

Ponty (*Cyprinus carpio*) ivadék takarmányozása fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárv liszt alkalmazásával

Feeding of carp (*Cyprinus carpio*) fry using black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal

Bartucz Tamás¹, Csókás Endre¹, Nagy Borbála¹, Bokor Zoltán³, Bartos István¹, Ádám Róbert¹, Petényi Róbert¹, Berzi-Nagy László², Urbányi Béla^{3,4}, Csorbai Balázs¹, Bernáth Gergely¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Péter K. utca 1.

²Agroloop Hungary Kft, 7285 Törökkoppány, Dózsa György utca 21.

³Agrárközgazdasági Intézet, Akvakultúra és Halászati Elemző Osztály, 1093 Budapest, Zsil u. 3-5,

⁴Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: Bartucz.Tamas@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

A teljesértékű haltakarmányok felhasználása a hazai tógazdaságokban folyamatosan növekszik. Ezen takarmányok fő fehérjehordozója a halliszt, aminek előállítása hosszútávon nem fenntartható. Egyre sürgetőbbé válik az akvakultúrában is alkalmazható, fenntartható fehérjeforrás bevonása a termelésbe. Jelen kísérletben egy komplex ivadéknvelő takarmányt, illetve olyan keveréket etettünk, melyben a takarmány 33, 66, illetve 100%-át helyettesítettük zsírtalanított fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárv liszttel ponty (*Cyprinus carpio*) ivadéknvelése során. A csoportok elnevezése: Kontroll, BSF33, BSF66 és BSF100. A BSF33 csoport átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoporté. A BSF66 csoportnál mind a kontroll, mind a BSF33 csoporttól rosszabb megmaradást és statisztikailag igazolhatóan kevesebb medencénkénti biomasszát mértünk. A BSF100 csoport hasonló megmaradás mellett szignifikánsan kisebb átlagméretet ért el, mint a kontroll és a BSF33 csoport, azonban a medencénkénti biomassza esetében nem volt statisztikailag igazolható különbség az egyes csoportok között. Jelen kísérletben a BSF33 csoportban a mért paraméterek minden esetben elérték vagy meghaladták a kontroll csoportokban mért eredményeket. Következtetésül vonható le, hogy a 33%-os rovarliszt kiegészítés alkalmas lehet egy jövőbeni fenntartható pontytakarmány kidolgozására.

Summary

The use of complete fish feed in pond farms is constantly increasing. The main protein source of these feeds is fishmeal, the production of which is not sustainable in the long term. There is a growing demand for a sustainable

source of protein that can be used in aquaculture. In the present experiment, we fed the complex fry feed and a mixture in which 33, 66 and 100% of the feed was replaced with defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal during the fry rearing of carp (*Cyprinus carpio*). The groups were named Control, BSF33, BSF66 and BSF100. The mean body weight of the BSF33 group was significantly higher than that of the control group. For the BSF66 group, worse survival and statistically proven lower biomass per tank than both the control and BSF33 groups was measured. The BSF100 group achieved a significantly smaller mean size than the control and BSF33 groups with similar survival, but this difference in biomass per tank was not statistically proven. In the present experiment, the parameters measured in the BSF33 group were all equal to or higher than those measured in the control groups. It can be concluded that the 33% insect meal supplementation can be suitable for the development of a sustainable complex carp feed in the future.

Bevezetés

Hazánkban a 2024-as évben összesen hozzávetőlegesen 18.381 tonna pontyot (*Cyprinus carpio*) halásztak le az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) Lehalászási Jelentése szerint. Ezzel a mennyiséggel a ponty a legnagyobb mennyiségben előállított halfaj Magyarországon. Az egyre gyakoribb aszályok és a vízhiány okozta termeléseszkénésre lehet megoldás az intenzív, formulált, komplex takarmányok alkalmazása nem csak az intenzív (átfolyóvízes, recirkulációs) rendszerekben, hanem az extenzív tógazdaságokban egyaránt. Az AKI legfrissebb statisztikája azt mutatja, hogy a tógazdaságban felhasznált pelletált takarmányok mennyisége 2019 és 2024 közt a háromszorosára nőtt (Kiss, 2024). A formázott takarmányok magas fehérje

tartalmát és ideális aminosav összetételét a gyártók sok esetben halliszttal biztosítják (Mézes és Bódis, 2015). Mivel egy tonna halliszt előállításához 4-5 tonna, jellemzően természetesvízi fogásból származó hal felhasználása szükséges (Olsen és Hasan, 2012; Miles és Chapman, 2012). Ugyan a felhasznált halliszt aránya folyamatosan csökken belátható, hogy a halászatból történő halliszt előállítás hosszútávon nem fenntartható (Glencross és mtsai., 2024). Kísérletünk során célul tűztük ki egy komplex ivadéknevelő takarmány helyettesítését fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) (black soldier fly-BSF) lárvá lizttel, így hozzájárulva egy hosszútávon fenntartható takarmányozási rendszer kidolgozásához. Célunk továbbá egy új, korábban a gyakorlatban nem használt takarmány beépítése a ponty termelés technológiájába.

