

DIPLOMADOLGOZAT

Csókás Endre

2023.



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus**

Élettani és Takarmányozástani Intézet

**Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök
mesterképzés**

**PONTYIVADÉK ROVARFEHÉRJÉVEL KIEGÉSZÍTETT
TAKARMÁNNYAL TÖRTÉNŐ ETETÉSÉNEK VIZSGÁLATA**

Témavezetők: **Dr. Csorbai Balázs**, tudományos munkatárs,
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Halgazdálkodási Tanszék

Dr. Bokor Zoltán, tudományos főmunkatárs,
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Halgazdálkodási Tanszék

Készítette: Csókás Endre

**Gödöllő
2023.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
1.1. Célkitűzések.....	6
2. Irodalmi áttekintés.....	7
2.1. A ponty faj bemutatása	7
2.1.1. Jelentőség és hasznosítás.....	7
2.1.2. Rendszertan.....	7
2.1.3. Környezeti igények.....	8
2.1.4. Elterjedés, élőhely.....	9
2.1.5. Testfelépítés	9
2.1.6. Táplálkozás	10
2.1.7. A ponty ivadéknevelése	11
2.2. A halliszt, valamint kiváltásának opciói.....	11
2.2.1. A halliszt alapú takarmányozás fenntarthatatlanságának okai	12
2.3. A rovarliszt	13
2.3.1. A rovarlisztekről általánosságban	13
2.4. Ponty rovarfehérje-kiegészítéssel történő takarmányozása	14
2.4.1. A fekete katonalégy (<i>Hermetia illucnes</i>).....	16
2.5. Az intenzív recirkulációs rendszerek.....	17
2.5.1. A recirkulációs rendszerek története	17
2.5.2. Az intenzív rendszerek működése.....	18
3. Anyagok és módszerek	20
3.1. Az anyahal állomány tartása és kezelése	20
3.2. Oltás, altatás.....	20
3.3. Fejés, termékenyítés	21
3.4. Szaporítás.....	22
3.5. Ikrakeltetés.....	22
3.6. A lárvanevelés	23

3.6.1.	<i>Az ivadéknevelés</i>	24
3.6.2.	<i>A különböző takarmányozási csoportok kialakítása</i>	25
3.6.3.	<i>Testtömeg, testhossz mérése, megmaradás nyomon követése, biomassa számítása</i> 26	
3.6.4.	<i>Az adatok rögzítése és statisztikai értékelés</i>	29
4.	Eredmények és értékelésük.....	30
4.1.	Eredmények bemutatása	30
4.1.1.	<i>Megmaradás</i>	30
4.1.2.	<i>Testhossz.....</i>	30
4.1.3.	<i>Nedves és légszáraz testtömeg</i>	31
4.1.4.	<i>Biomassa számítása</i>	32
4.1.5.	<i>SGR és FCR értékek számítása.....</i>	33
4.2.	Eredmények értékelése	35
5.	Következtetések és javaslatok.....	36
5.1.	Következtetések.....	36
5.2.	Javaslatok.....	37
6.	Összefoglalás	38
7.	Köszönetnyilvánítás.....	40
8.	Irodalomjegyzék	41
9.	Ábrajegyzék	46
10.	Nyilatkozatok	47

1. Bevezetés

Dolgozatomban ponty (*Cyprinus carpio*) ivadékkal végeztünk takarmányozási kísérletet, mely során katonalégy lárvájából származó rovarlisztet építettem étrendjükbe. A kísérletet intenzív recirkulációs halnevelő rendszerben valósítottam meg. Napjainkban ezen rendszerek működtetése rendkívül drága, így létfontosságú a költségek optimalizálása, illetve az európai és világtrendekhez illeszkedő, fenntartható takarmányozási technológiák kialakítása (Csókás et al. 2022). A haltermelés 2030-ra elérheti a 204 millió tonnát is, ami éves viszonylatban 15 százalékos növekedést jelenthet a 2018-as adatokhoz képest. Az egy főre jutó éves halfogyasztás 21,5 kilogrammra nőhet 2030-ra. Mindezen felül kijelenthető, hogy a halételek rendkívül egészségesek, továbbá a haltermelés környezetterhelése alacsonyabb, mint más állattenyésztő ágazatoké. Tehát a szükséges mennyiségű édes-, és sósvízi halak termelése nagyon fontos feladat az akvakultúra számára (FAO 2020). A leggyakrabban alkalmazott fehérjeforrás az intenzív típusú rendszerekben a halliszt, azonban használata jelentős problémákat vet fel. A halászatból származó fogások aránya csökkenő tendenciát mutat, ennek kiváltó okai közt szerepel, hogy a sósvízi halfogások közel 20%-ából halliszt készül, ezáltal sok tengeri halfaj populációja sodródik a kihalás szélére, rosszabb esetben már ki is halt (internet 4). Emiatt fogva gondoltuk célszerűnek egy környezetbarát fehérjeforrás használatát és vizsgálatát. Ez a fehérjeforrás lehet a rovarliszt. Fenntarthatóságának alappillére, hogy a rovarok tápláléka a mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó szerves hulladékból is származhat. A legfőbb kérdés az volt, hogy halak esetében az új takarmányozási rendszer milyen hatást gyakorol a növekedésre, megmaradásra. Várható volt, hogy egyelőre költségesebb ezen takarmányozási forma, mint a hagyományos, viszont a rovarfehérje előállító ipar éveken belül bekövetkező bővülése jó eséllyel mérsékelni fogja az alapanyag termelés költségeit. Választásunk pedig azért esett a pontyra kísérleti alanyként, mert hazánk gazdaságilag legjelentősebb halfaja, a tógazdaságokban megtermelt hal közel 83%-át adja. Más fajokéval összevetve gasztronómiai, illetve horgászati értéke is kimagasló Magyarországon, és tenyésztésében egyre nagyobb szerepet játszanak a teljesértékű takarmányok (Hegyí & Lefler 2016). A takarmányozási innováció feltételezhető sikerével hosszútávon, természetvédelmi szempontból fenntartható módon lehetne stabilizálni, jobb esetben növelni a ponty hazai termelését.

1.1. Célkitűzések

Kísérletünkben célul tűztük ki:

- a fekete katonalégyből (*Hermetia illucens*) készült rovarliszt különböző arányban történő beépítését pontyivadék takarmányozásába, illetve
- ezt követően a pontyivadék növekedésének és megmaradásának vizsgálatát különböző paraméterek (testtömeg, testhossz, FCR, SGR, biomassa) alapján.

Hipotézisünk szerint nincs negatív hatással a pontyivadék megmaradására és növekedésére a takarmányukba kevert fekete katonalégyből készült rovarliszt.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A ponty faj bemutatása

2.1.1. Jelentőség és hasznosítás

Közép-Európa legjelentősebb tenyésztett halfaja a ponty. Húsa rendkívül ízletes, számos tradicionális étel alapját szolgáltatja ebben a régióban. Gasztronómiai értékén felül számos kedvező tulajdonsággal is rendelkezik: meglehetősen szapora, jól tűri a tógazdaságokban előforduló „mostoha” körülményeket, a technológiai hibákból eredő kisebb sérüléseket (Horváth & Tamás 2011). Éves szinten közel 4,2 millió tonna a világ pontytermelése, mellyel az egyik legjelentősebb édesvízi halnak minősül (FAO 2020). A Földön 89 országban folyik pontytermelés, ezek közül 39 nemzet esetében kiemelt jelentőséggel bír a faj. Az Európai Unió tagállamai által termelt édesvízi hal 23%-át a ponty teszi ki (EUMOFA 2021). Hazánk tavi haltenyésztési ágazata egyértelműen e faj köré épül, amit mi sem bizonyít jobban, mint hogy Csehország, Lengyelország és Magyarország együttesen az Európai Unió pontytermelésének 68%-át állítja elő. Az ezen halgazdálkodási formát képviselő nemzeteket pontycentrikusnak nevezzük akvakultúra szempontjából (Urbányi & Staszny 2018). A XXI. században nem elhanyagolható szempont a haltenyésztés során, hogy az adott faj milyen horgászati értékkel bír. Ebből a szempontból Közép-Európa egyik legkedveltebb halaként tartjuk számon a pontyot. Számos iparág épült a pontyhorgászat köré: úszós, bojlis és feeder módszerrel egyaránt sikeresen megfogható. Horgászati szempontból előnyös tulajdonsága, hogy a többi halhoz viszonyítva jól tűri a horog által okozott sérüléseket. Számos tógazda kötelezővé tette a sebhely fertőtlenítését a hal megfogás után, visszaengedése előtt, így védve az értékes, nagytermetű egyedeket.

2.1.2. Rendszertan

Ország: *Animalia* – Állatok

Törzs: *Chordata* – Gerinchúrosok

Altörzs: *Vertebrata* – Gerincesek

Osztály: *Actinopterygii* – Sugarasúszójú halak

Rend: *Cypriniformes* – Pontyalakúak

Család: *Cyprinidae* – Pontyfélék

Alcsalád: *Cyprininae* – Valódi pontyok

Nemzetség: *Cyprinus*

Faj: *Cyprinus carpio* – Ponty (Linnaeus 1758), (Pintér 2015), (1. ábra)



1. ábra: A ponty (fotó: Schill Tamás).

2.1.3. Környezeti igények

A ponty alapvetően a melegvíz-kedvelő fajok közé tartozik, hőmérsékleti toleranciája rendkívül tág, az alsó határértéket tekintve a 0 °C körüli vízhőmérséklet is elviseli. Optimális növekedéséhez a 20-25 °C-os vízhőmérsékleti tartomány a legmegfelelőbb. A hőmérséklet csökkenésével egyenesen arányosan lassul takarmányfelvétele és emésztése. Hideg, 8 °C alatti vízhőmérsékletnél szinte alig táplálkozik, és rendkívül lelassulnak anyagcsere-folyamatai. Jól tűri a relatív alacsony vízben oldott oxigénszintet, 3-4 mg/liter mellett még táplálkozik, de a kritikus 0,5 mg/literes értéket is képes átvészeln. Állományszinten csak ezen érték alatti tartományban kezd el pusztulni (Horváth 2000). Édesvízi környezetben, ezen belül tavakban, folyókban, csatornáknak érzi legjobban magát, azonban ritkán brakkvizekben is találkozhatunk vele (félsós vízben növekedési teljesítménye lényegesen alacsonyabb). Jól alkalmazkodik a sekélyvizű, lassú folyású csatornához is (Barus et al. 2001). A ponty az ökológiai feltételek széles skálájához alkalmazkodik, szívós, gyorsan növekedő halfaj. Ivadékkori fejlődési ütemét nagyban befolyásolja a vízhőmérséklet, a táplálék mennyisége és minősége, illetve a telepítési sűrűség (Yaqoob 2021).

2.1.4. Elterjedés, élőhely

A ponty a pontyfélék családjának legelterjedtebb tagja a világon. Euráziában, Észak-Afrikában található meg a legnagyobb számban, ebből kifolyólag palearktikusnak tekintjük megjelenését (Kiss 2007). A Föld legészakibb területeinek, valamint az Antarktisz kivételével lényegében mindenhol előfordulhat (2. ábra). Eredetét tekintve számos teória létezik. Egyes források szerint már a harmadik földtörténeti korban jelen volt Eurázsia vizeiben, azonban a jégkorszakok két részre, nyugati és keleti területre bontotta előfordulását (Kirpitchenkov 1999). Egyes források szerint azonban a ponty Ázsiából származik, viszont az sem zárható ki, hogy a faj már korábban őshonos volt a Duna vízrendszerében (Lehoczky et al. 2007). Két alfaja, a *Cyprinus carpio carpio*, azaz az európai, illetve a *Cyprinus carpio haematopterus*, az ázsiai törzsalakja ismeretes. Ezen két alfaj elterjedése egyrészt természetes, másrészt pedig tudatos emberi tevékenységnek tudható be. Az elmúlt évtizedekben mindkét ősi formáját domesztikálták, valamint különféle hibrideket hoztak létre a vonalakból, és számos keresztezési eljárás során használták fel őket (Vandeputte 2003; Pintér 2015). Magyarországon 33 különböző tájfajtát tartunk számon, amelyeket külső morfológiai alapon különböztethetünk meg egymástól (Udvari 2017).



2. ábra: A ponty elterjedése a világban (internet 3.).

