

Tudományos Diákköri Dolgozat

Várkonyi Dávid
Takarmányozási és takarmánybiztonsági
mérnök Msc

Gödöllő
2022



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

**Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök Msc
Szak**

**Fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárva direkt
etetési lehetőségeinek vizsgálata egy afrikai harcsa
fajhibrid (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*)
takarmányozásában**

Belső konzulens:

Dr. Csorbai Balázs

tudományos munkatárs

Dr. Bokor Zoltán

tudományos főmunkatárs

Készítette:

Várkonyi Dávid

C435E2

Nappali

Intézet/Tanszék:

Akvakultúra és

Környezetbiztonsági Intézet

Halgazdálkodási Tanszék

**Gödöllő
2022**

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzés	2
1.1	Bevezetés	2
1.2	Célkitűzések	3
2	Irodalmi áttekintés	4
2.1	Az afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>) általános jellemzése	4
2.1.1	Rendszertani besorolása	4
2.1.2	Elterjedése, élőhelye	4
2.1.3	Küllemi sajátosságai	5
2.1.4	Viselkedése, táplálkozása	5
2.1.5	Szaporodása	6
2.1.6	Gazdasági jelentősége	6
2.2	A vundu harcsa (<i>Heterobranchus longifilis</i>) általános jellemzése	7
2.2.1	Rendszertani besorolása	8
2.2.2	Elterjedése, élőhelye	8
2.2.3	Küllemi sajátosságai	9
2.2.4	Viselkedése, táplálkozása	9
2.2.5	Szaporodása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2.6	Gazdasági jelentősége	9
2.2.7	Az észak afrikai és vundu harcsa keresztezése	10
2.3	A fekete katonalégység (<i>Hermetia illucens</i> L.) bemutatása	10
2.3.1	Rendszertani besorolása	10
2.3.2	Elterjedése, élőhelye	11
2.3.3	Morfológiája	11
2.3.4	Életciklusa	12
2.3.5	Táplálkozása, takarmányozása	13
2.3.6	Jelentősége	13
2.4	A haltakarmányok fehérjehordozói	14
2.4.1	Halliszt	14
2.4.2	Egyéb állati eredetű fehérjék	15
2.4.3	Növényi eredetű fehérjék	15
2.4.4	Makro- és mikroalgák	17
2.4.5	Egyéb fehérjeforrások	17
2.4.6	Rovarfehérjék	18
2.5	Az intenzív haltenyésztés bemutatása	19
2.5.1	Eredete, fejlődése	19
3	Anyagok és módszerek	22
3.1	Kísérleti helyszín bemutatása	22
3.2	Technológiai paraméterek	22
3.3	Népesítés	23
3.4	Takarmányozás	23
3.5	Elvégzett vizsgálatok	25
3.6	Alkalmazott számítási módszerek	26

4	<i>Eredmények és értékelésük</i>	28
5	<i>Következtetések, javaslatok</i>	36
6	<i>Összefoglalás</i>	37
7	<i>Köszönetnyilvánítás</i>	39
8	<i>Irodalomjegyzék</i>	40

1 Bevezetés és célkitűzés

1.1 Bevezetés

A világ halfogyasztása évtizedek óta növekvő tendenciát mutat. A tengeri halászatból származó fogások az utóbbi években stagnálnak, vagy csökkennek. A Rabobank (elemzéseket is végző világbank) a haltermelés 1,4%-os évenkénti növekedésével számol 2017-2035 között (Mulder 2017). A haltermelés volumenének növekedése csak úgy biztosított, ha ezt a takarmányipar képes állandó minőségű és a piacon mindig elérhető takarmánnyal kiszolgálni. Az intenzív halnevelő rendszerekben takarmánykomponensként alkalmazott egyik legfontosabb fehérjehordozó a halliszt. Globálisan a halászatból származó fogások ötödéből készül halliszt, ez a tevékenység komoly terhet ró a tengeri élővilágra, érzékeny populációk összeomlását eredményezheti. Világossá vált tehát, hogy a halliszt kiváltására egy fenntartható fehérjehordozót kell találni. A fekete katonalégy (*Hermetia illucens* Linnaeus 1757) egy egyenlítői éghajlatról származó, nem invazív légyfaj, amely intenzív körülmények között kiválóan tartható, tenyésztethető. Generációs ideje rövid, beltartalmi értékei kedvezőek, nyersfehérje tartalma 40-42%, nyerszsír tartalma 25-27% (Caruso et al. 2013). Korábbi kísérletekben a rovarfehérjét csak feldolgozott formában (rovarliszt) alkalmazták. A halak lárvával történő etetéséről elenyésző adat áll rendelkezésre, így fontosnak tartottuk ezen terület vizsgálatát. A fekete katonalégy lárvák nem feldolgozott formában történő takarmányozási felhasználásának gazdasági oka, hogy ezzel a módszerrel nagymértékben csökkenthetők az energiaköltségek, hiszen a rovarok szárítása, préselése hatalmas elektromos energiaigénnyel jár. A technológia további fejlesztése fenntarthatóbbá teheti az akvakultúrát. Választásunk azért esett az afrikai harcsára, mert egy rendkívül tág tűrőképességű halfaj, recirkulációs rendszerben nagy telepítési sűrűség mellett tartható, így tenyésztése során magas hozam érhető el. Növekedési erélye és takarmányértékesítő képessége kimagasló, 1-1,3-as takarmány együttható mellett megközelítőleg 6-8 hónap alatt éri el a piaci méretet, vágósúlyt (Csávás 2006). Habár a magyar halgazdálkodás domináns halfaja a ponty, az intenzív üzemi termelésben kiemelt jelentőségű az afrikai harcsa is. Európában a faj legnagyobb termelőik között szerepel hazánk. A tenyésztése szempontjából felsorolt kedvező tulajdonságain kívül számos gasztronómiai értékkel rendelkezik, ízletes, szálkamentes húsa sokféleképpen elkészíthető, számos különleges termék pl.: füstölt afrikai harcsafilé, halpástétom alapanyagául szolgál (Horváth et al 1989).

1.2 Célkitűzések

Kísérletem célja, hogy megteremtse az alapot a fekete katonalégylárva beépítéséhez az afrikai harcsa takarmányozásába. Ennek érdekében különböző részarányban adagoltam a lárvákat növekedő halak takarmányába és regisztráltam a halak megmaradását, növekedését, kondícióját.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) általános jellemzése

2.1.1 Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Gerinchúrosok (*Chordata*)

Altörzs: Gerincesek (*Vertebrata*)

Altörzság: Állkapcsosok (*Gnathostomata*)

Főosztály: Csontoshalak (*Osteichthyes*)

Osztály: Sugárúszójú halak (*Actinopterygii*)

Alosztály: Újúsójúak (*Neopterygii*)

Alosztályág: Valódi csontoshalak (*Teleostei*)

Öregrend: Pontyszerűek (*Ostariophysi*)

Rend: Harcsalakúak (*Siluriformes*)

Család: Zacsósharcsafélék (*Clariidae*)

Nem: *Clarias*

Faj: *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) (Internet 1.)

2.1.2 Elterjedése, élőhelye

Az afrikai harcsa őshonos szinte egész Afrikában, valamint Libanonban, Törökország déli részén, Szíriában, Jordániában és Izraelben is. Jó alkalmazkodóképességének köszönhetően elviseli a szélsőséges éghajlati körülményeket, tolerálja a víz hőmérséklet ingadozását, a hosszú száraz periódusokat (Horváth és Urbányi, 2000). Melegigényes halfaj, hőmérsékleti optima 25-33 °C, azonban átvészeli a víz rövid ideig tartó 12-18 °C-ra történő lehűlését is. (Péteriet al., 1989). A hazai időjárási viszonyok mellett nem telel át, a lehűlt 10-12 °C-os vízben immunrendszerének összeomlása következtében napokon belül elpusztul. (Radics et al., 1994). A víz alacsony oldott oxigéntartalma, magas szabad ammónia, kénhidrogén és nitrit koncentrációja mellett is képes a túlélésre, a faj által tolerált sótartalom maximális értéke 10 ppt. (Chervinski, 1984, Kovács et al., 2015).

2.1.3 Küllemi sajátosságai



1. ábra Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) (FAO 2015)

Megnyúlt, hengeres testű hal. Feje széles, felülről lapított, szája nagy, végállású, szemei aprók, fején nyolc bajuszsál található. Hátúszójában 61-79, anális úszójában 45-60 úszósugár számlálható, farokúszója bemetszés nélküli, szegélye lekerekített. Csupasz pikkelytelen bőre erősen nyálkás. Több színváltozata ismert, ezek a márványos, világos-, vagy sötétszürke. A felsorolt színváltozatokra egységesen jellemző, hogy a hát a legsötétebb, az oldalak világosabbak, a halak hasa fehér, vagy piszkosfehér (Péteri et al., 1989; Pintér és Pócsi, 2002). A zacskóharcsafélék sajátossága egyedülálló kiegészítő légzőszervük, amely a halak 15-20 napos korában, megközelítőleg 2,5-3,0 cm testhossznál fejlődik ki. A karfiol formájú légzőszerv a kopolyúfedő alatt, a kopolyúívek felső részén található. Az úgynevezett kopolyúfát, erekben gazdag légzőhám borítja, mely alkalmassá teszi az állatot a légköri oxigén felvételére (Horváth és Urbányi, 2000). A hímek növekedése gyorsabb ütemű, az ivari dimorfizmus kifejezett (Radics et al., 1995).

2.1.4 Viselkedése, táplálkozása

Mindenevő faj révén táplálékspektruma igen széles, rendszeresen fogyaszt gerincteleneket, vízi és szárazföldi rovarokat, kisebb emlősöket, madarakat és növényi részeket is (Van der Waal, 1985). A fajnál megfigyelhető a kannibalizmus, de ez nagyrészt a fiatal korosztályra korlátozódik. Az afrikai harcsa éjjel és nappali is táplálkozik (Appelbaum és

Mcgeer, 1998), de a takarmányadag majd kétharmad részét nappal fogyasztja el. A halak növekedése 12 óra sötét, 12 óra világos fotoperiódusnál intenzívebb, mint azoknál a halaknál, amelyeket folyamatosan világosban tartottak (Rueda, 2004). Az afrikai harcsa rendkívül gyors növekedésű halfaj, az emészthető energia akár 80 százalékát is képes gyarapodásra fordítani, ez az érték magasabb, mint más, járulékos légzőszervvel nem rendelkező halak esetében. (Huisman és Richter, 1987).

2.1.5 Szaporodása

A természetben megközelítőleg 1-2 éves korukra válnak ivaréretté, testhosszuk ekkor 20-40 centiméter, testtömegük 150-500 gramm (Richter, 1976). A zárt rendszerben, állandó magas hőmérsékleten nevelt halak már 6-9 hónaposan 400-600 g-os testtömegnél elérhetik az ivarérettséget (Huisman és Richter, 1987). Mivel az ivari dimorfizmus kifejezett, így a nemek könnyen megkülönböztethetők. Az ivásra kész ikrások hasa viszonylag nagy, kerek és puha tapintású, ivarnyílásuk piros, duzzadt. Természetes körülmények mellett a petefészek a testtömeg 7-15%-át teszi ki, de intenzív tartásmód és bőséges takarmányozás hatására elérheti a testtömeg 25%-át is. A szaporodásra kész tejesek vizuálisan nem felismerhetők, a herék érettségi fokának megállapításához szükséges a test felnyitása. Természetes körülmények között ivása ciklikus, a gonádérés szempontjából kedvező állandó 25°C-os vízhőmérséklet és a 0,5-0,7 testsúlyszázalék mennyiségű táppal történő takarmányozás biztosítása mellett egész évben szaporítható. Az érett oociták 1,0-1,2mm átmérőjűek, felszínük ragadós, mely az aljzathoz történő tapadásukat segíti. (Kovács et al., 2015)

2.1.6 Gazdasági jelentősége

Az afrikai kontinens számos országában több évszázadra visszanyúló hagyománya van az afrikai harcsa tenyésztésnek. Kezdetben az esős évszakban elárasztott tavakba összegyűjtött ivadék nevelésével foglalkoztak, ezen mesterséges tavak Beninben és Ghánában a wheddos, míg Mauritiuson a barochios néven voltak ismertek (<http2>).