Hipotézisünk szerint az ivadéknevelő takarmány részben vagy egészben kiváltható fekete katonalégy lárvá zsírtalanított lisztjével a ponty ivadéknevelése során.

Irodalmi áttekintés

Az elmúlt években számos alternatív fehérjeforrás alkalmazására történt kísérlet a haltakarmányozásban. A halliszt kiváltására eredményesen alkalmaztak szójalisztet (Chou és mtsai., 2004), különböző baromfifeldolgozásból származó melléktermékeket (Hassan és mtsai., 1997; Hodar és mtsai., 2020), és számos mikrobiálisan előállított, úgynevezett egysejtfehérjéket (Single-Cell Protein), mint például különböző algákat (Øverland és mtsai., 2010) és élesztőgombákat (Tacon, 2014).

Napjainkban egyre több kutatás fókuszál a különböző rovar eredetű fehérjeforrások felhasználására. Jelenleg 16 elismert rovar fajt alkalmazhatnak a gyártók az akvakultúrás felhasználásra szánt takarmányelőállítás során. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott fajok a selyemhernyó (*Bombyx mori*), a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), a házilégy (*Musca domestica*), a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), az alombogár (*Alphitobius diaperinus*), a házi tücsök (*Acheta domestica*), a trópusi házi tücsök (*Gryllosigillatus*) és a jamaikai mezei tücsök (*Gryllus assimilis*). Ez a nyolc faj napjainkban a legjobban kutatott alternatíva a halliszt helyettesítésére. Ezen taxonok tápláléértéke ismert, illetve a takarmánygyártásban ezen rovarok felhasználása engedélyezett az Európai Unióban (Alfiko és mtsai., 2022). A 8 faj közül aminosav összetétel és fenntarthatóság szempontjából is kiemelkedik a fekete katonalégy lárvá (Tran és mtsai., 2015). Fehérje- és zsírsavösszetételéről általánosságban elmondható, hogy kedvező, azonban nagyban függ a nevelő közeg (szubsztrát) összetételétől, emiatt az állandó minőségű biomassa előállítása és standardizálása is nehéz (Fuso és mtsai., 2021; Marco és mtsai., 2021). A fekete katonalégy lárvá lizst alkalmazhatóságát a haltakarmányozásban számos kísérlet bizonyította, azonban ezekben a kutatásokban

elsősorban a takarmányok halliszt tartalmát helyettesítették (Talamuk, 2016; Hu és mtsai., 2017; Fawole és mtsai., 2020). Mivel tudásunk szerint rovarliszt alkalmazhatóságát még nem vizsgálták pontylárvá esetében az idősebb korosztályokon végzett kutatásokat érdemes figyelembe venni. Xu és munkatársai (2020) kísérletük során fekete katonalégyből készült lisztet építettek a fiatal pontyok étrendjébe. A kihelyezett halak átlagosan 13 grammosak voltak. A népesítés során 270 egyedot osztottak 5 egyenlő csoportra. Az 5 kezelési csoportban a takarmány halliszt tartalmát 0, 25, 50, 75 illetve 100 %-ban váltották ki zsírtalanított fekete katonalégy lárvá lizttel. A halak a kísérleti takarmányt 8 hétig fogyasztották. A testtömeggyarapodást, illetve a halak megmaradását tekintve a csoportok között szignifikáns eltérés nem mutatkozott (Xu és mtsai., 2020). Dogan és Turan (2021) kísérletükben a halliszt fekete katonalégy lárvá lizttel való kiváltását tűzték ki célul ponty takarmányozása során. A kísérlet 75 napig tartott, a vizsgált állomány testtömege átlagosan 1 gramm volt. A kísérlet során csoportonként 50 egyedot népesítettek 12 medencébe. Négy különböző kezelési csoport került kialakításra. Az első csoport hagyományos ivadéknevelő takarmányt fogyasztott, melynek halliszt tartalma 20% volt. A három kezelt csoportban a takarmány halliszt tartalmát 50, 65, és 75%-ban fekete katonalégy lárvá liztre cserélték. Testtömeg-gyarapodásban szignifikáns különbség nem volt megfigyelhető a csoportok között (Dogan és Turan, 2021). Hasonló eredményre jutottak Linh és munkatársai (2024) is, ahol szintén a takarmány halliszt tartalmának 100%-át váltották ki fekete katonalégy lárvá lizttel $20 \pm 0,2$ grammos koi (*Cyprinus carpio* var. *koi*) esetében. Az általuk alkalmazott receptúra is 20% hallisztet tartalmazott. (Linh és mtsai., 2024). A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Halgazdálkodási Tanszékén a korábbi kísérleti beállításoktól eltérően, a saját ivadéknevelő kísérleteink során nem a takarmányban megtalálható hallisztet váltottuk ki zsírtalanított fekete katonalégy lárvá lizttel, hanem a komplex ivadéknevelő takarmányt. Ezen kísérletek során kutatócsoportunk igazolta, hogy afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) esetében a komplex ivadéknevelő takarmány akár 66%-ban, szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) esetében az ivadéknevelő takarmány akár teljes egészében kiváltható zsírtalanított fekete katonalégy lárvá lizttel anélkül, hogy az negatív hatással lenne az ivadék legfontosabb gazdasági mutatóira (Bartucz és mtsai., 2023).

