



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet**

**Hulladék vagy lehetőség? A békalencse (*Lemna spp.*)
beillesztésének lehetősége a rovartermelésen keresztül a hazai
akvakultúrába**

**Waste or opportunity? Utilization of duckweed (*Lemna spp.*) in aquaculture
through insect production**

Készítette:

Kathi László
Z4AINC
Agrármérnöki, osztatlan
nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezetők:

Dr. Csorbai Balázs, tudományos munkatárs, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Szent István Campus,
Halgazdálkodási Tanszék
Bartucz Tamás, tudományos segédmunkatárs, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Szent István Campus,
Halgazdálkodási Tanszék

**Gödöllő
2024.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Célkitűzés	6
3. Irodalmi áttekintés	7
3.1. Az afrikai harcsa általános jellemzése	7
3.1.1. Rendszertani besorolása	7
3.1.2. Előfordulása, élőhelye	8
3.1.3. Megjelenése.....	8
3.1.4. Táplálkozása, életmódja	8
3.1.5. Szaporodása.....	8
3.1.6. Gazdasági jelentősége	9
3.2. A Fekete katonalégyszócska általános jellemzése	10
3.2.1. Rendszertani besorolása	10
3.2.2. Előfordulása, élőhelye	10
3.2.3. Megjelenése.....	11
3.2.4. Életciklusa	11
3.2.5. Tenyésztése.....	12
3.2.6. Gazdasági jelentősége	14
3.3. Állati eredetű fehérjeforrások a haltakarmányozásban	14
3.3.1. Halliszt	14
3.3.2. Egyéb állati eredetű fehérjék.....	15
3.3.3. Rovar eredetű fehérjeforrások	16
3.3.4. Fekete katonalégyszócska felhasználása a haltakarmányozásban	16
3.4. Körforgásos gazdálkodás az akvakultúrában	17
3.5. Békalencseformák (<i>Lemnaceae</i>).....	18
3.5.1. Általános jellemzése.....	18
3.5.2. Felhasználása.....	19

4. Anyagok és módszerek	21
4.1. Fekete katonalégység lárvanevelés	21
4.1.1. A rovarnevelő rendszer felépítése.....	21
4.1.2. Rovarnevelő szubsztrátok	22
4.1.3. Első rovarnevelési kísérlet.....	24
4.1.4. Második rovarnevelési kísérlet.....	24
4.1.5. Kísérletek zárása	25
4.1.6. Mérés	25
4.2 Afrikai harcsa takarmányozási kísérlet	26
4.2.1. Szaporítás	26
4.2.2. Ivadéknevelés	27
4.2.3. Kísérleti beállítás	27
4.2.4. Mérés	29
4.3. Statisztikai értékelés.....	31
5. Eredmények és értékelésük	32
5.1. Fekete katonalégység lárvanevelés eredményei	32
5.1.1. Első lárvanevelési kísérlet eredményei	32
5.1.2. Második lárvanevelési kísérlet eredményei	33
5.2. Afrikai harcsa takarmányozási kísérlet eredményei.....	34
5.2.1. Megmaradás eredményei.....	34
5.2.2. Testhossz mérés eredményei	35
5.2.3. Testtömeg mérés eredményei	36
5.3. Analitikai vizsgálatok eredményei	37
5.3.1. Nedvesség tartalom, nyersfehérje tartalom, nyerszsír tartalom	37
5.3.2. Zsírsav összetétel.....	38
6. Összefoglalás	39
7. Irodalomjegyzék	41

8. Köszönetnyilvánítás	50
-------------------------------------	-----------

1. Bevezetés

A népesség növekedésével népelelmezési problémákba ütközünk, melyek kiküszöbölésére a körforgásos gazdaság adhat megoldást. A körforgásos gazdaság egy olyan rendszer, amely a lehető leghosszabb ideig őrzi meg a termékek, erőforrások, és anyagok értékét a gazdaságban, a hulladékkeletkezést pedig minimalizálja (Internet 1.). Ezen gazdálkodási mód egyik célja az ember számára hasznosítható biomassza lehető legnagyobb mértékű emberi fogyasztásra való felhasználása. A haszonállatok takarmányozásába pedig az emberi fogyasztásra alkalmatlan, állati és növényi hulladékok beillesztése (de Boer & Ittersum, 2018). Napjainkban az akvakultúra a legnagyobb ütemben fejlődő élelmiszer előállító ágazat, ezáltal kiemelt szükség van a fenntarthatóság biztosítására. 2022-ben először a megtermelt haltermékek, vízi állatok mennyisége meghaladta a halászatból származó fogások mennyiségét (FAO, 2024a). Az ágazat által leggyakrabban felhasznált fehérjeforrás a halliszt, amely nagy mennyiségben a nyílttengeri halak feldolgozásából származik, azonban ez csak korlátozottan áll rendelkezésre a túlhalászat veszélye miatt. Ebből következik, hogy alternatív fehérjeforrásokra van szükség, amelyekkel csökkenthető a felhasznált halliszt mennyisége (Olsen & Hasan, 2012). A növényi alapú összetevők és az akvakultúra ágazatban keletkezett melléktermékek mellett a rovarfehérje tűnik az egyik legjobban hasznosítható alternatív fehérjeforrásnak. (Sánchez-Muros, 2014)

A fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) lárvája különösen nagy potenciállal rendelkezik: a különböző szerves hulladékokat/melléktermékeket nagy hatékonysággal alakítja át jó minőségű tápanyagokká (Supriyatna et al., 2016; Hu et al., 2024). Rövid életciklusa miatt gyorsan, nagy hatékonysággal tenyésztethető (Nairuti et al., 2022). Hazánkban az akvakultúra ágazatban, tógazdaságokban nagy mennyiségben keletkező melléktermék/hulladék a békalencse (*Lemna spp.*) (Gál et al., 2009). A békalencse akár 43%-os szárazanyagra számított fehérjetartalommal is rendelkezhet. Az aminosav összetétele is kedvező, gyors növekedésű és szélsőséges környezeti paramétereket is elvisel (de Beukelaar et al., 2019). Ezt a hazai tógazdaságokban tömegesen előforduló ritkán hasznosított értékes biomasszát fel lehet használni a lárva nevelő szubsztrát kiegészítésére.

A kísérletünkben ezen a hulladékon előállított fekete katonalégy lárva lisztjét afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822) ivadék takarmányozásába építettük be. Hazánkban az afrikai harcsa kiemelt jelentőséggel bír, 2023-ban az intenzív rendszerekben nevelt hal 93,6%-át tette ki ez a faj (Kiss, 2024).