Az Afrikában történő kisüzemi tilápiatenyésztés meghonosításával rengeteget próbálkoztak az 1950-es és 60-as években, azonban ezek a törekvések kudarcba fulladtak. Magyarországon csak afrikai harcsaként ismert észak-afrikai harcsát (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) viszont megfelelőnek találták a nagy volumenben történő termelésre. A következő években számos kísérletet folytattak a faj akvakultúrába történő integrálására. Afrikában történő tenyésztése a hetvenes évek elején kezdődött Közép- és Nyugat-Afrikában, mivel felismerték, hogy számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik. Gyors növekedésű,

vízminőséggel szemben toleráns, takarmányozása mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékekre alapozható, nagy telepítési sűrűségben nevelhető, ami magas nettó hozamot eredményez, indukált szaporítása kivitelezhető. (de Graaf és Janssen, 1996). Európába először 1976-ban jutott el Hollandián keresztül, majd innen 1977-ben importáltak egy kisebb tételt kutatási célból hazánkba. Az afrikai harcsát betelepítették több európai országba (Németország, Belgium, Csehország, Lengyelország) is, azonban jelentős termelés csak Hollandiában és hazánkban valósult meg. Iparszerű termelése az 1990-es évek elejére vált meghatározóvá nagyrészt geotermikus vizekre alapozott átfolyóvízes, majd később recirkulációs rendszerekben (Urbányi 2015). Napjainkban a magyar akvakultúra által termelt afrikai harcsa mennyisége a globális termelés 1,5%-át teszi ki.



2. ábra A világ fő afrikai harcsa termelő országai 2006-ban (Http2)

2.2 *A vundu harcsa (Heterobranchus longifilis) általános jellemzése*

2.2.1 Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Gerinchúrosok (*Chordata*)

Altörzs: Gerincesek (*Vertebrata*)

Altörzság: Állkapcsosok (*Gnathostomata*)

Főosztály: Csontoshalak (*Osteichthyes*)

Osztály: Sugárúszójú halak (*Actinopterygii*)

Alosztály: Újúsójúak (*Neopterygii*)

Alosztályág: Valódi csontoshalak (*Teleostei*)

Öregrend: Pontyszerűek (*Ostariophysi*)

Rend: Harcsalakúak (*Siluriformes*)

Család: Zacskósharcsafélék (*Clariidae*)

Nem: *Heterobranchus*

Faj: *Heterobranchus longifilis* (Burchell, 1822) (Http3)

2.2.2 Elterjedése, élőhelye

A vundu harcsa Dél-Afrika nagy mélyvizű folyóiban, tavaiban elterjedt. Endemikus afrikai faj, megtalálható a Nílus, Niger, Szenegál, Kongó és a Zambézi folyó felső, valamint középső régiójában is (Agnèse és Teugels, 2001). Hőmérsékleti optimuma 22-25 °C, a preferált pH 6,0-7,5 (Kovács et al., 2015)

2.2.3 Küllemi sajátosságai



3. ábra *Heterobranchus longifilis* (Internet 3.)

Megnyúlt, hengeres testű hal. Feje széles, felülről lapított, szája nagy, végállású, szemei aprók. Hátúszójában 31-39, anális úszójában 46-50 úszósugár található. Elérheti a 150cm-es testhosszt és az 50kg-os testtömeget is. Legszembetűnőbb bélyege, mely segíti a megkülönböztetését a többi afrikai harcsafélétől a zsírúszójának megléte. Másodlagos légzőszerve jól fejlett, lehetővé teszi számára a légköri levegő hasznosítását. Morfológiájában nagy hasonlóságot mutat a többi *Clarias* és *Dinopteroideid* fajokkal. Afrikában endemikus fajnak tekinthető, monofiletikus fejlődéstörténetét genetikai vizsgálatok bizonyítják (Agnèse és Teugels, 2001).

2.2.4 Viselkedése, táplálkozása

Leginkább éjjel aktív. Mindenevő faj révén táplálékspektruma igen széles, rendszeresen fogyaszt halakat, gerincteleneket, vízi és szárazföldi rovarokat, kisebb emlősöket, madarakat és növényi részeket is (Van der Waal, 1985).

2.2.5 Gazdasági jelentősége

A vundu harcsát Afrika több országában termelik. A fajjal kapcsolatos legtöbb kutatás Elefántcsontparton zajlott, az eredmények azt mutatták, hogy a *Heterobranchus longifilis* és a *Clarias gariepinus* termelési mutatói csaknem megegyeznek, azonban egyes esetekben a *Heterobranchus* egyedek növekedési erélye mutatkozott jobbnak (Ziriga et al., 1996).

Európában leginkább keresztezési partnerként van létjogosultsága, így állománya a szaporításra használt anyahalakra korlátozódik.

2.2.6 Az észak afrikai és vundu harcsa keresztezése

Ahogy az állattenyésztés összes ágazatában, úgy az akvakultúrában is megfigyelhető a hibridizáció alkalmazása. Az észak afrikai és vundu harcsa keresztezésekor intergenerikus, tehát nemzetségek közti hibridről beszélünk. A folyamat során a hímivarú egyedet a *Heterobranchus longifilis*, míg az ikrást a *Clarias gariepinus* képviseli. Az utódok számos termelési mutatóban felülmúlják a szülői generációt. A keresztezés során létrejövő "Heteroclarias" növekedési üteme gyorsabb, FCR értéke alacsonyabb, jobban tolerálja az alacsony oldott oxigénszintet. Összehasonlító vizsgálatokat végeztek a hibrid és a keresztezésben résztvevő két kiindulási faj húsminőségének esetében. A kapott eredmények igazolták, hogy a Heteroclarias húsának szerkezete gasztronómiai szempontból kedvezőbb a fogyasztók számára, valamint eikozapentaénsav tartalma is magasabb, mely a szívkoszorúér betegségek kockázatát csökkenti. (Sobczak et al., 2022).

2.3 A fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) bemutatása



4. ábra A fekete katonalégy (Internet 7.)

2.3.1 Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Ízeltlábúak (*Arthropoda*)
Altörzs: Hatlábúak (*Hexapoda*)
Osztály: Rovarok (*Insecta*)
Alosztály: Szárnyas rovarok (*Pterygota*)
Alsó osztály: *Neoptera* (Újszárnyúak)
Rend: Kétszárnyúak (*Diptera*)
Alrend: Légyalkatúak (*Brachycera*)
Család: Katonalégycsalád (*Stratiomyidae*)
Alcsalád: *Hermetiinae*
Nem: *Hermetia*
Faj: *Hermetia illucens* (Linneus, 1758) (Internet 8.)

2.3.2 Elterjedése, élőhelye

A fekete katonalégycsalád az amerikai kontinens trópusi, szubtrópusi régióiban tekinthető őshonosnak. Az interkontinentális áruszállítás, valamint a népvándorlás hatására napjainkra szinte az összes kontinensre eljutott. (Leclercq, 1997) Melegigényes faj, így a 40. déli és a 45. északi szélességi körök között maradt fent. Megtalálható Afrikában, Európában, Ázsiában (Japán, Fülöp-szigetek, Indonézia és Sri-lanka), Óceániában (Ausztrália és Új-Zéland) is (Caruso et al, 2013).

2.3.3 Morfológiája

Pete: A tojás alakú peték körülbelül 1 mm hosszúak. Színük az ovipozíciót követően fehéres, krémszínű, majd a kikeléshez közeledve folyamatosan változik, kelés előtt sárgás bézs színűek (Diclaro és Kaufman, 2021).

Lárva: A frissen kelt lárvák igen aprók, méretük 1 mm alatti (0,66 mm), de a lárvastádium végére elérhetik a 27 mm-es testhosszt és 6 mm szélességet is (Hall & Gerhardt, 2002). Színük kezdetben bézs vagy világosbarna, ami a prepupa stádium elérésekor sötétbarnára változik. (Furman et al., 1959). A feji rész különálló, kitüremkedő, fejlett szájszerve a táplálkozás mellett a mozgáshoz is hozzájárul. A 11 szegmensből álló lárvatestet sörték és szőrök borítják.

Báb: A bábok színe sötétbarna, a kutikula merev, megkeményedett, kalciumsókban gazdag. (Diclaro és Kaufman, 2021).

Imágó: Darázszerű külleme ellenére sem csípésre, sem harapásra nem képes. A kifejlett egyedek mérete 13-20 mm közé esik, színük fekete vagy sötétkék. Három pár lábbal

rendelkezik, melyek utolsó ízesült részei fehér színűek. A légyalkatúakra jellemzően szemei nagyok, fején egy pár hosszú csáp található. Röpképes faj, egy pár jól fejlett szárnyát képes összehajtani. A hímek kisebbek a nőstényeknél, azonban ez még nem elegendő az ivarok megkülönböztetéséhez (Tomberlin et al., 2002). A potroh utolsó szegmensén a nőstényeknél egy visszahúzható petevezeték található, a hímeknél pedig az aedeagus (hím rovarok párzószerve) valamint két horog figyelhető meg, melyekkel párzás során képesek kapcsolódni a nőstényekhez. (Caruso et al., 2013).

2.3.4 *Életciklusa*

A fekete katonalégy életciklusát befolyásolja a populáció típusa (vad, domesztikált), a környezeti paraméterek úgymint: hőmérséklet, páratartalom, fényintenzitás, az elérhető szubsztrát mennyisége és minősége. A nőstény szorosan egymás mellé, nedves, párás közegbe rakja le petéit, melyek száma az ezret is elérheti. A peterakást követően hamarosan elpusztul. (Kim et al., 2008; Tomberlin et al., 2009). Az inkubáció időtartama 3,5-4 nap, optimális hőmérséklete 27-30 °C a magas relatív páratartalom fenntartása jobb kelési arányt biztosít, mert a peték nem száradnak ki (Tomberlin és Sheppard, 2002). A frissen kelt lárvák azonnal táplálkozni kezdenek, elfogyasztják a környezetükben megtalálható szerves anyagokat.

A lárvafejlődés hőmérsékleti optimuma 20-30 °C. (Tomberlin et al., 2009;). A lárvaalapot időtartama 4 héttől 5 hónapig is eltarthat az elérhető táplálékmenyiség függvényében. A fejlődő lárvák 6 stádiumon mennek keresztül, azonban az első négy differenciálása nehézkes, hiszen nem történik nagymértékű morfológiai változás, csupán az egyedek mérete növekszik. Az ötödik stádiumban lévő lárvát nevezzük prepupának.

A bebábozódás előtt álló lárvák színe egészen sötétbarnára változik, befejezik a táplálékfelvételt, kimásznak a szubsztrátból és egy bábozódásra alkalmas helyet keresnek (Diener et al., 2011). A metamorfózis két hét alatt végbemegy, ezután először a hím, majd a nőstény egyedek kelnek ki. Az imágók a kelést követő néhány percen belül röpképesek válnak. A szaporodásra a kikeléstől számított 3-4. napon kerül sor, ezt követően további két nap múlva rakják le a nőstények petéiket (Tomberlin et al., 2009; Tomberlin és Sheppard, 2002). A felnőtt egyedek élettartama 5-14 nap. A nagyobb, lárvakorban több tartalékot felhalmozó állatok tovább élnek, de az elégséges vízfogyasztás, valamint energiadús nektár is napokkal meghosszabbítja élettartamukat (Tomberlin et al., 2002).

2.3.5 Táplálkozása, takarmányozása

A fekete katonalégy lárvák polifág élőlények. Erős szájszervük és hatékony enzimrendszerük, valamint a bennük élő speciális baktériumflórának köszönhetően táplálékbázisuk igen széles. Legnagyobb aktivitást az amilázok, proteázok és lipázok mutatnak. Egy kutatás során kimutatták, hogy az α -amiláz, β -galaktozidáz, α -mannozidáz és leucin arilamidáz enzimek sokkal nagyobb aktivitással vannak jelen, mint a házilégy (*Musca domestica*) esetében (Kim et al., 2008). A lárvák intesztinális flórája szintén aktívan hozzájárul az elfogyasztott táplálék emésztéséhez. A táplálékforrástól függően 4 fő baktériumtörzset azonosítottak a faj szervezetében (*Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* and *Gammaproteobacteria*) (Jeon et al., 2011). A fekete katonalégy számára szinte minden szerves hulladék, melléktermék, trágya szubsztrátként funkcionálhat, azonban az Európai Unióban szigorú szabályozásokat vezettek be ezek használatára. A rovarok takarmányozására szolgáló szubsztrátsak nem állati eredetű termékeket, vagy a 3. kategóriába tartozó, következő állati eredetű termékeket tartalmazhatja: halliszt, nem kérődzőkből származó vérkészítmények, állati eredetű di- és trikálcium-foszfát, nem kérődzőkből származó hidrolizált fehérjék, kérődzők nyersbőréből és irhájából származó hidrolizált fehérjék, nem kérődzőkből származó kollagén és zselatin, tojás és tojástermékek, tej, tejalapú termékek, tejből származó termékek, és kolosztrum, méz, kiolvasztott zsírok. A rovarok takarmányozására szolgáló szubsztrát, valamint a rovarok vagy a lárváik nem érintkezhetnek más, a fenti felsorolásban nem szereplő állati vagy növényi eredetű anyaggal, és a szubsztrát nem tartalmazhat trágyát, étkezési hulladékot vagy más hulladékot sem (internet 5.).

