5.33 ± 0.94^b	4.13 ± 0.83^a
Kataláz (mU/mL)	4.95 ± 0.51^a	6.94 ± 0.51^b	4.68 ± 0.91^a
Glutation peroxidáz (GPx) (mU/mL)	182.52 ± 14.11	220.09 ± 37.62	169.48 ± 17.66
Glutation reduktáz (GR) (mU/mL)	21.42 ± 3.94^b	12.06 ± 1.13^a	22.51 ± 5.02^b
Redukált glutation (GSH) (μ M)	19.68 ± 2.09^b	14.74 ± 3.93^a	23.15 ± 0.57^b
Glutation diszulfid (GSSG) (μ M)	9.76 ± 1.07^b	7.37 ± 1.96^a	11.66 ± 0.26^b
C Vitamin (nmol/mL)	46.54 ± 13.60^{ab}	30.38 ± 9.67^a	92.32 ± 59.99^b
Malondialdehid (MDA) (nmol/mL)	1029.31 ± 183.83^a	1604.59 ± 412.06^b	1172.85 ± 239.08^{ab}
HSP70 (ng/L)	17.03 ± 0.85	17.11 ± 1.26	17.05 ± 0.94

Az adatok átlag $\pm$ standard eltérésekben vannak megadva. **Kontroll:** Világos szürke medenceszín; **SO:** Lesötétített oldalfalú medence; **SA:** Lesötétített aljú medence, az oszlopokon belül különböző betűkkel jelölt átlagértékek szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$).

3.1.2. Különböző fényviszonyok hatása a termelési paraméterekre

A statisztikai analízis azt mutatta, hogy a huminsav és a megvilágítás hatással volt az eredményekre, ezek interakciója (megvilágítás*huminsav) ugyanakkor nem befolyásolta a halak termelési paramétereit. A kísérlet végén a megmaradás minden kezelés esetében 90% fölött volt, kannibalizmust egyik akváriumban sem tapasztaltunk. A legjobb megmaradást a teljes megvilágítás (V és VH) mellett nevelt állományok érték el.

Az egyedi testtömeg vonatkozásában a legkedvezőbb eredményeket azok a kezelések mutatták, amelyek esetében az akváriumok takarásban voltak (T: $4,66 \pm 0,33$ gramm), illetve az akvárium vizét huminsav hozzáadásával sötétítettük (TH: $4,93 \pm 0,15$ gramm). A T és a TH csoportok eredményei szignifikánsan kedvezőbbek voltak a többi kezeléshez képest, egymástól ugyanakkor statisztikailag nem tértek el. A teljes megvilágítás mellett nevelt halak végső egyedsúlyára kedvező hatással volt a víz sötétítése (V: $3,73 \pm 0,28$ gramm; VH: $4,33 \pm 0,28$ gramm), ugyanakkor a sötétben nevelt ivadékok esetében a huminsav adagolása nem befolyásolta az eredményeket (S: $3,78 \pm 0,15$ gramm; SH: $3,80 \pm 0,26$ gramm). A legkedvezőbb eredményeket az SGR (T: 3,64 %/nap és TH: 3,74%/nap) és az FCR (T: 0,84 g/g és TH: 0,78 g/g) mutató vonatkozásában is ugyanez a két kezelés produkálta. A kísérlet végén a legerősebb világításban nevelt halak (V) esetében volt tapasztalható a legnagyobb szétnövés, míg a mérsékelt megvilágításban tartott csoport (T) statisztikailag nem tért el egyik kezeléstől sem.