2. Célkitűzés

Kísérletünk célja egy korábban fel nem használt, az akvakultúrában nagy mennyiségben keletkező melléktermék beillesztése a rovarfehérje előállításba, és az így létrehozott termék integrálása a haltakarmányozásba.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Az afrikai harcsa általános jellemzése

3.1.1. Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Gerinchúrosok (*Chordata*)

Altörzs: Gerincesek (*Vertebrata*)

Altörzság: Állkapcsosok (*Gnathostomata*)

Főosztály: Csontos halak (*Osteichthyes*)

Osztály: Sugarasúszójú halak (*Actinopterygii*)

Alosztály: Újúsójúak (*Neopterygii*)

Alosztályág: Valódi csontoshalak (*Teleostei*)

Öregrend: Pontyszerűek (*Ostariophysi*)

Rend: Harcsaalakúak (*Siluriformes*)

Család: Zacskósharcsafélék (*Clariidae*)

Nem: *Clarias*

Faj: *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (1. ábra) (Internet 2.)



1. ábra Az afrikai harcsa (Internet 3.)

3.1.2. Előfordulása, élőhelye

Az afrikai harcsa őshonos Törökország déli részén, Kis-Ázsiában és az egész afrikai kontinensen. Folyókban, tavakban, illetve mocsarakban egyaránt megtalálható. Magyarországra először 1984-ben, azután 1987-ben hoztak be táplálkozó lárvát Hollandiából (Harka & Sallai, 2004). Melegigényes, édesvízi halfaj. Az afrikai harcsa által elviselt sótartalom felső határa 10 ppt (parts per thousand, ezrelék), az optimális hőmérsékleti tartomány nevelésnél 25-30 °C, a 20 °C alatti vízhőmérsékletnél kimondottan érzékeny a bakteriális fertőzésekre (Kovács et al., 2015). Kiegészítő légzőszervének köszönhetően légköri oxigén hasznosítására is képes, ezért alacsony oldott oxigén tartalom mellett is túl tud élni. Jól tűri a magas ammónium-ion, kén-hidrogén, illetve szabad ammónium koncentrációt is (Pintér & Pócsi, 2002).

3.1.3. Megjelenése

Hosszú, hengeres testű hal, széles feje felülről lapított. Szemei kicsik. Végállású szája nagy, benne kefefogazat található, körülötte 8 pár bajuszsál van. Szürkén márványozott, időnként sötétszürke bőre pikkelytelen, nyálkás. Háta sötétebb, a hasa felé haladva világosodik, ami általában fehér vagy piszkosfehér. Szürke, meglehetősen hosszú hátúszójában 61-79, míg szintén szürke anális úszójában 45-60 darab úszósugár található. Farokúszója kerekded, bemetszés nem található rajta (Harka & Sallai, 2004; Pintér & Pócsi, 2002).

3.1.4. Táplálkozása, életmódja

Az afrikai harcsa természetes körülmények között mindenevő, opportunista faj. A lehető legkönnyebben megszerezhető táplálékot választja. Egyaránt fogyaszt növényi és állati eredetű szervezeteket (Admassu et al., 2015). Táplálékának nagy részét azonban zooplankton, különböző vízi és szárazföldi rovarok, valamint halak teszik ki. Ezek aránya területtől, évszaktól, testmérettől és az elérhető táplálék kínálatától függően változhat (Tesfahun, 2018). A bajuszszájai fontos szerepet játszanak a táplálék felkutatásában, mivel elsősorban éjszaka táplálkozik (Urbányi & Szentés, 2011).

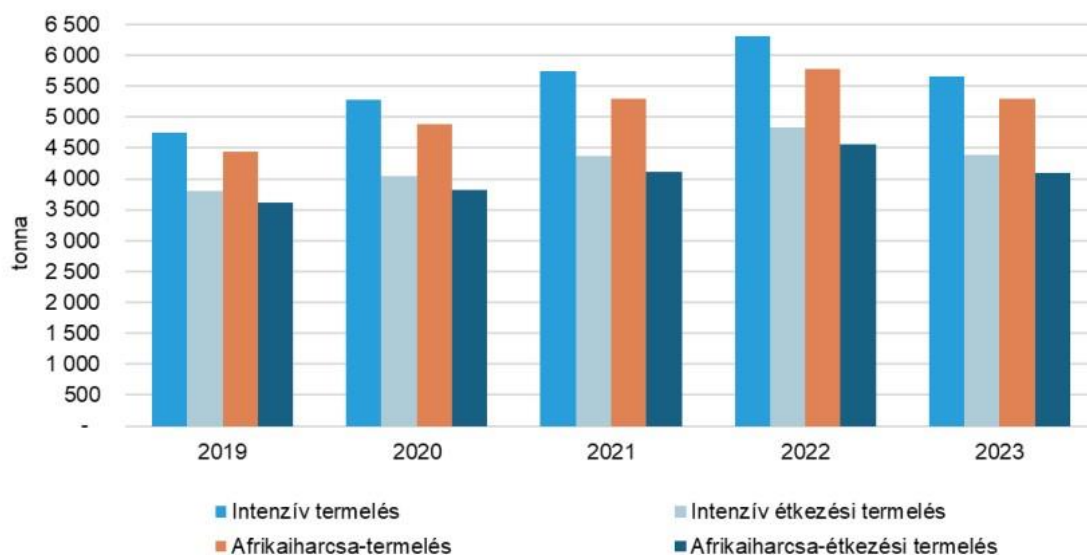
3.1.5. Szaporodása

Az afrikai harcsa a természetben, trópusi körülmények között márciustól novemberig szaporodik. A tömeges ívás júliusra esik, amikor az esőzések következtében a vizek áradni kezdenek. Az ívás a sekély, frissen elárasztott területeken történik az éjjeli és hajnali órákban (de Graaf et al., 1996). Az ivarérettséget a második év végén kb. 35cm-es testhossz mellett érik el, de előfordulhat, hogy az első év végén a kb. 24cm-es egyed már ivarérett. Az ívásban

résztvevő ikrások átlagos testhossza 54cm, amelyek nagyjából 50 000 darab ikra lerakására képes, míg a tejesek átlagosan 58cm-es testhosszal rendelkeznek (Bruton, 1979). Kontrollált körülmények között akár már 6-9 hónaposan is ivarérettek lehetnek. Azon ikrások, amelyek készen állnak az ívásra viszonylag könnyen felismerhetők puha, telt hasukról és megduzzadt ivarnyílásukról. Ellenben a tejesek érettségét a hasüreg felnyitása nélkül nem lehet ellenőrizni (Kovács et al., 2015). Az ivarszervek fejlődéshez az optimális hőmérséklet 25°C (Richter et al., 1987).