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.

Kísérlet beállítása

A kísérlet során használt ivadékok indukált szaporításból származottak. Az anyákat az oltás előtt fenoxi-etanol vizes oldatában (2,5 ml/l) bódítottuk (Popoola, 2016). Az oltás 2 dózisban történt. Az előadag 0,1 Ovopel AUV pellet/testtömegkilogramm a döntőadag pedig 0,9 Ovopel AUV pellet/testtömegkilogramm volt (Internet 1.). A két oltás közt 12 óra telt el. A fejés az előadag injektálása után 24 órával történt (Horváth és mtsai., 1997). Az anyaállományt 23 ± 1 °C-on tartottuk a beérési idő során. A lefejt ikrát szárazon termékenyítettük. A duzzasztás Woynárovich-oldatban (40g só, 30g karbamid, 10l víz) történt, majd az ikrák ragadoóságának végleges elvételére tanninos oldatot használtunk, 10 l vízben 5 g tannint oldottunk fel. A cseresavas kezelés először 30, majd 20 és végül 10 másodpercig tartott (Woynárovich, 1962; Woynárovich és Woynárovich, 1980). Az ikrák inkubációja a Halgazdálkodási Tanszék intenzív rendszerében történt 24 °C-on, 7 l-es Zuger üvegekben (Woynárovich, 1962). A táplálkozni kezdő lárvát az első 7 napon ad libitum takarmányoztuk dekapszulált artemia petével.

A keléstől számított 7. napon a lárvát áthelyeztük a Halgazdálkodási Tanszék kísérleti rendszerébe. A kikelt lárvákat az ivadéknevelő rendszer 10 literes medencéibe helyeztük ki (50 db/l~500 db). A medencék egy azonos vízminőséget biztosító recirkulációs rendszer részét képezték. A rendszer része volt egy mozgóágyas biológiai szűrő, valamint egy UV szűrő, ami a csíraszám csökkentésért felelt. A fizikai szűrés szivacs-szűrővel történt. A rendszer hőmérsékletét egy Eheim Jäger 300 fűtőbetét és a 18 °C-os pótvíz segítségével szabályoztuk. A kísérlet során a víz hőmérséklet 24 ± 1 °C, míg az oldott oxigén tartalom $7 \pm 0,5$ mg/l volt (WTW FTO 700 IQ optikai szenzor). A rendszerben lévő víz teljes térfogata kb. 0,5 m³. A vízcsera mértéke napi 100 l (20%) volt, mely a nap 24 órájában folyamatosan történt.

A 20 db kísérleti medencét véletlenszerűen 4 csoportra osztottuk, így minden kezelési csoportban 5 ismétléssel dolgoztunk. A kontroll csoport kizárólag 0,3-0,6 mm-es Aller Infa ivadéknevelő takarmányt fogyasztott. A kezelt csoportokban az ivadéknevelő takarmány egy részét zsírtalanított fekete katonalégy lárvára liszttel váltottuk ki. A BSF33 csoportban a kontroll táp 33%-át, a BSF66 csoportban a kontroll táp 66%-át váltottuk ki azonos szemcseméretű rovar liszttel. Az utolsó, BSF100 kezelés volt a negatív kontroll, ezekben a medencékben kizárólag fekete katonalégy lárvára lisztet etettünk. A takarmányozás napi 4 alkalommal történt, az etetések közt 3 óra telt el. Minden csoport egységesen 6 testtömeg-százaléknyi takarmányt kapott naponta. A kísérlet 28 napig tartott, ami a lárvanevelési periódust öleli fel (Bartucz és mtsai., 2023).