2.3.6 Jelentősége

A vízi élőlények takarmányozásában 2017. július 1-jétől kezdve engedélyezett egyes rovarfajok alkalmazása (2017/893 EK rendelet). A rovarok ideális táplálóanyag összetétellel rendelkeznek, így potenciális élelmiszer és takarmány alapanyagnak tekinthetők (Rumpold és Schlüter, 2013). A rovarok gyorsan kifejlődnek és szaporodnak, és mivel változó testhőmérsékletűek és biológiai hulladékokon eltarthatók, ezért magas a takarmány-hasznosítási rátájuk (Révész, 2021). A fekete katonalégy életciklusa 40-45 nap (Çetingül és Shah, 2021). Az alábbi táblázat (1. táblázat) a fekete katonalégy beltartalmi értékeit mutatja.

1. táblázat A szárított és préselt katonalégy lárvák táplálóanyag tartalma (Cullere et al., 2016).

Táplálóanyagok	Szárított lárv	Préselt lárv
Nyersfehérje (%)	40,88	60,69
Nyerszsír (%)	20,99	7,97
Lizin (%)	1,93	2,94
Metionin (%)	0,49	0,72
Cisztin (%)	0,31	0,47
Treonin (%)	1,37	2,01
Triptofán (%)	0,45	0,71

2.4 A haltakarmányok lehetséges fehérjehordozói

2.4.1 Halliszt

Az első írásos feljegyzések a hal takarmányként történő felhasználásáról Norvégiából származnak körülbelül i.sz. 800-ból (Hertrampf és Piedad-Pascual, 2000). Napjainkra a halliszt világszinten elterjedt fehérjehordozóként van jelen a piacon. Nagyüzemi gyártása az 1960-as években kezdődött. Magasan a legnagyobb termelési volumennel bír Peru, ahol 1,1 millió tonna hallisztet állítanak elő évente. Termelési szempontból jelentős országok még Vietnám, Chile, Kína, Tájféld, USA, Norvégia, Japán és Marokkó. A FAO és az IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organisation) adatai szerint a halliszt termelés az 1994-es maximum óta csökkenő tendenciát mutat, 7,4 millió tonnáról 2008-ra mintegy 5 millió tonnára csökkent és azóta is stagnál (Csengeri et al., 2011). A globális éves termelés jelenleg nem éri el az 5 millió tonnát (4,86 millió tonna) (United States Department of Agriculture 2021). Az évek óta stagnáló termelést tovább csökkenti a 2-7 évente előforduló El Nino jelenség, amely során a part menti vizek hőmérséklete magasabb az átlagosnál, ezáltal alacsonyabb lesz a víz fitoplankton tartalma, a csökkent táplálékbázis miatt pedig kevesebb szardellát képes eltartani a terület, így a halfogás is visszaszorul. A halliszt alapanyagául olyan, nagyrészt kis méretű magas olajtartalmú fajokat használnak, melyek közvetlenül nem alkalmasak humán fogyasztásra, ezen felül néhány százalékban különböző halfeldolgozási melléktermékekből is készülhet (Miles és Chapman, 2012). Egy 2014-es jelentés szerint a tengeri halászatból származó éves összfogás 20%-át közvetlenül halliszt előállításra használják (FAO, 2015). Az így előállított halliszt több mint felét az akvakultúra használja fel a vízi szervezetek takarmányozására, a fennmaradt hányad más gazdasági használatok takarmányozására kerül (FAO, 2012). A haltakarmány-előállítás volumenének növekedését az idézte elő, hogy a tógazdasági halhústermelés az elmúlt

két évtizedben kétszeresére nőtt (FAO, 2018). A halliszt, mint a haltakarmányok jelenleg ismert legjobb fehérjehordozója átlagosan 60-72% nyersfehérjét tartalmaz és annak aminosav-összetétele is általában megfelel a legtöbb halfaj szükségletének (Miles és Chapman, 2012).

2.4.2 Egyéb állati eredetű fehérjék

A feldolgozott állati eredetű fehérjék (Processed Animal Proteins – PAPs) akkor kerülhetnek gazdasági használatukra, jelen esetben a víziállatok takarmányozására, ha megfelelnek az EU 3-as kategóriájában megfogalmazott előírásoknak. A feldolgozott állati fehérjék magas fehérjetartalmuknak köszönhetően a halliszt, valamint az olajos magvak alternatívái lehetnek (Kumar et al., 2016).

A baromfi húslisztet a szárnyasok feldolgozása során keletkező emberi fogyasztásra alkalmatlan melléktermékekből állítják elő. A baromfi toll-liszt hidrolizátum, metionin, lizin, hisztidin és triptofán tartalmában jóval a halliszt alatt marad. A hosszú ideig tartó túlnyomáson történő főzés károsíthatja a fehérjék és így az aminosavak emészthetőségét is, tehát fontos a technológiai fegyelem. A haltakarmányok alkalmas foszforforrása lehet (Abdel-Warith et al., 2001, Sealey et al., 2011).

A vérlisztben megtalálható nagy mennyiségű metionin, lizin és vas egy jó fehérjeforrássá teszi, etetése növényi fehérje kiegészítéssel javasolt. Alacsony izoleucin szintje aminosav kiegészítéssel pótolható (NRC, 2011).

2.4.3 Növényi eredetű fehérjék

A legfontosabb növényi fehérjehordozók az olajipari növényekből nyert extrahált darák, olajpogácsák. Beltartalmuk az olajkinyerés módjától függ. A sajtolás során képződő olajpogácsák olajtartalma magasabb, mint az extrahált daráké. Egyes növényi fehérjehordozók tartalmaznak különféle antinutritív anyagokat, melyek negatívan befolyásolják a halak termelését. Ilyen antinutritív anyag a szójában megtalálható tripszin inhibitor is, ami azonban a feldolgozás során alkalmazott hőkezelés hatására inaktiválódik. Az extrahált repcedarák előzetes vizsgálata is fontos lehet, különösen, ha bioetanol gyártásból származó tételt alkalmazunk. Az esetleges glukoizinolát tartalom a halaknál is problémát okozhat.

Extrahált szójadara (*Glycine max* Merrill): Magas akár 48%-os fehérjetartalma és alacsony 2,8%-os rosttartalma alkalmassá teheti ragadozó halaknál történő alkalmazásra. (Mézes Bódis et. al 2015)

A borsó (*Pisum sativum* L.): A szója után a legnagyobb potenciállal bíró hüvelyes, termelése Európában széleskörben elterjedt (Gao et al., 2013). Nyersfehérje tartalma 22-24%, jól emészthető, antinutritív anyagokban szegény, viszont 50% keményítőt tartalmaz, amely etethetőségi korlátot jelent (Pereira és Oliva-Teles, 2002).

Csillagfürt (*Lupinus albus* és *L. luteus* L.): Takarmányba keverése magas 30-40%-os fehérjetartalma mellett viszonylag kedvező ára miatt jöhet szóba (Robaina et al., 1995). Jelentős 15%-os rosttartalma korlátozó tényező. Az édes változat felhasználása célszerű, hiszen ennek kellemesebb íze mellett alacsonyabb antinutritív hatása is van (Ranjan és Bavitha, 2015).

A lóbab (*Vicia faba* L.): Nyersfehérje tartalma 25-30% kedvező élettani hatással bír, rosttartalma 9%. Túlzott etetése amurnál (*Ctenopharyngodon idella* Valenciennes) lipid akkumulációt okozhat (Tian et al., 2019). Etethetőségében az alacsony lizin, treonin, metionin és cisztein tartalma gátat szab, de kedvező hatással bír a húsminőségre (Song et al., 2020).

Gyapotmag (*Gossypium herbaceum* L.): Hazánkban nem bír nagy jelentőséggel, azonban a világon harmadik a legnagyobb mértékben felhasznált olajipari melléktermékek közül (Gatlin et al., 2007). Nyersfehérje tartalma 41,7%, a magas nyersrost, alacsony lizin és metionintartalma, valamint a gyapotcserjében megtalálható gosszipol nevű vegyület magas dózisban toxikus hatása miatt etethetősége korlátozott (Rinchard et al., 2002). A gosszipol kis mennyiségben történő fogyasztása kedvező biológiai hatásokat idézett elő a pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus* Rafinesque) esetén. Javult a halak immunválasza és a betegségekkel szembeni ellenálló képessége is (Yildirim et al., 2003).

Repce (*Brassica napus* L.): Az extrahált repcedara nyersfehérje tartalma 35%, emellett 12% nyersrostot is tartalmaz (Sørensen et al., 2011), de leginkább magas fitáttartalma miatt szükséges korlátozása ragadozó halak esetében (Drew et al., 2007). Fontos meggyőződni róla, hogy az etetendő repcetétel 00 vagy 000 fajtákból származzon, így mérsékelhető az antinutritív hatásból eredő kockázat (Davies et al., 1990).

Földimogyoró (*Arachis hypogaea* L.): Extrahált darája 45,6%-os nyersfehérje tartalommal bír (Batal et al., 2005), alacsony lizintartalma miatt aminosav kiegészítés mellett etethető (Lim, 1997). Az *Aspergillus flavus* gomba gyakran megfertőzi, ezáltal aflatoxin szennyezetté válhat (Bezerra da Rocha et al., 2014; Marroquín-Cardona et al., 2014; Richard, 2007).

Napraforgó (*Helianthus annuus* L.): Extrahált daraként kerül forgalomba, minőségtől függően 34-39% nyersfehérjét tartalmaz, nyerszsírtartalma 1,7-1,8%. Az etethetőségét jelentősen korlátozó tényező a 14-21%-os rosttartalma (Sørensen et al., 2011; Mérida et al., 2010).

Kukorica (*Zea mais* L.): A CGF a kukorica alapú keményítőgyártás során keletkező melléktermék. A haltakarmányozásban maximum 35%-os mértékben váltható ki vele a halliszt, hiszen fehérjetartalma csupán 18-23,5%. A DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles) azaz szárított gabonatörköly, amely 75%-os szárazanyag-tartalom mellett 26-27% nyersfehérjét tartalmaz. Lizinben és triptofánban szegény, de telítetlen zsírsavakban gazdag. Haltakarmányokba történő keverését 15%-os arányban ajánlják, de pl. az afrikai harcsa esetében ez az érték elérheti a 40%-t is, ezzel jelentősen csökkentve a takarmányozási költségeket (Mézes és Bódis., 2015).

2.4.4 Makro- és mikroalgák

Az akvakultúra által termelt legjelentősebb fajok: *Laminaria japonica*, *Undaria pinnatifida*, *Eucheuma* fajok, *Gracilaria* fajok, *Kappaphycus alvarezii* és a *Porphyra* fajok (Fleurence et al., 2018). A vízi közegben oldott formában jelenlévő szerves nitrogént és foszfort saját szervezetükbe építik, ezáltal értékes fehérjeforrássá válnak (Hua et al., 2019). Víztartalmuk jelentős (65-94%), emiatt szárítás után alkalmasak felhasználásra és hosszútávú eltarthatóságuk is így megoldott. A szárítás magas költségekkel járhat, emellett a túl magas hőmérséklet csökkentheti az erre érzékeny táplálóanyagok biológiai értékét. A legjobb megoldás az alacsony hőmérsékleten történő természetes szárítási módok alkalmazása (Wan et al., 2019). A felsorolt algafajok nyersfehérje tartalma faj, valamint évszakfüggő (3-47% szárazanyagra vonatkozóan) aminosavtartalmuk néhány kivételtől eltekintve kielégítőnek mondható (Wan et al., 2019).

A spirulina fajok fehérjetartalma kiemelkedően magas (55-70%), emellett harmonikus aminosavprofiljuk, jelentős omega-3 és omega-6 zsírsav tartalmuk értékes takarmánykomponensé teszi őket. A takarmányba kis mennyiségben keverve is hozamnövekedést idéz elő, immunerősítő hatását több halfajnál is leírták (Zhang et al., 2020). Sajnos ára igen magas, drágább, mint a halliszt ezért alkalmazása nem elterjedt (Hodar et al., 2020).

2.4.5 Egyéb fehérjeforrások

Egysejt-fehérjék (baktérium-fehérjék): Az egysejt-fehérjék alkalmazása ragadozó és mindenevő fajoknál lehet kedvező. Ragadozó halaknál az állati/növényi fehérje 18-19%-a, mindenevő halaknál az állati/növényi fehérje 25-30%-a is kiváltható (Mézes et al 2015).

Élesztő: Hidrolizált formában, vagy élesztő kivonatként elérhető. Magas 54%-os fehérje és 6-20%-os nukleotid tartalma értékes fehérjeforrássá teszi, használatával a halliszt 30%-a is kiváltható. Figyelni kell azonban, hogy az ajánlott mennyiséget ne lépjük túl, mert az előírtnál magasabb mennyiségben történő adagolása takarmányvisszautasítást eredményezhet (Mézies et al 2015).