2.1.5. Testfelépítés

A ponty testalakját tekintve nyújtott, illetve hengeres formákkal találkozhatunk. Feje a testméretéhez képest közepesen nagy. Szájnyílása csúcsba nyíló, mely harmonikaszerűen kitolható. Felső állkapcsán, illetve szájszegletében 1-1 pár bajusz található. Úszóinak széle egyenesen vágott, vagy enyhén homorú. Fog nélküli állkapoccsal, garatban található garatfoggal rendelkeznek (Orbán & Wu 2008). Hátúszója

hosszú alapú, amelyet 3-4 db kemény első, majd 18-22 db osztott, lágya úszósugár alkotja. Bognártüskéje (az első hátúszósugár) fogazott. A farok alatti úszóban 3 kemény és 5-6 osztott, lágy sugár van. Az oldalvonala mentén a kopoltyúívtól egészen a faroktőig 32-41 db pikkely található. Az oldalvonatól kezdve mind a hasi, mind pedig a háti irányban 5-6 pikkelysort találunk. A tenyésztésben lévő fajtáknál a pikkelyképletek nagyban eltérhetnek (Harka & Sallai 2004). A pontyok színezete jelentősen függ az élőhelyétől. A hát általában sötét- vagy olajzöld színezetű lehet, a testoldala zöldes-aranyárga, míg a hasa sárgás, vagy teljesen fehér. Testalkatának kialakulásában számos tényező játszhat szerepet, mely egyedenként eltérő és nagyszámú változékonyságot mutathat. Színét, jegyeit egyeit egyaránt befolyásolhatják örökölt tulajdonságok, illetve külső környezeti tényezők (Orbán & Wu 2008).

2.1.6. Táplálkozás

A ponty táplálkozása igen nagy mértékben függ az életkorától. A kelést követő első napokban a pontylárvák még nem táplálkoznak, ilyenkor még csak függeszkednek különböző vízínövényeken. Rendszerint 4-5 nap elteltével fokozatosan kezdenek apró méretű táplálékot fogyasztani. A takarmányozás első tényezője a száj ezen belül is a szájrés, illetve a garat mérete. Ennek alapján lárva korban 0,4 mm a táplálék maximális mérete, míg egy 20 grammos ivadék akár 5,6 mm méretű takarmányszemcsét is képes elfogyasztani (Mézes 2018). A ponty alapjába véve egy mindenevő halfaj. Tavakban, folyóvizekben előszeretettel fogyaszt apró testű rákokat, iszapban élő férgeket, különböző rovarlárvákat, csigákat, azonban a növényi eredetű táplálék elfogyasztása is jellemző rá: gyakran vízínövények magjai, hajtási, mocsári növények termése, elhaló része szolgál táplálékként. A halastavi tartás során optimális esetben táplálékának egyik felét természetes táplálék, másik felét pedig abraktakarmány teszi ki. Változó testhőmérséklete lévén takarmányfelvételét nagyban befolyásolja az adott víztest hőmérséklete (Horváth 2000).

A természetes takarmányainak döntő hányadát a vízi ökoszisztéma adja, például a fitoplankton (tehát az algák), a zooplankton (pl.: kerekcsigák, vízibolhák), a bentosz rétegben élő szervezetek (pl. szúnyoglárva), és a vízben található növényi részek. A tavak planktonellátottságát trágyázással növelhetjük. A ponty az apróbb élő szervezetek elfogyasztása mellett azonban fogyaszt növényi eredetű táplálékot is. A gabonamagvak (kukorica, búza, árpa) is fontos szerepet játszanak a faj takarmányozásában. A különböző magvak megfelelő arányát érdemes folyamatosan kontroll alatt tartani, mivel nagyban

befolyásolják a hal testzsír-arányát, húsminőségét. A gabonamagvak megfelelő tárolása kulcskérdés lehet: egy esetleges penészes takarmány etetése könnyen az állomány megbetegedéséhez, emésztőrendszeri rendellenességek kialakulásához vezethet. Az utóbbi évtizedben a hagyományos nevelés és takarmányozás mellett egyre nagyobb teret hódít a teljes értékű takarmánnyal (táp) történő nevelés. A táp általában tartalmaz minden szükséges komponenst, amire a pontynak szüksége van, továbbá etetése esetén nincs szükség a tavak trágyázására sem (Hegyi & Lefler 2016).

2.1.7. A ponty ivadéknevelése

Hazánkban leggyakrabban a kétfázisú, tavi előnevelést és egynyaras nevelési fázist tartalmazó technológia terjedt el a ponty esetén. Ezen módszer alapját a keltetőházi lárva szolgáltatja, amit 3-4 hetes előnevelés követ. Amikor a lárva elérte a megfelelő méretet, amely hozzávetőleg néhány tized grammos halat jelent, zárul a tavi előnevelés. A pontylárva jellemzője, hogy a szülőhöz viszonyítva jelentősen gyengébb alkalmazkodóképessége (pl. hőmérséklet-ingadozás, időjárási frontok elviselése, ragadozók, és relatív oxigénhiány tekintetében). Kimondottan fontos a megfelelő méretű ivadék kihelyezése, hiszen a túl apró halak könnyen áldozatul eshetnek különböző kis méretű ragadozóknak is, például Copepodáknak. Abban az esetben, ha az ivadék megfelelő ütemben fejlődik, a ragadozó-préda szerep heteken belül felcserélődik az alsóbbrendű rákokkal. Tavi körülmények között a pontyok első táplálékai a kerekesszék. Később, az állomány növekedését követően az alsóbb rendű rákok, majd az árszászúnyog lárvák a ponty elsődleges táplálékai (Horváth & Tamás 2011). Fontos elkerülni az állomány szétnövését, hiszen a ponty hajlamos a fajon belüli versengésre (Weber & Brown 2013). Az előnevelő tóval szemben fontos követelményeket kell támasztanunk: meghatározó tényező a tó kiváló vízellátottsága, hatékonyan működő ársztó és lecsapoló berendezések megléte, valamint a könnyű kezelhetőség miatt a tó nem túl nagy, néhány ezer négyzetméteres mérete (Horváth & Tamás 2011).

2.2. A halliszt, valamint kiváltásának opciói

A halliszt egy fehérjeforrás, mely maximum 6% olajat, illetve 4% sót tartalmaz. A nagyüzemileg előállított haltakarmányok jelentős részét ez a fehérjeforrás teszi ki, azonban alkalmazzák a sertés és a baromfi takarmányozásában is. Összetételét tekintve egész halból, annak belsőségéből, fejéből, csontjaiból készül, és porított formában ársítják (Windsor 2001). A világ legnagyobb halliszt-előállító nemzetei Peru, Chile,

Thaiföld, Kína, Izland, Norvégia és az USA. Ezekben az országokban rendkívül komoly és szervezett infrastruktúra épült a halliszt-gyártás köré (Miles & Chapman 2006). Általában olyan halfajokból, vagy tengeri élőlényekből készül, amelyek gasztronómiailag nem kimondottan kedveltek, például a szardella (*Engraulis australis*), szardínia (*Sardina pilchardus*), hering (*Clupea harengus*), és a menhaden hal (*Brevoortia tyrannus*). A legértékesebb halászatból származó melléktermék, mely emberi fogyasztásra nem alkalmas. Az elmúlt évtizedben világviszonylatban a halliszt-termelés 5,5 és 7,5 millió tonna közt mozgott évente. Felhasználását tekintve közel 70%-ban a lazac (*Salmo salar*), a pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) és a fehérlábú garnéla (*Litopenaeus vannamei*) takarmányösszetevőjeként használják (Hardy & Tacon 2002). Számos kísérlet irányult a halliszt kiváltására, elsősorban növényi eredetű fehérjével akarták megoldani a problémát, azonban legtöbb növényi alapú takarmány-alapanyag kevésbé ízletes, meglehetősen magas rost- és keményítőmentes poliszacharid-tartalmú, és kevésbé megfelelő zsírsav- és aminosav-profillal rendelkezik, mint az állati eredetű fehérjék (internet 2).

2.2.1. A halliszt alapú takarmányozás fenntarthatatlanságának okai

Az elmúlt években a tenyésztett hal iránti kereslet jelentősen megnőtt, ezzel párhuzamosan drasztikusan megemelkedett az akvakultúra halliszt-szükséglete, illetve ezen takarmányösszetevő ára is (Llagostera et al. 2019). A halliszt számos állatfaj takarmánykeverékében megtalálható összetevő. Évente több millió tonna kerül értékesítésre, ami hatalmas mértékű környezeti károk forrása. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO 2015) kiadványa, a „Halászati és Akvakultúra Világállapot” alapján a 2014-es teljes halfogás közel 20%-át közvetlenül halliszt, illetőleg halolaj előállítására használták fel. Ez a mutató több, mint 20 millió tonna sósvízi élőlényt jelent a világ különböző tengereiből, óceánjaiból. Természetesen létezik előírás a halliszt és a halolaj felelősségteljes előállítására, viszont a becslések szerint a világ halliszt-termelőinek legalább 58%-a megszegi a vonatkozó szabályokat (internet 5). Számos sósvízi populáció fennmaradása forog kockán a túlhalászás miatt, viszont az akvakultúra ágazatnak folyamatosan felhasználható és jó minőségű fehérjeforrásra van szüksége (12ama net al. 2022, Ghamkhar & Hicks 2020).

2.3. A rovarliszt

2.3.1. A rovarlisztekről általánosságban

A rovarlárvából előállított liszt egy kiváló alternatív fehérjeforrás, amely a jövőben a halliszt kiváltásának egyik fő alternatívája lehet. Más állatfajok esetében, pl. baromfi takarmányozásában 1969 óta foglalkoznak alkalmazhatóságával (Calvert et al. 1969), azonban az akvakultúrában lényegesen később, csak a 2000-es évektől foglalkoznak felhasználásával (Ogunji et al. 2008) Napjainkban a rovarliszt előállítás egy folyamatosan növekvő ágazat, elsősorban Kínában, Európában, Észak-Amerikában, Ausztráliában és Dél-Ázsia bizonyos régióiban. Jelenleg 16 elismert rovarfajt használhatnak a takarmánygyártók az akvakultúrában. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott rovarfajok 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 (*Grylloides sigillatus*), a trópusi házi tücsök (*Grylloides sigillatus*) és a jamaikai mezei tücsök (*Gryllus assimilis*). Az ezen nyolc fajban rejlő perspektívák kiaknázására napjainkban számos kísérlet irányul, hiszen a rovarliszt alapú haltakarmányozás környezetvédelmileg fenntartható, továbbá a halliszt kiváltására alkalmas lehet. Ezen fajok tápláléértéke jól ismert, illetve az Európai Unióban a takarmánygyártásban az említett rovarok alkalmazása pedig engedélyezett. Az összes fajnak ismert a jellemző fehérje- és aminosav-, valamint nyerszsír- és ásványianyagtartalma és a zsírsavösszetétele (Alfiko et al. 2022). Az állati fehérje iránti kereslet évről évre nő. Ha a rovarfehérje-gyártásról van szó, a fekete katonalégy-lárva egy kiváló opció lehet. Nevelőrendszerük kialakítása kellő hozzáértés mellett viszonylag könnyen kivitelezhető. A rovarokból és lárvákból történő fehérje előállítás megfelel a fenntartható fejlődés által támasztott igényeknek, mivel kis területen, jelentős részt szerves hulladék felhasználásával, nagy mennyiségű és kiváló biológiai értékű állati fehérje állítható elő. A rovarfehérje alkalmazása elsősorban a monogasztrikus állatok takarmányozásában lehet alternatíva, mivel a rovarlisztek nyersfehérje és esszenciális aminosav tartalma a halliszt akár teljes kiváltását is lehetővé teszi úgy, hogy a termelési paraméterek nem csökkennek (Mézes 2018). Magyarországon egyelőre a katonalégyből készül rovarliszt ára magas (6,13 €), viszont más országokban, rendkívül alacsony termelési költségek mellett igen kedvező áron vásárolható meg (0,8 €), ami gazdaságilag is indokolja, hogy az emelkedő árú hallisztet rovarliszttel váltsuk ki haltakarmányinkban (Bartucz et al. 2023).