3.1.6. Gazdasági jelentősége

Az afrikai harcsa egy nagy jelentőséggel bíró halfaj Afrikában. Domesztikációja az 1950-es, termelésének fellendülése az 1970-es évekre tehető. A termelési technológia kidolgozásával napjainkra több ország számára is meghatározó élelmiszeri cikké vált. Húsa vörös, hasznos tápanyagokat tartalmaz, kedvező fehérje és zsírsavösszetételének köszönhetően az emberi táplálkozásba könnyen beépíthető, főleg, ha magas zsírtartalmú állati eredetű élelmiszert helyettesít (Rosa et al., 2007). A hivatalos statisztikák szerint a világon Nigéria a legnagyobb termelő, de Hollandia, Magyarország, Kenya, Szíria, Brazília, Kamerun, Mali és Dél-Afrika is jelentős mennyiséget állít elő (FAOa, 2024). Magyarországon 2023-ban az intenzív rendszerekben összesen megtermelt 5664 tonna halból 5303 tonna afrikai harcsa volt, ami a termelés egy igen jelentős részét (93,6%-át) teszi ki (2. ábra) (Kiss, 2024).



2. ábra Az afrikai harcsa intenzív termelésének mennyisége Magyarországon 2019–2023 között (AKI ASIR, 2024)

3.2. A Fekete katonalégység általános jellemzése

3.2.1. Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Ízeltlábúak (*Arthropoda*)

Altörzs: Hatlábúak (*Hexapoda*)

Osztály: Rovarok (*Insecta*)

Alosztály: Szárnyas rovarok (*Pterygota*)

Rend: Kétszárnyúak (*Diptera*)

Alrend: Légyalkatúak (*Brachycera*)

Család: Katonalégységek (*Stratiomyidae*)

Alcsalád: *Hermetiinae*

Nem: *Hermetia*

Faj: *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (3. ábra) (Maddison et al., 2007)



3. ábra A fekete katonalégység (Internet 4.)

3.2.2. Előfordulása, élőhelye

A fekete katonalégység a nyugati félteke meleg, trópusi területein őshonos faj, ám mára az emberi közvetítésnek köszönhetően világszerte elterjedt. Széles hőmérsékleti spektrumot képes elviselni. Előszeretettel tartózkodik farmok, állattartó telepek közelében, de megtalálható

városokban, erdőkben egyaránt (Rozkosny, 1982). A faj első európai észlelése 1926-ban, Máltán történt (Lindner, 1936).

3.2.3. Megjelenése

A kifejlett egyed testhossza 15-20 mm, fekete vagy kékes színezetű, 3 pár lába van, melyeknek utolsó ízei fehér színűek (Sheppard et al., 2002). A potroh első szegmensén egy átlátszó, megerősödött rész található, ami valószínűleg a légy védelmére szolgál. Feje kisebb és keskenyebb, mint a teste. Rágó szájszerve (mandibulája) hiányzik, szájszerve folyékony anyagok elfogyasztására szolgál, ezáltal csípésre képtelen. Fején egy pár csáp található, amelyek a fejhossz kétszeresei. A csápok fontos szerepet játszanak például a hang, szag, páratartalom és a kémiai anyagok észlelésében, ezáltal segítik a legyet a tájékozódásban. Egy pár hártvány szárnya a tor második ízén helyezkedik el. A nőtény általában nagyobb a hímnél (Oliveira et al., 2016; Diclaro & Kaufman, 2009).

A pete hosszúka, rizsre emlékeztető. Színe kezdetben fehér, majd az embrió fejlődésével sárgássá válik. 1-1,4 mm hosszú, 0,4-0,6 mm átmérőjű. Egy nőtény átlagosan 660 nyálkás felületű petét rak le, általában védett helyre, kis adagokban.

A lárva lábatlan, teste 12 ízből áll (feji résszel együtt), apró szőrök borítják. Kezdetben 1mm hosszú és fehéres színű, azonban a fejlődési stádium előrehaladtával növekszik, színe világosról a sötétebb árnyalatok felé változik. Feji része keskenyebb, mint a test többi része, barnától sötét barnáig változik a színe (Barros et al., 2019). Bebábozódás előtti testhossza elérheti a 27mm-t és a 6mm-es szélességet, színe krémfehér, sárgás vagy akár sötét barna (Hall & Gerhardt, 2002).

A báb merev, felülete barázdált, a szőrök megkeményednek. A feji rész és a test egyaránt barna vagy sötétbarna, egy szintén barna, esetleg aranyszínű bevonat veszi be a báb felületét (Barros et al., 2019).

3.2.4. Életciklusa

A kifejlett egyedek nem táplálkoznak, a lárvaállapot alatt felhalmozott energiaraktárakat hasznosítják (Newton et al., 2005). Élettartamuk 9-11 nap, ha hozzáférnek vízhez akkor ez akár 21 nap is lehet. A párosodás 2 nappal kikelés után történik, és 2 nap alatt lezajlik a peték 70%-ának a lerakása. A petéket a nőtény száraz repedésekbe, valamilyen lebomló, a lárva számára később hasznosítható táplálékforrás közelében helyezi el (Warburton & Hallmann, 2002). A lerakott peték 4-5 nap alatt kelnek ki 24-29 °C és 70-90% relatív páratartalom mellett (Sheppard

et al., 2002). A kelés után a lárvállapot következik, amely 6 szakaszra osztható és nagyjából 12 napig tart. A különböző szakaszokat a feji rész szélessége alapján lehet elkülöníteni, a szélesség az első szakasztól az utolsóig folyamatosan növekedik, viszont a bábállapotban lecsökken. A lárv fejlettségi szintje összefüggésben áll a feji rész szélességével. Egy kísérlet megállapította, hogy a lárva bebábozódás előtt hat alkalommal vedlik, innen ered a 6 szakasz (Kim et al., 2010). Az első kettőben a lárv elég sérülékenyek, magas lehet az elhullási arány. Az ötödik szakaszig morfológiailag meglehetősen nehéz elkülöníteni a fázisokat, azonban az utolsó szakaszban a bábállapot előtt színük a krémfehérről sárgásra, barnára, vagy sötétbarnára változik (Barros et al., 2019). A bebábozódás előtt abbahagyják a táplálkozást és elhagyják az addigi táplálkozási helyet (Schremmer, 1986). A bábállapot 2 héttől akár 5 hónapig is tarthat, laboratóriumi körülmények között viszont 8 napra is le lehet csökkenteni (Barros-Cordeiro et al., 2014).

