

Tudományos Diákköri Dolgozat

Gyurcsák Márk Péter
Takarmányozási és takarmánybiztonsági
mérnök Msc

Gödöllő
2022



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2022. november 23.

Rovarfehérje-kiegészítés hatásának vizsgálata a csukalárva (*Esox lucius*) takarmányozása során

*The effect of insect protein supplementation during feeding of pike larvae (*Esox lucius*)*

Készítette: Gyurcsák Márk Péter
S7SG94
Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök
Msc
Nappali
Szent István Campus

Témavezető: Dr. Csorbai Balázs, tudományos munkatárs,
MATE-SZIC-AKI-HALT
Dr. Bokor Zoltán, tudományos főmunkatárs,
MATE-SZIC-AKI-HALT

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudomány Szekció

**Gödöllő
2022.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	2
1.2. Célkitűzések	3
2. Irodalmi áttekintés	4
2.1. A csuka bemutatása	4
2.1.1. Rendszertani besorolás	4
2.1.2. Morfológiai leírás.....	5
2.1.3. Elterjedés.....	5
2.1.4. Élőhely	6
2.1.5. Szaporodás, egyedfejlődés	6
2.1.6. Táplálkozás	7
2.1.7. Gazdasági jelentősége	7
2.2. A halliszt és annak kiváltására alkalmas egyéb takarmányösszetevők.....	8
2.2.1. A halliszt felhasználásának korlátai	9
2.2.2. Növényi eredetű fehérjeforrások.....	9
2.2.3. A rovarfehérjék.....	10
2.2.4. A fekete katonalégy.....	11
2.3. Az intenzív recirkulációs rendszerek.....	12
2.3.1. Az intenzív rendszerek története	12
2.3.2. Az intenzív rendszerek működése	13
3. Anyag és módszer	16
3.1. Kísérleti állomány előállítása	16
3.2. Ivadéknevelés	16
3.3. Testhossz mérés	20
3.4. Nedves és légszáraz tömegmérés	21
4. Eredmények és értékelésük	23
4.1. A lárvák hossza	23
4.2. A lárvák tömege	24
4.2.1. Kiindulási állomány testtömege	24
4.2.2. Kísérlet állomány nedvestesttömege a kísérlet zárásakor	25
4.2.3. Kísérlet állomány száraz testtömege a kísérlet zárásakor.....	26
4.3. Megmaradás	27
4.4. Környezeti paraméterek.....	28
4.5. Takarmány költségek.....	28
5. Következtetések és javaslatok	29

6. Összefoglalás	31
7. Irodalomjegyzék	32
8. Köszönetnyilvánítás.....	36

1. Bevezetés és célkitűzés

Dolgozatomban a csuka (*Exos lucius*) lárvakori nevelése során takarmányozási kísérletet végeztünk rovarfehérje kiegészítéssel. A vizsgálat recirkulációs halnevelő rendszerekben történt, emiatt kizárható a különböző külső hatások nagyrésze, így jól összehasonlíthatóvá váltak a különböző takarmányok. A ragadozóhalakra, így csukára is egyre nagyobb a kereslet, elsősorban sporthalként tekinthetjük meghatározó halfajnak. Azonban akadnak olyanok is, akik kifejezetten a gasztronómia szempontból érdeklődnek iránta. Vizsgálatok bizonyították, hogy a csuka már lárv állapotban is preferálja a tápot és azon nevelhető is. Így kézenfekvő volt egy ilyen ragadozót választani a rovarliszt tesztelésére, ami szívesen fogyaszt nem élő (nem mozgó) táplálékot is.

Az egyik leggyakrabban felhasznált fehérjeforrás az intenzív rendszerű haltenyésztésben a halliszt, hosszú távú alkalmazásával kapcsolatban azonban komoly problémák merülnek fel, mivel globálisan a halászatból származó fogások 25%-ából készül halliszt, valamint egyre nagyobb problémát jelenthet a mikroműanyagok jelenléte is (Christina et al. 2021). A hallisztipar nagymértékben terheli a tenger élővilágát, tehát nem fenntartható, valamint a halliszt ára is folyamatosan emelkedik (Ji-dan et al. 2010). Világszerte folyik a diskurzus a fenntarthatóbb fehérjeforrások alkalmazásának lehetőségéről. Ilyen fehérjeforrás lehet a feketekatonalégy lárvájából készült rovarliszt (Rumbos et al. 2019). Fenntarthatósága annak köszönhető, hogy a rovarok táplálékként a mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó szerves hulladék szolgál, alacsony vízbevitellel, magas takarmány-átalakítási hatékonysággal, alacsony üvegházi kibocsátással (gázok és ammónia), kevés állatjólléti problémával (Magalhães et al. 2017) termelhető. Ezek után kezdtük vizsgálni ennek a fehérjeforrásnak a felhasználási lehetőségeit, és építettük be a csukalárva takarmányozási technológiájába. A legfőbb kérdés az volt, hogy az új takarmányozási rendszer milyen hatást gyakorol a növekedésre, megmaradásra, a kannibalizmus megjelenésére és hosszú távon pénzügyileg jövedelmező-e.

1.2. Célkitűzések

A vizsgálataink során célul tűztük ki, a rovarfehérje takarmány-kiegészítés hatásának elemzését a csukalárva intenzív rendszerben történő nevelése során, az alábbi paraméterek vizsgálatán keresztül:

- halak megmaradása és a kannibalizmus megjelenése;
- halak növekedése (testtömeg/testhossz);
- a takarmányozási költségek meghatározása.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A csuka bemutatása

2.1.1. Rendszertani besorolás

A csuka (*Esox lucius* L.) az egyik legelterjedtebb ragadozó hal Európában. Besorolását tekintve valódi csontoshalak (Teleostei) csoportjába, lazacalkatúak (Salmoniformes) rendjébe, azon belül az Esocidaei alrendbe tartozik. Ennek az alrendnek két családja őshonos hazánkban, a pócfélék (Umbridae) és a csukafélék (Esocidae) (Györe 1995).

A csukafélék családjának hat faja ismert. Az *Esox* alnembe tartozik az északi félteke minden kontinensén megtalálható *E. lucius* (1. ábra), az Észak-Amerikában őshonos *E. masquinongy*, az ázsiai *E. reicherti*. A Kenoza alnembe tartoznak az Észak- Amerikában őshonos *E. niger*, *E. americanus*, *E. vermiculatus* fajok (Crossman 1978).



1. ábra A csuka (*Esox lucius* L.)

2.1.2. Morfológiai leírás

A csuka egy nagy testű (<130 cm) és hosszú életű (>10 év) halfaj (Forsman et al. 2015). Testalkata erősen megnyúlt, hengeres, oldalról csak enyhén lapított (Fritz 1996). Feje nagy és hosszú, a testhosszának akár egyharmadát is kiteheti. Szeme nagy, orra lapos, kacsacsőrszerű, szájrésze széles, alsó állkapcsa előrenyúló. Több sorban elhelyezkedő, erős ragadozófogai vannak. A fogai előlről hátrafelé haladva nagyobbodnak. A hátúszó magas, viszonylag rövid, széle lekerekített. A farokúszó erősen kimetszett. A faroknyél rövid, hengeres alakú. A test a farokalattiúszó után hirtelen elkeskenyedik. A pikkelyek kicsinyek. Az oldalvonal teljes, jól látható (Berinkei 1966). Színezete széles skálán mozog háta barnás, vagy zöldes, oldala világosabb, sötét keresztcsávokkal. Hasa a fehérestől a sárgásig változik (Kiss 2016).

2.1.3. Elterjedés

A csuka az északi féltekén általánosságban megtalálható halfaj (északi szélesség 70-36 foka között). Az Egyesült Államokban, Kanadában és Európában is megtalálható. Elterjedésének határai Nyugaton az Appalache-hegység, Keleten a Sziklás-hegység. Déli elterjedésének határvonala Missouri és Nebraska állam. Euráziában őshonos a Pireneusi-félszigettől a szibériai Csukcs-félszigetig (Hochleithner 2004). Előfordul az Aral- és a Bajkál-tó vízgyűjtő területén is. Ezzel szemben nincs jelen Szibéria vizeiben, valamint a Skandináv arktikus területein. A telepítések miatt a 14. századtól Írországból, valamint a későbbiek során Portugáliában, Spanyolországban, Madagaszkáron Marokkóban, is meghonosodott (Horváth et al. 2007).

A csuka őshonos halfajunk és a legtöbb hazai vizünk állandó lakója. Az alábbi hazai vizekben található meg nagy számban:

- Öreg-Duna, Mosoni-Duna, Duna, Rábca, Répce, Rába, Pinka, Strém, Marcal, Cuhai-Bakony-ér, Által-ér, Ipoly, Kemence-patak, Dunavölgyi-főcsatorna, Kiskunsági-főcsatorna;
- Zala, Zala-Somogyi-Határárok, Tapolca-patak, Eger-víz, Sió, Kapos, Koppány;
- Dráva, Mura, Kerka, Székvíz, Rinya, Zsdála-patak, Karasica;
- Kolon-tó (Izsák), Péteri-tó (Pálmonostora), tőzegbányatavak (Szank), Vörös-mocsár (Császártöltés), Dong-éri-főcsatorna;
- Tisza, Túr, Öreg-Túr, Szamos, Kraszna, Csaronda, Bodrog, Ronyva, Keleti-főcsatorna, Nyugati-főcsatorna, Sajó, Bódva, Rakaca, Hernád, Vadász-patak, Hejő, Eger-patak, Csincse, Laskó, Zagyva, Hajta, Tarna, Tarnóca;
- Hármaskörös, Kettős-Körös, Fekete-Körös, Fehér-Körös, Hortobágy-Berettyó, Sebes-Körös, Berettyó, Ér, Maros;

- Fertő, Balaton, Kis-Balaton, Velencei-tó, Tisza-tó;
- egyéb tavak, halastavak, holtágak, mocsarak, csatornák, folyóvizek.

(Harka és Sallai. 2004)

2.1.4. Élőhely

A csuka kiválóan alkalmazkodik környezetéhez, a hegyi patakok kivételével minden víztípusban megtalálható. Elsősorban állóvízi halfaj, különösen kedveli a kisebb, növényzettel benőtt tavakat (Hegyi és Lefler 2016). A nagyobb tavak parti zónájában találhatóak a kisméretű/fiatal egyedek. Folyóvizekben a sekély szélvizek lakója. Jelentős csukaállomány alakul ki a frissen elárasztott csatornáknak és víztározókban. Néhány év után a hasznosítás módjától függetlenül viszont már csökkenő tendenciát mutat a víztározó csukaállománya. Ennek egyik lehetséges oka a kannibalizmus, ami nem csak a fiatal, de a kifejlett egyedknél is jelentős. Az igényeinek megfelelő vízterületeken hazánkban általánosan megtalálható (Pintér 1980).