A rovarok alternatív fehérjeforrást jelenthetnek a humán fogyasztásban is, azonban a legtöbb országban nincs külön szabályozás a tenyésztésükre forgalmazására. Az emberek évszázadok óta fogyasztanak rovarokat, (közel 2000 ehető rovarfaj létezik) azonban kevés kutatás foglalkozik élelmiszerbiztonságukkal. A rovarok hordozhatnak baktériumokat, parazitákat, prionokat, azonban egy megfelelően vezetett és kezelt rovarfarm esetén ez a veszély nem állhat fent, így összességében elmondható, hogy a rovarliszt alkalmazása semmivel sem veszélyesebb, mint más állati eredetű fehérjeforrás használata (Mézes & Erdélyi 2020).

2.4. Ponty rovarfehérje-kiegészítéssel történő takarmányozása

Xu et al. (2020a) tükörponttyal végeztek kísérletet, mely során a legfontosabb paraméter a halak testtömeg-gyarapodási eredményei voltak. A takarmányozás során fekete katonalégyből készült lisztet építettek a pontyok étrendjébe. A kihelyezett halak átlagosan 13 grammosak voltak, 270 egyedet osztottak 5 csoportra. Az 5 csoport a különböző mennyiségben kapott rovarfehérje-kiegészítést a hagyományos táp mellett, ahol a következő mennyiségekben váltották ki a hallisztet: 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Szoktatás után ezt a mennyiséget 8 hétig fogyasztották a pontyok, ezek utána lehetőség nyílt a testtömeg-gyarapodás mérésére. Ezen vizsgált paraméter, illetve a halak megmaradásának eredményeit tekintve elmondhatjuk, hogy a csoportok között szignifikáns eltérés nem mutatkozott.

Gebremichael et al. (2021) kísérletében 35 gramm átlagtömegű pontyállománnyal dolgoztak. A kutatás célja a rovarfehérjével történő részleges, vagy teljes halliszt-kiváltás, illetve a kontroll takarmánnyal történő összehasonlítása volt. A legfontosabb mért paraméternek pedig a halak testtömeg-gyarapodását tekintették. Három, 180-as egyedszámú csoportot alakítottak ki. Az első, azaz a kontroll csoport esetében kizárólag hagyományos, halliszt alapú takarmánykeveréket fogyasztottak a halak. A másik csoportban a halliszt adta a takarmány 50%-át, még a fennmaradó 50%-ot fekete katonalégyből készült rovarliszttel pótolták. A harmadik csoport esetében kizárólag rovarfehérjével helyettesítették a hallisztet. Az 56 napos kísérlet alatt 2,5% testtömeg-százaléknyi takarmányt kaptak a halak, melyet naponta három különböző időpontban fogyasztottak el. A kísérlet eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a rovarfehérje-kiegészítés, illetve a kizárólagos rovarfehérje alapú takarmányozás nincs negatív hatással a pontyok megmaradására és növekedésére.

Dogan & Turan (2021) kísérletükben a halliszt rovarliszttel való kiváltását tűzték ki célul ponty takarmányozása során. A rovarliszt alapját fekete katonalégy lárvái szolgáltatták. A kísérlet 75 napig tartott, a vizsgált állomány pedig átlagosan 1 grammos tükörpontyokból állt, csoportonként 50 hallal. Négy különböző étrend került kialakításra. Az első csoport a hagyományosan alkalmazott takarmányban részesült, míg a fennmaradó három csoport a halliszt helyett 50, 65, és 75%-ban rovarfehérjét tartalmazott. Testtömeg-gyarapodásban szignifikáns különbség nem volt megfigyelhető a csoportok között. A növekedési eredményeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy ezen vizsgálat eredményei is alátámasztották, hogy a rovarfehérje alternatívát jelenthet a fenntartható haltakarmányozásban és a halliszt kiváltásában ponty esetében.

Jahan et al. (2021) kísérletükben a legfőbb kitűzött cél egy fenntartható haltakarmányozási stratégia kidolgozása volt, melyben a komplex takarmánykeverékben található hallisztet váltották ki egy bizonyos részben fekete katonalégy lárvából készített rovarliszttel, pontyivadék étrendjében. Öt különböző takarmányban részesülő csoportot alakítottak ki, a legfőbb vizsgált paraméter pedig a halak testtömeg-gyarapodása volt. A csoportokban a halliszt kiváltása a következő mértékű rovarliszt beépítésével történt: 100% (T1-es csoport), 75% (T2-es csoport), 50% (T3-as csoport), 25% (T4-es csoport), és 0% (T5-ös csoport). A legjobban teljesítő csoport testtömeg-gyarapodás terén a T3-as, tehát a halliszt helyett 50%-ban rovarlisztet fogyasztó ivadékállomány volt. Kísérletükkel alátámasztották, hogy a halliszt bizonyos mértékű kiváltására alkalmas a rovarliszt a pontyivadék esetében, ami nagyban hozzájárul a fenntartható takarmányozásához.

Xu et al. (2020b) kísérlete különböző rovarokból, többek között a fekete katonalégy lárvából nyert olajok hatását vette górcső alá és hasonlította össze tükörponty ivadék takarmányozása során. A főbb vizsgált paraméterek a növekedési teljesítmény, a lipid-anyagcsere, illetve a génexpresszió voltak. A másik két faj, amely olaj formájában szerepelt a takarmányban, a selyemhernyó, továbbá a lisztkukac voltak, továbbá kialakításra került egy csoport, mely mindhárom említett fajtából nyert olajat is tartalmazott. Az eredményeket tekintve megállapíthatjuk, hogy a fekete katonalégy olaj, illetve a három faj elegyét tartalmazó két csoport szignifikánsan magasabb testtömeg-gyarapodást mutatott, mint a másik két csoport. A kísérlet alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált rovarfajok közül a fekete katonalégy lárva a legalkalmasabb összetevő pontyivadék neveléséhez.

2.4.1. *A fekete katonalégy (Hermetia illucnes)*

A fekete katonalégy (3. ábra) Amerika szubtrópusi, trópusi, meleg és mérsékelt területein őshonos, de az utóbbi 10 évben jelentősen megnövekedett szerepe, így napjainkra a világ számos pontján találkozhatunk tenyésztésével. A lárvák és az imágók tartására egyaránt a 25-27 °C-os tartási hőmérséklet a legmegfelelőbb, 60-70%-os relatív páratartalom mellett. Mesterséges környezetben párzásukhoz, peterakásukhoz mesterséges megvilágítást alkalmaznak, melyet kvarc-jód világítással, vagy LED-lámpával biztosítanak. Jelenleg a világ legfontosabb tenyésztett rovarfaja (Hetényi 2022).



3. ábra: *A fekete katonalégy (forrás: internet 1.)*

A nőtények 200-700 petét raknak, melyek sárgás, vagy fehér színűek, maximális hosszuk 1 mm, alakjuk ovális. Legmegfelelőbb hely a peterakáshoz a hullámkarton lehet tenyésztése során (Diclaro & Kaufman 2021). A lárvák maximálisan 30 mm hosszúak, színük világosbarna. Testfelülete szőrökkel borított (Caruso et al. 2013). A kifejlett egyed sötétkék, vagy fekete árnyalatú, testhossza maximum 20 mm. A darázshoz hasonló külső bélyegeket hordoz, azonban csípni, harapni nem képes (Hall & Gerhardt 2002).

Napjainkban, elsősorban a világ szegényebb régióban égető és sok szempontból megoldatlan probléma a hulladékgazdálkodás. Az alkalmazott mezőgazdasági munkálatok igen nagy lábnyomot, szerves hulladékot hagynak vissza. Jelentős változtatásokra és fejlesztésekre van szükség a felhalmozódott mezőgazdasági hulladék

helyes kezelésére. A fekete katonalégy tenyésztésében igen nagy potenciál van, hiszen kiválóan hasznosítja az agráriumban visszamaradt szervesanyagot (Surendra et al. 2020).

2.5. Az intenzív recirkulációs rendszerek

2.5.1. A recirkulációs rendszerek története

A halászat különböző módszerei már az idők kezdete óta kísérik az emberiséget, mivel a hal mindig fontos táplálékforrásnak számított. Egy idő után megjelentek az első kezdeményezések, amelyek a halak kontrollált tartását szorgalmazták, remélve, hogy a természetesvízi halászatától függetlenül is lehetőség nyílik a halfogyasztásra. A 20. század első felében kezdtek elterjedni az első intenzív rendszerek, mert az emberek rájöttek, hogy a halakat kis helyen tartva, koncentráltan takarmányozva lehet „haszonállatként” tartani. Az első halfaj, amivel ebben az időszakban megpróbálkoztak, a szívárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) volt, azonban kezdetben sikertelennek bizonyult a kontrollált körülmények közt zajló haltartás. A fejlesztések a II. világháborút követően kezdtek növekedni. Az intenzív rendszerekben eleinte, erre a célra kialakított haltartó-egységekben neveltek eltérő korosztályú halakat. Az intenzív haltenyésztés fejlődésében világszinten Japán és Norvégia volt az élenjáró. Az első rendszerek úgynevezett úszó ketrecek voltak, ezeket édesvízben (Norvégia) és tengeri (Japán) körülmények között is alkalmazták. Igen fontos lépés volt, hogy faj- és korszpecifikus, teljes értékű takarmányokkal kezdték etetni a halakat, ez átütő sikernek bizonyult. Az első hivatalos intenzív telep hazája Dánia volt, 1962-ben nyitották meg, és szívárványos pisztrángot neveltek ipari körülmények között (Shepherd & Bromage 1992). A következő ugrás a recirkulációs rendszerek haltenyésztésbe való beépítése volt. A víz visszaforgatását az akvarisztikában már korábban is alkalmazták. A víz hőmérsékletének szabályozhatóságával létesültek az első valós, üzemszerűen működő recirkulációs rendszerek (Wedemeyer 1996). A fejlődés a ketreces akvakultúrában is folytatódott. A 2000-es évektől a ketreces, sósvízi haltartó rendszereket szárazföldi haltartó-egységekkel egészítették ki elsősorban az ivadéknevelés területén, amelyeket, tengervízzel működtettek (pl.: atlanti lazac tenyésztése). Ezen kombinált rendszerek alkalmazása során a medencékben tartott halak számára megfelelő életfeltételeket alakítottak ki, lehetőség nyílt a legelső nevelési fázis végéig tartani a halakat. Ezt követően az utónevelés már kihelyezett ketrecekben történt (Urbányi 2015).

2.5.2. Az intenzív rendszerek működése

Az intenzív rendszerek közös tulajdonsága, hogy relatív kis helyigénnyel rendelkeznek, a bennük zajló halnevelés mindvégig átlátható és irányítható. Előnyei közé sorolható, hogy a teljesértékű takarmánykeverékek etetése mellett meglehetősen nagy nevelési sűrűségben tarthatunk benne halat. Említést kell tenni az intenzív rendszerek hátulütőiről is. Működtetésük kizárólag szakképzett munkaerővel valósítható meg. Megépítésük, fenntartásuk igen költséges napjainkban. Három alaptípusa ismeretes, melyeket a halnépesítési sűrűség alapján különíthetünk el: félintenzív, intenzív, és szuperintenzív rendszerek. A leggyakrabban alkalmazott a formái a ketreces, az átfolyóvízes, valamint a recirkulációs halnevelő rendszerek. Az utóbbi számos előnnyel bír halastavi gazdálkodással szemben. A víz visszaforgatása miatt jóval kevesebb friss vízre van szükség a fenntartásához, tehát elmondhatjuk, hogy környezetkímélő a vízfelhasználás szempontjából. Másrésztől működtetését a folyamatos áramszükséglet miatt állandó és jelentős kiadások jellemzik. A recirkulációs rendszerek alapvetően két részből épülnek fel: egy halnevelő, illetve egy használtvízkezelő egységből. Az utóbbi egyik eleme a mechanikai szűrés, melynek feladata a különböző lebegő anyagok szűrése a rendszerből. A használtvíz kezelésének ezen részéhez leggyakrabban dobszűrőt használnak. Itt a víz egy forgó felületen, belülről halad keresztül. A nem kívánatos lebegő anyagok a hálón fennragadnak, amit egy magasnyomású vízszugár távolít el a háló felszínéről, majd az elvezető csatornába mossa azt (Ebeling & Vinci 2006; Timmons & Ebeling 2007). Következő fontos technológiai lépés a biológiai szűrés, mely nitrátá alakítja át a halak és a rendszer által kibocsájtott szerves anyagban található ammóniát (Guerdat et al. 2010; Gutierrez-Wing & Malone 2006; Hochheimer & Wheaton 1998; Wheaton et al. 1994). Erre a célra olyan, viszonylag nagy felületű anyagot használnak, amelyen meg tudnak tapadni a baktériumok. Működésüket tekintve kétféle típust alkalmaznak leggyakrabban a haltermelésben: kevertágyas filterek, és a cső jellegű szűrők. A kevertágyas reaktorban a víz egy tartályba kerül, ahol az áramló víz és a hozzáadott levegő folyamatosan keveri a műanyag részecskéket (biomédia), amely egy olyan felület, ahol a baktériumtelepek megtapadnak, ezáltal ezek az apró egységek nem ragadnak össze (Watten & Sibrell 2006). A recirkulációs rendszerekben meghatározó fontossággal bír a heterotróf baktériumok (olyan élőlény, mely a szerves anyag szervessé alakítására nem képes) számának mérséklése is. Akvakultúrák rendszerekben az ózonnal, mint erős oxidáló hatású anyaggal történő vízkezelés, továbbá az UV fényvel