2.4.6 Rovarfehérjék

A vízi élőlények takarmányozásában 2017. július 1-jétől kezdve engedélyezetté vált 8 rovarfaj alkalmazása. Az engedélyezett rovarfajok a következők: fekete katonalégy (*Hermetia illucens*, Linnaeus, 1758), közönséges házilégy (*Musca domestica* Linnaeus 1758), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*, Linnaeus 1758), penészevő gabonabogár (*Alphitobius diaperinus*, Panzer 1797), házi tücsök (*Acheta domesticus*, Linnaeus 1758), sávós tücsök (*Grylloides sigillatus*, Walker 1869), banántücsök (*Gryllus assimilis*, Fabricius 1775), selyemlepke (*Bombyx mori*, Linnaeus 1758). Az Európai Unió Bizottságának 2021. augusztus 17-én megjelent új rendelete, amely 2021. szeptember 7-én lépett hatályba. A hatálybalépést követően engedélyezetté vált a tenyésztett rovarokból származó feldolgozott állati fehérje baromfi és sertésfélék takarmányában való felhasználása. Fontos kitétel, hogy a tenyésztett rovarokból származó feldolgozott állati fehérjét tartalmazó takarmánykeveréket előállító létesítmény kizárólag sertésféléknek, baromfinak és víziállatoknak szánt takarmányokat állíthat elő és ezen tevékenységét engedélyeztetni kell a telephely szerint illetékes megyei kormányhivatal élelmiszerlánc-biztonságért felelős szervezeti egységénél (Internet 5).

2.5 Fekete katonalégy lárva liszt szerepe a haltakarmányozásban.

Kísérleti céllal már számos halfaj takarmányozásában alkalmaztak lárvalisztet a halliszt helyettesítésére. Egy afrikai harcsával végzett kísérletben a táp halliszt tartalmát 0-25-50-75-100%-os mértékben rovarliszttal helyettesítették. A vizsgált paraméterek alapján a kísérlet eredménye azt mutatta, hogy az 50%-os mértékben történő kiegészítés bizonyult a legjobbnak, ekkor az egyedek SGR értéke 5,1%/nap, a tömeggyarapodás 5,22g/nap volt, szemben a kontroll csoport SGR 4,86%/nap és 4,69g-os tömeggyarapodásával (Huda et al, 2020).

Egy hat hetes kísérlet során afrikai harcsa ivadékot használtak modellállatként. A takarmányozásban 4 receptúrát alkalmaztak, ezzel 0-25-50-75-100%-ban kiváltva a hallisztet, mint fehérjehordozót. A nevelési időszak letelte után vizsgálták az egyes csoportok megmaradását, növekedését. A kapott eredmények azt mutatták, hogy a halliszt 25 és 50%-ban történő kiváltása nem járt a fent említett paraméterek szignifikáns változásával. A halliszt teljes

mértékű helyettesítése miatt csökkent a takarmányfelvétel, így a testtömeg gyarapodás is, azonban a mortalitás nem növekedett és a halak vérparaméterei sem mutattak negatív változást. A szerzők szerint a fekete katonalégy emészthetőségének vizsgálatára nagy hangsúlyt kell fektetni. (Adeoye et al 2020). Szibériai tokok takarmányozásánál a halliszt és halolaj kiváltására full-fat katonalégy lisztet használtak, a kapott eredmények alapján elmondható, hogy 30%-os bekeverési arány mellett, a halliszt 61,3%-a a halolaj 95,4%-a helyettesíthető full-fat lárvaliszttel. (Rawski et al 2020). Nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) esetében a halliszt akár 100%-ban is helyettesíthető fekete katonalégy lárvaliszttel. Az egyedek növekedése, takarmányértékesítő képessége, vérparaméterei, nem változtak kedvezőtlen mértékben, sőt a halak nyálkahártya immunitása javult (Tippayadara et al 2021). Egy összefoglaló kutatás szerint a lárvák korai prepupa stádiumban történő feldolgozása a leginkább optimális, hiszen a fehérje és szárazanyag tartalom ekkor a legmagasabb, a kitintartalom kisebb. Az elvégzett kísérletek eredménye azt mutatja, hogy a halliszt 50%-os kiváltása a legtöbb vizsgált halfaj esetében nem jár termelésbeli visszaeséssel. A magasabb rovarliszt koncentráció nem zsírtalanított lárvaliszt esetében már okozhat csökkent gyarapodást, takarmányfelvételt, a nagy arányú rovarliszt bekeverése, magas kitintartalma miatt szintén csökkenti a takarmány emészthetőséget, ezáltal a halak termelését. Zsírtalanított rovarliszt esetében, a halliszt teljes kiváltása sem okoz problémát (Priyadarshana et al. 2021). Megvizsgálták különböző szubsztráton nevelt katonalégy lárvák beltartalmát is. Tirschner és Simon kísérletében a katonalégy lárvákból három csoportot alakítottak ki, melyeket a következő szubsztrátokon neveltek: 1.(kontroll csoport) takarmánykeverőből származó feldolgozási melléktermékek, hulladékok (pelyva, tört szemek, pellet törmelék), 2. (fehérje csoport) DDGS alapú keverék, 3. (rost csoport) szárított cukorrépa pép. A kísérlet indításakor lemérték a kezdő lárvatömeget. A 15 napos lárwanevelés után megmérték a lárvák fehérjetartalmát és a záró biomassa tömegét. A kapott eredmények a következők: 1. csoport 37,2% nyersfehérje és 2,58kg biomassa, 2. csoport 44,6% nyersfehérje és 0,93kg biomassa, 3. csoport 52,3% nyersfehérje és 0,43kg biomassa. Az eredményekből látható, hogy az alkalmazott tápközeg beltartalmi értékei nagyban befolyásolják az azt fogyasztó lárvák beltartalmát (Tirschner és Simon, 2015).

2.6 Az intenzív haltenyésztés

2.6.1 Eredete, fejlődése

Az intenzív haltermelés kezdete a 19. századra tehető. Ekkor Az Egyesült Államokban és Németországban indultak törekvések a szivárványos pisztráng tenyésztésének ellenőrizhetővé

tételére. A huszadik század 30-as éveiben Japánban próbálkoztak tengeri halfajokkal (sárgafarkú makréla), de a kísérletek sikertelennek bizonyultak. A valódi intenzív haltenyésztés végül az 1950-es években, egymástól függetlenül indult meg Japánban és a skandináv országokban (Shepherd és Bromage, 1992). Először úszó ketreceket alakítottak ki, melyhez műanyagot, vagy bambuszt használtak fel építőanyagként. A haltakarmányozás fejlődése alapozta meg az intenzív rendszerek létjogosultságát. Megindult a takarmányok faj és korosztály specifikus gyártása. Az első, ténylegesen intenzív termelési mutatókat produkáló szivárványos pisztráng nevelő telepet Dániában hozták létre 1962-ben (FAO, 2015). A következő nagyobb előrelépés, ami valójában szakmai innovációval nem járt, az átfolyóvizes rendszerek meghonosítása volt. A rendszer kezdetleges változatait a 19. században alkalmazták pisztráng nevelésre, azonban a 70-es években történtek meg azok a technológiai fejlesztések, melyek lehetővé tették az intenzív termelést ezekben a rendszerekben. A következő előrelépést az akvarisztikából átvett vízviszaforgató, recirkulációs (RAS) rendszerek jelentették. A szabályozott víz hőmérséklet technológiájának kidolgozásával létrejöttek a ma ismert recirkulációs halnevelő rendszerek, melyek az egységnyi víztérfogatra jutó legnagyobb termelésre képesek (Wedemeyer, 1996).

Kísérletem egy recirkulációs halnevelő rendszerben zajlott, ezért szeretném röviden bemutatni ezen rendszereket. Két fő részből állnak, melyek a halnevelő és használtvízkezelő egységek. Az utóbbi elem felelős a rendszervíz szűréséért. A halak által terhelt vízben sok nemkívánatos lebegő részecske található, ezeket eltávolítására szükséges egy mechanikai szűrő beépítése. Erre a feladatra jellemzően dobszűrőket alkalmaznak, ezen berendezésekben egy sűrű szövésű hálóval borított hengerpaláston belülről kifelé folyik át a víz. A vízben lévő fizikai részecskék a szítaszövetre tapadnak, amit egy magasnyomású fúvókasor az elvezető csatornába mos (Ebeling és Vinci 2006, Timmons és Ebeling 2007). A víz tisztításának következő állomása a biológiai szűrés. Leggyakrabban kevertágyas filtereket alkalmaznak, itt a mechanikai szűrőből érkező víz a reaktorba kerül. A reaktorban lévő biomédiát (műanyagból készült, baktériumok megtapadására alkalmas nagy fajlagos felületű egység) a beáramló víz és a befűjt levegő folyamatosan keveri, ezáltal elkerülhető a szűrőközeg összetapadása, a szűrő dugulása (Watten és Sibrell 2006). A reaktoron áthaladó víz találkozik a biomédián megtelepedett baktériumokkal, amik ammóniát, oxigént és oldott szerves anyagot vesznek fel, majd széndioxidot és a halak számára kevésbé toxikus nitrátot adnak le (Nijhof 1995). A RAS rendszerekben komoly jelentőséggel bír a heterotróf baktériumok számának minimalizálása, melyet UV besugárzással, vagy a terhelt víz ózonnal történő kezelésével végeznek (Timmons és Ebeling 2007). A halak nagy telepítési sűrűsége a kiegészítő légzőszervvel nem rendelkező fajok esetében szükségessé teheti az oxigén mesterséges beoldását. Ez történhet légköri, vagy cseppfolyós oxigén beoldásával. A cseppfolyós oxigén használata ugyan költségesebb, de áramszünet esetén is biztosítja a víz optimális oxigénszintjét. Az olcsóbb, légköri oxigén beoldására alkalmas eszközök (kompresszorok, légbefúvók) megfelelő áramellátás mellett működtethetők. Az esetleges áramszünet okozta problémát aggregátor használatával kiküszöbölhetjük (Péteri és Janurik 2015).

3 Anyagok és módszerek

3.1 Kísérleti helyszín bemutatása

Kísérleteinket a Somogy-megyében található Törökkoppány község intenzív recirkulációs halnevelő rendszer egységeiben végeztük. A kétszintes épület alsó szintjén helyezkedett el a halnevelő rendszer, míg a felső szinten a fekete katonalégy tenyészet volt megtalálható. A szintek egymástól elzárhatók, átjárás nélkül megközelíthetők.

3.2 Technológiai paraméterek

A rendszer állandó (26 ± 1 °C-os) vízhőmérsékletének fenntartása hőszivattyús fűtéssel történt. A vízellátást fűrt kút biztosította, a rendszer szükséges napi pótvíz mennyisége 15% volt. A szűrésért egy 10 m³-es mozgóágyas biológiai szűrő, valamint egy 100 µm-es lyukbőségű szitaszövvel ellátott dobszűrő felelt. A kísérleti állomány minden esetben a 2 m³-es ivadéknevelő medencékbe került kihelyezésre, ezeken a medencéken szalagos, órás önetető biztosította a táp folyamatos adagolását. A kísérletben használt medencék elhelyezkedése az 5. ábrán látható.



5. ábra A kísérleti medencék

3.3 Népesítés

A kísérlet első lépését, mind a két kísérlet esetén a medencék népesítése jelentette, ez tekinthető a 0. napnak. A kiindulási egyedszám mindkét ismételtes alkalommal 320 hal volt medencénként (az első kísérletben az átlagos testtömeg $85,75 \pm 18,3$ g, a testhossz $23,06 \pm 1,4$ cm, míg a második esetében az átlagtömeg $81,39 \pm 13,84$ g, a testhossz pedig $22,75 \pm 1,27$ cm volt). Az egyedeket a 4 db 2 m^3 -es ivadéknevelő medencékbe helyeztük ki (csoportonként és kísérletenként 2-2 medencét állítottunk be).



6. ábra A kísérleti állomány egy része (Fotó: Bartucz Tamás)

3.4 Takarmányozás

Az első kísérletben a kontroll csoport tisztán tápot, míg a kezelt csoport esetében a takarmány 15%-át fekete katonalégy lárvával helyettesítettük. A helyettesítés kiszámításának alapja a szárazanyag mennyisége volt (ez a táp esetében a 88%, míg a lárvá esetében az irodalmi adatok alapján 30% volt). A második kísérletben a kontroll csoport kapott 15 %-ában lárvával helyettesített takarmányt, míg a kezelt csoport esetében ez az arány 30 % volt.

A kísérlet során etetett takarmány a Haltáp Takarmánygyártó, Forgalmazó és Fejlesztő Kft. terméke volt. A 3 mm-es szemcsenagyságú extrudált teljesértékű keveréktakarmány (továbbiakban táp) az afrikai harcsán kívül alkalmas még szürkeharcsa, valamint tokfélék

intenzív körülmények közt történő nevelésére. Az adagolt takarmány mennyisége az élősúly 3%-a volt.