Testtömeg mérés

A kísérlet beállításakor 50 halat, a kísérlet zárásakor 20-20 halat mértünk medencénként. A nedves testtömeg mérést minden esetben egy Mettler Toledo AB-204-S típusú analitikai mérleggel, milligramm (mg) pontossággal végeztük. A lárvát ezután OECD szabvány szerint (Internet 2.) 60 °C-on szárítószekrénybe helyeztük, majd 24 óra múlva megmértük a légszáraz testtömegüket is.

Testhossz mérés

A testhossz méréshez a halakat milliméterpapírra helyeztük, majd nagyfelbontású kamerával lefényképeztük őket. A képet ImageJ program (Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, Egyesült Államok, <https://imagej.net/ij/>, 1997-2024, verziószám: 1.52) alkalmazásban megnyitottuk, ahol megmérhető a halak és a milliméterpapír osztása pixelben kifejezve. Az 1 mm és a halak hosszának pixelben való ismerete után egy egyenes arányossággal könnyen kiszámítható volt a halak hossza mm-ben kifejezve.

Fontosabb gazdasági paraméterek meghatározása

Az egy medencében megtermelt biomasszákat a következőképp számoltuk ki:

$$\text{biomassza (g)} = \text{záráskori darabszám} \cdot \text{záráskori testtömeg (g)}$$

A kezdeti és a végső mérések közötti időszakra kiszámítottuk a fajlagos növekedési rátát (specific growth rate- SGR) %/nap mértékegységben megadva és a takarmánykonverziós arányt (feed conversion rate-FCR) g/g-ban kifejezve.

Az említett értékek kiszámítása a következőképpen történt:

$$\text{SGR} = \frac{\ln(W_z) - \ln(W_0) \cdot 100}{t}$$

Ahol a W_z záráskori testtömeg, a W_0 az induláskor testtömeg, a t pedig az eltelt idő, napban kifejezve.

$$\text{FCR} = \frac{M}{(W_z \cdot N_z) - W_0 \cdot N_0}$$

Ahol a W_z záráskori testtömeg, a W_0 az induláskor testtömeg, a N_z a záráskori darabszám a medencében, a N_0 induláskor darabszám M pedig a feletett takarmány mennyisége.

A kísérlet során az elhullást minden nap feljegyeztük, illetve a kísérlet végén megszámláltuk a medencében található halakat, ebből számoltuk ki a medencénk és a csoportok megmaradását.

Statisztikai értékelés

A statisztikai értékeléshez GraphPad Prism 4.0 (for Windows, GraphPad Software, Boston, Massachusetts Egyesült Államok, www.graphpad.com) szoftvert használtunk. Az eredmények értékelését egyedi minták esetében az állomány nem természetes eloszlása, a medenceszintű paraméterek (biomassza, SGR, FCR, megmaradás) az alacsony elemszám miatt nemparaméteres próbával, Kruskal-Wallis teszttel végeztük. Az egyes csoportok összehasonlításához Dunn-tesztet alkalmaztunk. Minden esetben 95%-os szignifikancia szintet alkalmaztunk.