A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy a sügér nevelésének korai szakaszában a mérsékelt megvilágítás kedvezően hat a növekedésre és a takarmányértékesítésre, ugyanakkor a teljes elsötétítés negatívan befolyásolja a termelési paramétereket. A huminsav adagolása a teljes megvilágítás mellett nevelt csoportok esetében befolyásolta legnagyobb mértékben az eredményeket, a teljes sötétben tartott kezelések esetében nem volt hatással a termelési paraméterek alakulására. A vizsgálat eredményei alapján a sügér nevelésének korai szakaszában a mérsékelt megvilágítás kedvezően hat a növekedésre és a takarmányértékesítésre, ugyanakkor a teljes elsötétítés negatívan befolyásolja a termelési paramétereket.

3.2. Sügér takarmányozási kísérletek

3.2.1. Az etetési gyakoriság hatása a termelési paraméterekre

A vizsgálat során a megmaradás valamennyi kezelés esetében 90% felett alakult. A kísérlet végén a legkedvezőbb lehalászási egyedsúlyt ($13,96 \pm 0,14$ gramm), illetve növekedési ütemet (SGR: $3,08 \pm 0,01\%$ /nap) az a kezelés produkálta, amely a napi takarmányadagot kétszeri

megosztásban kapta, ugyanakkor szignifikáns különbségek nem alakultak ki a csoportok között (T2). A takarmányértékesítés vonatkozásában a legjobb eredményt azon kezelés esetében tapasztaltuk, amelyik napi háromszori megosztásban kapta meg a takarmányt ($FCR: 1,06 \pm 0,18$ g/g), ugyanakkor szignifikáns különbséget ezen mutató esetében sem sikerült kimutatni. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a napi takarmányadagok kijuttatásának eloszlása nem befolyásolja a csapósünger ivadékok termelési paramétereit.

3.2.2. A lisztbogár lárvá beillesztése a sünger takarmányozásába

A kísérlet során nem volt elhullás, a megmaradás minden kezelés esetében 100% volt. A vizsgált termelési paraméterek egyikében sem tapasztaltunk statisztikailag igazolható eltérést még a legnagyobb dózisban lisztbogár lárvával kiegészített takarmányt kapó kezelések (LT75) sem értek el kedvezőtlenebb eredményt a csak száraz takarmánnyal etetett csoporthoz (K) képest

A kezelések átlagos végső testtömegének eredményeit tekintve a kísérlet végén az LT50 ($32,7 \pm 7,06$ g) kezelés érte el a legjobb eredményt, ezt követte az LT50 csoport eredménye ($32,5 \pm 5,91$ g). A legnagyobb dózisban élő lárvát kapó kezelés sem ért el kedvezőtlenebb mutatót a kontroll kezelés ($31,9 \pm 6,48$ g) és az LT25 ($32 \pm 6,49$ g) csoporthoz viszonyítva. A kezelések biomassza növekménye (WG%) ott érte el a legmagasabb értéket, ahol a lisztbogár lárvá kiegészítés aránya a legnagyobb volt (LT75= $34,54 \pm 1,96$ g), míg a legalacsonyabbat a kontroll csoportoknál (K= $30,33 \pm 7,09$ g).

A halak specifikus növekedési ütemét vonatkozásában a legkedvezőbb mutatót az LT75 ($0,85 \pm 0,04$ %) érte el, a legkedvezőtlenebbet a K ($0,75 \pm 15$ %). A halak takarmányértékesítését tekintve a legkedvezőbb mutatót az LT75 ($1,09 \pm 0,06$ g/g) kezelés érte el, míg a kontroll ($1,27 \pm 0,27$ g/g) kezelés a legkedvezőtlenebbet. Az LT50 ($1,11 \pm 0,20$ g/g) és LT25 ($1,15 \pm 0,18$ g/g) csekély mértékben ugyan, de elmaradt az LT75 kezeléstől, de a kontroll csoporttól kedvezőbb eredményt ért el. Az állomány homogenitását (CV%) tekintve az LT75 ($19,01 \pm 5,08$ %) bizonyult a leginkább egyöntetűnek, míg az LT50 ($22,33 \pm 8,05$ %) kezelésnél volt tapasztalható a legnagyobb mértékű szétnövés a többi kezeléshez képest (LT25= $20,93 \pm 7,92$ %), (K= $20,95 \pm 8,54$ %).