A táp beltartalmi értékei a következőképp alakultak:

- Nyersfehérje 42%
- Nyerszsír 11%
- Nyersrost 1,2%
- Lizin 2,1%
- Metionin 1%
- Metionin+cisztin 1,1%
- Ca 1,4%
- P 1,3%
- Na 0,3%
- A vitamin 15000 NE (nemzetközi egység)
- D3 vitamin 1200 NE
- E vitamin 75 mg/kg (Htp6)



7. ábra Kifejlett katonalégy lárvák

A medencék népesítésének napján nem történt etetés, feltehetőleg a mérés, áthelyezés okozta stressz miatt a halak takarmányfelvétele elmaradt volna a kívánttól, így a rendszer felesleges terhelését elkerülvén takarmánymegvonást iktattunk be. A lárvával kiegészített takarmányozási időszak 28 napig tartott, amit 3 napos szoktatás előzött meg. A kísérlet során a halak növekedési ütemét követve emeltük a táp, és a rovarlárva mennyiségét is. A napi

takarmányadag kiosztása több részletben valósult meg. A reggeli órákban a kijelölt medencék állománya megkapta az aznapra szánt lárvamennyiség egészét, valamint a táp felét is, a fennmaradó tápmennyiséget a szalagos önetetőbe helyeztük, mely a nap folyamán biztosította a folyamatos takarmányellátást. A tisztán tápos csoportok esetében is hasonló eloszlással kapta meg a hal a napi takarmány adagját.

3.5 *Elvégzett vizsgálatok*

Az ismételések 0. és 28. napján végeztünk méréseket, melyek alkalmával minden kísérleti medencéből random módon, hálóval emeltünk ki 30-30 egyedet. A mérések napján megvontuk a takarmányt. További kiértékelés céljából egyedileg rögzítettük a halak testhosszát (teljes testhossz, 0,5 cm-es pontossággal) és testtömegét, valamint a vizsgálat végén a megmaradt állatokszámát.



8. ábra Testhossz mérés (fotó: Csorbai Balázs)



9. ábra Testtömeg mérés

3.6 Alkalmazott számítási módszerek

Az kísérletek során az alábbi számítási módszereket alkalmaztuk:

$$\text{Tömeggyarapodás} - \text{WG} = \frac{(\text{záró tömeg} - \text{induló tömeg}) \times 100}{\text{induló tömeg}}$$

$$\text{Takarmányhasznosítási együttható} - \text{FCR} = \frac{\text{kiadott takarmány (g)}}{\text{záró testtömeg (g)} - \text{induló testtömeg (g)}}$$

$$\text{Specifikus növekedési ráta} - \text{SGR} = \left(\frac{\ln \text{záró testtömeg} - \ln \text{induló testtömeg}}{\text{a kísérlet napjainak száma}} \right) \times 100$$

$$\text{Túlélési ráta} - \text{SR} = \frac{\text{induló egyedszám} - \text{elhullott egyedszám}}{\text{induló egyedszám}} \times 100$$

$$\text{Kondíciófaktor (CF)} = \frac{\text{testtömeg (g)} \times 100}{\text{teljes testhossz (cm)}^3}$$

A csoportok összehasonlítását egyszempontos (ANOVA) varianciaanalízissel, 95 %-os szignifikancia mellett végeztük GraphPad Prism 4 (GraphPad Software Inc.) programmal.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 Az első etetési ciklus eredményei

A 28 napos vizsgálati időszak alatt csak táppal etetett egyedek (2-es és 4-es medence) állománya átlagosan 5,26 cm-es testhossz béli növekedés mellett 87,8 g-os testtömeggyarapodást ért el, mialatt a kondíciófaktor (CF) 0,0543 pontot nöött. A táp mellett légylárvát is fogyasztó medencék (3-as, 5-ös) állománya átlagosan 5,57 cm-es testhossz növekedés mellett 94,59 g-os testtömeg gyarapodást ért el, míg a CF értéke 0,0793 pontot emelkedett. Az első szakaszban mért testhossz, testtömeg és kondíció faktor változását a 2. táblázat szemlélteti medencékre lebontva.

2. táblázat A vizsgált paraméterek alakulása az első ciklusban

Növekedés	2-es medence (K)	3-as medence (15%)	4-es medence (K)	5-ös medence (15%)
Testhossz (cm)	5,65	5,47	4,86	5,67
Testtömeg (g)	92,46	96,02	83,12	93,16
Kondíció faktor	0,0542	0,1042	0,0544	0,0543

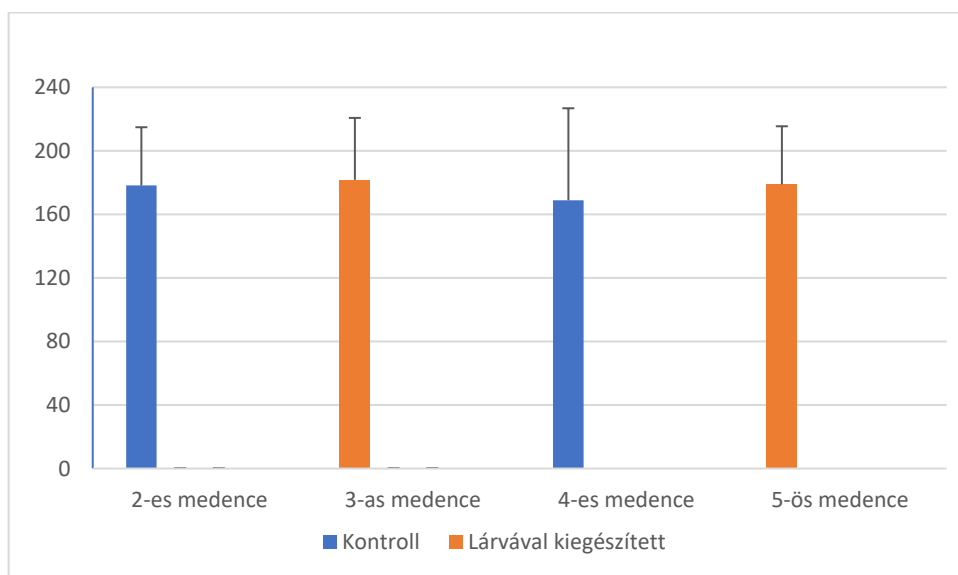
Az első kísérlet esetében elvégzett statisztikai próba 95%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést az egyes medencék állományának növekedése között (P-érték: testtömeg esetében: 0,6441, testhossznál 0,3448, kondíciónál 0,2170 volt).

3. táblázat Mortalitás az első etetési ciklusban

Megmaradás	2-es medence (K)	3-as medence (15%)	4-es medence (K)	5-ös medence (15%)
%	96,875	100	95,9375	98,75
db	310	320	307	316

A 3. táblázat értékei alapján elmondható, hogy az első takarmányozási ciklus alatt sikerült alacsonyan tartani a mortalitást. A 3-as medencében nem történt elhullás, de a többi medence megmaradási aránya is 95% fölötti. A táp 15%-ban lárvával történő helyettesítése nem növelte az elhullások számát.

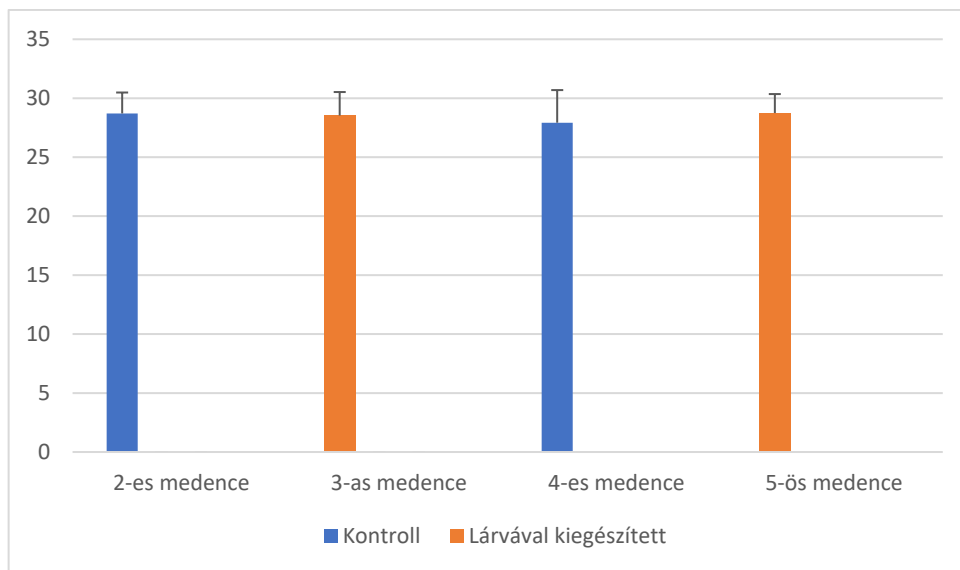
Az első etetési ciklus zárásakor minden medencéből random módon 30-30 egyedet emeltünk ki (későbbiekben mintavételi protokoll). Lemértük a halak egyedi testtömegét, melyből átlagsúlyt számítottunk. A 2-es kontroll medencénél ez 178,21g, a 4-es kontroll medence 168,87g. A kontroll csoport átlaga 173,54g. A kísérleti medencék esetében az átlagsúly: 3-as medence 181,77g, 5-ös medence 178,91g. A kísérleti csoport átlaga 180,34g. A 15%-os lárvakiegészítést kapó csoport átlagsúlya 6,8g-al haladja meg a kontroll csoport értékét (10. ábra).



10. ábra Átlagtömegek alakulása az első kísérletnél

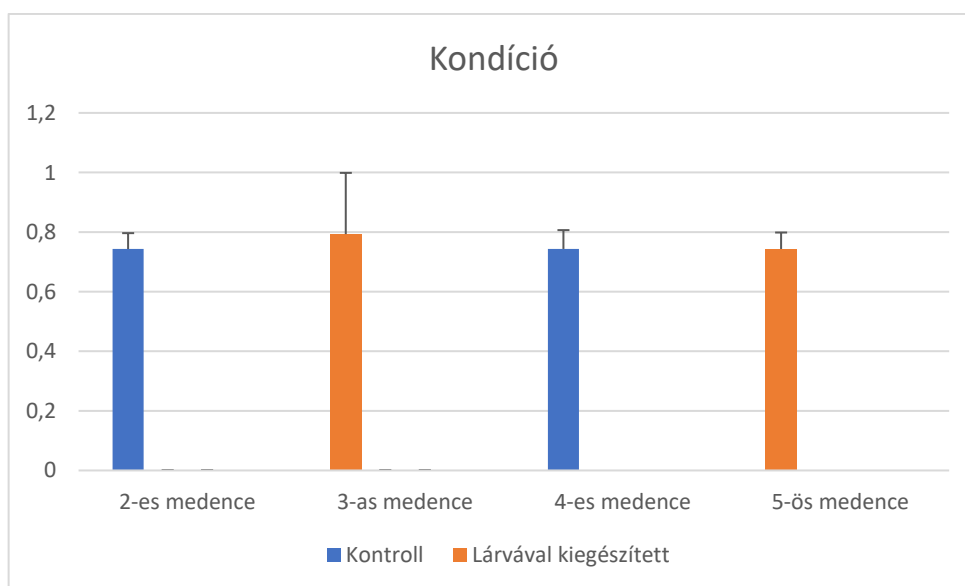
A mintavételi protokoll után lementük a halak egyedi testhosszát, melyből kiszámítottuk átlagos testhosszukat, mely a 2-es kontroll medencében 28,71cm, a 4-es kontroll medencében 27,93cm volt. Ezután kiszámoltuk a kontroll csoport átlagát, amely 28,32 cm volt. A kísérleti

medencék esetében az átlagos testhossz 28,64cm volt (11. ábra). A csoportok közt nem volt kimutatható szignifikáns különbség.



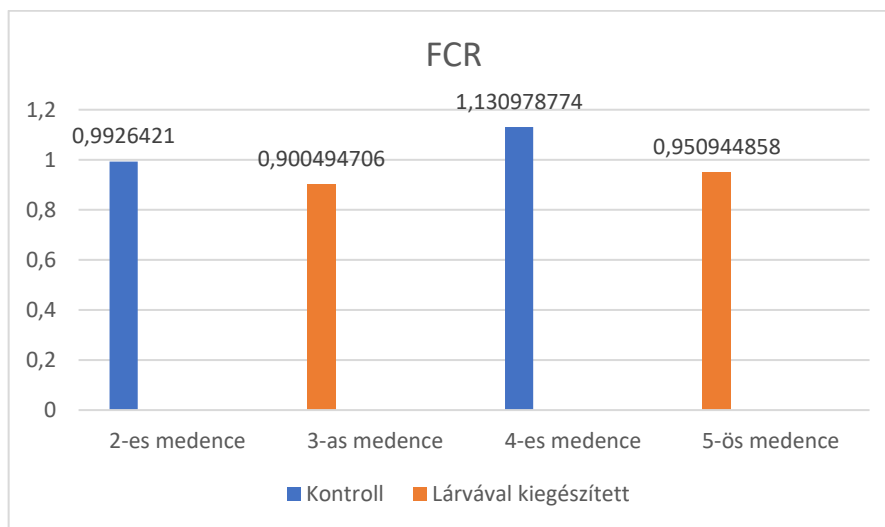
11. ábra Átlagos testhossz értékek az első etetési ciklus végén

Miután a mintavételi protokollt lefolytattuk, kiszámítottuk a medencék állományának átlagos kondíció faktorát. A kontroll medencék esetében a kondíció faktor mind a két esetben 0,74-volt. A 3-as medencében az átlagos kondíciófaktor 0,79, míg az 5-ös medencében 0,74 volt. Ezek átlaga 0,77 volt (12. ábra). Az első mérés során a kontroll és a 15%-os lárva kiegészítést kapó csoportok közt nem volt statisztikailag kimutatható különbség a kondíciófaktor tekintetében.