3.2.5. Tenyésztése

A fekete katonalégység lárvája rendkívül falánk, erős szájszervének és az emésztőrendszerében található hatékony enzimeknek köszönhetően rendkívül sokféle táplálékforrást képes hasznosítani, mint például mezőgazdasági hulladékok, állati maradványok és éttermi hulladékok. Tenyésztés során a lárv számára biztosítani kell a megfelelő hőmérsékletű, nedvességtartalmú, vastagságú és szemcseméretű szubsztrátot (nevelő közeget), amelyen fejlődni képes (Caruso et al., 2013). A szubsztrát vastagsága fontos tényező, hiszen meghatározza azt a közeget, amiben a lárv él és táplálkozik. Hatással van a lárv mozgására, illetve az oxigénellátottságra. Egy kísérlet szerint, amelyben vegyes szerves anyagon figyelték meg a lárvák fejlődését, az 5 cm vastag szubsztrát volt a legmegfelelőbb (Brits, 2017). Az ideális hőmérséklet 22-30 °C, azonban érdemes megemlíteni, hogy a lárvák az emésztés és mozgás során többlet hőt termelnek, ezáltal szobahőmérsékleten (23 °C) a szubsztrát hőfoka akár 42 °C is lehet magas egyedsűrűség mellett (Warburton & Hallmann, 2002). Az optimális nedvességtartalom nagyjából 40-60% közé esik. Ugyan 80%-nál magasabb nedvességtartalmú szubsztráton is lehet lárvát nevelni, de a megfelelő fejlődéséhez, mindenképpen alacsonyabb a javasolt (Lalander et al., 2020). Az egyedsűrűség meghatározó. A különböző lárvakorosztályok különböző mennyiségű táplálék elfogyasztására képesek. Fontos, hogy minden lárv számára legyen elegendő tápanyag és ne alakuljon ki közöttük versengés. A magas egyedsűrűség továbbá a szubsztrát hőmérsékletének túlzott felmelegedéséhez vezethet, ami szökést, illetve rosszabb tömeggyarapodást vonhat maga után (Nayak et al., 2024). Egy tanulmány hat különböző nevelő közeget hasonlított össze 7 napos kísérleti időszakot követően 27.4 ± 0.8 °C-

on, és $67.7 \pm 4.7\%$ relatív páratartalom mellett. A lárvát 5 napos előnevelés után helyezték ki a kísérleti nevelő közegekre. A nevelő közegek:

1. 66.5% vizet, 16% borsógrízt, 8% búzát, 7% csirke indító tápot, 2.1% cukorrépa pelletet és 0.4% vitamin-és ásványianyag keveréket tartalmazó keverék
2. szója és búza alapú csirke indítótáp
3. repceolaj-előállítás melléktermékeként nyert repcemagpogácsa
4. sörtörköly
5. Ehető kékagylóból (*Mytilus edulis* L.) készült darálmány, a kagylóhéjjal együtt
6. emberi fogyasztásból származó garnéla (*Pandalus borealis* KRØYER, 1838) melléktermékből (fej, külső váz) készült darálmány.

A csirke indítótáphoz és repcemagpogácsához csapvizet adtak nagyjából 70%-os nedvességtartalom elérése érdekében, a többi nevelő közeg rendelkezett a megfelelő, 60-80%-os nedvességtartalommal. Továbbá minden közeghez 2% cukorrépa pelletet adtak a szabad víz megkötése érdekében. Egy kísérleti dobozban megközelítőleg 10.000 db lárvát telepítettek. Már a vizsgálat harmadik napján szignifikáns különbségek alakultak ki: a legnagyobb testtömeggel a 3. csoport rendelkezett (56.5 ± 0.8 mg), a legkisebbel pedig az 5. csoport (15.5 ± 0.6 mg). A negyedik napon a lárvák testtömege szignifikánsan nagyobb volt az 1-es, a 2-es és a 3-as csoport esetében, mint a többi kezelési csoportban. Ez a tendencia a vizsgálat végéig fennmaradt. A kísérlet utolsó napján a szója és búza alapú csirke indítótápot tartalmazó szubsztráton nevelt lárvák rendelkeztek a legnagyobb nedves testtömeggel (227.1 ± 12.7 mg), a második legnagyobb a kevert takarmányt fogyasztók (151.2 ± 18.2 mg), a harmadikkal pedig a repcemagpogácsát fogyasztók (123.9 ± 9.6 mg). Mindhárom csoport között szignifikáns különbség volt kimutatható. Ezeket a csoportokat követte szignifikánsan kisebb nedves testtömeggel a három másik csoport, a kagyló mellékterméket (48.9 ± 7.3 mg), illetve a garnéla mellékterméket, valamint a sörtörkölyt fogyasztók (36.0 ± 4.1 mg). E három csoport között nem volt megfigyelhető szignifikáns eltérés. A fajlagos növekedési ráta is a csirke indítótápot fogyasztó csoport esetében volt a legmagasabb ($20.2 \pm 0.1\%/nap$), ezt követte a kevert takarmány ($17.7 \pm 0.3\%/nap$), majd a repcemagpogácsás ($16.4 \pm 0.2\%/nap$). Ebben az esetben is mindhárom csoport között szignifikáns különbség mutatkozott. (Eggink et al., 2022). Gyakran használt mérőszám a fekete katonalégy lárvá nevelés során a biotranszformációs hatékonyság (biomass conversion efficiency), amely azt mutatja meg, hogy az adott szubsztrát mennyiségéből mennyi nedves lárvát keletkezik. Ennek értéke a termelés során jellemzően 15%

és 25% közt változik, ami azt jelenti, hogy 1 kg szubsztráton 140-250 g lárvát termelnek, azonban ez nagyban függ a nevelőközeg minőségétől is (Lopes et al., 2023; Ewald et al., 2020).