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy lisztbogár lárvá élő eleséggként való alkalmazása teljes mértékben alkalmasnak bizonyult a halliszt alapú takarmány kiváltására feltehetően kedvező fehérje tartalmának és a halliszthez hasonló aminosav profiljának köszönhetően.

3.2.3. A lisztbogár lárvá nyomelem dúsítása

Az alkalmazott nyomelemeknek nem volt hatása a lisztbogár lárvák megmaradására és növekedésére, mivel az eredmények azt mutatták, hogy a kobalt és a mangán, valamint a két mikroelem kombinációja nem befolyásolta szignifikánsan a termelési paramétereket sem a 7 napos, sem pedig a 14 napos kezelések esetében (**3. táblázat**). A lárvák nyomelem felvételét tekintve kijelenthető, hogy mind a kobalt, mind a mangán esetében hatékony akkumuláció történt már 7 nap elteltével.

A kobalt kiegészítés minden esetben szignifikánsan befolyásolta a lárvák kobalt-tartalmát, illetve a 14 napig kezelt állományok szignifikánsan több nyomelemet akkumuláltak, mint a 7 napig kezelt állományok. A CoMn kezelések eredményei teljes mértékben korreláltak ezekkel az eredményekkel a kobalt felvételét tekintve. A kobalt és a mangán együttes alkalmazása tehát nem befolyásolta negatívan a kobalt felvételét. A mangán esetében elmondható, hogy a 7 és a 14 napos kezelések esetében szignifikánsan különbözött a lárvák nyomelem akkumulációja a kontrollhoz képest, ugyanakkor a 7 és 14 napos mangán kiegészítés nem tért el egymástól statisztikailag igazolható mértékben.

3. táblázat: A lisztbogár lárvák növekedése és nyomelem felvétele a 7. és 14. napokon

Kezelés	BWi (g)	BWf (g)	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)
K7	0,030±0,002	0,038±0,004	0,00±0,00 ^a	22,64±3,54 ^{abc}
Co7	0,033±0,001	0,463±0,002	30,19±9,71 ^b	18,36±3,56 ^{ab}
Mn7	0,030±0,004	0,400±0,004	0,00±0,00 ^a	35,38±9,60 ^{cde}
CoMn7	0,032±0,003	0,427±0,005	35,98±0,98 ^b	30,11±5,09 ^{bcd}
K14	0,037±0,003	0,059±0,004	0,00±0,00 ^a	15,75±0,85 ^a
Co14	0,032±0,002	0,052±0,005	53,10±8,91 ^c	15,67±0,77 ^a
Mn14	0,036±0,001	0,064±0,003	0,00±0,00 ^a	36,87±1,90 ^{de}
CoMn14	0,034±0,003	0,061±0,007	50,97±5,45 ^c	44,04±6,54 ^e

Az adatok átlag ± standard eltérésekben vannak megadva. Az oszlopokon belül különböző betűkkel jelölt átlagértékek szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$). **Kontroll:** Búzadara szubsztrátum, **Co7:** 7 napig kobalttal dúsított lisztbogár lárvá, **Co14:** 14 napig kobalttal dúsított LL, **Mn7:** 7 napig mangánnal dúsított LL, **Mn14:** 14 napig mangánnal dúsított LL, **CoMn7:** 7 napig kobalttal és mangánnal dúsított LL, **CoMn14:** 14 napig kobalttal és mangánnal dúsított LL

A lisztbogár lárvá különböző nyomelemekkel való dúsítása a kísérletünk eredményei alapján hatékony és rövid idő alatt megvalósítható. Kijelenthető, hogy a lisztbogár lárvá nagymennyiségű kobaltot és mangánt képes felvenni a szubsztrátumból.