2.1.5. Szaporodás, egyedfejlődés

Általánosságban elmondható, hogy a csuka territoriális viselkedésű halfaj, ebből kifolyólag az év nagy részét megszokott élőhelyén tölti. A területüket egyedül tavasszal hagyják el, amikor is felkeresik a számukra megszokott ívőhelyeket. Jellemzően az ívási időszak e faj esetében február második felére és márciusra tehető. Méretek szerint elkülönülhet az ívőhely, a kisebb egyedek jobban preferálják a sekély vizeket (15-20 cm), amíg a nagyobb példányok 1-2 méteres vízmélységekben is ívhatnak. Az ívási felület minden esetben valamiféle növény: ártéri rét, nádtorzsák, különböző vízinövények. Az ívás sikerességét nagyban befolyásolja a vízszint változás, ugyanis, ha az áradás, vagy a vízállás visszább húzódik könnyedén szárazra kerülhet az egész ívási terület, ezáltal tönkretéve az egész szaporulatot. A kifejlett egyedek három (ikrások), illetve a két éves (tejesek) korukban lesznek ivarérettek. A nagyobb egyedek párba állva ívnak, a kisebbek pedig 3-4 fős csoportokban (2-3 tejes és 1 ikrás). A nász időszaka rendszerint napközben, főképp a reggeli órákban zajlik le és 2-5 napon keresztül is tarthat. A lerakott ikrák számát (3 000-200 000 db) több dolog is befolyásolhatja, ilyen tényező lehet a halak mérete és a vízterület adottsága (Pintér 1989). Az ívás során az ikrás egyed halad elől és kisebb adagokban, viszonylag nagy területen bocsájtja ki az ikrát. Az őt követő tejes/tejesek a nőtényt követve termékenyítik meg az ikrákat. Az ikrák feltapadnak a különböző növényekre. A kelést leginkább a víz hőmérséklete befolyásolja, hozzávetőlegesen 12-14 nap után kezdődik

meg a kelés. A kikelt lárvák ezt követően napokig növényeken függeszkednek. A szikanyag felszívódása körülbelül 6-10 nap alatt valósul meg (Scott és Crossman 1973).

2.1.6. Táplálkozás

A lárvák első táplálékai különböző gerinctelenek: evező lábú rákokhoz tartozó fajok (*Eucyclops serrulatus* és *Eudiaptomus* sp.). kifejlett alakjai, kisebb (*Moina* sp.) és a nagyobb méretű ágascsapú rákok (*Ceriodaphnia* sp.), illetve a nagy vízibolha (*Daphnia magna*), (Mézes 2016).

Egy éves korban jellemzően a halakkal, illetve vízi gerinctelenekkel táplálkoznak, azonban külső hatások befolyással lehetnek táplálkozási szokásaikra, annak bázisára is. Egyes kutatások szerint a nyári időszakban a csukák gyomortartalma nagy számban tartalmazott rovarokat 56% (*Coenagrion puella*, *Enallagma cyathigerum*, *Lestes sponsa*) emellett 40%-ban halat (*Scardinius erythrophthalmus*, *Lepomis gibbosus*, *Carassius Carassius*, *Ichthalurus nebulosus*) és további 4%-ban egyéb gerincteleneket. A nyár végén (augusztus vége szeptember eleje) fogott csukák gyomortartalmának nagyobb részét képezte hal (97%) és csupán 3%-ban tartalmazott rovar. Természetesen a táplálkozását jelentősen befolyásolják az élőhely adottságai és az évszakok változásai (Mézes 2016).

Intenzív körülmények között az elúszó lárvák etetése történhet gyűjtött planktonnal, azonban ez sok fizika munkát igényel. Időszakosan hiány is lehet belőle, valamint nem kívánatos baktériumok, élősködők is bekerülhetnek a rendszerbe. A csukák lárvanevelés során jól reagálnak a táppal történő etetésre. Emésztő rendszerük kellően fejlett, hogy akár az etetés kezdetétől táppal etessük (Kucska 2016).

Nincs tudomásunk jelenleg olyan komplex takarmányról, ami kifejezetten csuka lárvakori neveléséhez állítottak elő. A lárvák neveléséhez 58-62% fehérje tartalmú táp ajánlott, aminek a zsírtartalma 11-14% között mozog. A bel tartalmi értékek mellett fontos szerepe van a táp szemcseméretének. A legmegfelelőbbnek a legnagyobb szemcseátmérő bizonyult, amit még a kisebb egyedek is fel tudnak venni. Ezáltal érhető el a legnagyobb növekedési erély (Kucska 2016).

2.1.7. Gazdasági jelentősége

A csuka elsősorban sporthalként tölt be meghatározó szerepet. A horgon keményen küzdő, nagy sportértékkel rendelkező hal. Kedvelt faj a horgásztavak népesítéséhez és egyéb horgászvizek halasításához. A csuka népesítése tógazdaságokban elkerülhetetlen a

táplálékkonkurens (értéktelen) halak és „vadívásból” származó ivadék gyérítése érdekében (Szabó 2000). Jelenléte közvetve képes javítani a pontytenyésztés tógazdasági eredményeit is.

A csukatelepítés hatékony megoldás a gazdaságokban előfordul ezüstkárász és más egyéb vadhal-állományok csökkentésére, mindemellett mellékalként különös jelentőséget kap a tógazdaságokban és a zárt vizekben (olyan vízterületek, amelyek nincsenek kapcsolatban más felszíni vizekkel) egyaránt. Nagy előnye a csukának, hogy képes kevésbé értékes halak fogyasztásával előállítani fehér és ízletes húst, ezért a faj iránt mind hazai és külföldi piacokon egyaránt van kereslet. Emellett a csuka gazdasági, valamint ökológiai jelentősége következtében egyik legkeresettebb exporthalunk, ezért indokolt a természetes vizek, a tógazdasági halastavak, valamint a horgásztavak különböző korosztályú (táplálkozó lárvá, előnevelt ivadék, egynyaras csuka hatékony) csukák telepítése (Szabó, 1997).

2.2. A halliszt és annak kiváltására alkalmas egyéb takarmányösszetevők

Az emberiség számának várható növekedése miatt a Világnak 2030-ra további 23 millió tonna vízi táplálékra lesz szükség, ha fenn szeretnék tartani a jelenlegi egy főre jutó halfogyasztás növekedését. Ezt a mennyiséget akvakultúrából kell megteremteni, mivel a természetesvízi halászati hasznosítás az elmúlt évtizedekben elérte a maximumát (FAO 2016).

Világszinten az egy főre jutó átlagos halfogyasztás 2019-ben 20,5 kilogramm, ez várhatóan 21,2 kg/főt is elérheti. Hazai viszonylatban az egyfőre vetített éves halfogyasztás 2020-ban nem érte el a 7 kilogrammot (6,37 kg/fő) (MA-HAL 2021).

Az akvakultúra volt a leggyorsabban növekvő élelmiszeripari termelési ágazat az utóbbi évtizedekben. Az éves növekedési ütemet tekintve az elmúlt három évtizedben a leggyorsabban növekedett. Az 1990-es években 10%-os éves növekedési rátával és az 1990-es években 10%-os éves növekedési rátával. 5,8%-os éves növekedést ért el 2000 és 2016 között. (Hua et al. 2019). A halliszt egy olyan takarmányalapanyag, amely legfeljebb 6% olajat és 4 % sót tartalmaz. Halakból, vagy halhulladékból, például belsőségből nyerik. Általában por formájában árusítják, főként baromfi, sertés és tenyésztett hal összetett takarmányaiban használják (http1.). A halaknak 30-55% nyersfehérjét és aminosav-ellátást tartalmazó étrendre van szükségük, amely illeszkedik az optimális növekedéshez (Hetényi 2019.) A halliszt ideális fehérjeforrás az intenzív recirkulációs rendszerekben, mivel magas fehérjetartalommal (65–72%) rendelkezik, és ideális arányban tartalmazza mind a tíz nélkülözhetetlen aminosavat, amelyek eleget tesznek minden halfaj szükségleteinek (Tacon 1987).

2.2.1. A halliszt felhasználásának korlátai

A halliszt sokféle állattakarmányban (sertés, baromfi stb) megtalálható összetevő. Olyan áru, amelyből évente több millió tonna kerül értékesítésre a nemzetközi piacokon. Ugyanakkor környezeti károk forrása is egyben. A halászok, akik rosszul fizetett munkát végeznek a halászhajókon, húzóhálóval maximalizálják a gyenge minőségű halak fogási mennyiségét, amelyek halliszként használhatók. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének kiadványa szerint a teljes halfogás 25%-át közvetlenül halliszt vagy halolaj előállítására használták fel 2014-ben, ami megközelítőleg 20 millió tonna tengeri halfogást jelent. Habár szabályozva van a halliszt és a halolaj előállításának technológiája, de jelenleg úgy becsülik, hogy a világ teljes termelésének mindössze 42%-a felel meg az előírtaknak (FAO 2016). A halliszt túlnyomó részét az akvakultúrában, halgazdaságokban használják fel, de sok más termékben is előfordul. Az egyéb haszonállatok takarmánykeverék receptúrájában is gyakori takarmánykomponens a halliszt, bel tartalmiértékei miatt (Groeneveld et al. 2021).

2.2.2. Növényi eredetű fehérjeforrások

A halliszt alternatíváinak felkutatása elengedhetlenné vált annak érdekében, hogy csökkentsük az akvakultúra tengeri élőlényekből származó fehérjeigényét és a fenntarthatóság irányába mozduljunk (Kemenczei et al. 2016; Jakabné et al. 2020). Az állati melléktermékekből készült takarmányösszetevőket (húsliszt, csontliszt, vérliszt, baromfi melléktermékliszt, hidrolizált toll-liszt) alternatív fehérjeforrásként használják az európai országok haltermelésében. Európában jelentős figyelmet fordítottak a piacon nagy mennyiségben elérhető növényi fehérjeforrások használatára is (olajos és hüvelyes magvak, szállas takarmánynövények, levél fehérje). A növényi alapú takarmány-alapanyagok jelentős része kevésbé ízletes, magas rost- és keményítőmentes poliszacharid tartalmú, valamint zsírsav- és aminosav-profilja kedvezőtlenebb, mint a halliszté (Popp et al. 2016).

Az egyik legfontosabb növény, ami szóba jöhet a halliszt kiváltására az a szója (Ji-dan et al. 2010). A szója termelése azonban korlátokba ütközik, mint minden növénynél (termesztési terület, időjárás, hőmérsékleti stressz stb.) (Dinesh et al. 2013). Az Európai Unióban a támogatások hatására sem növekszik a szója termelése, így az EU importálja továbbra is a világ szója kereskedelmének 10%-át. Ezt a függőséget középtávon csak minimálisan képes csökkenteni (Popp 2016). A halak étrendjébe való beépítésük korlátai a fehérje tartalmához, az aminosavprofilhoz és a táplálkozást gátló tényezők (anti-nutritional factors, ANF) jelenlétéhez kapcsolódnak. A hüvelyesekhez képest, az olajos magvakból és gabonafélékből származó fehérjekivonatok magasabb fehérje tartalmúak. Valamint a hüvelyesekről elmondható, hogy

ANF tekintetében kevesebbet tartalmaznak. A hüvelyesek ára növekedett a korábbi évekhez képest, ezáltal korlátozott a felhasználásuk. A szükséges esszenciális aminosavakkal megfelelően kiegészített növényi fehérje források keverékei szinte minden fajban helyettesíthetik a halliszt 75-95%-át, ezáltal csökkentve az akvakultúra tengeri erőforrásokra nehezedő nyomását (Francoise és Sadasivam 2009).

A mikroalgák állati takarmányként való felhasználása egyre inkább bekerül a köztudatba. Számos táplálkozástani és toxikológiai kísérlet bizonyította az algák biomasszájának alkalmasságát, mint a hagyományos takarmányok kiegészítője vagy helyettesítője a különböző fehérjeforrásoknak (szójaliszt, halliszt stb.). Az algák fehérje mellett más fontos tápláló anyagokat is tartalmaznak, például peptidek, szénhidrátok, lipidek, vitaminok, ásványi anyagok és egyéb értékes nyomelemek. A mai napig világszerte különböző kifinomult technológiákat alkalmaznak a tömegtermeléshez és a fotoautotróf mikroalgák feldolgozására, a világ éves termelése a becslések szerint körülbelül 10 000 t/év (Becker 2007).