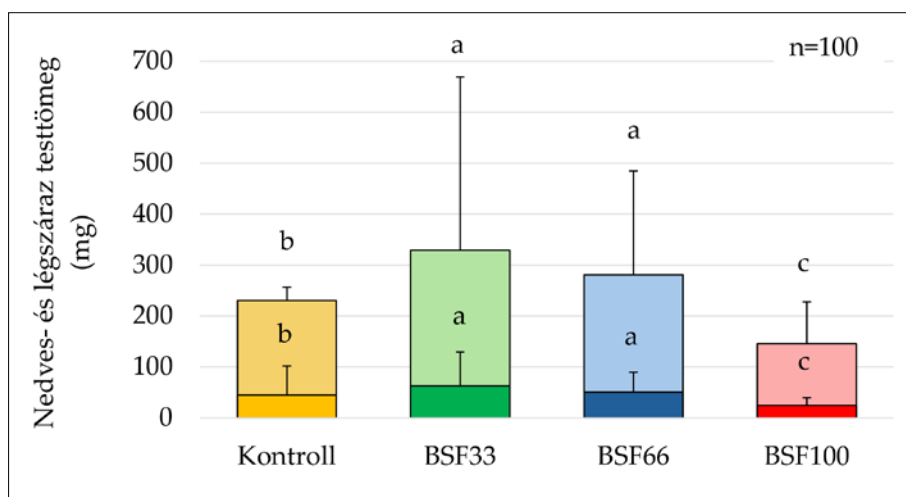
Eredmények és értékelésük

A BSF33 átlagos nedves testtömege $329,3 \pm 340$ mg, míg légszáraz testtömege $62,82 \pm 66,6$ mg, a BSF66 csoport átlagos nedves testtömege $281 \pm 203,8$ mg, a légszáraz testtömege pedig $50,6 \pm 39,19$ mg volt. A BSF33 és a BSF66 csoport között nem figyeltünk meg szignifikáns különbséget. A kontroll csoport esetében $230,7 \pm 25,8$ mg-os nedves testtömeget, és $44,96 \pm 56,99$ mg-os légszáraz testtömeget mértünk, amely szignifikánsan kisebb, mint a BSF33, illetve a BSF66 csoport, azonban statisztikailag igazolhatóan nagyobb, mint a BSF100 csoport esetében. A BSF100 csoportban a pontyivadék átlagos nedves testtömege $145,6 \pm 82,16$ mg, a légszáraz testtömege $24,44 \pm 15,24$ mg volt. Ez statisztikailag igazolhatóan kisebb, mint a többi három csoport esetében. Mivel a kontroll csoport esetében magasabb volt a megmaradás az egy egyedre jutó, felvehető takarmány mennyiség kevesebb volt, mint azoknál a csoportoknál, ahol nagyobb mértékű volt az elhullás. Ennek tudható be, hogy a kontroll csoport átlagos testtömege kisebb volt (1. ábra).

A megmaradás és az egyedi testtömegben jelentkező különbségek sok esetben kompen-

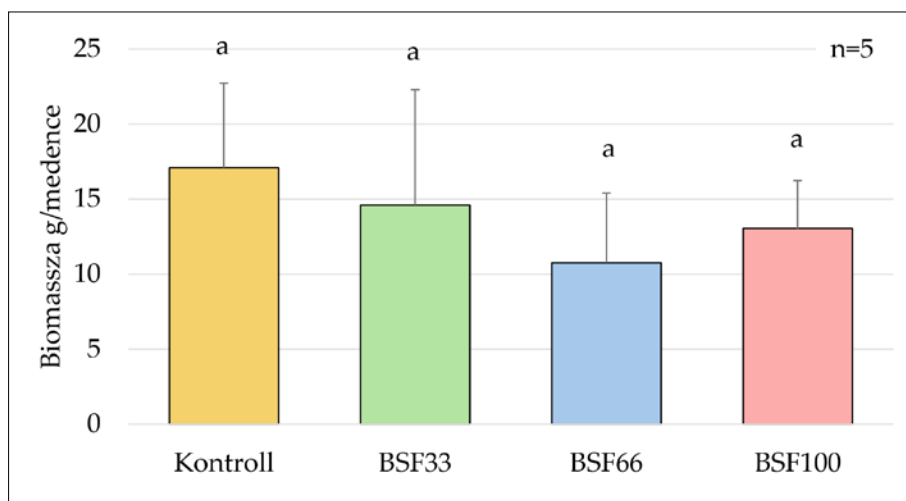
zálják egymást: magas megmaradás mellett, alacsony lesz az egyedi testtömeg és fordítva. Éppen ezért fontos, hogy megnézzük, az egy medencére jutó biomassa mennyiségét. Az átlagos biomassa a kontroll csoport esetében $17,09 \pm 5,63$ g a BSF33 csoport esetében $14,6 \pm 7,70$ g, a BSF100 csoport esetében $13,05 \pm 3,19$ g, míg a BSF66 csoport esetében $10,76 \pm 4,64$ g volt. Mivel a nagyobb átlagos biomasszával rendelkező csoportokban a szórás is nagyobb volt a csoportok között statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható (2. ábra).

A megmaradás a kontroll csoportban $71 \pm 12,22\%$ volt. A BSF100 csoportnak $61,4 \pm 9,89\%$, a BSF33 csoportnak



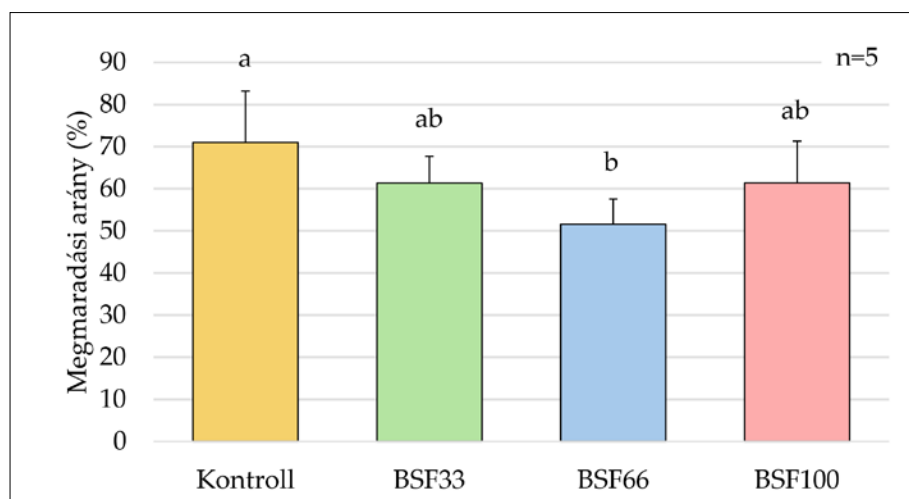
1. ábra: Átlagos nedves- (világos szín) és légszáraz (sötétebb szín) testtömeg értékek a különböző kezelési csoportokban. Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($P < 0,05$).