3.2.4. A sügér kobalt és mangán felvétele a dúsított lisztbogár lárvával történő etetés eredményeként

A kísérlet során minden kezelés esetében alacsony elhullás volt tapasztalható, szignifikáns eltéréseket nem tapasztaltunk a kezelések között. A két nyomelem kombinációjával dúsított lisztbogár lárvát fogyasztó halak (CoMn) esetében nem tapasztaltunk elhullást ($S=100\%$), míg a többi kezelést tekintve a legmagasabb értéket a kontrol csoport mutatta ($S=95,56 \pm 7,70\%$), a Co és Mn kezelésnél pedig egyaránt $97,78 \pm 3,85\%$ volt a megmaradási arány.

A kísérlet végén a kezelések átlagos biomasszája minden esetben növekedést mutatott a kezdő adatokhoz képest. A CoMn kezelés ($1430,67 \pm 8,09\text{ g}$) szignifikánsan kedvezőbb eredményt ért el a kontrol csoporthoz képest ($K=1254,23 \pm 126,16\text{ g}$), míg a Co ($1388,1 \pm 46,94\text{ g}$) és Mn ($1363,3 \pm 108,59\text{ g}$) kezelés nem tért el statisztikailag igazolhatóan egyiktől sem.

A kezelések átlagos egyedsúlya a kísérlet végén teljes mértékben korrelált ezekkel a mutatókkal ($K=87,50 \pm 19,26\text{ g}$; Co= $94,64 \pm 17,29\text{ g}$; Mn= $92,95 \pm 18,23\text{ g}$; CoMn= $95,38 \pm 20,81\text{ g}$) a kísérlet végén. A takarmányértékesítést tekintve a CoMn ($0,84 \pm 0,08\text{ g/g}$) és Mn ($0,80 \pm 0,08\text{ g/g}$) kezelés szignifikánsan jobb mutatót produkált a kísérlet végén a kontrol ($1,99 \pm 0,34\text{ g/g}$) csoporthoz viszonyítva, míg a Co ($1,21 \pm 0,23\text{ g/g}$) kezelés nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést egyik kezeléshez képest sem.

A halak specifikus növekedési ütemét vizsgálva a kontrol csoport ($0,19 \pm 0,10\%$) szignifikánsan alacsonyabb mutatót ért el a többi kezeléshez viszonyítva a kísérlet végén (Co= $0,46 \pm 0,09\%$; Mn= $0,42 \pm 0,18\%$; CoMn= $0,46 \pm 0,04\%$). A termelési paraméterek eredményei alapján kijelenthető, hogy a halak számára esszenciális 2 nyomelemmel, a kobalttal és mangánnal dúsított élő lisztbogár lárvával takarmányozott egyedek szignifikánsan nagyobb egyedsúlyt és specifikus növekedési ütemet, valamint alacsonyabb takarmányértékesítést érték el a kísérlet végén a többi kezeléshez viszonyítva.

A kísérlet végén filé mintát vettünk, illetve az egész test nyomelem analízisére is sor került (**4. táblázat**). A halhús kobalt tartalmát tekintve a kobalttal dúsított kezelésekben szignifikánsan több nyomelem dúsult fel (Co = $806,1 \pm 230,4\text{ }\mu\text{g/kg}$; CoMn = $359 \pm 257,8\text{ }\mu\text{g/kg}$) a másik két kezeléshez képest. A mangánnal való dúsítás csökkenő kobalt akkumulációt eredményezett, ugyanis a kizárólag kobalttal dúsított rovarokat fogyasztó Co kezelés szignifikánsan nagyobb kobalt koncentrációval bírt a CoMn csoporthoz képest.