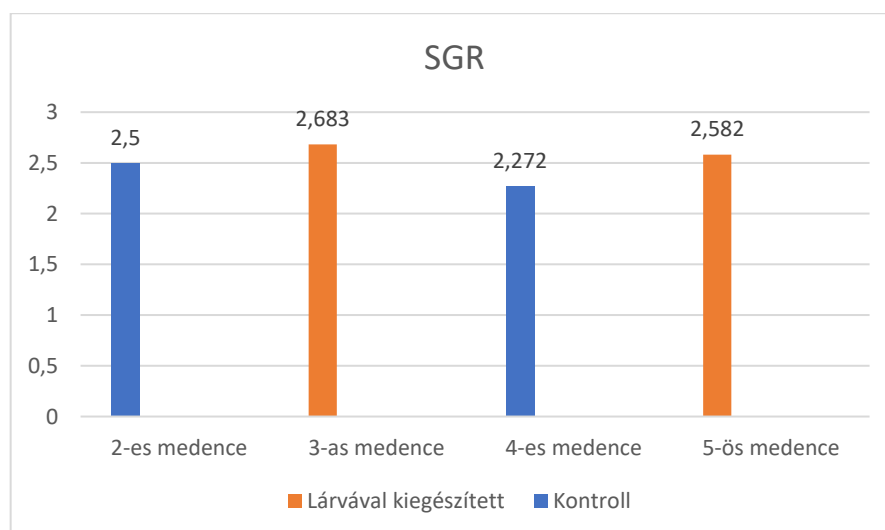
12. ábra Kondíciófaktor értéke az első etetési ciklus végén

A halak testtömegéből, és a feletetett takarmány mennyiségéből kiszámoltuk a takarmány együtthatót (továbbiakban FCR). Az FCR a kontroll csoport 2-es medencéjében 0,99, míg az 5-ös medencében 1,13 volt, amely átlagosan 1,06. A kezelt csoport 3-as medencéjében az FCR érték 0,9, az 5-ös medencében 0,95. A két medence átlaga 0,93 volt (13. ábra). A statisztikai próbák kimutatták, hogy a kontroll, valamint a kezelt csoportok közt nem volt kimutatható szignifikáns különbség.



13. ábra Takarmány együttható az első etetési ciklusban

A specifikus növekedési ráta (továbbiakban SGR) a napi súlygyarapodási értékeket mutatja, mely a kontroll csoport 2-es medencéje esetében 2,5%/nap, a 4-es medence esetében 2,27%/nap. A kezelt csoport 3-as számú medencéjében 2,68%/nap, míg az 5-ös számú medencében 2,58%/nap volt (14. ábra). A statisztikai értékelés során nem volt kimutatható szignifikáns különbség a két csoport közt (14. ábra).



14. ábra Specifikus növekedési ráta az első etetési ciklusban

4.2 A második etetési ciklus eredményei

Mivel az első kísérlet esetében nem találtunk eltérést a medencék között (hossz $P=0,3448$, testtömeg $P=0,6441$, kondíció: $P=0,2170$), így a kísérlet megismétlése mellett döntöttünk, ahol már a táp szárazanyagra vetített 15%-os kiváltást tekintettük kontrollnak, a kezelt csoport esetében pedig a takarmány 30%-át váltottuk ki fekete katonalégylárvával. A 28 napos etetési időszak alatt a kontroll medencékben (3-as, 5-ös) elhelyezett afrikai harcsák testhossza átlagosan 7,485 cm-t növelt, testtömeggyarapodásuk 109,33 g volt.

Ebben az esetben sem volt szignifikáns az eltérés a hossz ($P=0,3497$) és a tömeg ($P=0,1559$) esetében, viszont az egyik 15 %-os kiegészítésű medence (3-as) kondíciója statisztikailag igazolható módon gyengébb lett ($P<0,001$), mint a másik 15%-os, illetve a két 30%-os medence értékei (4. táblázat).

4. táblázat Vizsgált paraméterek a második etetési ciklusban

Növekedés	2-es medence (30%)	3-as medence (K15%)	4-es medence (30%)	5-ös medence (K15%)
Testhossz (cm)	7,8	7,82	7,37	7,15
Testtömeg (g)	127,41	104,48	115,31	114,18
Kondíció faktor	0,0334	-0,0464	0,0244	0,0301

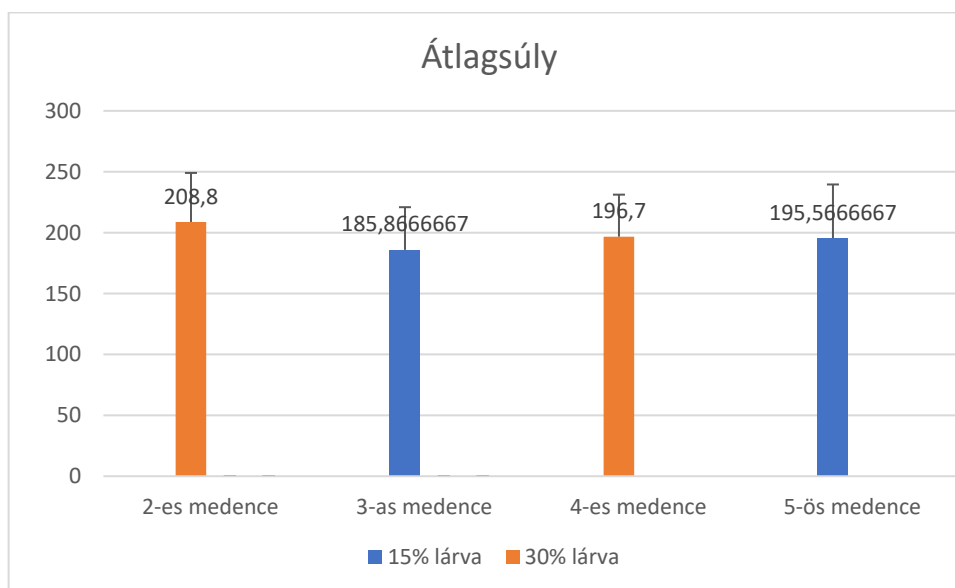
5. táblázat Mortalitás mértéke a második etetési ciklusban

Megmaradás	2-es medence 30%	3-as medence 15% (K)	4-es medence 30%	5-ös medence 15% (K)
%	95,9375	99,0625	98,75	97,1875
db	307	317	316	311

Az 5.táblázatban medencékre lebontva figyelhetjük meg a második takarmányozási ciklus megmaradási arányát. Az első ciklushoz hasonlóan a 15%-os lárvakiegészítés ebben az esetben sem növelte a mortalitást. Elmondható, hogy mind a kísérleti, mind a kontroll csoportok megmaradása is 95% fölötti. A táp 30%-os, lárvával történő kiváltása nem vonta magával az

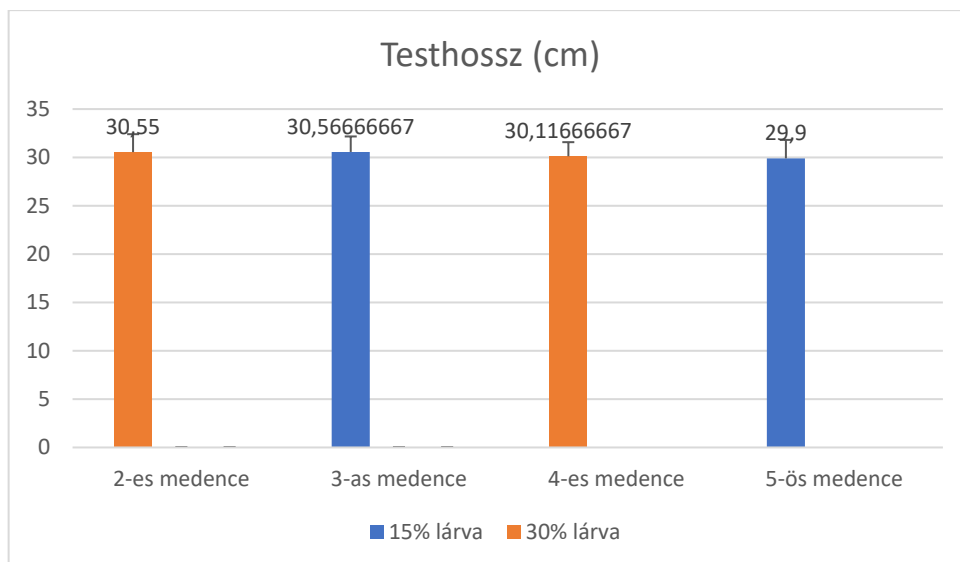
elhullási ráta emelkedését, így kijelenthetjük, hogy a katonalégység lárvák mennyiségének 100%-os növelése sem okozott magasabb elhullást.

Akárcsak a korábbi vizsgálatok alkalmával a második etetési ciklus zárásakor is minden medencéből random módon 30-30 egyedet vettünk ki. A 30%-ban lárvát fogyasztó 2-es medence átlagos testtömege 208,8 gramm, a 4-es medence átlagos testtömege pedig 196,7 gramm volt. A 15%-ban fekete katonalégység lárvát fogyasztó csoportok átlagos testsúlya 185,87 (3-as medence), valamint 195,57 (5-ös medence) gramm volt. A 30%-os csoport átlagos testtömege 202,75 gramm, a kontroll csoporté 190,72 gramm volt. a csoportok átlagos testtömege közt nem volt kimutatható szignifikáns különbség (15. ábra).



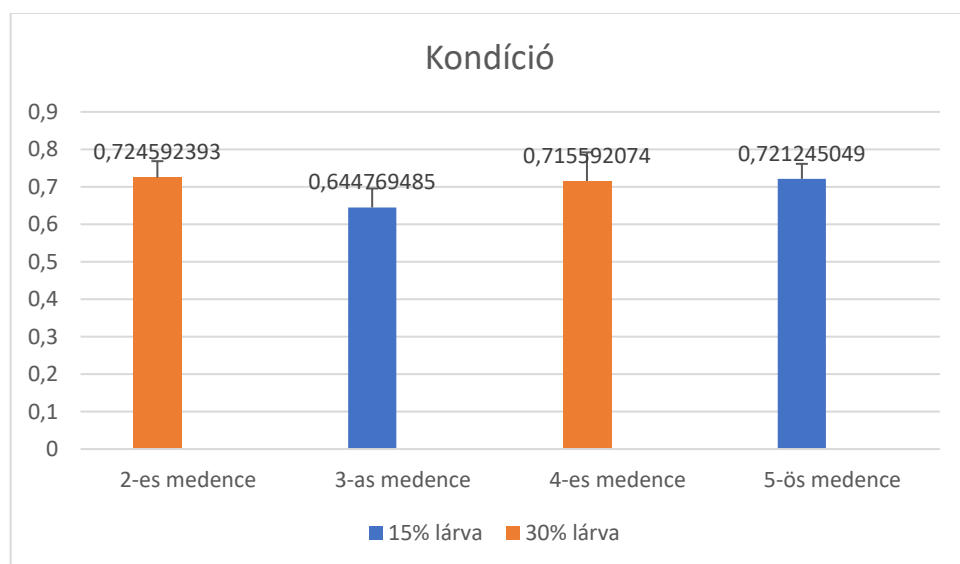
15. ábra Átlagsúly a második etetési ciklusban

A második etetési ciklus végén a 30%-ban lárvát fogyasztó csoport 2-es medencében a halak átlagos testhossza 30,55 cm, a 4-es medencében 30,12 cm volt. A 15%-ban fekete katonalégység lárvát fogyasztó csoport 3-as számú medencéjében a halak átlagos testhossza 30,57 cm, az 5-ös számú medencében 29,9 cm volt. A kontroll csoport átlagos testhossza 30,34, míg a 30%-ban lárvát fogyasztó csoportoké 30,23 cm volt (16. ábra). A statisztikai kiértékelés során kiderült, hogy a két csoport közt a halak testhosszában nem mutatható ki szignifikáns különbség.