való megvilágítás kiválóan felhasználható a vírusok, baktériumok, gombák és egysejtűek elpusztítására, mivel fertőtlenítő, tisztító hatásuk jelentős (Timmons & Ebeling 2007). A rendszer oxigénszükséglete, oxigénellátottsága nagyban függ a rendszerben tartott halfajtól és annak egyedszámától. Mindezen felül nem szabad figyelmen kívül hagyni az esetlegesen stresszforrások elkerülését (pl. hirtelen, hangos zaj, fény, helytelen bánásmód, rendszer helytelen működtetése). Befolyásoló tényező lehet a víz hőmérséklet, valamint, hogy a halak milyen összetételű táplálékot fogyasztanak. A megfelelő oxigénmennyiség szinten tartására vagy a levegőből beoldott, vagy cseppfolyós oxigént alkalmaznak. A cseppfolyós oxigén mellett szól, hogy esetleges áramszünet esetén is alkalmazhatjuk, így elkerülve az oxigénhiányt, azonban folyamatos használata nem mindig célszerű, hiszen igen drága. Az oxigén vízbe oldását porlasztókövek segítségével valósíthatjuk meg legegyszerűbben, de ennek hatékonysága igen alacsony. Sokkal hatékonyabb a beoldó kúpokat alkalmazása. A kúpok felső részén az áramló víz sebessége, 1,8-2 m/s, míg az alján lényegesen lassabb, így a bejuttatott oxigén folyamatosan oldódik a víz körforgásába. Az olyan légköri oxigénbeoldó eszközök, mint a kompresszorok, befűvők lényegesen kisebb költséggel üzemeltethetők és folyamatosan, üzembiztosan alkalmazhatóak. Hátrányuk, hogy működtetésükhöz folyamatos áramellátás szükséges (Péteri & Janurik 2015).

3. Anyagok és módszerek

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. Az anyahal állomány tartása és kezelése

A kísérlet helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézetének Halgazdálkodási Tanszéke volt Gödöllőn. Az anyaállományt a Halgazdálkodási Tanszék recirkulációs rendszerében tartottuk, eredetét tekintve Dinnyési tájfajta volt, 4,5 mm-es Aller Bona Float komplex takarmányt kapott a kísérletet megelőzően, naponta két alkalommal, reggel 09:00-kor és délután 16:00-kor. Minden egyed egy speciális PIT-taggel volt ellátva, így a halak egyedi megkülönböztetésére egy erre a célra kialakított tag-leolvasót használtunk.

3.2. Oltás, altatás

2023. július 31-én, reggel 9 órakor készítettük elő a halakat a hormonális indukálószer első dózisának beadására. Oltás előtt az ikrásokat, valamint a tejeseket egy erre a célra kialakított, finom szövésű hálóval különítettük el. Testtömegüket lemértük, mivel megszabott testtömeg-százaléknyi oltóanyag bejuttatását alkalmaztuk, ehhez szükség volt pontos méretük ismeretére. A hormonális indukció két részből állt: egy előadagból, valamint egy döntő adagból.

Az oltást megelőzően a halakat 2-fenoxietanolt (99%, 0,4 ml/l) tartalmazó vízben bódítottuk hozzávetőleg 3 percig, majd nedvesített törölközőre helyeztük. A spermáció és ovuláció indukálásához Ovopel AUV tartalmú kezelést alkalmaztunk. Az előadagot tekintve testtömeg-kilogrammonként 0,1, míg a döntő adag beinjektálásakor 1,5 golyót használtunk.



4. ábra: : hormonális indukálóanyag (Ovopel AUV) injektálása a hasüregbe (fotó: saját fénykép)

A két oltás közt eltelt idő 12 óra volt. A készítményt fiziológias sóoldatban (0,9% NaCl) oldottuk fel, ezt követően injekciós tűvel a halak hasúszójának tövénél beinjektáltuk a hasüregbe (4. ábra), ezt a módszert mindkét has alatti úszónál megejtettük. Közvetlenül a kezelést követően a még bódult állapotban lévő ikrás pontyok ivarnyílását bevarrtuk (Dafilon USP 3 típusú nem felszívódó sebészeti varratűvel B. Braun Magyarország Kft., Budapest, Magyarország), megakadályozva ezzel az érett ikraszemek esetleges elszóródását a fejest megelőzően.

3.3. Fejés, termékenyítés

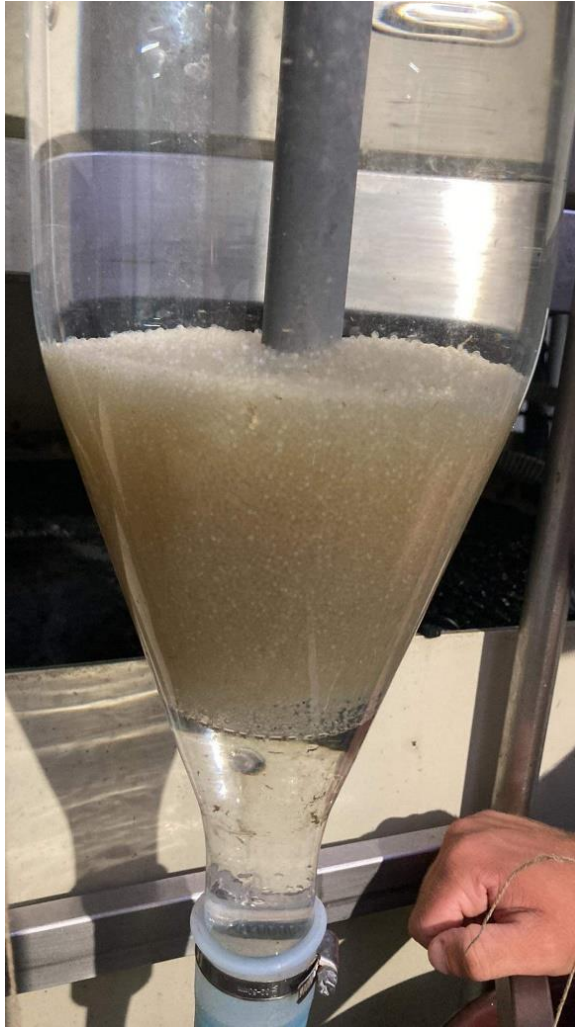
Az előadag beadását követő 24. órában kezdtük meg az anyahalak fejését. A fejest a pontyok hasfalának hosszanti masszírozásával hajtottuk végre. Kiemelten ügyeltünk arra, hogy az ikranyerés kivitelezése közben az ivartermék ne érintkezzen vízzel, vagy egyéb szennyezőanyaggal, hiszen amennyiben az ikratételt víz éri, idő előtt megtörténhet az aktiváció. Az ikrásokat szintén 2-fenoxietanolban (99%, 0,4 ml/l) altattuk fejes előtt. A hímek ivartermékét a mintavétel során 5 ml-es fecskendővel (Diagnosticum Zrt., Budapest, Magyarország) szívtuk fel, így elkerülve a vizelettel, vérrel vagy bélsárral történő szennyeződést. A termékenyítés során az ivartermékeket összekevertük, majd rendszervízzel megtörtént a tételek aktivációja, ami 30 másodpercig tartott.

3.4. Szaporítás

A korábbi tapasztalatok szerinti legmegfelelőbb arányt használtuk a sperma:ikra arány beállításakor, mely a következőt jelentette: 1 liter ikrához 10 ml sperma adagolása, amelyet összekeverés után a 100 ml termékenyítő oldattal aktiválunk (Szabó et al. 2000). Ezt követően az ikratételek duzzasztását, illetve ragadóságának elvételét a Woynárovich-féle oldattal valósítottuk meg, melynek összetétele a következő: 10 liter víz, 40 g konyhasó és 30 g karbamid (Woynárovich 1962). Az ikratételen mindvégig gondoskodtunk a néhány percenkénti vízcseréről. A folyamatot 1 órán keresztül végeztük, folyamatos keverés mellett. A keverést műanyag kanállal, illetve kézzel végeztük. Az ikra ragadóságának végleges elvétele tannin felhasználásával történt (5 g /10 l, kétszer, 10 másodperces kezelés) (Woynárovich & Woynárovich 1980).

3.5. Ikrakeltetés

Az ikrakeltetés zárt, intenzív recirkulációs rendszerben valósult meg. Mindösszesen 150 g ikrát nyertünk az anyaállománytól. A megtermékenyített ikraszemeket két 9 literes Zuger-üvegbe helyeztük (5. ábra), ahol egészen a kelésig fejlődtek az embriók. Az üvegeken kezdetben enyhe vízfolyást biztosítottunk, melyet az idő előrehaladtával fokozatosan növeltünk. A magas vízhőmérséklet miatt meglehetősen hamar megkezdhattuk a keltetést- az embriogenezis 24 °C-on 2 napig tartott (28 napfok, napfok: az eltelt napok száma szorozva a napi átlagos vízhőmérséklettel) (Horváth & Urbányi 2000). A termékenyülési százalék elfogadható, 90% körül alakult.



5. ábra: pontyokra keltetése Zuger-üvegben (fotó: Petényi Róbert)

3.6. A lárwanevelés

A keltetést követően a szikzacskós állapotban lévő nem táplálkozó lárvákat egy erre a célra kialakított haltartó egységbe helyeztük. Az ebben a lárwanevelési fázisban nem szükséges takarmányozni, így csupán a 3. nevelési napon kezdtük meg az etetést, amikor a kishalak megtöltötték az úszóhólyagjukat és megkezdték a táplálkozást. Az állomány első elesége dekapzulált artémia (*Artemia salina*) volt (6. ábra), melyet felhasználás előtt fagyaszttóban tartottunk, így garantáltan megőrizte minőségét. *Ad libitum* takarmányozási stratégiát alkalmaztunk, naponta négy alkalommal. A kísérlet megkezdése, illetve az átállási időszak előtt kizárólag sórákot fogyasztottak a pontyok, összesen 9 napig.



6. ábra: Dekapszulált artémia mérése (fotó: Bartos István)

3.6.1. Az ivadékevelés

A keléstől számított hetedik napon a kísérletbe vont pontyokat a Halgazdálkodási Tanszék rack-rendszerének 10 literes medencéibe helyeztük ki. 500 hal/medence telepítési sűrűséget alkalmaztunk a 20 kísérleti haltartó egységben. Ezen medencék egy recirkulációs rendszer részét képezték, így folyamatosan kontroll alatt tudtuk tartani a vízhőmérsékletet és a vízben oldott oxigén mennyiségét. A rack-rendszer egy biológiai, illetve egy mechanikai szűrővel is el volt látva, valamint egy UV fényel sterilizáltuk a közeget. $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ -os vízhőmérséklet mellett történt a kísérlet, az oldott oxigén mennyisége pedig $7\pm 0,5$ mg/l között volt. A 20 kísérleti medence csoportokra (4 csoportot alakítottunk ki, 5 ismétlésben) osztása véletlenszerűen történt. 4 eltérő összetételű takarmányt hasonlítottunk össze, melyeket naponta négy alkalommal juttattunk ki (08:00, 11:30, 15:00, 19:00). A kísérlet teljes időtartama alatt az összes feletetett takarmány mennyisége medencénként 9 g volt, és kétnaponta mikroszkóp alatt ellenőriztük a takarmányfogyást (7. ábra).