2.2.3. A rovarfehérjék

A rovarliszt ígéretes fehérje- és lipid forrás a haltakarmányozásban. Az atlanti lazacon (*Salmo salar*) végzett takarmányozási kísérletek szerint a halliszt jelentős részben, vagy teljesen helyettesíthető rovarfehérjével, amit fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) lárváiból állítanak elő. Ezen kísérlet esetében a rovarliszt 33 és 66%-os arányú étrendbe építése hozta a legjobb eredményt a halak tömegének növekedésében (Ikram et al. 2019). Afrikai harcsával (*Clarias gariepinus*) végzett takarmányozási kísérlet során összehasonlították a három különböző rovarlisztet (fekete katonalégy, kék dongólégy és a közönséges lisztukac) 30% -os alkalmazás mellett. Ezek közül a fekete katonalégy lárvájából készült liszt hozta a legjobb eredményt (Jakabné Sándor et al. 2020). Általában a rovarlisztben magasabb a nélkülözhetetlen aminosav-tartalom, mint más takarmánytípusokban. A rovarok jó lipid- és zsírsavforrások, fontos azonban, hogy a zsírsavak mennyisége és típusa a fajtól, a fejlődési stádiumtól és a takarmány összetételétől függően változik (Pérez-Pacheco et al. 2022). A rovarliszt továbbá olyan vegyületeket is tartalmaz, mint a kitin, amelyet elsősorban rostnak tekintünk, de emellett jelentős nitrogénforrás is lehet. A kórokozó mikroflóra elleni aktivitással rendelkező rovarpeptidek jelentősen javíthatják az állatok egészségét, ellenállóképességét (Noagles-Mérida et al. 2018). A rovarliszt aminosavprofilja jobban hasonlít a halliszthez, mint a növényi alapú takarmányhoz, ezért a rovarok jó alternatívát jelentenek a szója helyett. A felhasznált nyersfehérje rovarfajoktól függően azonban még mindig hiányt szenvedhet egyes aminosavakban, mint például a metionin és a lizin. Lehetséges, hogy ezeket az aminosavakat

ki kell egészíteni az állati takarmányokban, hogy kielégítsék a tenyésztett fajok igényeit. A különböző rovarfajok kombinált használata azonban kompenzálhatja bizonyos aminosavak hiányát. Például a fekete katonalégy és a házi légy (*Musca domestica* L.) lárvái aminosav-profiljai kiegészítik egymást, és együtt sokkal jobb alternatívái lehetnek a hallisztnek, mint külön-külön (Alifko et al. 2022). Haltakarmány-termelésre engedélyezett rovarfajok közé az uniós jogszabályban írtak alapján hét rovarfaj tartozik (2017/893 (EU) rendelet)):

1. fekete katonalégy
2. házilégy
3. közönséges lisztbogár,
4. alombogár (*Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797),
5. házi tücsök (*Acheta domesticus* L),
6. sávós tücsök (*Gryllodes sigillatus* Walker, 1869),
7. banán tücsök (*Gryllus assimilis* Fabricius, 1775 (Hetényi 2019)).

Ezek a fajok nem paraziták, nem jelentenek kockázatot az emberi, állati vagy növényi egészségre. Előnyük, hogy nem továbbítanak emberi, állati vagy növényi kórokozókat, azaz nem tekinthetők vektornak, se nem védett, se nem invazív állatoknak. Ezek a fajok a „tenyésztett rovarok” közé sorolandók (EG 1069/2009). E hét rovar új jogi státusza bizonyos további következményekkel és előírásokkal jár, amelyeket be kell tartani. Állattáplálási célokra e rovarok tenyésztése csak meghatározott módszerekkel engedélyezett (Ebertz 2019).

2.2.4. A fekete katonalégy

A fekete katonalégy, egy meleg-mérsékeltövi rovar, amely rendkívül hasznos a nagy koncentrációjú állati trágya és más bioszilárd anyagok kezelésére (Díclaro et al. 2009). A természetes szaporodási helyeken a fekete katonalégy, nedves, szerves anyagba rakja le tojásait. A fekete katonalegyek gyakoriak a mezőgazdasági területeken, mert a nagy mennyiségű, az állatállomány által hátrahagyott szerves hulladék bőséges, a méhsejteknek megfelelő helyet kínál szaporodási igényeiknek (Diener és Zurbrügg 2011). Azokon a területeken, ahol természetes élőhelyek nem állnak rendelkezésre (urbanizált területek) a fekete katonalégy lerakja a tojásokat kukákba vagy komposztálóba, amelyek hasonló feltételeket és táplálékforrást biztosítanak a természetes szerves anyagokhoz. Ez különösen igaz a rossz higiéniai viszonyokkal rendelkező területekre (Díclaro et al. 2009). A hulladék gazdálkodás tekintetében is hasznos lehetnek a fekete katonalégy lárvái, mivel különböző bomló szerves

anyagokkal, például rothadó gyümölcsökkel és zöldségekkel, állati trágyával is táplálkoznak (Sinsari és Fahmi 2020; Pérez-Pacheco et al. 2022).

A fekete katonalégység tenyésztése jelen pillanatban a legelterjedtebb rovargazdálkodási forma világszerte (Szendrői et al. 2021). Magas fehérjetartalom mellett gyors termelési ciklussal rendelkezik. A tenyésztési szakaszban a fekete katona legyeket ketrecekben tartják, innen gyűjtik össze a tojásokat. Ezután egy szerves élelmiszer-hulladékot tartalmazó komposztáló edénybe helyezik a tojásokat. A teljesen ellenőrzött környezeti feltételek mellett a tojások nagyon gyorsan kikelnek. A termelési szakaszban a hőmérsékletet, a páratartalmat és a táplálékellátást gondosan ellenőrzik és optimalizálják a lárvák növekedéséhez, amelyek így mindössze 6 nap alatt érik el maximális testtömegüket. Felhasználásra kész lárvák 40-65% fehérjét és egyéb alapvető tápanyagokat tartalmaznak. A szárított rovarokat ezután rovarliszt előállítására használják fel, amely szétosztható vagy felhasználható a további feldolgozáshoz. (http 4). Az alábbiakban bemutatott tanulmány (Rawski et al. 2020) azt vizsgálta, hogy a fekete katonalégységlárvák milyen mértékben tudják helyettesíteni a hallisztet és a halolajat a szibériai tokhal etetésében. A takarmányban 5-30% rovarlisztet tartalmazó csoportokban javultak a kísérleti halak növekedési és takarmányhasznosítási paraméterei. A takarmány 5%, 10%, 15%, 20%, 25% és 30%-ában rovarfehérjét alkalmaztak. A testtömeg-gyarapodás, a fajlagos növekedési sebesség, a takarmány- és fehérjekonverziós arányok mind javultak a katonalégység lárva-liszttel kiegészített csoportban. Az eredmények arra utalnak, hogy a rovarliszt kiváló alternatív forrás lehet a halliszt és halolajhelyettesítésére (Rawski et al. 2020).

A katonalégység-félékből kinyert fehérjével kiegészített takarmányozás egyre közismertebb a halnevelésben. Háziállatként tartott állatok (békafélék, gyíkfélék, kaméleonok, halak, egyéb házikedvencek) számára élő eleséggént ajánlják. Ára viszont ezen piacon igen magas: 1 000 gramm élő fekete katonalégység lárva kiskereskedelmi ára átlagosan 3 500 Ft és 4 780 Ft közé tehető. A rovarból készült liszt ára hozzávetőleg 3 700 Ft/kg (Csókás et al. 2022) akadnak olyan esetek is, főképp a távol-keleti beszállítók esetén az iménti áraknál olcsóbban is akár 1 675 Ft/kg-tól is ajánlják a katonalégység lisztet (http3).

2.3. Az intenzív recirkulációs rendszerek

2.3.1. Az intenzív rendszerek története

Az intenzív haltenyésztő rendszerek kezdetleges formáinak megjelenését 1930-as évekhez köthetjük. Ekkor próbálták meg a szivárványos pisztrángot (*Oncorhynchus mykiss*) kontrollálható körülmények között nevelni. Az áttörés a második világháború után következett

be. Az intenzív rendszerek közös jellemzője, hogy a különböző korú halakat különböző nevelőegységekben nevelik egy bizonyos méretig, mindezt teljesen vagy majdnem teljesen ellenőrzött körülmények között. Az intenzív haltenyésztés kialakulása szinte egyszerre, két földrajzilag elkülönülő helyen ment végbe. A két helyszín Japán és Norvégia. Az első rendszer az úgynevezett úszó ketrec volt, amelyet édesvízi (Norvégia) és tengeri (Japán) körülmények között használnak. A halak etetésekor különösen fontos a faj- és életkorspecifikus teljes takarmányok alkalmazása. Az első ország, ahol valóban intenzív gazdaságok működtek, Dánia volt, amelyet 1962-ben hoztak létre a szivárványos pisztráng ipari körülmények között történő tenyésztésére. Figyelemre méltó előrelépés volt az átfolyó vízrendszerek alkalmazása, amely az 1970-es években vált elérhetővé (Shepherd és Bromage 1992).

A következő szintlépés a recirkulációs rendszerek alkalmazása a haltenyésztésbe. Az akvakultúrában a víz visszaforgatást már korábban is alkalmazták. Ez a tudás elegendőnek bizonyult ahhoz, hogy ezt az elvet beépítsék a haltenyésztési technikákba. Ekkor épült ki az első vízforgató rendszer, amely szabályozta a víz hőmérsékletét. Intenzív rendszerekben ez a forma jelenti a legmagasabb termelésellenőrzést (Wedemeyer 1996). A ketreces kultúra fejlődése sem állt meg. A 2000-es évektől a ketreces haltenyésztési rendszereket tengervíz felhasználásával működő szárazföldi nevelési egységekkel egészítették ki (pl. atlanti lazactenyésztés). Ezekben a kombinált rendszerekben a medencék biztosítják a halak számára a szükséges életkörülményeket a nevelés első szakaszának (kishal előnevelési méret) végéig, majd ezt követően már kihelyezett ketrecekben nevelik azokat (Urbányi 2015).

2.3.2. Az intenzív rendszerek működése

Az intenzív rendszer előnyei:

- relatíve kis helyigény;
- nevelés minden lépése jól átlátható, irányítható (vízminőség, hőmérséklet stb.);
- csak teljes értékű takarmányokkal történő etetés;
- magas haltelepítési, illetve tartási sűrűség.

Alapvetően három típusát különböztetjük meg a népesítési sűrűség alapján: félintenzív, intenzív, és szuperintenzív rendszerek. Ahogyan a fentekben említettük leggyakrabban alkalmazott formái a ketreces, az átfolyóvízes, valamint a recirkulációs halnevelő rendszerek. Az utóbbi több előnnyel rendelkezik halastavi gazdálkodással szemben. A korábbi felsorolás mellett, ahol a rendszer előnyeit foglaltuk össze, nem mehetünk el szó nélkül, hogy a víz-

visszaforгатása révén jóval kevesebb friss víz szükségeltetik a fenntartásához, ezáltal sokkal környezetbarátabb, mint más intenzív, sőt extenzív rendszerek.

Az intenzív rendszer hátrányai:

- szakképzett munkaerőt igény;
- igen magas beruházási költség;
- magas fenntartási költségek.