4. táblázat: A halak húzában és egész testében mért kobalt és mangán koncentráció

Nyomelem konc.	Kezelés			
	Kontrol	Co	Mn	CoMn
Co_(test)(µg /kg)	15, 1 ± 3,12 ^a	1527,8 ± 717,7 ^c	7,7 ± 1,66 ^a	722,3 ± 266,6 ^b
Co_(filé)(µg/kg)	0,00 ± 0,00 ^a	806, 1 ± 230,4 ^c	5 ± 1,16 ^a	359 ± 257,8 ^b
Mn_(test)(µg /kg)	5145,6 ± 917,4 ^a	5263,5 ± 1716,1 ^a	8911,2 ± 2388,6 ^b	9153,3 ± 3351,1 ^b
Mn_(filé)(µg /kg)	807,8 ± 153,8 ^a	852,7 ± 179,2 ^a	1691 ± 103,56 ^b	1058,5 ± 370,5 ^b

Az adatok átlag ± standard eltérésekben vannak megadva. **Kontroll:** Lisztbogár lárvával takarmányozott halak; **Co:** Kobalttal dúsított lisztbogár lárvával takarmányozott halak; **Mn:** Mangánnal dúsított lisztbogár lárvával takarmányozott halak; **CoMn:** Kobalttal és mangánnal dúsított lisztbogár lárvával takarmányozott halak. A sorokon belül különböző betűkkel jelölt átlagértékek szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$).

A halak egész testében feldúsult kobalt koncentráció teljes mértékben korrelált a filé minták eredményeivel. A sügerek testében feldúsult kobalt mennyisége szignifikánsan magasabb volt a Co kezelésben ($1527,8 \pm 717,7 \mu\text{g/kg}$) a mindkét nyomelemmel dúsított kezeléshez képest (CoMn = $722,3 \pm 266,6 \mu\text{g/kg}$), míg a kontrol csoport és az Mn kezelés nem tért el egymástól statisztikailag igazolható mértékben a kísérlet végén.

A halak mangán tartalmát tekintve hasonló eredmények születtek, mint a kobalt esetében. A halak húzában szignifikánsan nagyobb mangán szint volt mérhető a célzottan ezzel a nyomelemmel dúsított kezelésekből (Mn= $1691 \pm 103,56 \mu\text{g/kg}$; CoMn = $1058,5 \pm 370,5 \mu\text{g/kg}$) a kontrol csoport ($807,8 \pm 153,8 \mu\text{g/kg}$) és a Co ($852,7 \pm 179,2 \mu\text{g/kg}$) kezelésekből képest. A halak egész testében feldúsult mangán szintet meghatározó mérések eredményei hasonlóan a kobalttal dúsított kezelésekből, ebben az esetben is teljes korrelációt mutattak a filé minták nyomelem tartalmával.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. A tartástechnológia kísérletek eredményei alapján megállapítottam, hogy a juvenilis sügér számára a fekete aljú, világosszürke oldalfalú medence kedvező hatással van a termelési paraméterekre (egyedi testtömeg, specifikus növekedési ütem) az intenzív nevelés során, eredményeimet a termelési mutatók mellett az antioxidáns paraméterek (kortizol, glükóz, kataláz, C-vitamin, MDA, GR, GSH, GSSG) is megerősítették.

2. A megvilágítással és a víz zavarosságával kapcsolatos kísérletem eredményei alapján megállapítottam, a mérsékelt megvilágítás ($118,0 \pm 24,4$ lux) kedvezően befolyásolja az egyedi testtömeget és a specifikus növekedési ütemet a juvenilis sügér nevelés során. A víz zavarossága önmagában nem, csak az említett fényintenzitás mellett gyakorolt pozitív hatást a termelési paraméterekre.

3. A sügérral végzett takarmányozási vizsgálataim eredményei alapján megállapítottam, hogy ivadék korosztályban azonos takarmányadagok (takarmány összetétele: nyersfehérje: 53%, nyerszsír: 18%, intenzitás: 5%) esetén az etetés gyakorisága nincs hatással a termelési paraméterekre, amennyiben a takarmányozás napi 2 - 3 - 4 alkalom között történik.