7. ábra: Pontylárva takarmányfogyasztásának ellenőrzése (fotó: Molnár József).

3.6.2. A különböző takarmányozási csoportok kialakítása

A dekapszulált artémiával történő nevelést követően, három nap alatt valósítottuk meg a csoportok átállítását a kísérleti takarmányra. Kezdetben 70% artémiát, illetve 30% kísérleti eleséget kaptak a halak, majd a kísérletben használatos takarmány arányát fokozatosan növeltük, így a következő napon 30% artémiát és 70% kísérleti takarmányt kaptak, majd augusztus 15-én már 100%-ban fogyaszthatták a pontyok a nekik szánt haleledelt és megkezdhették 28 napos munkánkat, ahol a halak testtömeg-gyarapodását és megmaradását vizsgáltuk. Kísérletünk során a négy csoport mindvégig azonos mennyiségű takarmányban részesült. 6 testtömeg-százaléknyi takarmányt fogyasztottak el naponta a pontyok. A csoportok kialakítása a következőképpen történt (8. ábra):

1. **Kontroll csoport:** a pontyivadék kizárólag hagyományos, Aller Infa 0,3-0,6 mm-es szemcseméretű indítótápot fogyasztott.
2. **33% rovarliszt csoport:** a pontyivadék 33%-ban mechanikailag zsírtalanított fekete katonalégysziszta lisztet kapott direkt etetésként (tehát tisztán rovarliszt szemcséket kaptak és nem a formázott, keverék takarmány szemcséin belül volt 33% a rovarliszt aránya), illetve 67% indítótápot fogyasztott.

3. **66% rovarliszt csoport:** a pontyivadék 66% rovarlisztet, illetve 34% indítótápot fogyasztott.
4. **100% rovarliszt csoport:** a pontyivadék kizárólag rovarlisztet fogyasztott.



8. ábra: A randomizált módon kialakított csoportbeosztás a rack-rendszerben, az etetés megkönnyítéséhez különböző színű papírra jegyeztük fel az adott csoport betűjelét (kísérletünkkel párhuzamosan futott a maradék 10 medencében egy takarmányozási vizsgálat)

3.6.3. Testtömeg, testhossz mérése, megmaradás nyomon követése, biomassa számítása

Testtömeg-mérés: a 28 napos kísérlet során két alkalommal végeztünk mérést, ahol a halak testtömege volt a vizsgált paraméter. Első alkalommal a kísérlet első napján, 50 ponty testtömegét mértük meg Mettler Toledo AB-204-S típusú analitikai mérleggel, milligramm pontossággal (9. ábra) A kísérlet lezárásakor kiszámoltuk a biomassa tömeget medencénként, ami a megmaradt egyedek száma, és az egyedek átlagos testtömegének szorzata volt, grammal kifejezve.



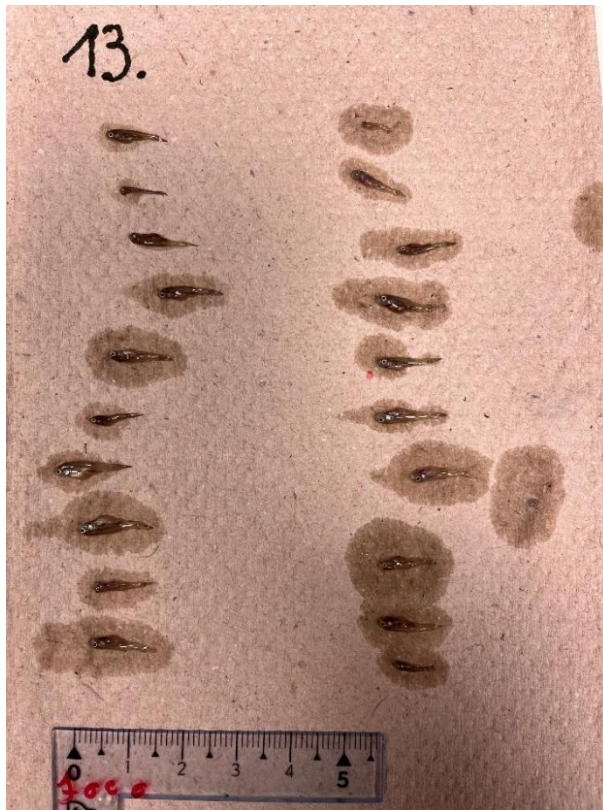
9. ábra: Légszáraz testtömeg mérése (fotó: Molnár József).

A mérendő egyedeket fenoxi-etanolos oldatban túllattuk. Apró alufólia lapokon végeztük a pontyok mérését, így első lépésként ennek tömegét jegyeztük fel, majd az alufóliára helyezve megismerhettük a lárvák nedves testtömegét. A kihelyezett állomány átlagos nedves testtömege $2,45 \pm 0,84$ mg volt. Ezt a lépést követően 24 órára Memmert UN 55 típusú szárítószekrénybe helyezük a halakat (10. ábra), ahol 60 °C-os hőmérsékleten történt szárításuk. Egy nap elteltével megmértük a halak légszáraz testtömegét, mely átlagosan $0,47 \pm 0,47$ mg volt. Ugyanezt a mérést kísérletünk 28. napján is elvégeztük, ezúttal medencénként 20 egyeddel.

Testhossz-mérés: a mérendő pontyokat egy papírlapra helyeztük, és jól látható közelségbe egy centiméterenként beosztott vonalzót fektettünk el (11. ábra), majd közelről, egy Iphone 12 típusú telefonkészülékkel jó minőségű fényképet készítettünk róluk. Az így készült fényképeket számítógépre másoltuk. A képeket az ImageJ program (Fejlesztő: Wayne Rasband, verziószám: 1.52) használatával nyitottuk meg, ahol először a vonalzó feltüntetett vonalazás segítségével kimértünk 1 centimétert pixelben kifejezve, ezáltal pedig le tudtuk mérni a halak teljes testhosszát. A halak kiindulási hossza átlagosan $0,69 \pm 0,25$ cm volt.



10. ábra: a szárítás előtt álló, alufóliába csomagolt halak a szárítószekrényben (fotó: saját felvétel)



11. ábra: Testhossz-méréshez készített fénykép (fotó: saját fénykép).

Megmaradás vizsgálata: a kísérlet során egy dróttal merevített leszívócső és egy szivacs segítségével minden este kitakarítottuk a medencék alján felgyülemlett koszt, maradék takarmányt, ezzel párhuzamosan pedig eltávolítottuk az elhullott pontylárvákat a rendszervízből. Az elhullást minden nap feljegyeztük, illetve a kísérlet végén megszámoltuk a medencében található halak számát.

SGR és FCR értékek számítása: A kezdeti és a végső mérések közötti időszakra kiszámítottuk a fajlagos növekedési rátát (SGR) és a takarmánykonverziós arányt (FCR).

Az említett értékek kiszámítása a következőképpen történik:

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

Ahol a W_z zárás kori testtömeg, a W_0 az induláskor testtömeg, a t pedig az eltelt idő napban

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

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

3.6.4. Az adatok rögzítése és statisztikai értékelés

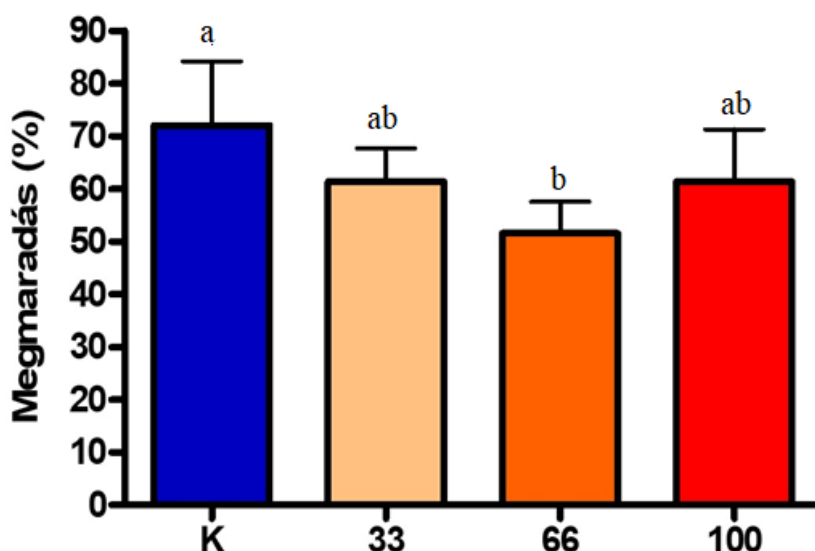
A kapott adatokat Microsoft Excel és Word 2019 programmal rögzítettük. A statisztikai értékeléshez GraphPad Prism 4.0 szoftver használtunk. Az eredmények értékelését az állomány jelentős szétnövése miatt (nem természetes eloszlása) nemparaméteres próbával, Kruskal-Wallis tesztel végeztük, az egyes csoportok elkülönítéséhez Dunn tesztet alkalmaztunk. Minden esetben 95%-os szignifikancia szintet alkalmaztunk.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Eredmények bemutatása

4.1.1. Megmaradás

A pontyivadék megmaradása tekintetében a kontroll csoport produkálta a legjobb eredményeket, $71 \pm 12,22\%$ -os megmaradásával. Ezt követte a 100% rovarlisztet kapó csoport $61,4 \pm 9,89\%$, illetve a 33% rovarliszt csoport $61,36 \pm 6,34\%$ átlagos megmaradási értékekkel, azonban ezen három említett csoport között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk. A 66% rovarliszt-kiegészítésben részesülő csoport statisztikailag igazolhatóan gyengébb megmaradási mutatókat eredményezett, mint a kontroll csoport, a maga $51,6 \pm 5,96\%$ -os életben maradási arányával (12. ábra).

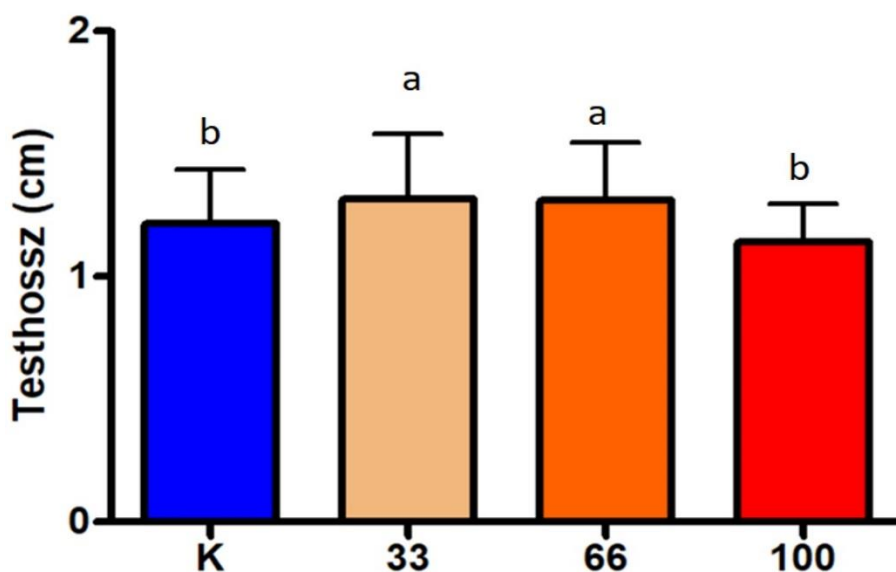


12. ábra: A diagramon a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos megmaradási százalékos értékeket mutatja. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($N=100$, $P<0.0001$)

4.1.2. Testhossz

Az ivadék testhossz mérésének eredményei kapcsán megállapítottuk, hogy a legjobb paramétereket a 33%-os, és a 66%-os rovarliszt-kiegészítésben részesülő pontyok produkálták, átlagos teljes testhosszuk $1,317 \pm 0,26$ cm, illetve $1,31 \pm 0,23$ cm volt. Ez statisztikailag igazolható eltérést jelentett a kontroll, és a 100% rovarlisztet fogyasztó csoporthoz viszonyítva. Ugyanezen paraméter a kontroll csoportnál $1,218 \pm 0,22$ cm, még

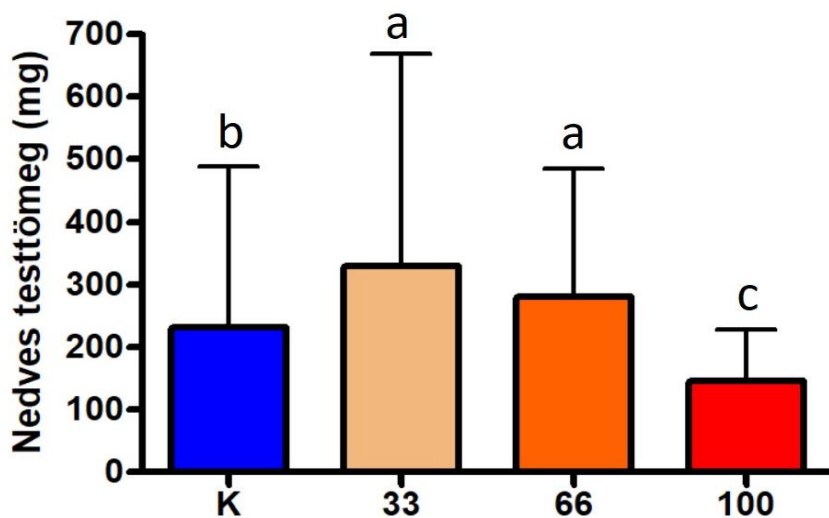
a 100%-ban rovarliszttel takarmányozott csoportnál $1,142 \pm 0,15$ cm volt, ezen két csoport eredményei között nem figyeltünk meg szignifikáns eltérést (13. ábra).