A sok előny ellenére, a rendszerek létesítése komoly költségekkel jár, hiszen a korszerű technikai háttér és a megfelelő minőségű alapanyagok, alkatrészek ára rendkívül magas. A folyamatos áramfelvétel állandó kiadást jelent. Üzemeltetése magas fokú szakmai hozzáértés igényel.

A recirkulációs rendszereket két részre oszthatjuk: egy halnevelő, és egy használtvízkezelő egységre. Az egyik eleme a mechanikai szűrés, melynek feladata a különböző lebegő anyagok eltávolítása a rendszerből. Ezt a feladatot jellemzően a mikroszűrők végzik el, melynek egyik legelterjedtebb és leggyakrabban alkalmazott formája a dobszűrő. Ebben az esetben a víz egy szűrő felületen folyik keresztül. A szükségtelen lebegő anyagok a hálón fennragadnak, ezeket a szennyeződések egy magasnyomású vízszugár mos bele egyelvezető csatornába (Péteri et al. 2015, Labatut et al. 2007).

Következő fontos technológiai szakasz a biológiai szűrés, mely nitráttá alakítja át, a halak, valamint a rendszer által kibocsájtott ammóniát. Erre a célra olyan nagy felületű anyagot használnak, melyen meg tudnak telepedni a bontó baktériumok. Működési elvüket tekintve kétféle típust alkalmaznak leggyakrabban a haltermelésben: a cső jellegű szűrők, illetve a kevertágyas filterek. A kevertágyas reaktorban a víz egy tartályba kerül, ahol a beérkező víz és a hozzáadott levegő folyamatosan mozgatja és keveri a biomédiát (egy olyan műanyagból készült hordozófelület, amin baktériumtelepek tapadnak meg.), így az nem ragad össze (Watten és Sibrell 2006). A cső jellegű (pug-flow) filterek jellemzője, hogy a csőben felfelé áramló víz találkozik a filteren megtelepedett baktériumokkal és hártájukon közben ammóniát, oxigént, oldott szerves anyagot vesz fel és nitrátot, széndioxidot ad le (Nijhof 1995). Hátránya a kevertágyas szűrővel szemben, hogy felépítése miatt gyakran tömődik el, de ez a probléma a már említett megfelelő hozzáértés mellett gyorsan orvosolható.

A recirkulációs rendszerekben megtalálható heterotróf baktériumok számának csökkentése rendkívül fontos. A vírusok, baktériumok, gombák és egysejtűek elpusztítására az akvakultúrákban ózont, (mint erős oxidáló hatású anyag) használnak vízkezelésre,

továbbá az UV fénnel való besugárzás szintén kiválóan felhasználható erre a célra (Timmons és Ebeling 2007).

A rendszer oxigénellátása nagymértékben függ az ott nevelt halak fajától és számától, valamint a halakat megterhelő külső és belső tényezőktől. A hőmérséklet, valamint a hal által fogyasztott táplálék összetétele is fontos tényező. A megfelelő oxigénmennyiség fenntartásához a levegő, vagy folyékony oxigén használható. A folyékony oxigén mellett szól, hogy áramszünet esetén is használható, hátránya a magas költsége. Beoldásukhoz egy oldódó kúp javasolt, és az úgynevezett "U" csövek is segíthetnek. A beoldó kúp felső részén az áramló víz sebessége 1,8-2 m/s, míg az alsó részen jóval lassabb, így a bevezetett oxigén feloldódik a vízben. Az atmoszférikus oxigénleadó berendezések, mint például a kompresszorok és a fúvók jelentősen alacsonyabb költséggel üzemeltethetők, folyamatosan és megbízhatóan használhatók. Az oxigén vízbe oldását porlasztókövekkel célszerű megoldani. Hátrányuk, hogy működtetéséhez áramellátás szükséges és képesek elkoszolódni (Péteri és Janurik 2015).

3. Anyag és módszer

Az elvégzett vizsgálatokat a MATE-SZIC/1745-1/2022 iktatószámú „Indukált halszaporítási és lárvanevelési vizsgálatok a MATE-AKI Szent István Campuson található halnevelő egységben” című állatkísérleti igazolás jóváhagyásával hajtottuk végre (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Munkahelyi Állatjóléti Bizottság).

3.1. Kísérleti állomány előállítása

A kísérletben felhasznált csuka lárvák Ráckevéről érkeztek, ahol az indukált szaporítás is zajlott. Az anyahalak oltására 2022.03.28-án került sor, a hormon adagot (3,5 mg/ttkg hipofízis fiziológiás sóoldatban) egy adagban kapták meg, altatás után kapták meg az egyedek. Az oltás során 12,5 °C hőmérsékletű, 12 mg/liter oxigéntartalmú vízben tartottuk a halakat. A szaporítás 2022.04.01-én, 12,9 °C hőmérsékletű 10,85 mg/liter oxigéntartalmú vízben történt.

A szaporításhoz két tejes és két ikrás csukát használtunk fel. A tejeseket leöltük és kioperáltuk, majd szitaszöveten préseltük át a heréket a sperma kinyeréséhez. Az ikrásokat ezalatt 2-fenoxietanollal altattuk (0,8 ml /l), ezt követően lefejtük az ikrát. A duzzasztás rázógépen történt, ahol 30 percen keresztül 63 rpm-es fordulatra állítottuk a gépet. Az előbbieken taglalt munkafolyamatok mind a helyszínen zajlottak le, majd halszállító zsákokban Gödöllőre a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszékére szállítottuk az ivarterméket.

3.2. Ivadéknevelés

A csuka ikrák 2022 április 1-én kerültek a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékre, ahol egy mobil konténerben elhelyezett Zuger-rendszerben történt az ikra inkubálása. A kelés április 7-én az esti órákban kezdődött meg. Miután az összes lárvát lekelt, áthelyeztük a lárvákat két óriás-Zugerbe, a lárvák feltapadását hálókkaal segítettük. Az elúszás után vályúra helyeztük az ivadékot és ott kezdődött meg a takarmányozásuk (2. ábra). Az etetés dekapszulált artémiával történt, naponta 4 alkalommal kézzel, illetve automata etető (szalagos etető) segítségével. A kifolyónál található szűrő szivacsot minden etetés előtt tisztítottuk, valamint naponta egyszer letakarítottuk az el nem fogyasztott táplálékot, majd leválogattuk az elpusztult egyedeket.



2. ábra Csukalárva nevelési előkészületek (bal oldal hálós óriás-Zuger kép: Molnár József, jobb oldal csukalárvák a vályúban (Fotó: Láng Levente Zete)

A kísérlet 2022. április 25-én került beállításra, ekkor előkészítettünk 15 db 10 literes medencét, minden medencébe 300 db lárvát számoltunk le (30 db/l). A vizsgálatban 3 kezelt csoportot alakítottunk ki, csoportonként 5 medencét népesítettünk (3. ábra).



3. ábra Kísérlet beállítása, lárvák leszámolása és csoportok kialakítása (Fotó: saját forrás)



4. ábra A medencék elhelyezkedése és jelölése T: táp, V: vegyes és R: rovar (Fotó: saját forrás (bal); Zsivera Lilla (jobb))

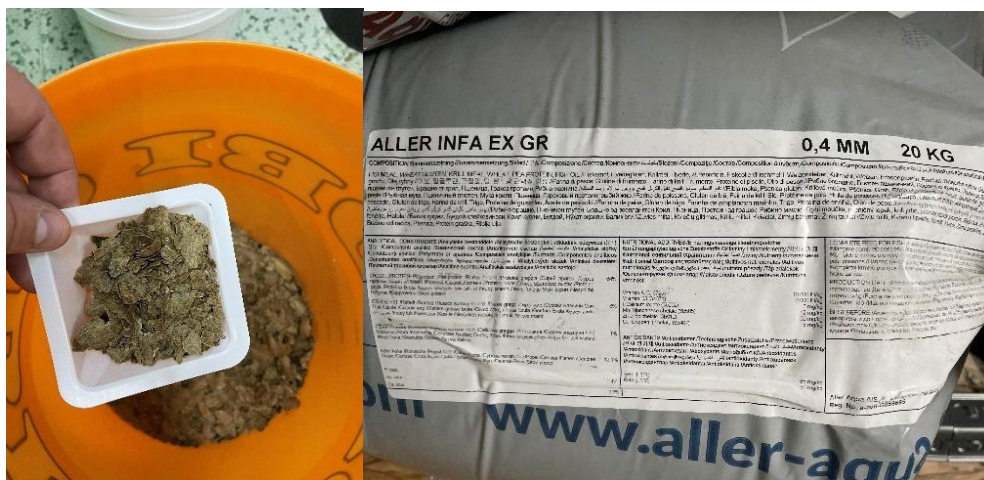
A kísérletbe vont 15 medencét 3 csoportra osztottuk, melyben 3 különböző takarmányozási rendszert alkalmaztunk. Az egyik csoport egyedeivel (T jelű: 1;4;7;10;13 medence) kifejezetten ivadéknak szánt teljesértékű haltakarmányt (Aller Infa Ex GR 0,4 mm) (kontroll), a másodikkal (V jelű: 2;5;8;11;14 medence) fele részben rovarlisztet (Agroloop Kft., zsírtalanított rovarliszt, porítva, és 0,4 mm-es frakció leválasztva), fele részben teljesértékűtakarmányt (kezelt 1), míg a harmadikcsoport egyedeivel (R jelű: 3;6;9;12;15 medence) teljes egészében rovarlisztet etettünk (kezelt 2) (4.ábra).

A kísérlet során felhasznált Aller Infa Ex GR 0,4 mm-es táp 20 kilogrammos (5. ábra) kiszerelésben, 320 lengyel zloty/zsák (jelen árfolyamon 1 zloty 86 forintnak felel meg), átszámítva 27 520 forintba (1 376 forint/kg) került (http 6). Ugyan ez a 20 kilogrammos mennyiség rovarlisztből (5. ábra) 58500 forint (2 925 forint/kg) (http-7).

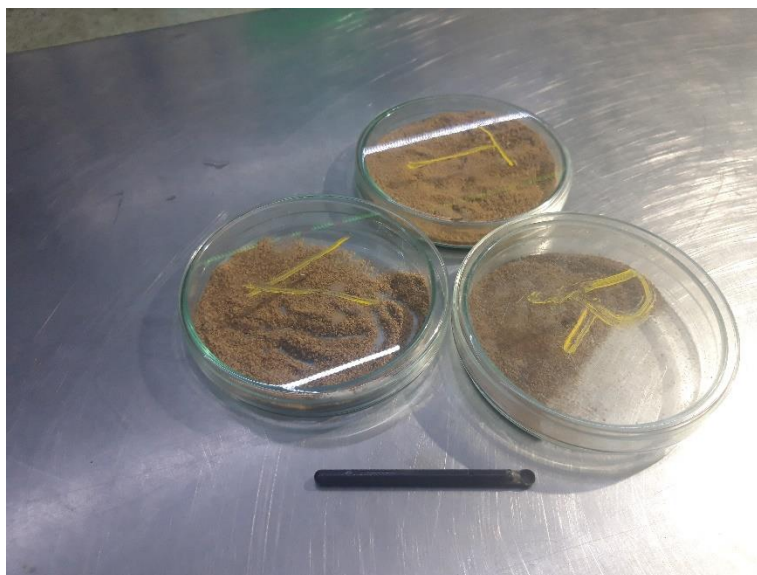
A medencéket, melyekbe belehelyeztük a lárvákat, egy állandó vízminőséget biztosító recirkulációs rendszerhez csatoltuk. A rendszer részét képezte egy mechanikai és egy biológiai szűrő, UV fényel működő fertőtlenítő berendezés, automata hőszabályozó, amelyeket automatizált PLC (Programmable logic controll- programozható logikai vezérlő) segítségével kontrollálhatunk. Minden medencében a kísérleti időszakra elhelyeztünk 1-1 kisméretű porlasztó követ. A medencék népesítésével egyidőben 50 egyed 2-fenoxietanollal túlaltattunk (5ml/l) és megmértük minden egyed testhosszát milliméterben (ImageJ program segítségével), valamint testtömegüket grammban (Mettler Toledo AB204-S típusú analitikai mérleg), majd jegyzőkönyvbe rögzítettük az adatokat.