Figure 1. Wet (light colours) and air-dry (dark colours) body weight measurements in the different treatment groups. The figure presents mean and standard deviation. Different letters indicate significant difference between each columns ($P < 0,05$).



2. ábra: Egy medencére jutó átlagos biomassa a különböző kezelési csoportokban. Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók.

Figure 2. Biomass per tank in the different treatment groups. The figure presents mean and standard deviation.



3. ábra: Átlagos megmaradási arány a különböző kezelési csoportokban. Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($P < 0,05$).

Figure 3. The average survival rate in the different treatment groups. The figure presents mean and standard deviation. Different letters indicate significant difference between each columns ($P < 0,05$).

61,36±6,34% volt az átlagos megmaradása. Ezen csoportok közt nem volt statisztikailag igazolható különbség, azonban a BSF66 csoport megmaradása 51,6±5,96% volt, ami szignifikánsan alacsonyabb, mint a kontroll csoporté (3. ábra).

Az SGR tekintetében a legmagasabb értéket a kontroll csoportnál kaptuk, ahol az 15,25±0,77% volt. A BSF100 csoportban ez az érték 15,11±1,07%, a BSF33 csoportban 15,01±1,49% míg a BSF66 csoportban 14,85±1,15% volt. A csoportok között szignifikáns eltérést ebben az esetben sem figyeltünk meg.

A legmagasabb FCR értéket a BSF66 csoportban kaptuk, amely 1,09±0,39 g/g volt. Ezt követte a BSF33 csoport 0,93±0,60 g/g-mal, majd a BSF100 csoport 0,8±0,21 g/g-mal, míg a kontroll csoportnál 0,63±0,23 g/g volt a takarmányértékesítés. A négy takarmányozási csoport takarmánykonverziós arányai között nem volt statisztikailag igazolható az eltérés (1. táblázat).

1. táblázat: Nedves testtömeg, légszáraz testtömeg, biomassa, megmaradás, FCR és SGR átlag értékek összesítése a különböző csoportokban

Table 1: Summary of average values for wet body weight, air-dry body weight, biomass, survival rate, FCR, and SGR across different groups

	Kontroll	BSF33	BSF66	BSF100
Nedves testtömeg (mg)	230,7±25,8 ^b	329,3±340 ^a	281±203,8 ^a	145,6±82,16 ^c
Légszáraz testtömeg (mg)	44,96±56,99 ^b	62,82±66,6 ^a	50,6±39,19 ^a	24,44±15,24 ^c
Biomassa (g/medence)	17,09±5,63 ^a	14,6±7,70 ^a	10,76±4,64 ^a	13,05±3,19 ^a
Megmaradás (%)	71±12,22 ^a	61,36±6,34 ^{ab}	51,6±5,96 ^b	61,4±9,89 ^{ab}
FCR (g/g)	0,63±0,23 ^a	0,93±0,60 ^a	1,09±0,39 ^a	0,8±0,21 ^a
SGR (%/nap)	15,25±0,77 ^a	15,01±1,49 ^a	14,85±1,15 ^a	15,11±1,07 ^a

Következtetések, javaslatok

A jelen kísérletben kapott eredményeket érdemes több szempontból is megvizsgálni és összevetni a korábbi irodalmi adatokkal. A kísérletünk beállítása megegyezett a korábban bemutatott, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Halgazdálkodási Tanszékén afrikai harcsával és pisztrággal is elvégzett kísérletekével. Szívárványos pisztráng esetében a komplex ivadéknevelő takarmány 100%-át, míg afrikai harcsa esetében 66%-át váltottuk ki lárvá liszttel anélkül, hogy az a fontosabb gazdasági mutatókat (megmaradás, testtömeg, biomassa, ta-