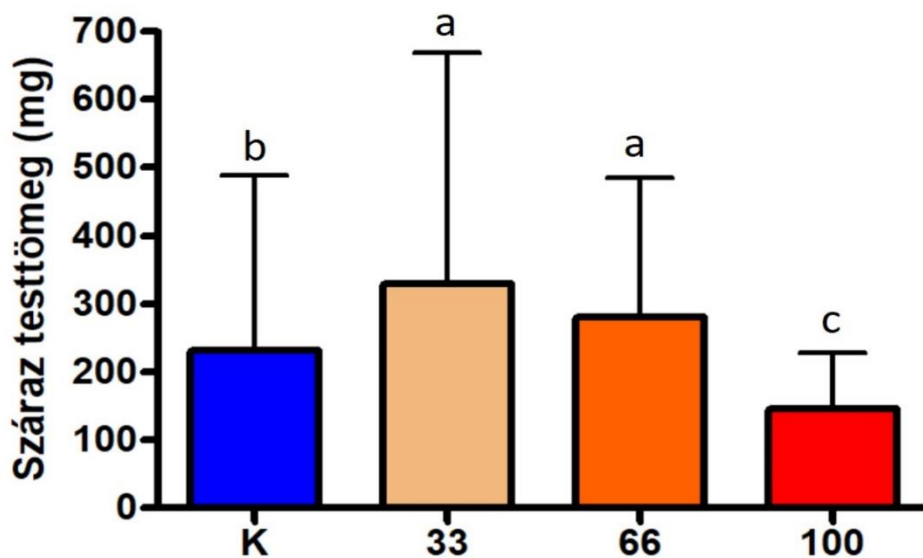
13. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos testhosszt mutatja centiméterben. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($N=20$), ($P<0,0001$)

4.1.3. Nedves és légszáraz testtömeg

Mind a nedves, mind pedig légszáraz testtömeg tekintetében is a 33% rovarliszt-kiegészítésben részesülő csoport adta a legjobb eredményeket, átlagos nedves testtömegük $329,3 \pm 340$ mg, még légszáraz testtömegük $62,82 \pm 66,6$ mg volt. A 66% rovarliszt- kiegészítésben részesülő csoport átlagos nedves testtömege $281 \pm 203,8$ mg, a légszáraz testtömege pedig $50,6 \pm 39,19$ mg volt. A 33%-os és a 66%-os csoport között nem figyeltünk meg statisztikailag igazolható eltérést. A kontroll csoport esetében $230,7 \pm 25,8$ mg-os nedves testtömeget, és $44,96 \pm 56,99$ mg-os légszáraz testtömeget kaptunk, amely szignifikánsan gyengébb eredmény, mint a 33, illetve a 66% rovarliszt-kiegészítésben részesülő csoport, azonban statisztikailag igazolhatóan jobb eredmény, mint a 100% rovarliszt csoport értéke. A 100%-ban rovarliszttel takarmányozott pontyivadék átlagos nedves testtömegénél $145,6 \pm 82,16$ mg, még a légszáraz testtömegénél $24,44 \pm 15,24$ mg értéket mértünk, amely statisztikailag igazolhatóan gyengébb eredmény, mint a fent említett három csoport. A csoportok nedves és száraz testtömegére vonatkozó adatait a 14. és 15. ábra szemlélteti.



14. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos nedves testtömeget mutatja be, milligrammban megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($N=20$), ($P<0,0001$)

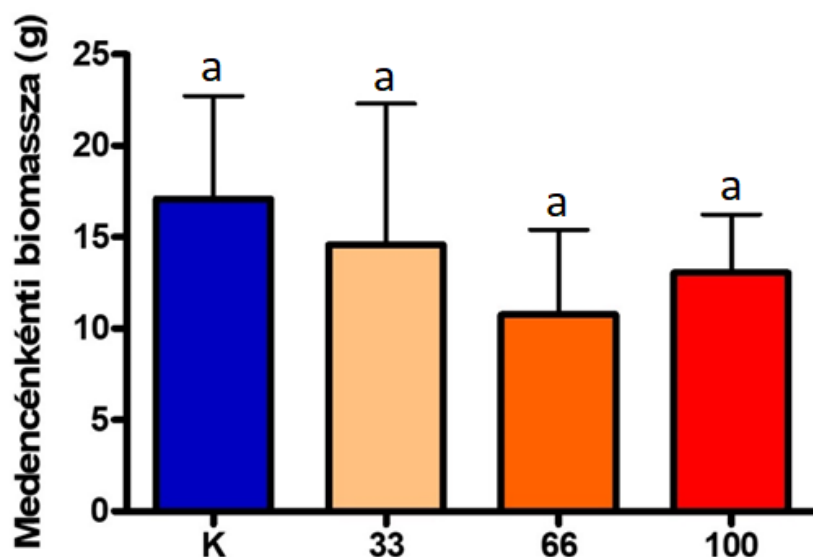


15. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos száraz testtömeget mutatja be, milligrammban megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. ($N=100$), ($P<0,0001$).

4.1.4. Biomassza számítása

. Az eredmények a következőképpen alakultak: a legjobb eredményt a kontroll csoport esetén értük el, ahol $17,09 \pm 5,63$ g volt a biomassza átlagos tömege. Ezt követte a

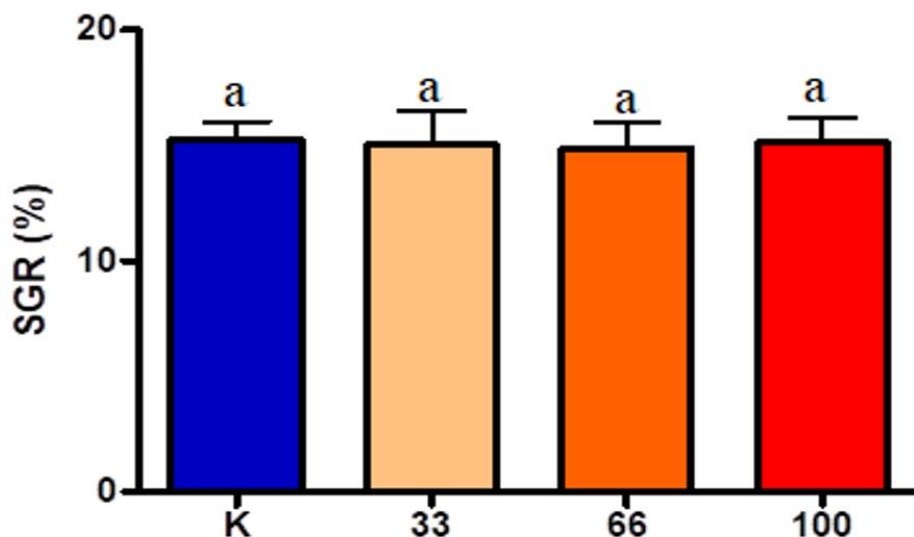
33% rovarliszt csoport $14,6 \pm 7,70$ g, és a 100% rovarliszt csoport $13,05 \pm 3,19$ g-os értéke. A 66% rovarlisztet fogyasztó csoport medencénkénti biomasszára vonatkozó értéke volt a legalacsonyabb, $10,76 \pm 4,64$ g-mal (16. ábra).



16. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos biomasszát mutatja csoportonként, grammal megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (N=5) (P=0,320)

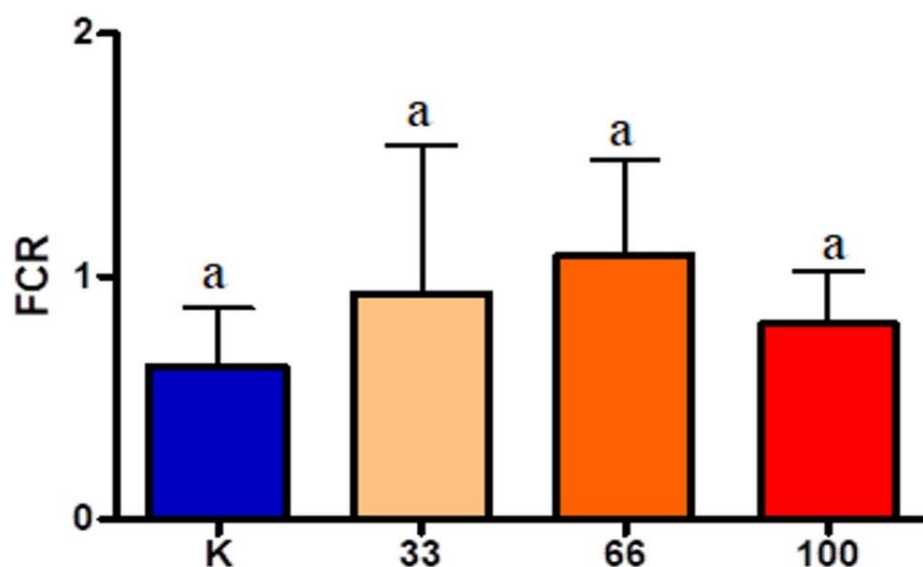
4.1.5. SGR és FCR értékek számítása

Fajlagos növekedési ráta (SGR) tekintetében a legmagasabb értéket a kontroll csoportnál kaptuk, ahol az SGR $15,25 \pm 0,77\%$ volt. Ezen paramétert tekintve $15,11 \pm 1,07\%$ -os értéket kaptunk a 100%-ban rovarlisztet fogyasztó csoport esetében, amelyet a 33%-os csoport követett a $15,01 \pm 1,49\%$ -ával, majd a 66%-os csoport következett $14,85 \pm 1,15\%$ -os értékkel. A csoportok között szignifikáns eltérést nem figyeltünk meg a fajlagos növekedési ráta esetében (17. ábra).



17. ábra: A diagram fajlagos növekedési rátát mutatja be takarmányozási csoportonként, százalékban kifejezve. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (N=5) (P=0,8964)

A takarmánykonverzió (FCR) számítása során kapott eredményeinket ismertetve elmondhatjuk, hogy a legmagasabb értéket ($1,09 \pm 0,39$ g/g) a 66%-ban rovarlisztet fogyasztó pontycsoport produkálta. Ezt követte a 33%-os csoport $0,93 \pm 0,60$ g/g-mal. A 100%-ban rovarlisztet fogyasztó lárvánál számított FCR érték $0,8 \pm 0,21$ g/g, még a kontroll csoportnál $0,63 \pm 0,23$ g/g volt. A négy takarmányozási csoport takarmánykonverziós arányai között nem volt statisztikailag igazolható eltérés (17. ábra).



18. ábra: A diagram a különböző csoportok FCR-jét mutatja be csoportonként. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (n=5) (P= 0,3201).