Ezt követően 21 napon keresztül zajlott a kísérlet, melynek során naponta 2 óránként történt etetés, 8:00-20:00 között. Ezalatt az időszak alatt a medencék megvilágítása folyamatos volt napi 12 órán keresztül. Medencénként kezdetben minden etetéskor kanállal átlagosan $0,11 \pm 0,01$ gramm takarmányt etettünk. Ezt a mennyiséget a kísérlet hetedik napjától a kísérlet

végéig $0,16 \pm 0,02$ gramm növeltük (6. ábra). A medencéken az etetést követő 10 percben elzártuk a befolyó csapot, hogy a takarmányszemcsék, minél lassabban kerüljenek a medence aljára. A medencéket és a szűrő szivacsot naponta egyszer tisztítottuk, ekkor került feljegyzésre az elhullott egyedek száma is (7. ábra).



5. ábra Felhasznált takarmányok (Baloldal rovarliszt, darálás előtt, jobboldal felhasznált táp (Fotó: saját forrás)



6. ábra A három felhasznált takarmány és az adagoló kanál (Fotó: saját forrás)



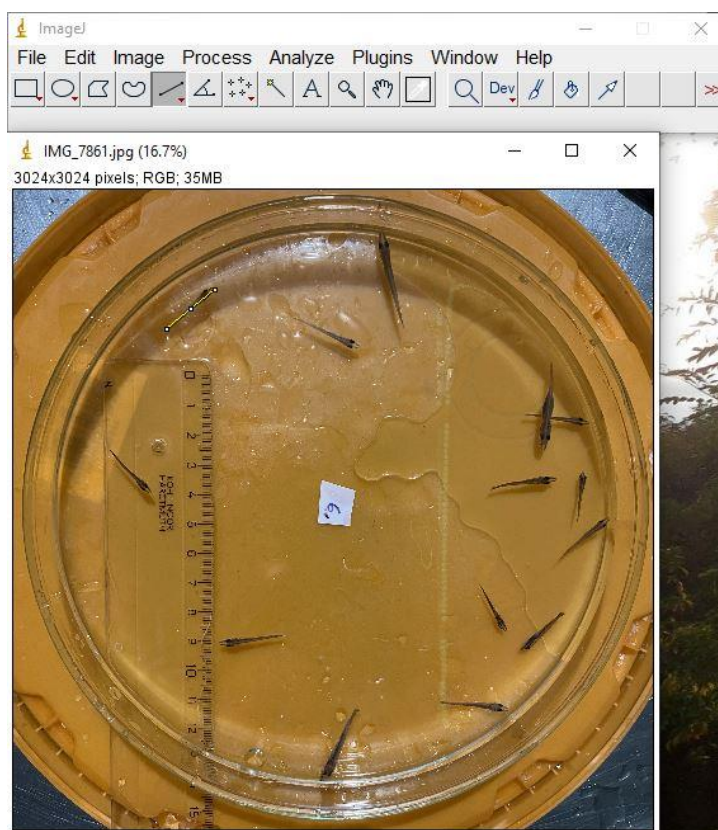
7. ábra A kísérleti rendszer takarítási folyamatai (Fotó: Láng Levente Zete)

3.3. Testhossz mérés

Hosszmérést a kísérlet beállításakor és a befejezéskor végeztünk. Előbbi esetben összesen 50 db egyedet, utóbbi esetben medencénként 20 darabot mértünk le. A halakat Petri-csészébe helyeztük és egy ismert hosszúságú referencia tárgyat raktunk alá (a mi esetünkben egy vonalzót). A Petri-csészéről felülről fényképet készítettünk úgy, hogy a halak jól elkülönüljenek egymástól, ne legyenek átfedésben (8. ábra). Az így készült fotókat számítógépre másoltuk. A képet ImageJ program (Fejlesztő: Wayne Rasband, verziószám: 1.52) alkalmazásban megnyitottuk, ahol megmérhető a halak és a referenciatárgy hossza pixelben kifejezve. Az alkalmazás saját rajz eszközével megjelöljük a már megmért halakat. (9. ábra). Az adatok összevetéséhez Shapiro-Wilk tesztet, egyszempontos varianciaanalízist és Tukey tesztet használtunk. A statisztikai elemzéshez SPSS 22.0 (IBM SPSS Statistics, Inc., Chicago, USA) szoftvert alkalmaztunk.



8. ábra Mérésre előkészített lárvák (Baloldalt kísérletvégén a 10-es csoport 20 lárvája, jobboldal kiindulási állomány 50 db lárvá (Fotó: Láng levezte Zete)



9. ábra Lárva mérése az ImageJ programmal (Fotó: saját forrás)

3.4. Nedves és légszáraz tömegmérés

A mérések bemező csónakokkal történtek, melyeket megszámoztunk a visszakövethetőség érdekében. A nedves tömeg méréséhez először a bemező csónakot mértük meg Mettler Toledo AB204-S típusú analitikai mérlegen, milligramm pontossággal, majd feljegyeztük a mért értéket (10. ábra). A halakat papírtörölkőre helyeztük, amivel leszívtuk a

rajtuk lévő vizet, ezt követően megmértük a hal tömegét, a mért értéket ismét feljegyeztük. A nedvestömeg mérését követően a halakat szárítószekrénybe helyeztük, 24 óráig 60 °C-on (OECD 210, Fish, Early-life Stage test OECD, 1992) szárítottuk, légszáraz állapotig. Újabb mérés során megmértük a számozott bemérő csónakokkal együtt az egyedeket. A mért adatokból - kivonva a méréshez használt bemérő csónak tömegét - kiszámolható mind a nedves, mind a légszáraz tömeg. A normalitásvizsgálat Shapiro-Wilk teszttel történt meg. Kezelések hatásának vizsgálata: egyszempontos varianciaanalízissel ment végbe (ANOVA, szignifikancia szint: $p < 0,05$). Kezelési csoportok páronkénti összehasonlításhoz Tukey „post-hoc” tesztet használtunk ($p < 0,05$). A statisztikai elemzéshez SPSS 22.0 (IBM SPSS Statistics, Inc., Chicago, USA) szoftvert alkalmaztunk.

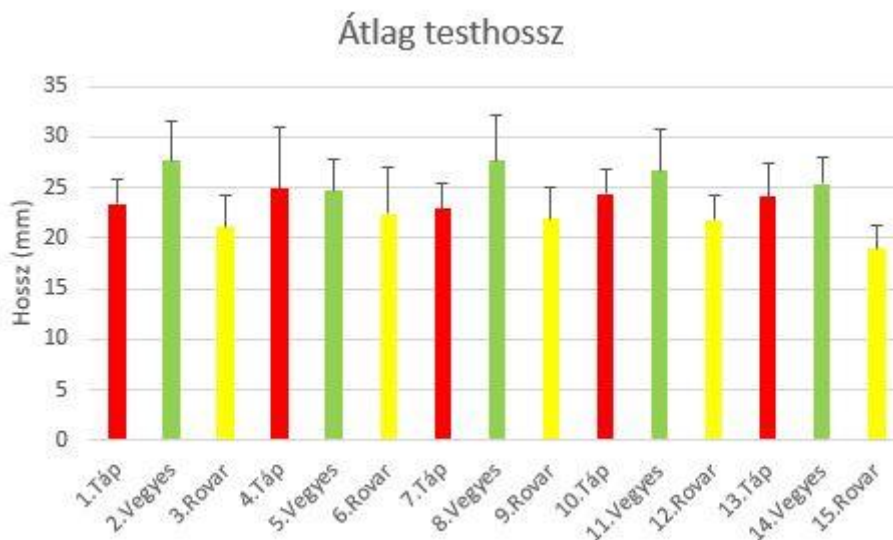


10. ábra Mérési előkészületek (Baloldalon mérlegelés, jobboldalon a szárított lárvák (Fotó: Láng Levente Zete)

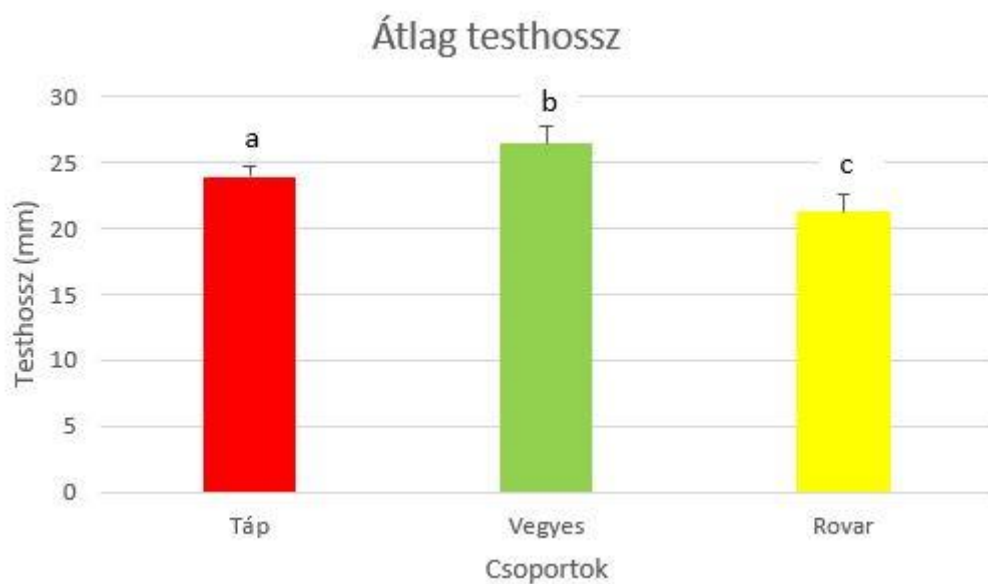
4. Eredmények és értékelésük

4.1. A lárvák hossza

Kísérletünk kezdetekor véletlenszerűen kiválasztottunk 50 lárvát, melyek átlagos hossza $13,19 \pm 1,21$ mm volt. A 21. napon elvégzett mérések eredményéből kiderült, hogy a kísérlet teljes ideje alatt a legtöbbet a vegyes takarmányt fogyasztó halak nőttek, átlagosan 13,24 mm-t (a mért testhossz $26,42 \pm 0,72$ mm). A tápon nevelt csoport átlagosan 10,76 mm-t (testhossz $23,95 \pm 1,58$), míg a kizárólag rovarlisztet fogyasztó halak 8,06 mm-t gyarapodtak ($21,25 \pm 0,91$). Jól megfigyelhető, hogy az idő múlásával egyre nagyobb a csoportok közti statisztikailag is igazolható különbség ($P < 0,001$), sőt az utóteszt azt is igazolta, hogy mindhárom csoport eltér egymástól (11-12. ábra).