16. ábra Átlagos testhossz a második etetési ciklusban

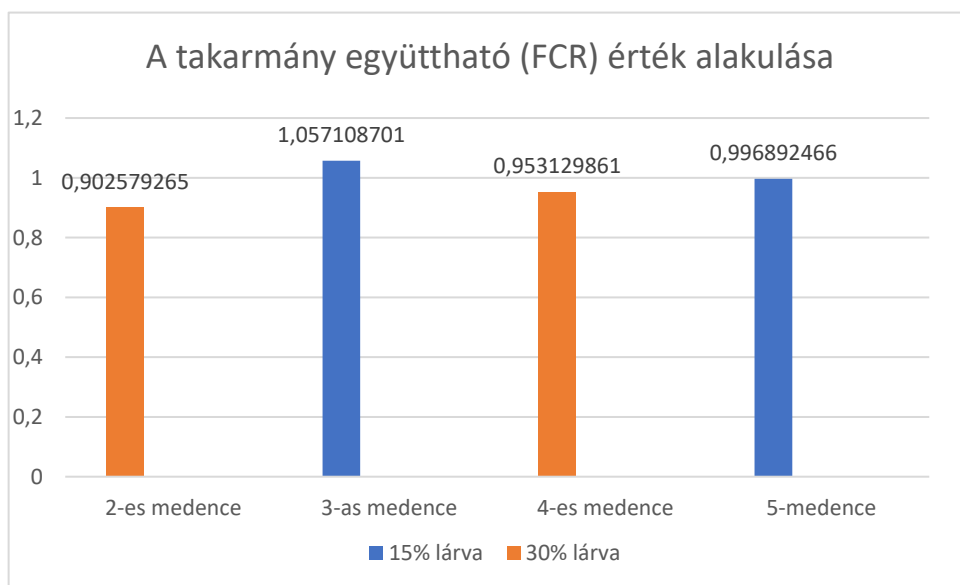
A kondíció faktor 2-es és a 4-es számú 30%-ban fekete katonalégység lárvét fogyasztó medence, valamint az 5-ös számú kontroll medence esetében is 0,72 volt. A 3-as számú, 15%-ban lárvánal takarmányozott medence kondíció faktora 0,64 volt. A statisztikai értékelés során kiderült, hogy a 3-as számú medence statisztikailag igazolható módon gyengébb lett ($P < 0,001$), mint a másik 15%-os, illetve a két 30%-os medence kondíció faktora (17. ábra).



17. ábra Kondíciófaktor értéke a második etetési ciklusban

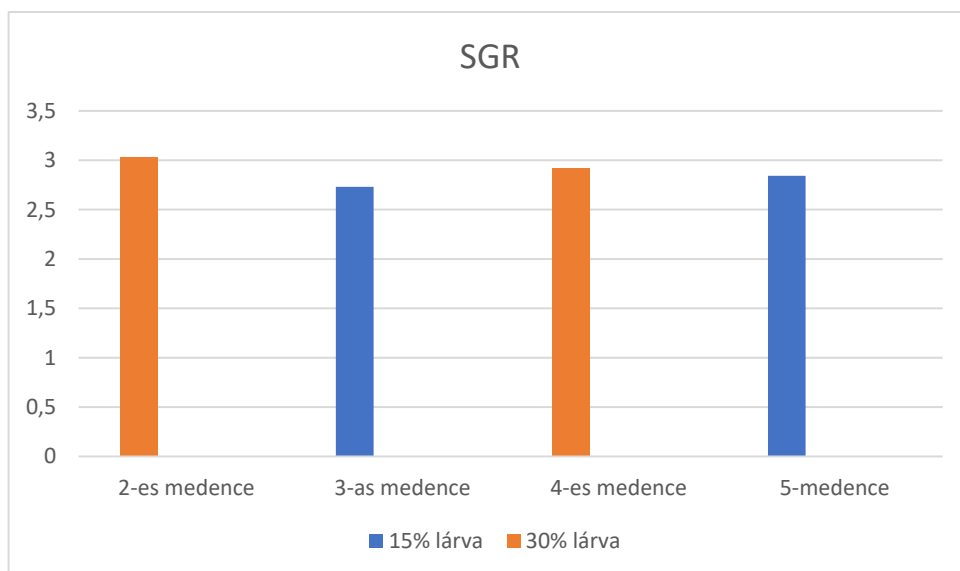
Az FCR érték a 30%-ban lárvét fogyasztó 2-es számú medence esetében 0,9, míg a 4-es medence esetében 0,95. A kontroll csoport esetében a 3-as számú medencénél 1,06, az 5-ös számú medencében 1,0. Az átlagos FCR érték a 30%-ban lárvét fogyasztó csoportok esetében

0,93, a 15%-ban lárvát fogyasztó csoportok esetében 1,03 volt (18. ábra). A két csoport közt nem volt kimutatható szignifikáns különbség.



18. ábra Takarmány együttható értéke a második etetési ciklusban

A második etetési ciklusban mért SGR érték a 15%-ban rovar lárvát fogyasztó csoport esetében a 2-es medencében 3,03 %, a 4-es medencében 2,92% volt. Azon csoportokban, melyekben a 30%-os kezelést alkalmaztuk 2,73% (3-as medence) illetve 2,83%.



19. ábra Specifikus növekedési ráta alakulása a második etetési ciklusban

5 Következtetések, javaslatok

A kapott eredményeink alapján elmondható, hogy az etetési kísérlet során sikerrel építettük be a katonalégy lárvát az afrikai harcsák takarmányozásába. A halak hosszú szoktatási idő nélkül mindkét ciklusban maradéktalanul elfogyasztották az adagolt rovarlárvét. Az első etetési ciklus során a tápot 15%-os mértékben váltottuk ki légylárvával, az elvégzett mérések eredményei között nem volt szignifikáns eltérés. A lárvával is táplált egyedek növekedése átlagosan meghaladta a kontroll csoport tömeggyarapodását. A mortalitási ráta mindkét csoportnál alacsony maradt, a megmaradás 95% feletti volt. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a 15%-os kiegészítést kapó csoportok növekedése és megmaradása, hozzá a kontroll csoportok értékeit, ezért a következő etetési ciklusban már 30%-os lárvakiegészítést alkalmaztunk. A második ciklusban 30%-os kiegészítést kapó csoportok egyedei szintén elfogyasztották az adagolt rovarlárvét, ezt bizonyítja, hogy a kísérleti medencék halainak átlagsúlya meghaladta a kontroll csoport hasonló értékeit.

A jövőben javaslom olyan kísérletek elvégzését, melyekben meghatározható a fekete katonalégy lárvá adagolhatóságának pontos mennyisége. Későbbi kutatások választ adhatnak arra, hogy a különböző táplálékforráson nevelt rovarlárvák alkalmazása közt van e jelentős különbség direkt etetés szempontjából. A direkt lárvá etetés gazdaságossága mellett egy fenntartható alternatív takarmány forrás lehet a jövőben.

6 Összefoglalás

A világ halfogyasztása évtizedek óta növekvő tendenciát mutat. A tengeri halászatból származó fogások az utóbbi években stagnálnak, vagy csökkennek. A Rabobank a haltermelés 1,4%-os évenkénti növekedésével számol 2017-2035 között. A haltermelés volumenének növekedése csak úgy biztosított, ha ezt a takarmányipar képes állandó minőségű és a piacon mindig elérhető takarmánnyal kiszolgálni. Az intenzív halnevelő rendszerekben takarmánykomponensként alkalmazott egyik legfontosabb fehérjehordozó a halliszt. Globálisan a halászatból származó fogások ötödéből készül halliszt, ez a tevékenység komoly terhet ró a tengeri élővilágra, érzékeny populációk összeomlását eredményezheti. Világossá vált tehát, hogy a halliszt kiváltására egy fenntartható fehérjehordozót kell találni. A fekete katonalégy egy intenzív körülmények között tenyészthető nem invazív rovarfaj, lárvájának beltartalmi értékei kedvezőek. Korábbi kísérletekben a rovarfehérjét csak feldolgozott formában (rovarliszt) alkalmazták. A halak lárvával történő etetéséről elenyésző adat áll rendelkezésre, így fontosnak tartottuk ezen terület vizsgálatát. A fekete katonalégy lárvák nem feldolgozott formában történő takarmányozási felhasználásának gazdasági oka, hogy ezzel a módszerrel nagymértékben csökkenthetők az energiaköltségek, hiszen a rovarok szárítása, préselése hatalmas elektromos energiaigénnyel jár. A technológia további fejlesztése fenntarthatóbbá teheti az akvakultúrát. Választásunk azért esett az afrikai harcsára, mert egy rendkívül tág tűrőképességű halfaj, recirkulációs rendszerben nagy telepítési sűrűség mellett tartható, tenyésztése során magas hozam érhető el. Kísérletünket két ismétlésben végeztük egy recirkulációs rendszer 4 medencéjében, ahol mindkét ismétlés alkalmával 2-2 csoportra osztottuk az állományt. A kiindulási egyedszám medencénként 320 hal volt. A 28 napos etetési ciklusok kezdő és záró napján mintáztuk az állományt. A kapott eredményeken statisztikai elemzést végeztünk. Az első etetési ciklusnál az átlagos induló testtömeg $85,75 \pm 18,3$ g, a testhossz $23,06 \pm 1,4$ cm volt. Az első kísérlet lezárásakor kiderült, hogy a halak testtömegében (178,21; 181,77; 16887; 178,91), hosszában (28,71; 28,53; 27,92; 28,74) és az egyéb kalkulált paraméterekben sem volt kimutatható szignifikáns különbség. A második etetési ciklus esetében a népesítéskor az átlagtömeg $81,39 \pm 13,84$ g, a testhossz pedig $22,75 \pm 1,27$ cm volt. A kísérlet zárásakor a halak testtömegében (280,8; 185,87; 196,7; 195,57) és testhosszában (30,55; 30,57; 30,12; 29,9) nem volt kimutatható szignifikáns különbség, azonban az egyik 15%-os kiegészítésű medence kondíció faktora szignifikánsan alacsonyabb lett, mint a másik 15%-os, valamint a további két 30% lárvával kiegészített medence. A kísérlet során kapott

eredmények alapján a 30%-os fekete katonalégység lárva kiegészítés nincs negatív hatással az afrikai harcok intenzív rendszerben történő takarmányozására és nevelésére.

7 Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Csorbai Balázsnak és Dr. Bokor Zoltánnak a hatalmas szakmai segítségért, a rám szánt idejükért és a dolgozat megírásában való támogatásé.

Szeretném megköszönni, Bartucz Tamásnak, Láng Levente Zetének, Csókás Endrének, Gyurcsák Márknak, Vajnai Zoltánnak, Dzsudzsák Emília Laurának és Petényi Róbertnek, , valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék összes munkatársának, hogy segítették a munkám szervezését és lebonyolítását.

Köszönöm az Agroloop Hungary Kft.-nek, hogy biztosította a kísérletemhez használt rovar lárva alapanyagát (AQUAGEOCOMPONIA - Fenntartható, integrált, intenzív rovarfehérje, hal és zöldség termelési modell kidolgozása két üzemméretben pályázati azonosító: EIP 1924257877).

Köszönöm a MATE-AKI-nek, illetve Dr. Urbányi Bélának, hogy lehetőséget biztosított tudományos diákköri munkám elkészítésére.

8 Irodalomjegyzék

1. Abdel-Warith, A. A., Russell, P. M., & Davies, S. J. (2001). Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture Research*, 32(Burchell 1822), 296–305. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00053.x>
2. Agnèse, J.F. G.G. Teugels, (2001). Genetic evidence for monophyly of the genus *Heterobranchus* and paraphyly of the genus *Clarias* (Siluriformes, Clariidae). *Copeia* 2001(2):548-552.
3. Appelbaum, J. McGeer C. (2005) Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles *Aquaculture Nutrition* Volume 4, Issue 3 p. 157-164
4. Batal, A., Dale, N., & Café, M.. Nutrient composition of peanut meal. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(2), 254–257. <https://doi.org/10.1093/japr/14.2.254>
5. Bezerra da Rocha, M. E., Freire, F. da C. O., Erlan Feitosa Maia, F., Izabel Florindo Guedes, M., & Rondina, D. (2014). Mycotoxins and their effects on human and animal health. *Food Control*, 36(1), 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021>
6. 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. ISBN: 978-979-493-610-8
7. Çetingül, İ. S. & Shah, S. R. A. (2022). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as an Ecological, Immune Booster and Economical Feedstuff for Aquaculture . *Marine Science and Technology Bulletin* , 11 (1)
8. Chervinski, J. ,(1984.): Salinity tolerance of young catfish, *Clarias lazera* (Brucell). *J.Fish.Biol.* pp.147-149.
9. Cullere, M.–Tasoniero, G.–Giaccone, V.–Miotti-Scapin, R.–Claeys, E.–De Smet, S.– Dalle Zotte, A. (2016): Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*. 10: 1923–1930.
10. Davies, S. J., McConnell, S., & Bateson, R. I. (1990). Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture*, 87(2), 145–154. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90271-N](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90271-N)
11. Rabobank 2017 Dealing with global food supply challenge- Precision farming and environmental sustainability
12. Diclaro, J. W., & Kaufman, P. E., 2021. Black soldier fly *hermetia illucens* linnaeus (insecta: diptera: stratiomyidae). *uf ifas Extension University of Florida*. EENY 461.
13. Diener S., Zurbrügg C., Gutierrez F.R., Nguyen D.H., Morel A., Koottatep T. & Tockner, K., 2011. Black soldier fly larvae for organic waste treatment - Prospects and constraints. *Proceedings of the Waste Safe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*.
14. Drew, M. D., Borgeson, T. L., & Thiessen, D. L. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 118–136. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.019>