4. Megállapítottam, hogy a lisztbogár lárvá élő formában beilleszthető a juvenilis sügér takarmányozásába. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a rovarlárva szárazanyag ekvivalencia értékben számítva akár 75%-os arányban is kiválthatja a száraz takarmányokat a termelési paraméterek romlása nélkül.

5. Megállapítottam, hogy a lisztbogár lárvá a szubsztrátum kobalt-kloriddal és mangán-kloriddal történő dúsítása esetén hatékonyan akkumulálja a két nyomelemet már 7 nap elteltével. A lárvák kobalt tartalma a 14 napos dúsítás követően szignifikánsan nagyobb volt, mint a 7 napos dúsítás esetében, ugyanakkor a lárvák mangán tartalma statisztikailag nem különbözött a két vizsgált időpontban.

6. Megállapítottam, hogy a kobalttal és mangánnal kombinációban dúsított lisztbogár lárvá etetése kedvező hatással van a piaci méretű sügér termelési paramétereire (egyedi testtömeg, takarmányértékesítés, specifikus növekedési ütem). A halak teljes test és filé mintáinak analízise alapján kimutattam, hogy a sügér nagy mennyiségben képes felvenni a két nyomelemet a rovarlárvákból közvetett úton.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A sügér őshonos ragadozó halfaj Magyarországon, azonban az akvakultúrák termelésben nem tölt be jelentős szerepet, inkább járulékos halként jelenik csak meg. A doktori értekezés célja az intenzív haltermelésben ezidáig újnak tekinthető sügér termelésbe vonásának, valamint piaci bevezetésének támogatása, részben az állati eredetű alternatív fehérje források közé tartozó közönséges lisztbogár lárvá felhasználására alapozott takarmányozási protokoll fejlesztése által.

A kutatás másik fő célja a sügér tartástechnológiájának fejlesztése volt. A különböző módon elsötétített medencében végrehajtott kísérlet eredményei alapján megállapítottam, hogy a sötét aljú, világos oldalú medence egyértelműen kedvezően befolyásolja a halak stressz állapotát. Az egyes halfajok és korosztályok szükségleteihez igazodó medence szín az intenzív nevelés egyik fontos alapköve, ennek ellenére ezidáig a szakirodalomban nem állt rendelkezésre olyan kutatás, mely a medenceszín és az antioxidáns paramétereket közötti összefüggéseket vizsgálta, így kijelenthető, hogy eredményeim hozzájárulhatnak a sügér intenzív nevelési technológiájának fejlesztéséhez. A medenceszínnel, a megvilágítással, illetve a víz zavarosságával kapcsolatban nyert tapasztalatok egy esetleges beruházás során is hasznos információkat nyújthatnak a termelőknek a termelői közeg tervezését és kialakítását illetően.

A doktori kutatás során elért eredmények egyik fontos pillére, hogy a közönséges lisztbogár lárvá beemelhető a haltakarmányozásba, amit a takarmányozási kísérletek során elért kedvező eredmények alátámasztanak. A lisztbogár lárvával végrehajtott takarmányozási kísérletek kedvező eredményei elősegíthetik a rovar alapú takarmányozás fejlesztését, így hosszútávon a kutatás hozzájárulhat a halliszt felhasználás csökkentéséhez.

Fontos gyakorlati tapasztalat, hogy a lisztbogár lárvá hatékonyan dúsítható kobalttal és mangánnal. Az általam kapott, kedvező eredmények alapján egyéb nyomelemek és bioaktív anyagok beillesztésével kapcsolatos, illetve különböző élő táplálékszervezetek dúsítását célzó kísérletek is indíthatók a jövőben.