karmányértékesítés) negatívan befolyásolta volna. Jelen kísérletben a BSF33 csoportban, ahol a komplex ivadéknevelő takarmány 33%-át helyettesítettük zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszttel nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható negatív hatást egyik vizsgált paraméter esetében sem. Azokban a csoportokban, ahol a halak 33%-nál nagyobb mennyiségben fogyasztották a fekete katonalégy lisztet (BSF66, BSF100) megfigyelhető volt szignifikáns különbség a megmaradás, az átlagos testtömeg vagy a medencénkénti átlagos biomassa esetében, ami megkérdőjelezi az adott bekeverési arány alkalmazhatóságát. A korábban nagyobb méretű halakkal végzett kísérletekkel összevetve azonban a teljes takarmánymennyiség 33%-ának sikeres kiváltása egy új és minden tekintetben pozitív eredmény. A korábban bemutatott kísérletek során a pontytakarmány halliszt tartalmának 100%-át tudták sikeresen helyettesíteni, azonban a takarmánykeverék 1

kilogrammja a korábbi kísérletek (Dogan és Turan, 2021; Linh és mtsai., 2024) esetében is maximum 200 gramm hallisztet tartalmazott. Ez azt jelenti, hogy az általuk alkalmazott kísérleti takarmány rovarliszt tartalma még a 100%-os csoport esetében is csak 20% volt a takarmány teljes tömegére vetítve.

Az általunk végzett kísérletek nem csak egy korábban nem vizsgált korosztály esetében bizonyította egy rovar eredetű fehérjeforrás alkalmazásának lehetőségét, de azt is bebizonyította, hogy a fekete katonalégy lárvá zsírtalanított lisztje az eddigi ismereteinknél akár nagyobb mértékben is beépíthető a ponty takarmányozásába. Fontos azt is megemlíteni, hogy a kapott megmaradási eredmények valamennyi kezelési csoportban magasabbak, mint a tógazdasági gyakorlatban (30-60%) tapasztalt értékek. A kísérlet zárásakor mért testtömegek elérik az 1 hónapig halastavi körülmények közt nevelt ivadék méretét (0,1-0,3 g) (Horváth és mtsai. 2011).

Kísérletünkéből kiderül, hogy a fekete katonalégy lárvá liszt a jövőben alapul szolgálhat egy fajspecifikus indító-takarmány megalkotásához. A további kutatások választ adhatnak arra, hogy az ivadéknevelés mely szakaszában és milyen mennyiségben érdemes bevezetni a rovarlisztet a ponty takarmányozásába. Mivel a különböző rovarlisztek táplálóanyag tartalma nagyban függenek a lárvá nevelési közegétől (Fuso és mtsai., 2021; Marco és mtsai., 2021), ezért javasoljuk a különböző szubsztrátokon termelt, eltérő táplálóanyag tartalmú fekete katonalégy lárvá lisztek összehasonlítását. A nevelő szubsztrát optimalizálásával elérhető lehet a halak igényeinek jobban megfelelő aminosav- és zsírsavprofil kialakítása. Mivel a rovarliszttel kiegészített formázott takarmányokkal történő nevelési eredmények biztatóak fontos lenne azok kipróbálása tógazdasági körülmények között is.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a kutatást az Kulturális és Innovációs Minisztérium által meghirdetett Nemzeti Tehetség Program NTP-SZKOLL-24 azonosítójú és a MATE Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program EKÖP-24-IV/MATE-53 azonosítójú pályázat támogatta. „A Projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatási okirat alapján valósult meg. A projekt azonosítója: 2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00002. A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának és a Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült. A kutatást „Zárt akvakultúra rendszerek input és output paramétereinek környezeti és gazdasági szempontú fejlesztése” (pályázati azonosító: 2018-1.3.1-VKE-2018-00012) című pályázat támogatta.