11. ábra Kísérlet zárásakor mért medencénkénti átlagos testhossz

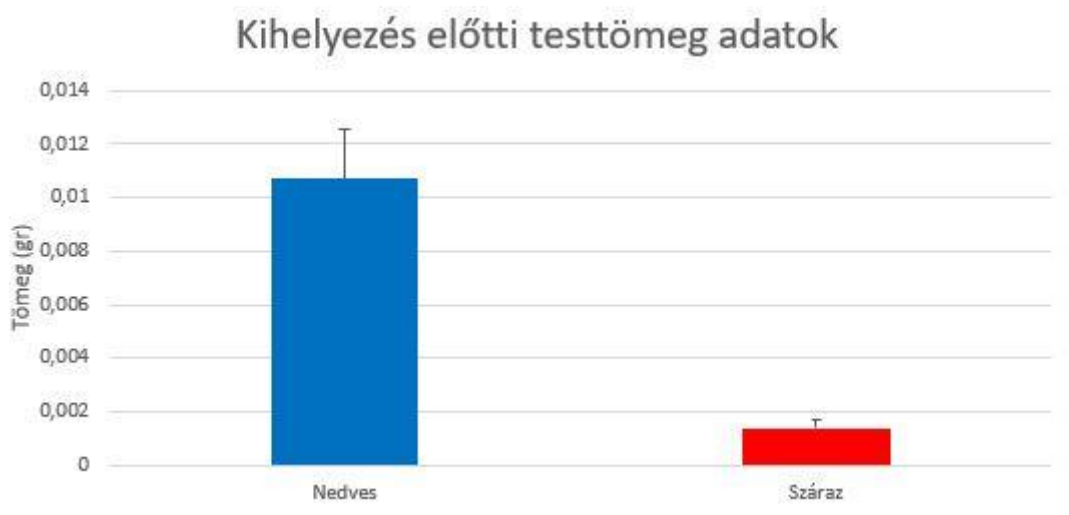


12. ábra A három csoport átlagos testhossza a kísérlet végén. A különböző betűk a szignifikáns eltérést jelölik ($p < 0,05$)

4.2. A lárvák tömege

4.2.1. Kiindulási állomány testtömege

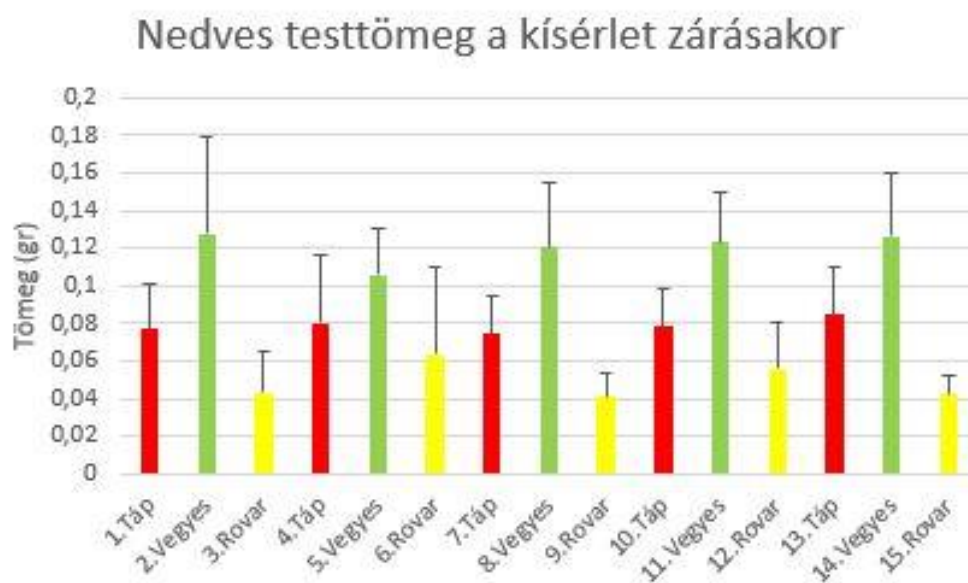
A kihelyezés előtti első mérés során a halak átlagos, nedvestömege $0,011 \pm 0,0019$ g, száraztömege $0,0014 \pm 0,0003$ g volt (13 ábra).



13. ábra Kísérlet beállításakor lemerő 50 db lárva száraz- és nedvestömege

4.2.2. Kísérlet állomány nedvestesttömege a kísérlet zárásakor

A kísérlet zárásakor ismét elvégeztük a nedvestömeg méréseket. Nedves testtömeg esetében a vegyes csoport átlagosan 0,109 g-ot (átlagtömeg: 0,12 g), a táppal etetett csoport átlagosan 0,068 g-ot (átlagtömeg: 0,079 g), míg a kizárólag rovarliszttel táplált csoport átlagosan 0,038 g-ot növekedett (átlagtömeg: 0,049 g). Mindhárom csoport értékei között statisztikailag igazolható, szignifikáns eltérést kaptunk ($P < 0,05$) (14-15. ábra).



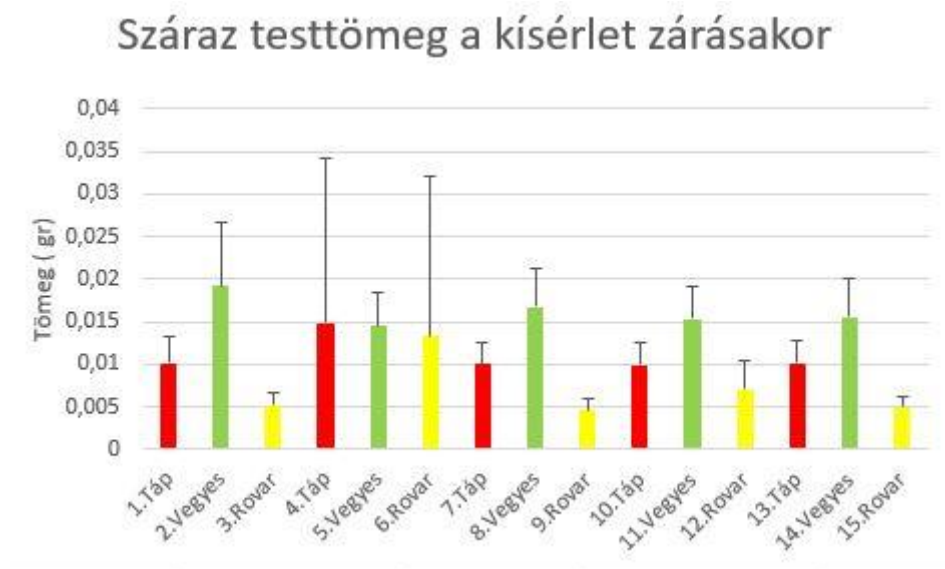
14. ábra Kísérlet felszámolásakor, a medencénként mért nedves testtömeg átlagok



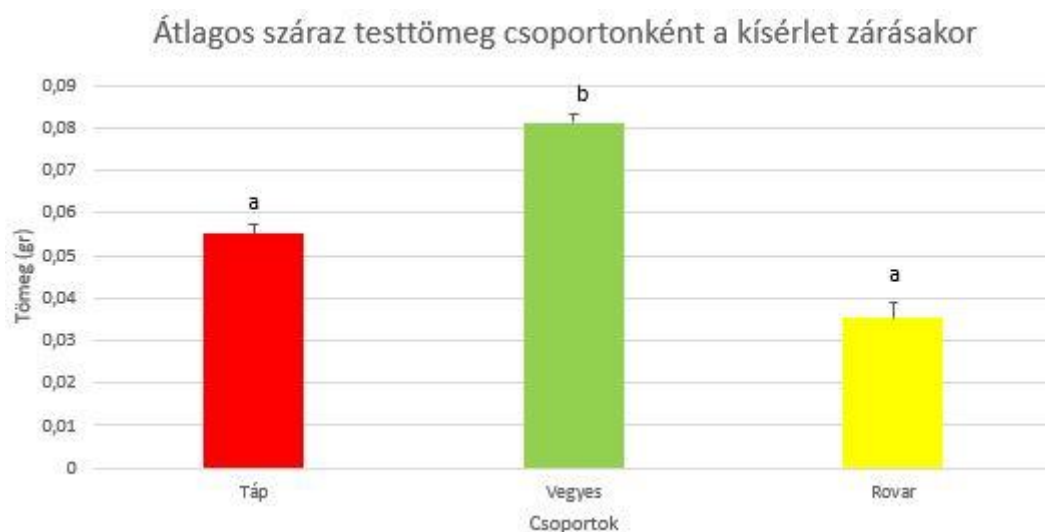
15. ábra A három csoport átlag nedves testtömege a kísérlet végén. A különböző betűk a szignifikáns eltérést jelölik ($p < 0,05$)

4.2.3. Kísérlet állomány száraz testtömege a kísérlet zárásakor

A kísérlet zárásakor ismét elvégeztük a száraz tömeg méréseket is. Száraz testtömeg esetében a vegyes csoport 0,08 g-ot (átlagtömeg 0,081 g), a táppal etetett csoport 0,054 g-ot (átlagtömeg: 0,056 g), míg a kizárólag rovarliszttel táplált csoport csak 0,034 g-ot növekedett (átlagtömeg: 0,035 g) (16-17. ábra).



16. ábra Kísérlet felszámolásakor mért csoportonként átlag száraztesttömeg



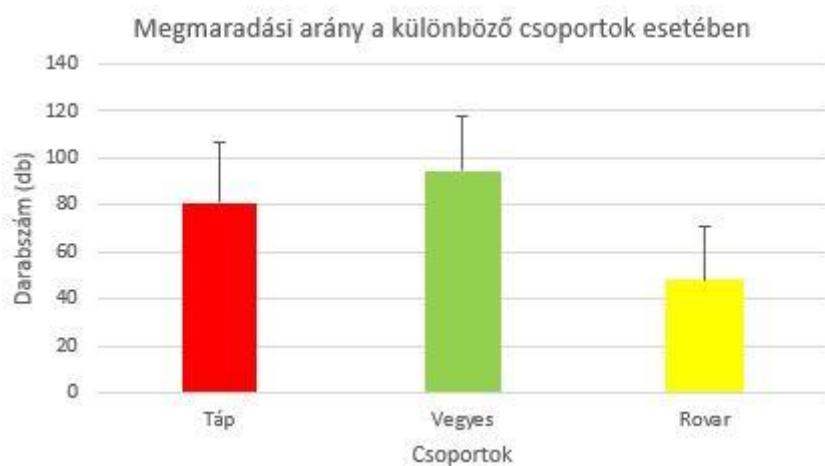
12. ábra A három csoport átlagos száraz testtömege a kísérlet végén. A különböző betűk a szignifikáns eltérést jelölik ($p < 0,05$), a Táp és a Rovar csoport között nem volt szignifikáns különbség ($p > 0,05$)

4.3. Megmaradás

A naponta rögzített elhullási adatok alapján elmondható, hogy a három takarmány közül a vegyes bizonyult a legjobbnak. A tápos csoportban átlagosan 49,8 darab, a vegyes csoportban 63,6 darab, illetve a rovarlisztes csoportban 31,2 darab egyed maradt meg a kísérlet végére. A vegyes takarmány esetében 21,2% volt a megmaradás, a táppal etetett csoportban 16,6% a rovar takarmány esetében pedig mindösszesen 10,4% volt (18-19. ábra).