3.2.6. Gazdasági jelentősége

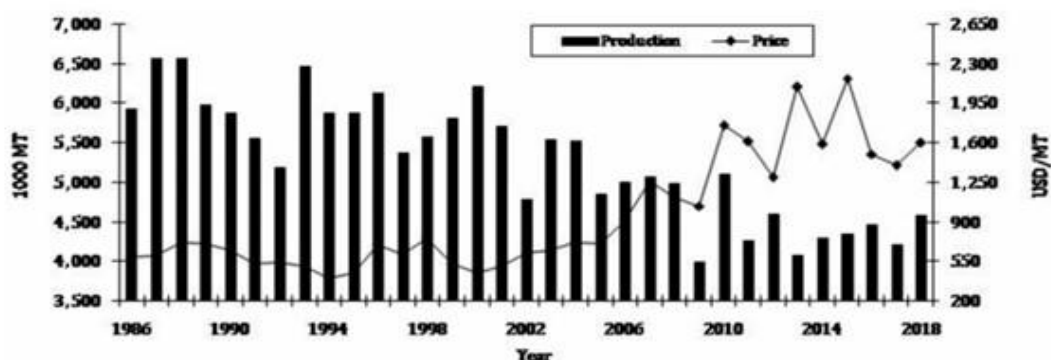
A fekete katonalégy lárvája egy ígéretes, innovatív és ezek mellett fenntartható fehérjeforrás az állati takarmányozásban, ezért egyre nagyobb figyelmet kap világszerte (Munthali, et al., 2023). Köszönhető ez a rovarok gyors életciklusának, az általuk hasznosítható nevelő közegek széles skálájának, magas termelékenységüknek és jó takarmányhasznosításuknak (Berggren et al., 2019). A rovartenyésztés a hagyományos állattenyésztéssel szemben 50-90%-kal kevesebb földterületen állít elő 1kg fehérjét. Élősúlyra számítva 1000 literrel kevesebb vizet használ kilogrammonként (Payne et al., 2016). Sok ipari, mezőgazdasági melléktermék emberi fogyasztásra alkalmatlan és az állattartó telepeken sem használhatóak fel takarmányozásra, azonban a rovartenyésztésben hasznosíthatóak és a rovarfehérje az állatok, valamint az emberek számára egyaránt értékes fehérjeforrás lehet (Bava et al., 2019).

3.3. Állati eredetű fehérjeforrások a haltakarmányozásban

3.3.1. Halliszt

Napjainkban az akvakultúra az egyik leggyorsabban fejlődő élelmiszer előállító ágazat, 2022-ben először a megtermelt haltermékek, vízi állatok mennyisége meghaladta a halászatból származó fogások mennyiségét (FAO, 2024a). Míg 2007-ben 49.9 millió tonna volt az akvakultúrában világszinten megtermelt haltermékek élősúlya ez 2023-ra 96 millió tonnára növekedett (FAO, 2024b). Az ágazat számára szükséges fehérje jelentős hányadát a halliszt biztosítja, a világon előállított halliszt több mint 70%-a az akvakultúrában kerül felhasználásra (Jannathulla et al., 2019). A halliszt egy tápanyagokban gazdag és magas fehérjetartalmú takarmány-összetevő, amelyet vízi és szárazföldi állatok takarmányozásában hasznosítanak. A halliszt előállítása elsősorban apró, nyílttengeri halak halászatán alapul, amelyek gyors növekedésű, rövid élettartamú, olajokban gazdag csontos halak. Ezen fajok az emberi fogyasztásra kevésbé, vagy egyáltalán nem értékesíthetőek, ilyen fajok például a szardella, makréla és a menhaden (Pauly et al., 2005). Az 1986-tól 2000-ig tartó időszakban átlagosan 5,9 millió tonna volt a világ halliszttermelése, 2000-től pedig egy szignifikáns csökkenő tendenciát mutat (4. ábra). A termelés visszaesésével a halliszt ára folyamatosan növekszik. 2018-ban a halliszt nemzetközi piaci ára 1596 USD/tonna volt, míg 2000-ben csupán 452 USD/tonna (4. ábra). A csökkenő termelés főként a klímaváltozásnak tudható be, mely jelentősen befolyásolja

a halászati fogásokat, ugyanis hatást gyakorol a széljárásra, vízhőmérsékletre és az oldott oxigén tartalomra is (Jannathulla et al., 2019).



4. ábra A halliszt termelésének és árának változása 1986 és 2018 között (Jannathulla et al., 2019)

A korlátozottan rendelkezésre álló halliszt, és az érte folyó verseny az akvakultúra ágazatot arra ösztönözte, hogy alternatív fehérjeforrásokat alkalmazzon a haltakarmányozásban (Bandara, 2018).

3.3.2. Egyéb állati eredetű fehérjék

A 2013-ban hozott Európai Unió rendelet értelmében a víziállatok takarmányozásában használhatóak a nem kérődző állatokból származó melléktermékek (EU 2013/56). A levágott baromfi emberi fogyasztásra alkalmatlan részeiből (nyak, fej, láb), belsőségéből származó melléktermékekből készülő liszt egy ígéretes fehérjeforrás a haltakarmányozásban a magas fehérje és esszenciális zsírsav tartalma miatt (Gunben et al., 2014). Kiváló minősége mellett viszonylag olcsó és egész évben nagy mennyiségben elérhető fehérjeforrás, főleg a nagy baromfi előállító régiókban, mint Ázsia (Abdul-Halim et al. 2014). A teljes értékű takarmányokban elsősorban alacsony ára miatt kedvelt és gyakran felhasznált fehérjehordozó a toll liszt. A baromfifeldolgozás során keletkező melléktermék, fajtól függően 0,5%-50%-ban használható a haltakarmányokban (Higgs et al., 1979; Fowler, 1990; Hassan et al., 1997). Fontos megemlíteni azt is, hogy a toll liszt fehérjeösszetétele kedvezőtlen, esszenciális aminosavakban szegény, ezért nagy mennyiségű használata kizárólag aminosav kiegészítéssel lehetséges (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000). Lehetséges állati eredetű fehérjeforrás a vér liszt, melynek fehérjetartalma és emészthetősége is kiváló, azonban korábbi kísérletek alapján a halliszt nem váltható ki vele teljes egészében (Agbebi et al., 2009).