Felhasznált irodalmak

- Alfiko, 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*, 7. 2. . pp. 166-178.
- Bartucz, T.; Csókás, E.; Nagy, B.; Gyurcsák, M.P.; Bokor, Z.; Bernáth, G.; Molnár, J.; Urbányi, B.; Csorbai, B., 2023.: Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as Direct Replacement of Complex Fish Feed for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Life*, 13, 1978.
- Chou, R. L., Her, B. Y., Su, M. S., Hwang, G., Wu, Y. H., Chen, H. Y., 2004.: Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229(1-4), 325-333.
- Dogan, H., Turan, F., 2021.: The Usage of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal as Alternative Protein Source in Carp Diets (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica Turcica* 17 (4), 508-514.
- Fawole, F.J., Adeoye, A.A., Tiamiyu, L.O., Ajala, K.I., Obadara, S.O., and Ganiyu, I.O. 2020.: Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*. 518, pp. 734-849.
- Fuso, A., Barbi, S., Macavei, L.I., Luparelli, A.V., Maistrello, L., Montorsi, M., Sforza, S., Caligiani, A., 2021.: Effect of the Rearing Substrate on Total Protein and Amino Acid Composition in Black Soldier Fly. *Foods*, 10, 1773
- Glencross, B., Ling, X., Gatlin, D., Kaushik S., Øverlandf, M., Newton, R., Valente, L. M. P., 2024.: A SWOT Analysis of the Use of Marine, Grain, Terrestrial-Animal and Novel Protein Ingredients in Aquaculture Feeds. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 32 (3) pp. 396-434.
- Hassan, M.R., Haq, M.S., Das, P.M., Mowlah, G., 1997.: Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* fry. *Aquaculture* 151 (1-4) pp. 47-54.
- Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R. & Joshi, N. H., 2020.: Fish meal and fish oil replacement for aquafeed formulation by using alternative source.: a. *J. Exp. Zool. India* Vol. 23, No. 1, pp. 13-21.
- Horváth, L., Szabó, T., Burke, J., 1997.: Hatchery testing of GnRH analogue-containing pellets on ovulation four cyprinid species. *Polish Archives of Hydrobiology*. 44: 219-224.
- Horváth, L., Szabó, T., Burke, J., 1997.: Hatchery testing of GnRH analogue-containing pellets on ovulation in four Cyprinid species. *Polish Archives of Hydrobiology*. 44: 219-224.
- Hu, J. R., Wang, G. X., Huang, Y. H., Sun, Y. P., He, F., Zhao, H. X., Li, N., 2017.: Effects of substitution of fish meal with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal, in Yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) diets. *Israeli Journal of Aquaculture* Bamidgheh. 69. p. 1382.

- Kiss, G., 2024.: Lehalászás jelentés 2023. év. XXIX. 1. pp.13-19.
- Linh, N.V., Wannavijit, S., Tayyatham, K., Dinh-Hung, N., Nititanarapee, T., Sumon, M. A. A., Srinual, O., Permpoonpattana, P., Doan, H.V., Brown, C.L., 2024.: Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal: A Sustainable Alternative to Fish Meal Proven to Promote Growth and Immunity in Koi Carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*). *Fishes*, 9, 53.
- Marco, A., Ramzy, R. R., Ji, H., 2021.: Influence of substrate inclusion of quail manure on the growth performance, body composition, fatty acid and amino acid profiles of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Science of the Total Environment*, 772, 145528.
- Mézes M, Bódis M., 2015.: Takarmányozási rendszerek és takarmányok. in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk.), Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp.78-86.
- Miles, R.D., Chapman, F.A., 2012.: The benefits of fish meal in aquaculture diets. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida. pp. 1-7.
- Olsen, R. G. & Hasan, M. R., 2012.: A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Trends*, 27. évf. 2. sz. pp. 120-128.
- Øverland, M., Tauson, A. H., Shearer K, Skrede A. 2010.: Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Archives of Animal Nutrition*. 64. pp. 171-89.
- Pauly, D. & Christensen, V., 1995.: Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*. 374. pp. 255-257.
- Popoola, O., M., 2016.: Comparative Effects of Clove Oil and 2-phenoxy ethanol on the Anaesthetic and Haematological Properties of *Clarias gariepinus* juveniles. *Applied Tropical Agriculture*, 21, 3, pp. 215-222.
- Tacon, P. 2014.: Understanding yeast, in *Aquafeed*. Aqua feed international, United Kingdom, pp. 13-16.
- Talamuk, R., 2016.: Comparisons of growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings fed different inclusion levels of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal diets. Stellenbosch University. Doktori disszertáció. pp. 25-53.
- Tran, G., Heuz'e, V., Makkar, H., 2015.: Insects in fish diets. *Animal frontiers*, 5(2015), 37-44.
- Woynárovich E., 1962.: Hatching of Carp eggs in Zug glas and breeding of carp larvae until an age of 10 days. *Bamidgeh*, 14.2: 38-46. p.
- Woynárovich, E., Woynárovich, A., 1980.: Modified technology for elimination of stickiness of common carp, *Cyprinus carpio* eggs. *Aquacult. Hung.* 2, 19-21.
- Xu, X., Ji, H., Yu, H., Zhou, J., 2020.: Influence of dietary black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) pulp on growth performance, antioxidant capacity and intestinal health of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture Nutrition*, pp. 432-443.
- Internet 1. Ovipel, <http://ovipel.hu/en/user-manual/> [Hozzáférés dátuma: 18.09.2024].
- Internet 2. OECD, https://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-210-fish-early-life-stage-toxicity-test_9789264070103-en [Hozzáférés dátuma: 07.09.2024].