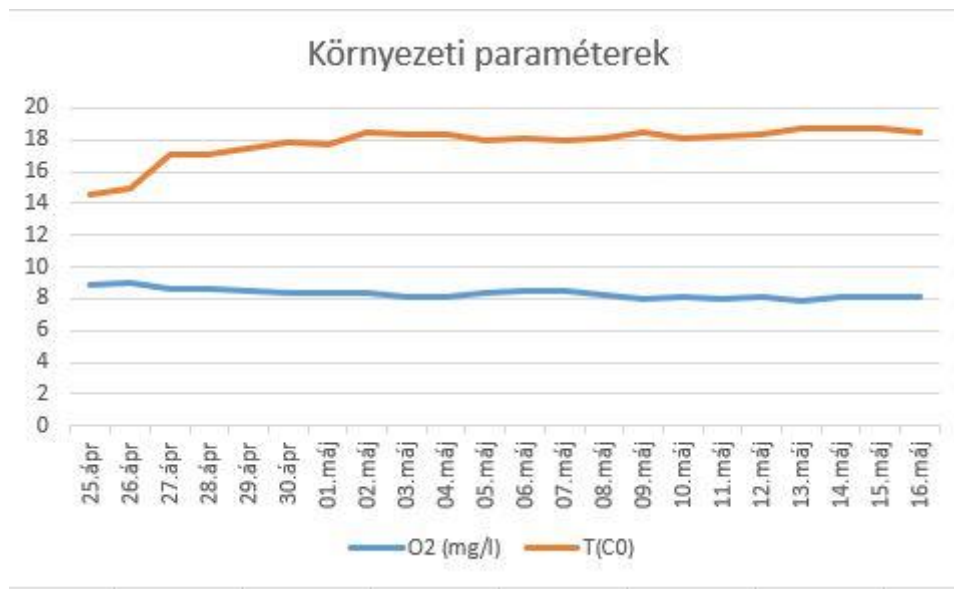
18. ábra Megmaradási ráta



19. ábra Átlag megmaradása a különböző kezelések esetében

4.4. Környezeti paraméterek

A kísérlet során a víz hőmérséklet 14,59-18,77 °C volt, míg az oldott oxigén koncentráció 8,87 és 7,93 mg/l között változott (20. ábra).



20. ábra A kísérlet alatti környezeti paraméterek (T: víz hőmérséklet; O2: vízben oldott oxigén)

4.5. Takarmány költségek

A kísérlet során, a napi 7-szeri etetéssel, (első 6 nap 69,3 g) (maradék 15 nap 252 g) körülbelül 321,3 gramm takarmányt ettünk fel. Csoportonként 107,1 grammot. Így a költségek csoportra lebontva (107,1 g-ra viszonyítva): tápos csoport 147,4 forint, vegyes csoport 230,3 forint, rovarlisztes csoport költsége pedig 313,3 forint. A költségeket tekintve még nem nevezhetjük ideálisnak a kapott eredményt, mivel nem értünk el annyival nagyobb növekedést vagy megmaradást, ami kompenzálja a magasabb költségeket.

5. Következtetések és javaslatok

Eredményeink alapján kijelenthető, hogy kísérletünk során sikeresen építettük be a katonalégység lárvájából készült fehérjeliszttel a csuka lárvák takarmányozási technológiájába. Azonban elmondható, hogy teljes egészében nem váltható ki rovarliszttel a halliszt alapú takarmány.

A vegyes halcsoport súlybéli növekedése nedves testtömeg esetén tízszeres, a tisztán táppal nevelt csoportnál hétszeres, a rovaros csoport esetében négyszeres növekedésről beszélhetünk a kiindulási tömeghez képest.

Száraz testtömegre vonatkozóan is a vegyes csoport esetében figyeltük meg a legnagyobb tömegnövekedést, a legkevesebbet pedig a tisztán rovarliszttel etetett csoport eredményezett.

Testhossz tekintetében a vegyes táppal etetett csoport egyedei átlagosan 200, a tisztán táppal etetett csoport tagjai 84, a tisztán rovarliszttel etetett csoport tagjai 63 %-os növekedési arányt mutattak.

Ez azt jelenti, hogy jobb eredményt értünk el az 50-50%-os vegyes keverékkel az állománynál 21 nap leforgása alatt, mint az ivadék takarmányok alkalmazásával. Tapasztalatunk szerint minimális arányban kell kezdeni a rovarliszt beépítését a takarmányozásba, máskülönben a csukák nem fogják eleinte, maradéktalanul elfogyasztani az eleséget. A legnagyobb mértékű fejlődést 50 % rovarliszt hozzáadása esetén figyeltük meg, ami kivetítve 100 g takarmányra 41,7% nyersfehérje tartalmú rovarliszt esetén 53,7% nyersfehérje tartalomra csökkenti az egyébként 65,6 % nyersfehérjét tartalmazó tápot.

További kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a halak tömeggyarapodásának mértéke nem olyan volumenű, mint amennyivel drágább a rovarfehérje használata a hagyományos takarmánynál. Elmondhatjuk tehát, hogy gazdaságilag egyelőre nem jövedelmező, viszont fenntartható ez a takarmányozási mód és várhatóan, a jövőben csökkenni fog a rovarlisztek ára is (Szendrői et al. 2019). Az eredmények alátámasztják, hogy alkalmas lehet a rovarliszt, a halliszt bizonyos szintű kiváltására.

Kísérletünk eredményei egybevágóak más kutatócsoportok által végzett kísérletek (Rawski et al. 2020, Csókás et al. 2022) tapasztalataival. A kecsege végzett katonalégység lárvával kiegészített takarmányozási teszt eredményei szerint ez a fehérjeforrás alkalmas lehet a halliszt kiváltására (Csókás et al. 2022). Igaz ők, részletesebben, több bekeverési aránnyal rendelkező táppal dolgoztak, így sokkal pontosabban tudták meghatározni, melyik bekeverési arány ideális az adott halfajra. Egy másik vizsgálat során, mely szintén rovarfehérje-kiegészítést tesztelt Rawski et al. (2020) kimutatták, hogy eme fehérjeforrás beépítése a szibériai tokok

takarmányozásába jövedelmezőbb is lehet, mint a kizárólag halliszt és halolaj alapú etetés, így ez a kísérlet volt az első, ami gazdaságilag is megalapozott eredményeket adott ebben a témakörben. A rovarfehérjék köztudatban való elterjedésével és a kereslet növekedésével a jelenleg költséges ipari termelés ára lecsökkenhet, így ebben az esetben valós alternatíva lehet a rovarlisztek gazdaságos felhasználása.

A jövőben fontos lesz a csukánál is, a más halfajoknál már vizsgált módon, a rovarliszt bekeverési arányának pontos meghatározása, hogy minél hatékonyabban és gazdaságosabban lehessen bevezetni a haltakarmányozásba.

Csuka esetében megfigyelhető volt, hogy a takarmányt, a vízfelszínről vagy süllyedés közben fogyasztotta el. Amennyiben a takarmány leért a vízfenékre már nem jelentett a csuka számára potenciális élelem forrást (Kucska 2016). Érdekes lenne különböző süllyedési idejű takarmányokat vizsgálni. Feltehetőleg minél több idejük van a táp/takarmány felvételre, akkor többet is lesznek képesek fogyasztani, ami elősegítheti a hatékonyabb növekedést.

6. Összefoglalás

A tengerekből, óceánokból lehalászott halak közel egyötödéből halliszt készül, ami hatalmas veszélyt jelent számos populációra és könnyen kihalásukhoz vezethet. A haltakarmányozásban nagy szerep jut a hallisznak, mivel magas fehérjetartalma miatt a legtöbb komplex haltakarmány alapanyagaként szolgál. Mivel ez a forrás természetvédelmi okokból nem fenntartható, ezért egy olyan fehérjeforrás beépítésével kísérleteztünk, ami nem károsítja a környezetet, viszont tápértéke vetekszik a hallisztével. A dolgozatban a csuka (*Exos lucius*) lárvakori nevelése során alkalmazható takarmányozási kísérletet végeztünk. Ennek során célul tűztük ki a rovarliszt közvetlen felhasználásának vizsgálatát. A rovarfehérje katonalégy lárvából származott, melyeket mezőgazdasági hulladékon neveltek fenntartható módon. A vizsgálatok recirkulációs halnevelő rendszerben történtek, ennek következtében kizárható a különböző külső hatások nagy része, így jól összehasonlíthatóvá váltak az egyes takarmányféleségek. A lárvanevelési vizsgálatok a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékén található recirkulációs rendszerben történtek. A 21 napos kísérlet során 15 darab 10 literes medencében (3 csoportra osztva, csoportonként 5-5 medence) 300 db hal került. Csoportoknak megfelelően három különböző takarmányt etettünk: egy kereskedelmi forgalomba kapható ivadéknevelő tápot, keverék takarmányt (50% táp-50% rovarliszt), illetve tisztán rovarlisztet.

Az adatok kiértékelése után elmondható, hogy a kísérletben alkalmazott takarmányok közül, a vegyes (50-50%) takarmány eredményezte a legjobb növekedést, mind testhossz (21,25mm), mind testtömeg (nedves 0,109g és száraz 0,081 g) esetében. A költségeket tekintve elmondható, habár a vegyes takarmányozás, minden nézőpontot (testhossz, testtömeg, megmaradás) figyelembe véve jobb értékeket mutatott, anyagilag jelenleg még nem éri meg jobban rovarlisztet alkalmazni.

A kísérlet során kapott eredmények alapján, kijelenthető, hogy a rovarliszt alkalmas, részleges komplex haltakarmány kiváltására. A jövőben fontos szerepe lehet az optimális bekeverési arány meghatározásának, amely mind gazdasági, mind fenntarthatósági szempontból ideális eredményeket hozhat

7. Irodalomjegyzék

- Alifko Y., Xie D., Astuti R.T., Wong J., Wang L. (2022): Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends. *Aquaculture and Fisheries*. Vol 7. (2) p 166-178.
- Becker (2007). Micro-algae as a source of protein, Medical Clinic, Department II, University of Tübingen, Immunopathological Laboratory, Otfried-Müller-Str-10, 72076 Tübingen, Germany, *Biotechnology Advances* 25 (2007) 207 – 210
- Berinkey L. (1966): Halak – Pisces Akadémiai Kiadó; Budapest, 34-35.p.
- Christina J. Thiele Malcolm D. Hudson, Andrea E. Russell, Marilyn Saluveer & Giovanna Sidaoui-Haddad (2021): Microplastics in fish and fishmeal: an emerging environmental challenge? *Scientific Reports* Volume 11, Article number: 2045
- Crossman, E. J. (1978): Taxonomy and distribution of North American Esocids *American Fisheries Society*. Special Publication 11:13-26.
- Csókás E., Csorbai B., Rideg Á., Bokor Z. (2022): A kecsge takarmányozási technológiájának rovarféhérje-kiegészítéssel történő fejlesztése. In Pepó Péter (Szerk.): "Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban" EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008: Hallgatói tudományos publikációk gyűjteménye. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem (2022) pp. 35-43. ISBN: 978-963-490-387-1
- Diclaro J.W. II, P. Kaufman E (2009): Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta:Diptera: Stratiomyidae). UF IFAS Extension; University of Florida. EENY 461. pp. 1-3.
- Diener S. and Zurbrügg C. (2011): Black Soldierfly Larvae for organic waste treatment- Prospects and constraints; *Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries* 13-15 February 2011, Khulna, Bangladesh, pp. 1-8.
- Dinesh K. A.; S. D. Billore, A. N. Sharma, B. U. Dupare & S. K. Srivastava (2013): Soybean: Introduction, Improvement, and Utilization in India. *Problems and Prospects; Agricultural Research*. Volume 2, pp. 293–300;
- Ebertz, A. (2019): Why insect meal will be the new feed for animals in aquaculture, *Technology Networks*. <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/articles/why-insect-meal-will-be-the-new-feed-for-animals-in-aquaculture-316569> (elérve: 2022.október)
- FAO (2016): The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to foodsecurity and nutrition for all, Rome (200 pp.).
- Forsman A., Tibblin P., Berggren H., Nordahl O., Koch-Schmidt P., Larsson P. (2015): Pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review. *Journal of Fish Biology*, Volume 87, Issue 2, pp. 472-479
- Francoise, M., Sadasivam, K. (2009): Protein sources in feed for farmed fish. *Cahiers Agricultures* (John Libbey Eurotext ltd), 2009-04, Vol. 18 , N. 2, 103-111p.
- Fritz T. (1996): Édesvízi halak, 1984 Mosaik Verlag GmbH, München, 56-57.p.
- Groeneveld I., Elissen H, van Rozen K and van der Weide R (2021): The profitability potential of black soldier fly (BSF) larvae raised on pig manure at farm level,, Wageningen University and Wageningen Research Foundation. , Wageningen,40.p.
- Györe, K. (1995) Magyarország természetesvízi halai. Környezetgazdálkodási Intézet Budapest, 300p.