3.3.3. Rovar eredetű fehérjeforrások

A különböző rovar fajokból előállított liszt, mint fehérjeforrás egy rendkívül nagy potenciállal bíró takarmányösszetevő a halliszt kiegészítésére, kiváltására. A 2017/893-as Európai Unió rendelet szerint a víziállatok takarmányozásában engedélyezett a rovarokból nyert állati fehérje és az ezt tartalmazó összetett takarmányok használata (EU 2017/893). Az utóbbi időben egyre több takarmányozási kísérletet végeztek a rovarlisztekkel történő részleges halliszt helyettesítésre. Egy korábban elvégzett kísérletek alapján a halliszt 30%-ig eredményesen kicserélhető különböző rovar eredetű lisztekre, a termelés csökkenése nélkül (Hua, 2021). A rovarliszt előállítás egy igen gyorsan növekvő tendenciát mutat. A legnagyobb termelők az ázsiai kontinensen Kína és a délkelet-ázsiai országok, valamint Európa, Észak-Amerika és Ausztrália. Már 16 rovarfajt vizsgáltak alternatív fehérjeforrásként az akvakultúrában, ebből a nyolc legalaposabban kutatott és legnagyobb potenciállal bíró faj a selyemhernyó (*Bombyx mori* L.), a fekete katonalégy, a házilégy (*Musca domestica* L.), a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.), az alombogár (*Alphitobius diaperinus* PANZER, 1797), a házi tücsök (*Acheta domesticus* L.), a trópusi házi tücsök (*Grylloides SIGILLATUS* WALKER, 1869) és a jamaikai mezei tücsök (*Gryllus assimilis* FABRICIUS, 1775) (Alfiko et al., 2022). A rovarok nyersfehérje tartalma közel 40%-tól 63%-ig terjedhet, a zsírtalanított rovarliszt pedig akár 83% nyersfehérjét is tartalmazhat (Makkar et al., 2014). Számos halfaj esetében vizsgálták a rovarlisztek hatásait a takarmányozásban. Fekete sziklahal (*Sebastes schlegeli* HILGENDORF, 1880) esetében a 32%-os közönséges lisztbogár lárv liszt kiegészítés nem volt negatív hatással a halak növekedésére és takarmány hasznosítására, sőt a 16%-os kiegészítéssel takarmányozott csoport jobb növekedési rátával és fehérje hasznosítással rendelkezett, mint a halliszt alapú kontrollcsoport (Khosravi et al., 2018). Szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM, 1792) etetésében a 25%-ot közönséges lisztbogár lárv lisztet tartalmazó (a hallisztet 100%-ban kiváltó) takarmány, kedvező eredményeket hozott (Rema et al., 2019).

3.3.4. Fekete katonalégy felhasználása a haltakarmányozásban

A fekete katonalégy lárvája az egyik legkiemelkedőbb alternatív rovarfehérjeforrás a haltakarmányozásban (Muin et al., 2017). Rendkívül falánk és szerves anyagok széles skáláját tudja nagy hatékonysággal hasznosítani. Fehérjetartalma jellemzően 35% és 60% közt, míg nyerszsír tartalma 11 és 57% között változik (Veldkamp et al., 2012; Ewald et al., 2020; Eggink et al., 2022). Számos kísérlet folyik a fekete katonalégy lárv liszt alkalmazásának lehetőségeinek feltárására a haltakarmányozásban. Kísérletek azt mutatják, hogy a takarmány

halliszt tartalma egyes fajok, például az Atlanti lazac (*Salmo solar*) esetében akár 100%-ban kiváltható zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszttel (Lock, et al., 2016). Kísérletek bizonyítják, hogy afrikai harcsa esetében a zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszt jobban emészthető, mint a zsírtalanítási eljárás előtt. Egy 91 napos kísérlet során bebizonyították, hogy a magas zsírtartalmú liszt 10%-ban építhető be a takarmányba anélkül, hogy negatívan befolyásolja a fontosabb gazdasági és a halak egészségügyi mutatóit afrikai harcsa nevelés során. Ugyan ez a kutatás bizonyítja, hogy a halliszt 30%-os kiváltása zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszttel nincs negatív hatással a növekedésre, a húsminőségre és az emésztőrendszer működésére sem (Talamuk, 2016). Egyik másik kísérletben afrikai harcsa ivadék esetében, négy vizsgált csoportban (kontroll -Aller Aqua ivadéknevelő táp-, 33%-ban, 66%-ban és 100%-ban zsírtalanított fekete katonalegyet tartalmazó teljes keverék takarmány), a 28 napos etetési kísérletet követően megállapítható volt, hogy a teljes takarmányadag 66%-a helyettesíthető zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszttel, a nedves, és légszáraz testtömeg, megmaradás és testhossz szignifikáns változása nélkül (Bartucz et al., 2023). Egy harmadik kísérletben a takarmányadagban megtalálható halliszt kiváltásának lehetséges mennyiségeit (0-25-50-100%) vizsgálták előnevelt afrikai harcsa esetében. A kísérlet eredményeként azt kapták, hogy 50%-os halliszt helyettesítés nem volt negatív hatással a halak növekedésére. A kísérlet során a legalacsonyabb testtömegnövekedést a 100%-ban rovarlisztet fogyasztó csoport érte el. A tapasztalt kisebb elért testtömeg a takarmányvisszautasítással hozható összefüggésbe, ami pedig nem elegendő fehérje és szénhidrát felvételt eredményezett. A tapasztalható takarmányvisszautasításról más kísérletekben is beszámoltak, amikor a hallisztet nagy arányban vagy teljes mértékben rovarliszttel helyettesítették a takarmányban (Adeoye et al., 2020).

3.4. Körforgásos gazdálkodás az akvakultúrában

A körforgásos gazdálkodás az emberi tevékenységek környezeti hatásainak csökkentésének egy módja, az erőforrások hatékonyabb felhasználásával, amely ezáltal kevesebb hulladékot és kibocsátást eredményez a lineáris gazdálkodással szemben (Hamam et al., 2021). Prieto-Sandoval és munkatársai szerint a definíciója: egy ökonómiai rendszer, amely paradigmaváltást jelent az emberi társadalom és a természet közötti kapcsolat módjában, célja az erőforrások kimerülésének megakadályozása, az energia- és anyagkörök bezárása, valamint a fenntartható fejlődés elősegítése a mikro- (vállalkozások és fogyasztók), mezo- (gazdasági szereplők) és makroszintű (városok, régiók, kormányok) megvalósítás révén.

A körforgásos gazdálkodás öt ökológiai alapelve:

- 1.) az ökoszisztémák védelme
- 2.) a nem létfontosságú termékek elkerülése és a létfontosságúak pazarlásának minimalizálása,
- 3.) a biomassa elsőbbséget élvez az alapvető emberi szükségletek kielégítésére (pl. élelmiszer a takarmány vagy energia előtt)
- 4.) az agrárökoszisztémák (az élelmiszertermelő rendszereket támogató ökoszisztémák) melléktermékeinek felhasználása és újrahasznosítása,
- 5.) és megújuló energia használata a teljes energiafelhasználás minimalizálásával együtt (Muscat et al., 2021).

Mivel a környezetvédelem és fenntarthatóság az Európai Unió akvakultúra alapját kell képezze, az ágazatnak egyszerre szükséges fokoznia a termelékenységét és a környezeti teljesítményét. Ehhez a körforgásos gazdálkodás biztosítja az utat, a jobb erőforrás-felhasználáson és kevesebb hulladéktermelésen keresztül (Regueiro et al., 2022). Az Európai zöld megállapodás egy 2019-ben, az Európai Bizottság által bemutatott koncepció, amely célja egy átfogó stratégia megalkotása a környezeti szempontból fenntartható gazdasági növekedés elérésére Európában. Az Európai Bizottság továbbá megalkotta a körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési tervet, amely egy újszerű terv a körforgásos gazdaság fejlesztésére az akvakultúra és egyéb intenzív áruforgalmú ágazatok esetében (Európai Bizottság, 2019).