A sügér nevelés utolsó szakaszában a dúsított élő lisztbogár lárvá etetésének hatásaként a kobalt és a mangán megjelent a halfilében is, tehát nem csupán a szervekben történik meg a nyomelem akkumulációja. Ez humán egészségügyi szempontból is fokozottan előnyös, így kijelenthető, hogy a doktori kutatás egyes eredményei akár a magyarországi halfogyasztás népszerűsítéséhez és növeléséhez is hozzájárulhatnak.

6. IRODALOMJEGYZÉK

1. Alanärä, A. - Strand, Å.: 2015. The Energy Requirements of Percid Fish in Culture. [In: Biology and Culture of Percid Fishes: Principles and Practices; Szerk. Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C.] Springer: Dordrecht, The Netherlands; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; London, UK. 353–368.
2. De Souza-Vilela, J. - Andrew, N. R. - Ruhnke, I.: 2019. Insect protein in animal nutrition. *Animal Production Science*. 59. 11: 2029-2036.
3. Jentoft, S. - Oxnevad, S. - Aastveit, A. H. - Andersen, O.: 2006. Effects of Tank Wall Color and Up-welling Water Flow on Growth and Survival of Eurasian Perch Larvae (*Perca fluviatilis*). *Journal of the World Aquaculture Society*. 37. 3: 313–317.
4. Kim, S. W. - Less, J. F. - Wang, L. - Yan, T. - Kiron, V. - Kaushik, S. J. - Lei, X. G.: 2019. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy. *Annual Review of Animal Biosciences*. 7. 221-243.
5. MA-HAL (2022): Jelentés a Szövetség működésének 2021. évi eredményeiről. Budapest, 2022.
6. Palińska-Żarska, K. - Żarski, D. - Krejszeff, S. - Nowosad, J. - Bilas, M. - Kucharczyk, D.: 2013. Tank wall color affects swimbladder inflation in Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., under controlled conditions. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 78. 338–341.
7. Strand, Å. - Alanärä, A. - Staffan, F. - Magnhagen, C.: 2007. Effects of tank colour and light intensity on feed intake, growth rate and energy expenditure of juvenile Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Aquaculture*. 272. 1-4: 312-318.
8. Tamazouzt, L. - Chatain, B. - Fontaine, P.: 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture*. 182. 85–90.
9. Tidwell, J. H. - Allan, G. L.: 2001. Fish as food: aquaculture's contribution. *EMBO Reports*. 2. 11: 958-963.

7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI
EGYETEM**

DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/255/2023.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Molnár Áron

Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10070852

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

1. Molnár, Á., Dajka, B., Fehér, M.: Does the feeding frequency influence the growth performance of European perch juveniles (*Perca fluviatilis*) during intensive rearing?
Agrártud. Közl. 1, 123-128, 2022. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/10705>
2. Molnár, Á., Toviho, O. A., Fehér, M.: Investigation of the production parameters, nutrient and mineral composition of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae grown on different substrates.
Agrártud. Közl. 1, 129-133, 2022. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/10418>
3. Molnár, Á., Kovács, L., Homoki, D., Minya, D., Fehér, M.: Examining the production parameters of European perch (*Perca fluviatilis*) juveniles under different lighting conditions.
Agrártud. Közl. 1, 149-153, 2021. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/8494>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

4. Molnár, Á., Homoki, D., Bársony, P., Kertész, A., Gálné Remenyik, J., Pesti-Asbóth, G., Fehér, M.: The Effects of Contrast between Dark- and Light-Coloured Tanks on the Growth Performance and Antioxidant Parameters of Juvenile European Perch (*Perca fluviatilis*).
Water. 14 (6), 1-10, 2022. EISSN: 2073-4441.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w14060969>
IF: 3.53 (2021)

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

5. Molnár, Á., Homoki, D., Lelesz, J. É., Kovács, L., Bársony, P., Fehér, M.: A mesterséges takarmány kiváltásának lehetőségei élő lisztbogár lárvá (Tenebrio molitor) etetésével a csapósügér (*Perca fluviatilis*) intenzív nevelése során.
In: XXVII. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely : Konferenciakötet. Szerk.: Bene Szabolcs, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, Keszthely, 27-33, 2021.
ISBN: 9786156338044





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

6. Molnár, Á., Homoki, D., Kertész, A., Bársony, P., Fehér, M.: Rovarlárvával történő takarmányozás lehetőségei a csapósügér (*Perca fluviatilis*) intenzív nevelése során.