4.2. Eredmények értékelése

A korábban, ponttyal végzett kísérletek eredményeivel összevetve az alábbi következtetéseket vonhatjuk le munkánk kapcsán: Xu et al 2020-as vizsgálatában 13 gramm átlagtömegű pontyok komplex takarmányában a hallisztet 25%, 50%, 75%, és 100%-ban váltotta ki rovarliszttel. Gebremichael 2021-es kísérletében szintén ponttyal foglalkoztak, ahol három különböző, rovarliszttel kiegészített takarmányozási csoportot kialakítva nevelték a halakat. Dogan és Turan 2021-es vizsgálata pontyivadékkal zajlott, négy eltérő csoportot alakított ki, a hallisztet kiváltó rovarliszt mennyiségének függvényében. Mindhárom szakirodalom esetében elmondhatjuk, hogy a rovarliszt kiegészítés nincs negatív hatással a pontyok növekedésére a kontroll, hagyományos halliszt alapú takarmányhoz képest. Statisztikailag igazolható, testtömeg-gyarapodásra vonatkoztatott eltérésről azonban egyikük sem számolt be, a három említett kutatással összevetve munkánkat megállapíthatjuk, hogy nekünk viszont sikerült pozitív eredményeket elérni ezen paraméter tekintetében. Azt is fontos megemlíteni azonban, hogy ezek a kísérletek nem direkt etetéssel történtek (tehát például nem eltérő fajsúlyú szemcse csoportokból állnak ennek minden következményével), valamint csak a hallisztet, mint alapanyagot cserélték rovarlisztre. Ez viszont azt jelenti, hogy a teljes takarmány tömegre vetítve a legmagasabb bekeverési arány sem haladta meg 17,5%-ot. Tehát az általunk végzett kísérletek nem csak egy ez idáig nem vizsgált korosztály esetében bizonyított a rovar fehérje alkalmazásának lehetőségét, de azt is bebizonyította, hogy akár az eddig vizsgálatoknál jóval magasabb arányban is alkalmazható a fekete katonalégy zsírtalanított lisztje. Fontos azt is megemlíteni, hogy a kapott megmaradási eredmények magasabbak, mint a tógazdasági gyakorlatban (30-60%) tapasztalt értékek és az elért testtömeg esetében is eléri a halastavi eredményeket (0,1-0,3 g) (Horváth et al. 2011).

5. Következtetések és javaslatok

5.1. Következtetések

A munkánk kezdetén felállított hipotézisünket eredményeink igazolták: a fekete katonalégyből készített zsírtalanított rovarliszt alkalmas a halliszt kiváltására az ivadéknevelő tápokban, a halfajtól és a hal korától függően. Elmondhatjuk, hogy kísérletünk során sikeresen építettük be a fekete katonalégy lárvájából készült lisztet pontyivadék étrendjébe, amellyel a hallisztet váltottuk ki, ezzel pedig csökkentettük takarmányozási stratégiánk ökológiai lábnyomát. Kísérletünk sikerességét bizonyítja, hogy a 33%, illetve a 66%-ban direktben rovarliszttel takarmányozott pontyok szignifikánsan jobb testtömeg-gyarapodási mutatókkal rendelkeztek a 30 napos kísérlet után, mint a hagyományos, halliszt alapú ivadéknevelő tápot fogyasztó kontroll csoport. A teljes testhossz mérése során szintén szignifikánsan nagyobb hosszokat kaptunk a 33%-ban és a 66 % rovarliszttel fogyasztó csoport esetében, mint a kontroll, és a 100% rovarliszttel takarmányozott csoportnál. A megmaradás a kontroll és a 100% rovarliszttel fogyasztó csoportban volt a legmagasabb, tehát feltételezzük, hogy a 33% és a 66%-os csoportok jobb tömeggyarapodása összefüggésben áll a kisebb megmaradással abban az esetben, ha megegyező mennyiségű takarmányt kap minden csoport. Ezt a feltevést igazolja az, hogy a két paraméter eredőjeként számolt biomassza, illetve a medence szintű mutatóknál (FCR, SGR) már egyik irányba se találtunk statisztikailag igazolható különbséget. Eredményeink meglehetősen magas szórást mutattak egyes paraméterek esetében (különösen a nedves és száraz testtömeg), ami elfedhetett jelentős különbségeket, de az biztosan kijelenthető, hogy a rovarliszt akár igen magas arányban sem okoz problémát ebben az egyébként nagyon érzékeny életfázisban sem, így használatát érdemes, akár egészen magas dózisban is alkalmazni.

Magyarországon napjainkra egyelőre nem alakult ki olyan hatékony, és gazdaságilag kedvező feltételekkel dolgozó rovarliszt-gyártási infrastruktúra, ami pénzügyi szempontból indokolná ezen fehérjeforrás alkalmazását, azonban Bartucz et al. 2023-as vizsgálata szerint más országokban már megfizethető áron hozzá lehet jutni ezen alapanyaghoz. Távol-Keleten is kialakult a nagyipari rovarliszt-gyártás 2023-ra, ezáltal az árak is mérséklődtek. Így 2-2,5 €-ért már hozzáférhető az alapanyag, ami hazánkban jelenleg 6-7 € között mozog. A halliszt-probléma minden bizonnyal a jövőben is fenn fog állni, ez pedig a rovarfehérje ágazat fellendülésének ágyazhat meg a jövőben, ami gazdaságilag is fenntartható megoldást kínál majd a takarmánygyártók számára. A

rovarliszt alapú haltakarmányozás fény lehet az alagút végén a fenntarthatatlanságtól küszködő akvakultúrában.

5.2. Javaslatok

Eredményeink alapján a pontyivadék neveléséhez a következő javaslatokat kívánom tenni:

1. Javaslom a kezdeti 3 napos átszoktatás után a 33%-os zsírtalanított rovarliszt-kiegészítés alkalmazását a legjobb testtömeg- és testhossz gyarapodás elérése érdekében
2. Javaslom a kísérletek megismétlését nagyobb ismétlésszámmal és halak legalább egyszeri válogatása mellett, mert, így jelentősen csökkenthető a szétnövés, ami nehezíti a kapott eredmények statisztikai értékelését.

6. Összefoglalás

Az akvakultúra napjaink legdinamikusabban fejlődő élelmiszertermelő ágazata, a Föld népességének folyamatos növekedésével arányosan emelkedik a halfogyasztás is. A világ sok területén a halliszt számít elsődleges fehérjeforrásnak a takarmánykeverékekben a tenyésztett halak számára. A világ tengereiből, óceánjaiból zsákmányul ejtett halak közel egyötödéből halliszt készül, ami napról napra a kihalás szélére sodor különböző halpopulációkat. Az akvakultúra ágazatnak égető szüksége van fenntartható alternatívára, amivel a halliszt kiváltható. Korábbi kutatásaink, illetve napjainkra számos szakirodalom foglalkozik rovarlisztekkel a haltakarmányozás különböző területein. Ezen készítmények tápértéke vetekszik a hallisztével, azonban lévén, hogy mezőgazdasági hulladékon nevelhetőek a rovarlárvák előállításának nincs környezetkárosító hatása.

A munkánk kezdetén felállított tézisünket eredményeinkkel alátámasztottuk, miszerint a fekete katonalégyből készített zsírtalanított rovarliszt alkalmas a halliszt tartalmú takarmánykeverék kiváltására az ivadéknevelő tápokban, a halfajtól és a hal korától függően. Elmondhatjuk, hogy kísérletünk során sikeresen építettük be a fekete katonalégy lárvájából készült lisztet pontyivadék étrendjébe, amellyel a halliszt alapú takarmánykeveréket váltottuk ki, ezzel pedig csökkentettük takarmányozás ökológiai lábnyomát. Kísérletünk helyszíne a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszéke volt, itt szaporítottuk szezonon kívül dinnyési tükrös tájfajtába tartozó, ponty anyahal állományunkat. A pontylárva első tápláléka dekapzulált artémia volt, amelyet a kísérleti beállítások kezdetére komplex ivadéknevelő táp váltott fel. Takarmányozási kísérletünket 28+3 napos volt. Négy különböző csoportot alakítottunk ki, amelyhez mindösszesen 20 db, 10 literes medencére volt szükségünk. Csoportonként 2500, medencénként 500 halat helyeztünk ki véletlenszerűen. Naponta négy alkalommal takarmányoztuk az ivadékot, az elhullott lárvákat minden nap megszámoltuk és eltávolítottuk a rendszerből. Kísérletünk zárásakor megmértük medencénkét 20-20 állat nedves testtömegét, testhosszát, és kiszámoltuk megmaradásukat. 24 órás szárítószekrényes szárítást követően megmértük a halak légszáraz testtömegét. Eredményeink legfőbb konklúziója, hogy a 33%, illetve a 66% rovarliszt-kiegészítésben részesülő csoport halai testtömeg-gyarapodás tekintetében szignifikánsan jobb eredményeket produkáltak ($329,3 \text{ mg} \pm 340$, és $281 \pm 203,8 \text{ mg}$), mint a kontroll csoporté ($230,7 \pm 258 \text{ mg}$). Teljes testhossz esetében szignifikánsan jobb eredményeket kaptunk a 33% és 66% rovarliszt-kiegészítést fogyasztó csoportnál, mint

a többi csoportban. Megmaradás tekintetében a kontroll csoport érte el a legmagasabb eredményeket ($71 \pm 12,22\%$), azonban statisztikailag igazolhatóan nem mutatott jobb eredményt, mint a 33% és a 100 %-os csoport. A recirkulációs rendszerben történő, rovarliszt-kiegészítéses pontyivadék nevelés eredményeink alapján lényegesen jobb testtömeg-gyarapodást és megmaradást produkál (még 100% rovarliszt alkalmazása mellett is), mint a tógazdasági körülmények között nevelt ivadék. Kísérletünkben sikeresen csökkentettük és váltottuk ki a komplex, halliszt tartalmú haltakarmányt rovarliszt direkt etetésével, ezzel pedig hozzájárulhatunk a fenntartható és sikeres haltakarmányozás fellendítéséhez Közép-Európa legkeresettebb és legnagyobb mértékben termelt halfaja, a ponty esetében.

Magyarországon napjainkra egyelőre nem alakult ki olyan hatékony, és gazdaságilag kedvező feltételeket szabó rovarliszt-gyártási infrastruktúra, ami pénzügyi szempontból indokolná ezen fehérjeforrás alkalmazását, azonban Bartucz et al. (2023) vizsgálata szerint más országokban már megfizethető áron hozzá lehet jutni ezen alapanyaghoz. 2023-ra Távol-Keleten is kialakult a nagyipari rovarliszt-gyártás, ezáltal az árak is mérséklődtek. Így 2-2,5 €-ért már hozzáférhető az alapanyag, ami hazánkban jelenleg 6-7 € között mozog. A halliszt-probléma minden bizonnyal a jövőben is fenn fog állni, ez pedig a rovarfehérje ágazat fellendülésének ágyazhat meg a jövőben, ami gazdaságilag is fenntartható megoldást kínál majd a takarmánygyártók számára. A rovarliszt alapú haltakarmányozás fény lehet az alagút végén a fenntarthatatlanságtól küszködő akvakultúrában.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom konzulenseimnek, Dr. Csorbai Balázsnak és Dr. Bokor Zoltánnak segítségükért, szakmai tanácsaikért, belém fektetett bizalmukért.