3.5. Békalencseformák (*Lemnaceae*)

3.5.1. Általános jellemzése

A Békalencseformák (*Lemnaceae*) alcsaládba tartozó fajok a vízfelszínen vagy közvetlenül a vízfelszín alatt megtalálható, egyszerű, szabadon úszó növények. A legtöbbjük kicsi, legfeljebb 5 mm nagyságú. A növények elsősorban ivartalanul szaporodnak, a kifejlett növényből két leánynövény bimbózik ki. Ez a növekedési forma lehetővé teszi az új vizek nagyon gyors benépesítését. Azonban a békalencsék virágos növények, és szinte mindegyikükről ismert, hogy ivaroson is szaporodik, optimális körülmények között virágzik és magot termel (Daubs, 1962). Jellemzően viszonylag kis és sekély víztestekben élnek és a trópusoktól egészen az északi régiókig megtalálhatók (Landolt, 1986). A növény egész felületét egy átlátszó viaszos hám veszi körül és erősíti meg a hámréteget a mechanikai sérülésekkel és a napsugárzással szemben (Borisjuk et al., 2018). A zárvatermők között a legnagyobb növekedési eréllyel rendelkeznek (Sree et al., 2015). Egy 10 napos időszak alatt egy növény akár 10 generációnyi leánynövényt is képes létrehozni, mielőtt elpusztulna (Journey et al., 1991). A békalencsék nagyon gyors

növekedésűek, a biomasszájuk megduplázására is képesek 1-3 nap alatt (Ziegler et al., 2015). Növekedésükhöz optimálisan 17,5-30 °C, megfelelő mennyiségű napfény, valamint elegendő mennyiségű nitrogén, foszfor és kálium szükséges (Hasan & Chakrabarti, 2009). A békalencsék a vízi táplálékláncok sarokkövei, mivel számos élőlény számára alapvető táplálékforrást jelentenek. Kisebb tavakban és lassú vízfolyásokban gyakran hoznak létre sűrű úszó szőnyeget a víz felszínén (Landolt, 1986). A békalencse szőnyeg kialakulása azonban együtt jár az elsődleges termelők diverzitásának csökkenésével, mert árnyékoló hatásával számos fitoplankton és lebegő makrofita faj túlélését megnehezíti (Scheffer et al., 2003). Ezen felül a vízfelszín alatt kialakult oxigénhiányos állapot a makrofauna pusztulását is eredményezheti (Janse és Van Puijenbroek, 1998). Egy tanulmány 6 különböző békalencse faj (*Spirodela polyrhiza*, *Landoltia punctata*, *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Wolffiella hyalina*, *Wolffia microscopica*) beltartalmi értékeit hasonlította össze, amelyek mind az 5 békalencse nemzetséget képviselték (*Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*). A hat vizsgált faj szárazanyagtartalma 4-8% közé esett. A legalacsonyabb szárazanyagra vetített fehérjetartalommal az *L. punctata* rendelkezett, kb. 20%-kal. A legmagasabbal pedig a *W. hyalina* kb. 35%-kal. A zsírtartalom 4% és 7% között volt. A keményítőtartalom esetében a legkisebb értéket a *L. minor* mutatta kb 4%-kal, míg a legnagyobbat a *L. punctata* közel 10%-kal (Appenroth et al., 2017).

3.5.2. Felhasználása

A békalencsék ígéretes fehérjeforrások az emberi ételmezésben, magas fehérjetartalmuk és környezetbarát termelhetőségük révén. A békalencsét Délkelet-Ázsia egyes részein, többek között Laoszban, Thaiföldön és Mianmarban „Khai-Nam” nevű zöldségként fogyasztják (Bhanthumnavin & McGarry, 1971). Habár értékes lehetőséget kínál, a nyugati országokban emberi fogyasztása nem terjedt el (Appenroth et al., 2017). Az emberi ételmezésen túl az állati takarmányozásba is beépíthető. Egy kísérletben polikultúrában vizsgálták a békalencse beillesztésének hatását a halnevelésben. Két földmedrű tóban folyt a kísérlet, amelyek 40m² területűek voltak. Az egyik csoport a benne lévő haltömeg 50%-ával megegyező friss békalencsét kapott, a másik tó kontrollként szolgált, békalencse kiegészítés nélkül. A 90 napos kísérlet végén a békalencsével kiegészített csoport termelése szignifikánsabb nagyobb volt, mint a kontroll csoporté. Ez azt bizonyítja, hogy a békalencse halak takarmányozására való felhasználása polikultúrában gazdaságilag fenntartható (Okwuosa et al., 2021). A takarmányozáson és ételmezésen felül, azt kihasználva, hogy a makrofita növények a tápanyagokat felhalmozva bioszűrőként viselkednek, az elfolyóvíz szűrésében is

hasznosíthatók. Az elfolyóvíz kezelése során nagyon hatékornak bizonyultak a tápanyagok, oldható sók, szerves anyagok, és nehézfémek eltávolításában, valamint a lebegő szilárd anyagok szűrésében is (El-Kheir et al., 2007).

4. Anyagok és módszerek

4.1. Fekete katonalégy lárva nevelés

4.1.1. A rovarnevelő rendszer felépítése

A kísérletünk első lépését a rovarnevelésre alkalmas rendszer megépítése jelentette, amely egy klimatizált konténerben került létrehozásra. Két darab 2 méter magas 15 cm széles szendvicspanelt rögzítettünk a konténer oldalához egymástól 1 m távolságra, egyet pedig ezek tetejére, amelyek célja a megfelelő hőszigetelés volt, az illesztéseket és esetleges hézagokat szüntelen szilikon ragasztó segítségével töltöttük ki. Az ajtó egy üregkamrás polikarbonát lemez volt, a szendvicspanelekhez rögzítve, amit a kísérlet ideje alatt a megfelelő szellőzés érdekében nyitottunk, illetve zártunk. A konténer falát kifúrva egy Muro 100 PLUS elszívó ventilátort helyeztünk fel a rekeszek felé, amelyet beállítottunk, hogy 60%-os páratartalomnál kapcsoljon be, így segítve a rendszer szellőzését. A megfelelő szellőzést egy rekeszek között függőlegesen elhelyezett cső segítette, amelyet két oldalt 13cm-ként kifúrtunk, a lyukak a rekeszek felé néztek. A kifúrt lyukakhoz megfelelő hosszúságú levegőztetőcsöveket csatlakoztattunk, hogy beérjen a nevelő szubsztrát fölé. A csövekbe a levegőt egy Resun LP-60 légpumpa juttatta be, amely teljesítménye 70liter/perc. Azonban előfordult, hogy a lárvák által termelt anyagcserehő és megnövekedett páratartalom optimális értékekre történő beállítására ezek nem voltak elegendőek, ekkor a kívánt szellőztetést egy Somogyi Elektronik Home TWFR 74 ventilátor működtetésével biztosítottuk. A rovarnevelő rendszerben egyszerre egymás mellett 2 db rekesz fért el, a többi rekeszt ezek tetejére helyeztük (5. ábra).