In: Halászatfejlesztés 38. Szerk.: Fazekas Gyöngyvér, Gyalog Gergő, Nagyné, Biró Janka, Bozáné Dr. Békefi Emese, Dr. Halasi - Kovács Béla, Szarvas, 25-27, 2021, (ISSN 0230-8312) ISBN: 9789632699615

7. Molnár, Á., Homoki, D., Bársony, P., Stündl, L., Gálné Remenyik, J., Fehér, M.: A medenceszín hatása a csapósügér (*Perca fluviatilis*) termelési és élettani paramétereire.

Halászatfejlesztés. 37, 16-17, 2020. ISSN: 1219-4816.

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

8. Kertész, A., Bereczki, G., Dajka, B., Molnár, Á., Bársony, P., Fehér, M.: A különböző fény spektrumok hatása az intenzíven nevelt harcsa (*Silurus glanis*) termelési és élettani paramétereire.

Halászatfejlesztés. 39, 41-43, 2022. ISSN: 1219-4816.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

9. Kovács, L., Minya, D., Homoki, D., Tóth, O. A., Molnár, Á., Fehér, M., Stündl, L., Bársony, P.: Comparison of growth of mature all-female and mixed-sex Common carp (*Cyprinus carpio* L.) stocks in RAS.

Agrártud. Közl. 1 (1), 65-68, 2020. ISSN: 1587-1282.

DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/3748>

10. Homoki, D., Minya, D., Kovács, L., Molnár, Á., Balogh, K., Bársony, P., Fehér, M., Kövics, G., Stündl, L.: Comparison of the technological background of aquaponic systems.

Agrártud. Közl. 1, 47-52, 2020. ISSN: 1587-1282.

DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/4511>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

11. Herman, P., Fehér, M., Molnár, Á., Harangi, S., Sajtos, Z., Stündl, L., Fábán, I., Baranyai, E.: Iron and Manganese Retention of Juvenile Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to Contaminated Dietary Zooplankton (*Daphnia pulex*)-a Model Experiment.

Biol. Trace Elem. Res. 199 (2), 732-743, 2021. ISSN: 0163-4984.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-020-02190-z>

IF: 4.081





12. Sajtos, Z., Fehér, M., Molnár, Á., Stündl, L., Naszályi Nagy, L., Martins, J. C., Harangi, S., Magyar, I., Fehér, K., Baranyai, E.: The retention of Zr from potential therapeutic silica-zirconia core-shell nanoparticles in aquatic organisms.
Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 16, 1-10, 2021. ISSN: 2215-1532.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100572>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

13. Homoki, D., Kovács, L., Minya, D., Molnár, Á., Fehér, M., Kövics, G., Stündl, L.: Különböző bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) fajták akvapóniás vizsgálata.
In: A XLIV. Halászati Tudományos Tanácskozás kiadványa = Proceedings of the 44th Scientific Conference on Fisheries & Aquaculture. Szerk.: Nagyné Biró Judit, NAIK HAKI, Szarvas, 31-33, 2020, (Halászatfejlesztés, ISSN 1219-4816 ; 37) ISBN: 9789637120428
14. Kovács, L., Minya, D., Homoki, D., Molnár, Á., Fehér, M., Stündl, L., Bársony, P.: Monoszex ikrás pontyállományok (*Cyprinus carpio* L.) teljesítményvizsgálata.
In: XLIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet, Szarvas, 102-104, 2019, (ISSN 0230-8312)

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 7,611

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,53

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2023.06.15.