Szeretném megköszönni Bartos Istvánnak, Bartucz Tamásnak, Láng Levente Zetének, Molnár Józsefnek, Petényi Róbertnek, illetve a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék minden munkatársának, hogy segítették munkám elkészülését. Kísérleteink elvégzéséhez a AQUAGEOCOMPONIA- Fenntartható, integrált, intenzív rovarfehérje, hal és zöldség termelési modell kidolgozása két üzemméretben (EIP 1924257877) nyújtott támogatást. A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

8. Irodalomjegyzék

- 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*. 2023; 13(10):1978. <https://doi.org/10.3390/life13101978>
- Barus, V, Peaz M, Kohlmann, K. (2001): *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). In Banarescu PM, Paepke HJ, editor. *The freshwater fishes of Europe*, v. 5/III; Cyprinidae 2/III, and Gasterosteidae. Germany: AULA-G GmbH Wiebelsheim; p. 85–179.
- Calvert, C., Martin, R., & Morgan, N. 1969.: House fly pupae as food for poultry. *Journal of Economic Entomology*, 62, pp. 938-939.
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I W., Talamond, P., & Baras, E., 2013.: Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Kampus IPB Taman Kencana Bogor. Percetakan IPB. pp. 1-10.
- Csókás, E., Csorbai, B., Rideg, Á., Bokor, Z., (2022): A kecsge takarmányozási technológiájának rovarfehérje-kiegészítéssel történő fejlesztése, „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban”, Debrecen, 35-43.p.
- Diclaro, J. W., & Kaufman, P. E. (2021): Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae) UF IFAS Extension University of Florida. EENY p. 461.
- 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.
- Ebeling, J.M., Vinci, B. (2006): *Recirculating Aquaculture systems*, University of Arizona, p. 1-47.
- EUMOFA 2021 *Freshwater Aquaculture in the EU* Luxembourg, Publications Office of the European Union pp. 1
- Gebremichael, A., Hancz, C., Kucska, B. (2021): Effect of total or partial replacing of fishmeal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal on growth performance

- and body condition indices of common carp (*Cyprinus carpio*), *AAFL Bioflux*, 2021, Volume 14, Issue 4.2280-2283.p.
- Ghamkhar, R., Hicks, A. (2020): Comparative environmental impact assessment of aquafeed production: sustainability implications of forage fish meal and oil free diets, *Resources, Conversations and Recycling*, University of Wisconsin-Madison, USA, 17-32.p.
- Guerdat, T. C., Losordo, T. M., Classen, J. J., Osborne, J. A., DeLong, D. P., (2010): An evaluation of commercially available biological filters for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* (42) pp. 38-49.
- Gutierrez-Wing, M.T., Malone, R.F. (2006): Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering* (34) pp. 163-171p.
- Hall, D. C. & Gerhardt, R. R., 2002.: Flies (Diptera), szerk. Mullen G, Durden L. *Medical and veterinary entomology*. Academic Press. San Diego, California. pp 127-161.
- Hardy, R., W., Tacon A., G., J. (2002): Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies, *Responsible marine aquaculture*, Hagerman Fish Culture Experiment Station, University of Idaho, USA, 311-325.p.
- Harka, Á., Sallai, Z. (2004): Magyarország halfaunája, *Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas* p. 94-95
- Hegyí, Á., Lefler, K. K. (2016): *Horgászvizek üzemeltetésének gyakorlata*. ISBN: 978-963-12-6430-2. p. 178, 180-187.
- Hetényi, N. (2022): A fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) nagyüzemi tenyésztése, *Animal Breeding & Feeding / Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 71 Issue 1, p25-35. 11p
- Hochheimer, J.N., Wheaton, F. (1998): Biological Filters: Trickling and RCB design. in *proceedings of the second international conference on recirculating aquaculture*, Roanoke, Virginia, 291-314p.
- Horváth L. (2000): Tenyésztési alapok. In.: Horváth L. (szerk) *Halbiológia és haltenyésztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest pp. 214-413
- Horváth L., Béres B. Urbányi B. (2011) *Ökológiai szemléletű tógazdálkodás* Szent István Egyetem, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő pp. 1-110

- Horváth, L., Tamás, G. (2011): Halivadék-nevelés, Haszonhalaink szaporítása és ivadéknevelése, Szent István Egyetem, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő 7-69. p.
- Horváth, L., Urbányi, B. (2000): Halak szaporodásbiológiája In: Horváth L. (szerk.). Halbiológia és Haltenyésztés. Második kiadás. Budapest: Mezőgazda pp. 214-
- Jahan, R., Tipu, M, Haque, M., Salam, M. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a fish meal replacement in diets for nursing common carp (*Cyprinus carpio*) fry. agriRxiv. 2021. 10.31220/agriRxiv.2021.00030.
- Kirpitchenkov, V. S. (1999): Genetics and breeding of common carp, INRA, Paris, France, 1-97.p.
- Kiss J. (2007): Biológia kislexikon, Typotex Elektronikus Kiadó Kft. 450-468. p.
- Mézes, M. (2018): A rovarfehérje, mint a fehérjeellátás új alternatívája (Insect protein as new alternative of protein supply), A hazai fehérjeestratégia és annak jövőbeni kilátásai, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 287.p.
- Mézes, M. (2018): A ponty takarmányozás alapjai. Csorbai B. és Urbányi B. (2018): A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Szent István Egyetem Kiadó, Gödöllő, 95-124.p.
- Mézes, M., Erdélyi, M. (2020): Food Safety of Edible Insects. In Abdalbasit A. M. (ed) African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components, Springer Cham 83-94.p.
- Miles, R. D., Chapman F. A. (2006): The benefits of the fish meal in aquaculture diets, University of Florida, IFAS Extensions, 1-3.p.
- Lehoczky, I., Nagy, Z.,T., Magyary, I., Hancz, C., Bakos, J., Jeney, Z.(2007): Genetic characterisation of cultured and natural-water populations of common carp (*Cyprinus carpio*) in Hungary, Aquaculture 272: 271-272. p.
- Llagostera P. F., Kallas, Z., Reig, L., de Gea, D. A. (2019): The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay, Journal of Cleaner Production, Volume 229 Pp. 10-10-21.p.
- Pintér K., (2015): Magyarország halai Biológiájuk és hasznosításuk Mezőgazda Kiadó, - Budapest, pp. 75-77, 360
- Raman, S.S., Stringer R.C., Bruce, N.C., Chong, C.S. (2022): Opportunities, challenges and solutions for black soldier fly larvae-based animal feed production, Journal of cleaner production, Volume 373(4):133802

- Péteri A., Janurik E. (2015): Az oxigénellátás levegőztetéssel és tiszta oxigénnel. In: Csorbai, B., Péteri A., Urbányi, B. (Szerk): Intenzív haltenyésztés, Vármédia-Print Kft., Gödöllő., 54-66p.
- Shepherd, C. J., Bromage, N. R. (1992): Intensive fish farming, Wiley- Blackwell kiadó, p. 420.
- Surendra, K.C., Tomberlin, J.K., van Huis, A., Cammack, J., Heckmann, L.-H., L, Khanal, S.K. (2020): Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF), Waste Management, University of Hawaii, Honolulu, USA, 58-80.p.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M. (2007): Recirculating aquaculture cayuga aqua ventures, Ithaca. p. 1-976.
- Ogunji, J., Schulz, C., & Kloas, W. 2008.: Growth performance, nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed housefly maggot meal (maggot meal) diets. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8, pp. 141-147.
- Orbán, L., Wu Q. J. (2008): Cyprinids. In: Kole CR and Kocher TD (eds). Genome mapping and genomics in animals: fishes and aquatic animals. Springer Verlag, Berlin, Germany, 45-83. p.
- Udvari Zs. (2017): Magyarországon elismert pontyfajták, Földművelésügyi Minisztérium, Horgászati és Halgazdálkodási Főosztály, Iktatószám: HHgF/268/2017.
- Urbányi B. és Staszny Á. (2018): A faj jelentősége, trendek hazánkban, Európában és a világban. Csorbai B. és Urbányi B. (2018): A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Szent István Egyetem Kiadó, Gödöllő, 163-175p.
- Urbányi B. (2015): Az intenzív haltenyésztés története, definíciói. In Csorbai Balázs, Péteri András, Urbányi Béla (Szerk): Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia Kft. 5-11. p.
- Vandeputte, M. (2003): Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. Aquatic Living Resources 16 (5) p. 399-407.
- Watten, B.J., Sibrell, P.L. (2006): Comparative performance of fixed-film biological filters: Application of reactor theory. Aquacultural Engineering (34) p. 198-213.
- Weber, M. J., Brown, M. L. (2013): Density-dependence and environmental conditions regulate recruitment and first-year growth of common carp in shallow lakes, Transactions of the American Fisheries Society, 471-482. p.

- Wedemeyer G.A. (1996): Physiology of fish in intensive culture systems, Springer kiadó, p. 229.
- Wheaton, F.W. Hocheimer, J., Kaiser, G.E., Malone, R.F. (1994): Nitrification filter design methods. Developments in aquaculture and fisheries science, 27. p. 127-166.
- Woynárovich, E., Woynárovich, A., (1980): Modified technology for elimination of stickiness of common carp, *Cyprinus carpio* eggs. Aquacult. Hung. 2, 19–21.
- Windsor, L., (2001): Fish meal, department of trade and industry, Torry Research Station, Torry Advisory Note, p. 49.
- Yaqoob, S. (2021): A review of structure, origin, purpose, impact of common carp (*Cyprinus carpio*) in India. Annals of R.S.C.B., Vol. 25.
- Xu, X., Ji, H., Yu, H., Zhou, J. (2020a): 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, Wiley, 432-443.p.
- Xu, X., Ji, H., Belghit, I., Sun, J. (2020b): Black soldier fly larvae as a better lipid source than yellow mealworm or silkworm oils for juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*), Aquaculture 527 p. 121-130.

internet 1 (kép): <https://betterorigin.co.uk/2021/05/black-soldier-fly-guide/>
(letöltés:2023.10.15)

internet 2: Ebert 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: 2023.07.)

internet 3 (kép): Hulata, G. (2007): Common carp (*Cyprinus carpio*), Environmental science, <https://www.semanticscholar.org/paper/Common-Carp%3A-Cyprinus-carpio-Hulata/e4e63caecc56e366e9321afbfd89dc6451fff11/figure/3>, elérve: 2023. 10.

internet 4: Payton, B. (2020): Taking the fish out of fish feed, Hakai Magazine, Victoria, Canada

2023.10.)

internet 5: Turner, J. (2014): The problem of fishmeal, We need to think bigger, than just boycotted Thai shrimp, Science for All, <https://medium.com/science-and-its-communication/the-problem-of-fishmeal-d0dbef07a970> 2 (elérve: 2023.09.)

9. Ábrajegyzék

1. ábra: A ponty (fotó: Schill Tamás).	8
2. ábra: A ponty elterjedése a világban (internet 3.).....	9
3. ábra: A fekete katonalégy (forrás: internet 1.).....	16
4. ábra: : hormonális indukálóanyag (Ovopel AUV) injektálása a hasüregbe (fotó: saját fénykép)	21
5. ábra: pontyokra keltetése Zuger-üvegben (fotó: Petényi Róbert).....	23
6. ábra: Dekapszulált artémia mérése (fotó: Bartos István).....	24
7. ábra: Pontylárva takarmányfogyasztásának ellenőrzése (fotó: Molnár József).	25
8. ábra: A randomizált módon kialakított csoportbeosztás a rack-rendszerben, az etetés megkönnyítéséhez különböző színű papírra jegyeztük fel az adott csoport betűjelét (kísérletünkkel párhuzamosan futott a maradék 10 medencében egy takarmányozási vizsgálat ...	26
9. ábra: Légszáraz testtömeg mérése (fotó: Molnár József).	27
10. ábra: a szárítás előtt álló, alufóliába csomagolt halak a szárítószekrényben (fotó: saját felvétel).....	28
11. ábra: Testhossz-méréshez készített fénykép (fotó: saját fénykép).....	28
12. ábra: A diagramon a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos megmaradási százalékos értékeket mutatja. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik (N=100, P<0.0001).....	30
13. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos testhosszt mutatja centiméterben. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik (N=20), (P<0,0001).....	31
14. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos nedves testtömeget mutatja be, milligrammban megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik (N=20), (P<0,0001).....	32
15. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos száraz testtömeget mutatja be, milligrammban megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (N=100), (P<0,0001).....	32
16. ábra: A diagram a különböző takarmánykeverékek alkalmazását követő átlagos biomasszát mutatja csoportonként, grammal megadva. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (N=5) (P=0,320).....	33
17. ábra: A diagram fajlagos növekedési rátát mutatja be takarmányozási csoportonként, százalékban kifejezve. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (N=5) (P=0,8964).....	34
18. ábra: A diagram a különböző csoportok FCR-jét mutatja be csoportonként. A betűjelek a csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik. (n=5) (P= 0,3201).	34

10. Nyilatkozatok

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Csókás Endre
A Hallgató Neptun kódja: C1V3AE
A dolgozat címe: Pontyivadék rovarfehérjével kiegészített takarmánnyal történő etetésének vizsgálata
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Halgazdálkodási Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2023. 10. 30.



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Csókás Endre (hallgató Neptun azonosítója: C1V3AE) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történővédelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Gödöllő, 2023. 11. 05.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.