Harka Á., Sallai Z. (2004): Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas, 148-149 p

Hegyi Á., Lefler K.K. (2016): Horgászvizek üzemeltetésének gyakorlata, Isaszeg. 53-54. p.

Hetényi N. (2019): Ízeltlábúak a takarmányozásban; Irodalmi összefoglaló; Magyarállatorvosok Lapja (Hungarian Veterinary Journal)],141. 2. 117-128. p.

Hochleithner, M. (2004) Hechte (Esociformes): Biologie und Aquakultur Aqua Tech Publikation, Kitzbühel. 168.p.

Horváth L., Csorbai B.; Urbányi B. (2007): A tájidegen gyomhalak visszaszorítása őshonos ragadozóhalfajokkal; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék; Gödöllő, Prime Rate Kft. Budapest, 37-55. p.

Hua, K., Cobcroft J.M., Cole A., Condon K., Jerry D. R., Mangott A., Praeger C., Vucko M. J., Zeng C., Zenger K., Strugnell J.M., (2019): The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture diets. Review. One Earth. Vol 1(3). p. 316-329.

Ikram B.; Nina S.L.; Petter G.; Irene B.; ElisaM.; Yanxian L.; RuneW; Åshild K.; Erik-Jan L.(2019): Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*); Aquaculture; Volume 503, 30 March 2019, Pages 609-619

Jakabné Sándor Zs., Vojislav B., Kugyela N., Nagyné Biró J., Káldy J., Adányiné Kisbocskói N. (2020): Különböző rovarfélék emészthetőségi együtthatói afrikai harcsa esetében, Halászatfejlesztés 37 – Fisheries & Aquaculture Development 37, 87-89p

Ji-dan Ye,X. Liu. • Z. Wang., • K. Wang. (2010): Effect of partial fish meal replacement by soybean meal on the growth performance and biochemical indices of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* Aquaculture International 19(1) 143-153.

Kemenczei Á., Izsó T., Bognár L., Kasza Gy. (2016): Rovarok, mint „új” élelmiszerek Élelmiszervizsgálati közlemények – 2016. LXII. évf. 2. szám, 1106-1119 p

Kiss I (2016): Alaktan és testfelépítés In Szabó T (2016): A csuka biológiája és tenyésztése; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék; Gödöllő, 27-28.p

Kucska B. (2007): A csuka (*Esox lucius* L.) intenzív nevelése. Doktori értekezés Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, Keszthely 98.p.

Kucska B. (2016): A csuka intenzív táppal történő nevelése. In Szabó T (2016): A csuka biológiája és tenyésztése; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék; Gödöllő, 171-179.p.

Labatut R. A.; Timmons M.B., Ebeling J.M., Bhaskaran R. (2007): Hydrodynamics of a Large-scale Mixed-Cell Raceway (MCR): Experimental studies; Aquacultural Engineering; Volume 37, Issue 2, Pages 132-143

Magalhães R., Sánchez-López A., Silva Leal R.,Martínez-Llorens S., Oliva-Teles A., Peres H. (2017): Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*), Aquaculture, Volume 476, 1 July 2017, Pages 79-85

Magyar Takarmánykódex (1990): FM-MMI kiadvány, Mezőgazdasági Kiadó Vállalat, 1990.

MA-HAL (2021): Jelentés a szervezet működésének 2020. évi eredményeiről, Magyar Akvakultúra és Halászati Szakmaközi Szervezet, Budapest, 38-39.p.

Mézes M (2016): A csuka táplálkozása. In Szabó T (2016): A csuka biológiája és tenyésztése; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék; Gödöllő, 81.p.

Nijhof M. (1995): Bacterial stratification and hydraulic loading effects in a plug-flow model for nitrifying trickling filters applied in recirculating fish culture systems; Aquaculture Volume 134, Issues 1–2, 1 July 1995, Pages 49-64

Nogales-Mérida S.; Gobbi P.; Józefiak D.; Mazurkiewicz J.; Dudek K.; Rawski M., Kierończyk B.; Józefiak A. (2018): Insect meals in fish nutrition; Reviews in Aquaculture 11, 1080–1103.

Péteri A. és Janurik E. (2015): Az oxigénellátás levegőztetéssel és tiszta oxigénnel In Csorbai B., Péteri A. Urbányi B. (2015): Intenzív haltenyésztés; Vármédia-Print Kft., Gödöllő. 54-65. p.

Péteri A., Diviki S. és Janurik E. (2015): Mechanikai szűrők. In Csorbai B., Péteri A. Urbányi B. (2015): Intenzív haltenyésztés; Vármédia-Print Kft., Gödöllő. 30-40p. p.

Pintér, K. (1980) A csuka (*Esox lucius* L.) Halászat 73. 1 sz. Melléklet

Pintér, K. (1989) Magyarország halai Biológiájuk és hasznosításuk Akadémiai Budapest, 50-53.p.

Popp J., Oláh J., Harangi-Rákos M., Fári M. (2016): A fehérjetakarmány helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal az EU-ban, Gazdálkodás 60.évf., 6. szám, 506-531p

Pérez-Pacheco R., Hinojosa-Garro D., Ruíz-Ortiz F., Camacho-Chab J. C., Ortega-Morales B. O., Alonso-Hernández N., Fonseca-Muñoz A., Landero-Valenzuela N., Loeza-Concha H., J., Diego-Nava F., Arroyo-Balán F., Granados-Echegoyen C. A. (2022): Growth of the Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera:Stratiomyidae) on organic-waste residues and its application as supplementary diet for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). Insects 13. 326. 1-14.

Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kieronczyk, B., Jozefiak, D. (2020): Black Soldier Fly full-fat larvae meal as an alternative to fish meal and fish oil in Siberian sturgeon nutrition: The effects on physical properties of the feed, animal growth performance, and feed acceptance and utilization. Animals 10(11), 2119.

Rumbos, C. I., Karapanagiotidis, I. T., Mente, E., & Athanassiou, C. G. (2019). The lesser mealworm *Alphitobius diaperinus*: A noxious pest or a promising nutrient source? *Reviews in Aquaculture*, 11, 1418–1437, p.

Scott, W. B. and E. J. Crossman, (1973) Freshwater Fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. Bulletin 184

Shepherd, C. J., Bromage, N. R. (1992): Intensive Fish Farming, Wiley- Blackwell kiadó, 420. p

Sinansari S. and Fahmi M.R, (2020): Black soldier fly larvae as nutrient-rich diets for ornamental fish, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 493

Szabó T (1997): A csuka megítélése és állományának változása az elmúlt években, Halászat 90: 111-112.p.

Szabó T (2000): A csuka tógazdasági tenyésztése és szaporítása. In Horváth, L. (2000). Halbiológia és haltenyésztés. Budapest: Mezőgazda kiadó, 310-318.pp.

Tacon A.G.J. (1987): The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual, Chapter 2.1 Proteins Government cooperative programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Brasillia

Timmons, M.B. & Ebeling, J.M., (2007). Recirculating Aquaculture, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca. pp. 119-170

Szendrő Zs., Szendrő K. (2021): Értékes rovarok; Kistermelők Lapja 2021/1.;

Urbányi B. (2015): Az intenzív haltenyésztés története és definíciója. In Csorbai B., Péteri A. Urbányi B. (2015): Intenzív haltenyésztés; Vármédia-Print Kft., Gödöllő. 5-10. p.

Watten B. J., Sibrell P. L. (2006): Comparative performance of fixed-film biological filters: Application of reactor theory; Aquacultural Engineering; Volume 34, Issue 3, May 2006, Pages 198-213

Wedemeyer G.A. (1996): Physiology of Fish in Intensive Culture Systems, Springer Kiadó, p. 229.

2017/893 (Európai Unió): a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról. L 138/92

Internetes hivatkozások:

http1: <https://www.fao.org/3/x5926e/x5926e00.htm> (2022.augusztus)

http2: <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/articles/why-insect-meal-will-be-the-new-feed-for-animals-in-aquaculture-316569> (2022 szeptember)

http3: https://www.alibaba.com/product-detail/Natural-Eco-friendly-Edible-Insects-Powder_1600248361629.html?spm=a2700.7724857.0.0.78561034d9CVmbhttps://www.alibaba.com/product-detail/INSECT-PROTEIN-MEAL-DE-FATTED-FOR_1600489960563.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.1d6d7fa1mGPYQP (2022 október)

http4: <https://kimmyfarm.com/en/black-soldier-fly> (2022.szeptember)

http5: https://www.alibaba.com/product-detail/wholesale-high-protein-black-soldier-fly_62481506542.html (2022. október)

http6: <https://grinsect.com/webshop/fekete-katonalegy-liszt/> (2022. október)

http7: <https://korzec.net.pl/strona-glowna/63--aller-infa-ex-gr-04-mm-6-kg.html> (2022. október)

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönöm témavezetőimnek Dr. Csorbai Balázsnak és Dr. Bokor Zoltánnak, hogy szakértelmükkel, saját tapasztalataikkal segítettek munkám irányításában és kivitelezésében, szakmai és emberi fejlődésemben.

Köszönöm a Ráckevei Dunaági Horgász Szövetségnek és Dr. Szabó Tamásnak a csukaszaporításban és a kísérleti állomány kialakításában nyújtott segítségét.

Köszönöm továbbá Dr. Bernáth Gergelynek a statisztikai vizsgálatokban nyújtott segítséget.

Szeretném megköszönni az AQUAGEOCOMPONIA - Fenntartható, integrált, intenzív rovarfehérje, hal és zöldség termelési modell kidolgozása két üzemméretben (pályázati azonosító: EIP 1924257877) pályázatnak, hogy biztosította a rovarlisztet.

Szeretném megköszönni munkatársaimnak és barátaimnak, Molnár Józsefnek, Láng Levente Zetének, Bartucz Tamásnak, Csókás Endrének, Várkonyi Dávidnak, Petényi Róbertnek, Bartos Istvánnak, Zsivera Lillának és Jóri Bertalannak, valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék összes dolgozójának, hogy segítették a munkám szervezését és lebonyolítását.

Köszönöm továbbá, a MATE Kollégium E/109-es apartman lakóközösség tagjainak, hogy lehetőségeikhez mérten segítették munkámat.

Végül szeretném megköszönni a kedves családomnak, különösen szüleimnek: Édesanyámnak, Gyurcsákné Kotroczó Ildikónak, édesapámnak, Gyurcsák Péternek és testvéremnek Gyurcsák András Bálintnak. Köszönöm azt, hogy mindig mögöttem álltak és bármikor, bármilyen esetben számíthattam rájuk.