15. FAO (2018): The State of the World Fisheries and Aquaculture. FAO (Food and Agriculture Organisation), Rome.
16. FAO, 2015. FAO honlap, elérhető: www.fao.org, letöltve: 2022.10.10.
17. Fowler, L. G. (1991). Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99(3–4), 309–321. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90251-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90251-2)
18. Furman D.P., Young R.D. & Catts, P.E., 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology*. 52. pp. 917-921.
19. Gao, S., Yin, N., Zhou, F., Li, H., Zhou, J., Wang, R. J., & Shao, Q. J. (2013). Evaluation of pea proteins and poultry protein as fish meal alternatives in the diets for juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*. *Aquaculture Nutrition*, 19(3), 278–288. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00957.x>
20. Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E. J., Stone, D., Wilson, R., & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551–579. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>
21. de Graaf G. Janssen J., (1996) FAO, Fisheries Technical Paper 362 Rome, M-44 ISBN 92-5-103916,
22. 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.
23. Hertrampf, J. W., & Piedad-Pascual, F., 2000. Fish Meal. *Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds*. pp.177–191.
24. Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R. & Joshi, N. H., 2020. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources : A Review. *J. Exp. Zool. India* Vol. 23, No. 1, pp. 13-
25. Horváth, A. L., Radics, F., Pupánné, B.F. (1989): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése. *Halászat*, 82(3):86-91 pp.
26. Horváth, L., Urbányi, B. (2000): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) szaporítása és tenyésztése. In: Horváth L. (szerk.) *Halbiológia és haltenyésztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 332-334 pp
27. Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, 1(3), 316–329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>
28. Huisman, E.A. & Richter, C.J.J. (1987) Reproduction, growth, health control and aquaculture potential of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 63, 1-14.
29. Jeon H., Park S., Choi J., Jeong G., Lee S-B. Choi Y., Lee S-J., 2011. The intestinal bacterial community in the food waste reducing larvae of *Hermetia illucens*. *Current Microbiology*. 62: 1390-1399.
30. Fleurence Joël , Moranchais Michèle ,Dumay Justine Proteins in Food Processing (pp.245-262) DOI:10.1016/B978-0-08-100722-8.00010-3
31. Kim J.G., Choi Y.C., Choi J.Y., Kim W.T., Jeong G.S., Park K.H. & Hwang, S.J., 2008. Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera; Stratiomyidae) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology* 47. pp. 337–343
32. Kumar, S., Sándor Zs, J., Nagy, Z., Fazekas, G., Havasi, M., Sinha, A. K., De Boeck, G., & Gál, D. (2016). Potential of processed animal protein versus soybean meal to replace fish meal in practical diets for

- European catfish (*Silurus glanis*): growth response and liver gene expression. *Aquaculture Nutrition*, January 2016, 1–11. <https://doi.org/10.1111/anu.12487>
33. Leclercq M., 1997. A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) ("soldier fly") (Diptera, Stratiomyidae: Hermetiinae). *Bulletin et Annales de la Société Royale Belge d'Entomologie* 133. pp. 275-282.
 34. Marroquín-Cardona, A. G., Johnson, N. M., Phillips, T. D., & Hayes, A. W. (2014). Mycotoxins in a changing global environment - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.025>
 35. Mérida, S. N., Tomás-Vidal, A., Martínez-Llorens, S., & Cedrá, M. J. (2010). Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture*, 298, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.025>
 36. 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.
 37. Nagy, Z., Havasi, M., Gál, D., & Hancz, C. (2017). Effects of different European catfish feeds on production parameters and water quality in limnocorrals. *Effects of different European catfish feeds on production parameters and water quality in limnocorrals. Acta Agraria Kaposváriensis*, 21(1), 15–27.
 38. NRC. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>
 39. Pereira, T. G., & Oliva-Teles, A. (2002). Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture Research*, 33(14), 1183–1189. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00782.x>
 40. Pintér, K., Pócsi, L. (2002): A hazai halfajok: afrikai harcsa In: *Gazdasági állataink – Fajtatlan Hal. Szerk. Dr. Mihók Sándor, Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 62- 64 pp
 41. Radics, F., Kovács, Gy., Kepenyés, J. (1994): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése Magyarországon. *Halászatfejlesztés*, 17:69-73 pp.
 42. Radics, F., Radicsné, R.J., Horváth, L., Kovács, Gy. (1995): Monoszex hím afrikai harca állomány előállítási programja. *Halászatfejlesztés*, 18:38-44 pp.
 43. Ranjan, R., & Bavitha, M. (2015). Lupins - An alternative protein source for aquaculture diets. *International Journal of Applied Research*, 1(3), 4–8. <https://www.allresearchjournal.com/vol1issue3/PartA/pdf/61.1.pdf>
 44. Richard, J. L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses-An overview. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1–2), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.019>
 45. Richter, C. J. J. (1976). The African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? *Miscellaneous papers / Landbouwhogeschool Wageningen*, 13, 51-71.
 46. Rinchar, J., Mbahinzireki, G., Dabrowski, K., Lee, K.-J., Garcia-Abiado, M.-A., & Ottobre, J. (2002). Effects of dietary cottonseed meal protein level on growth, gonad development and plasma sex steroid hormones of tropical fish tilapia *Oreochromis* sp. *Aquaculture International*, 10(1). <https://doi.org/10.1023/A:1021379328778>
 47. Robaina, L., Izquierdo, M. S., Moyano, F. J., Socorro, J., Vergara, J. M., Montero, D., & Fernández-Palacios, H. (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130(2–3), 219–233. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00225-D](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00225-D)

48. Rueda, P.A., (2004.): Towards assessment of welfare in African catfish, *Clarias gariepinus*: the first step. PhD thesis, Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences. Wageningen University.
49. Rumpold B.A. & Schlüter O.K., 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Sciences & Emerging Technologies*. 17: 1-11.
50. Sealey, W. M., Hardy, R. W., Barrows, F. T., Pan, Q., & Stone, D. A. J. (2011). Evaluation of 100% Fish Meal Substitution with Chicken Concentrate, Protein Poultry By-Product Blend, and Chicken and Egg Concentrate on Growth and 137 Disease Resistance of Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1), 46–55. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00442.x>
51. Shapawi, R., Ng, W. K., & Mustafa, S. (2007). Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*, 273(1), 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.014>
52. Shepherd, C.J. & Bromage, N. R., 1992. *Intensive fish Farming*, Wiley Blackwell kiadó, p. 420.
53. Skelton, Paul. 1993 *A Complete Guide to the Freshwater Fishes of Southern Africa*, Southern Book Publishers. 388 p.
54. Sobczak, M.; Panicz, R.; Sadowski, J.; Pólg , esek, M.; Zochowska-Kujawska, J. Does ´ Production of *Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis* Hybrids Influence Quality Attributes of Fillets? *Foods* 2022, 11, 2074.
55. Song, D., Yun, Y., Mi, J., Luo, J., Jin, M., Nie, G., & Zhou, Q. (2020). Effects of faba bean on growth performance and fillet texture of Yellow River carp, *Cyprinus carpio haematopterus*. *Aquaculture Reports*, 17(April), 100379. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100379>
56. Sørensen, M., Berge, G. M., Thomassen, M., Ruyter, B., Hatlen, B., & Ytrestøyl, T. (2011). Today’ s and tomorrow’ s feed ingredients in Norwegian aquaculture (Issue December).
57. Teugels, G.G. and Agnèse, D. 2003 Taxonomy and Phylogeny of Clariidae - an overview. Flemish FWO project G.0388.00 on catfish. In *Catfishes* (2003) Eds. G.Arratia, B.G. Kapoor, M.Chardon & R.Diogo - 2 vols, pp 487.
58. Tomberlin J.K., Sheppard D.C. & Joyce, J.A., 2002. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America* 95, pp. 379-386.
59. Van der Wall B.C.W, 1985. Aspects of the biology of larger fish species of Lake Liambezi, Caprivi, South West Africa. *MADOQUA*, sz. 14, No. 2. pp. 101-144.
60. Wan, A. H. L., Davies, S. J., Soler-Vila, A., Fitzgerald, R., & Johnson, M. P. (2019). Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 458–492. <https://doi.org/10.1111/raq.12241>
61. Wedemeyer G.A, 1996. *Psychology of Fish in Intensive Culture Systems*, Springer kiadó, p. 229.
62. Yildirim, M., Lim, C., Wan, P. J., & Klesius, P. H. (2003). Growth performance and immune response of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid. *Aquaculture*, 219(1–4), 751–768. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00062-0)

63. Zhang, F., Man, Y.B., Mo, W.Y., Wong, M.H., 2020. Application of Spirulina in aquaculture: a review on wastewater treatment and fish growth. *Rev. Aquac.* 12 (2), 582-599.
64. Ziriga Josué Otémé, Saurin Hem, Marc Legendre *Aquatic Living Resources* , Volume 9 , Issue S1: Special Edition: The biology and culture of catfishes
65. Huda M. A., Sunarno M. T. D., Nurhudah M., 2020 Potential addition of black soldier fly carcass meal in sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus*) feed formulation. *AACL Bioflux* 13(5):2567-2576.
66. Adeoye, A.A., Akegbejo-Samsons, Y., Fawole, F.J. and Davies, S.J. 2020. Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): Impact on growth, body index, and hematological parameters. *Journal of the World Aquaculture Society*. 27 April 2020.
67. Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kieronczyk, B., Jozefiak, D. (2020): Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization. *Animals* 2020, 10(11), 2119.
68. Tippayadara, N.; Dawood, M.A.O.; Krutmuang, P.; Hoseinifar, S.H.; Doan, H.V.; Paolucci, M. Replacement of Fish Meal by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal: Effects on Growth, Haematology, and Skin Mucus Immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animals* 2021, 11, 193. <https://doi.org/10.3390/ani11010193>
69. Priyadarshana, Kasun & ruwandeepika, chaminda & naveenan,, manoharan & Magamage, Manjula & Ruwandeepika, Darshanee. (2021). Substitution of Fishmeal with Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 Larvae in Finfish Aquaculture -A Review. *Asian Fisheries Science*. 34. 10.33997/j.afs.2021.34.2.001.Csókás Endre, Csorbai Balázs, Rideg Árpád, Bokor Zoltán 2022.: A kecsge takarmányozási technológiájának rovarfehérje-kiegészítéssel történő fejlesztése. In Pepó Péter (Szerk.): "Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban" EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 : Hallgatói tudományos publikációk gyűjteménye. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem (2022) pp. 35-43. ISBN: 978-963-490-387-1
70. Tschirner, Martin & Simon, A.. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1. 1-12. 10.3920/JIFF2014.0008.
71. Ebeling, J.M., Vinci, B. (2006): *Recirculating Aquaculture systems*, University of Arizona, p. 1-47
72. Timmons, M.B., Ebeling, J.M. (2007): *Recirculating Aquaculture* Cayuga Aqua Ventures, Ithaca. p. 1-976.
73. Watten, B.J., Sibrell, P.L. (2006): Comparative performance of fixed-film biological filters: Application of reactor theory. *Aquacultural Engineering* (34) p. 198-213.
74. Nijhof, M. (1995): Bacterial startification and hydraulic loading effects in plugflow model for nitrifying trickling filters applied in recirculating fish culture systems. *Aquaculture* (134) 49-64. p.
75. 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.
76. Csengeri, István & Gál, Dénes & Kosáros, Tünde & F., Pekár & J., Bakos & F., Potra & Kovács, Gyula & Feledi, Tibor & J., Fazekas & Biró, Janka & Sandor, Zsuzsanna & Zs, Gy & Jeney, Zsigmond & Rónyai,

- András. (2011). A haltakarmányozás halliszt és halolaj nélkül. Állattenyésztés és Takarmányozás. 60. 277-290.
77. Kovács, É, Péteri A., Moth-Poulsen T., Tóth I., Woynárovich A., 2015.: Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk.), Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp. 122-151.
78. Urbányi, B. 2015.: Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk.), Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp. 5-10..
79. Urbányi, B. 2015.: Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk.), Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp. 5-10..

Internetes források

1. <https://www.fishbase.se/summary/1934> [Hozzáférés dátuma: 01.10.2022.]
2. https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/clarias_gariepinus/en
3. https://animaldiversity.org/accounts/Heterobranchus_longifilis/classification/
4. <https://portal.nebih.gov.hu/-/modosult-a-premes-allatoktol-eltero-nem-kerodzo-haszonallatok-allati-eredetu-feherjevel-valo-takarmanyozasanak-tilalma>
5. [Http://portal.nebih.gov.hu/-/a-rovar-eredetu-termek-takarmany-celu-elallitasa](http://portal.nebih.gov.hu/-/a-rovar-eredetu-termek-takarmany-celu-elallitasa)
6. <https://haltapkft.hu/haltap/harcsa-nevelotap/20/>
7. <https://www.eatcrickster.com/blog/black-soldier-fly>
8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/taxonomy/tree/?taxon=343691>