5. ábra Rovarnevelő rendszer (fotó: Kathi László)

4.1.2. Rovarnevelő szubsztrátok

Békalencse szikkasztás

A kísérletemhez szükséges békalencsét a Czikkhalas Kft. biztosította. Mivel a békalencse nedvességtartalma akár 96% is lehet, ezért szikkasztásra volt szükség. A nedves tömeg 1/3-ára szikkasztva értük el a kitűzött szárazanyag százalékot. A folyamat során 160kg lecsepegtetett békalencsét 5kg-os adagokban, nagyjából 1m²-es területen elterítve raktuk ki száradni egy nagyméretű takarófoliára (6. ábra). A szikkasztás során a napi maximum hőmérséklet 25 és 52°C közt változott, 20-50%-os páratartalom mellett. A békalencse a nedves tömeg 1/3-át (1650g) 72 óra leforgása alatt érte el. A megfelelő nedvességtartalomra leszáradt adagokat lemérés után egy AENO VS2 Vákuumcsomagoló segítségével légmentesen lezártuk, majd fagyasztva tároltuk -20 °C-on a rovarnevelés megkezdéséig.



6. ábra A békalencse (*Lemna sp.*) szikkasztás közben (fotó: Kathi László)

Békalencsés kísérleti szubsztrát

A békalencsés nevelő közeg összeállítása békalencséből és takarmánykukoricából történt. Az összeállítás során figyelembe vettük a szubsztrát fehérje:szénhidrát arányát, illetve nedvességtartalmát. A kísérletre a békalencsés nevelő közeg nedvességtartalmát 70%-ra állítottuk be. Az elérni kívánt fehérje-szénhidrát arány pedig 1:3-1:4 volt. A békalencsét a szikkasztást és fagyasztást követően a szubsztrát elkészítése előtt ledaráltuk egy 1400 W teljesítményű Tefal elektromos húsdaráló segítségével. A szubsztrát összetétele a következő volt: 1,809 kg darált kukorica, 9,045 kg darált békalencse és 1,146 l víz. A vizet a kukoricához adtuk hozzá, majd miután a hozzáadott nedvességet felvette, összekevertük a békalencsével.

Kontroll szubsztrát

A kontroll nevelő közegben szubsztrátként egy, a Vitafort cég által forgalmazott teljes értékű morzsázott tojótápot alkalmaztunk, melynek beltartalmi értékei a következők: Nyersfehérje min.: 16,90 %; Nyers rost max.: 5,8 %; Nyerszsír min.: 3,10 %; Nedvesség max.: 11,6 %. Egy kísérleti rekeszre az 5 napos nevelési időszak alatt 7,5 kg nevelőközeg került két adagban. Egy adag 3,75 kg volt, amely 1,5 kg tojótápot és 2,25 L hozzáadott vizet jelentett. Amely így, a hozzáadott 60% vízzel, a tojótáp saját nedvességtartalmából adódóan egy kb. 70% nedvességtartalmú közeget eredményezett.

4.1.3. Első rovarnevelési kísérlet

A kísérlet során a fekete katonalégység lárvát kétféle nevelő közegen vizsgáltuk. Ez állt egy kontroll (TT) és egy békalencsés (BL) csoportból. A nevelés M10-es (60 x 40 x 15 cm) műanyag ládákban folyt. A rovarnevelő rendszerben a kísérlet során a két csoport 5-5 ismétlésben vizsgáltuk, random elrendezéssel. Az 5 napos nevelési időszak alatt a hőmérséklet és páratartalom adatok 4 db kijelölt rekeszben (5. ábrán a rekeszeken 1-4-ig tartó számozással jelölve a mérési pontok) minden 4 órában feljegyzésre kerültek, és az optimális 26-30 °C és 60-80%-os páratartalom elérése érdekében a szellőztetést vagy a helyiség fűtését-hűtését, a megfelelő környezeti paraméterek fenntartása érdekében változtattuk. A kísérleti rekeszek alá egy 30cm magas lefordított fehér láda került, hogy ne a földön helyezkedjen el az alsó két csoport, illetve a 2 legfelső rekeszre is került két üres rekesz, a kísérleti nevelő egységek homogenitásának megőrzése érdekében. A kísérlet során minden csoport 2 adagban kapta meg a nevelő közegét. A BL csoportba tartozó rekeszbe első adagként 6 kg szubsztrátot helyeztünk. A kontroll csoport rekeszeibe pedig 3,75 kg nevelőközeg került. A kísérlet során a BL és TT szubsztrátok fehérjetartalom alapján lettek egységesítve (tehát minden láda ugyanannyi fehérje tartalmú szubsztrátot kapott a nevelés teljes időtartama alatt). A nevelés kezdetekor 20.000 db 4 napos fekete katonalégység lárvát helyeztünk a szubsztrátra. A nevelés 3. napján mikor a kontroll szubsztrát nedvességtartalma kritikusan lecsökkent hozzáadtuk a közegek másik felét is (BL: 6 kg K: 3,75 kg). A rovarok betakarítása a kísérlet beállítása utáni 6. napon történt.

4.1.4. Második rovarnevelési kísérlet

A második kísérleti beállítás célja a neveléstechnológia, ezen belül is a felhasznált szubsztrát finomhangolása volt. Az első nevelés tapasztalataira alapozva elvégeztünk egy második nevelési kísérletet is, mely során az ideális szubsztrát állagot próbáltuk beállítani. A kísérlet során a békalencsét kisebb méretűre daráltuk és csak a kiindulási nedves tömeg 50%-ára szárítottuk. A szubsztrát nedvességtartalmát 80%-ra állítottuk be. A kontroll csoport nevelőközegéhez ezúttal 0,5 kg búzakupát adtunk az 1 kg Vitafort tojótáphoz, ezzel növelve a vízmegtartó képességét. Ezzel a hozzáadott vizet is megnöveltük és összesen 3,5 L víz került a nevelő közegbe, aminek így összesen 5 kg volt egy adagja, és az első kísérlethez hasonlóan 2 adag szubsztrátot fogyasztottak el a nevelés ideje alatt. A kísérlet során 1-1 rekeszbe helyeztünk 20-20.000 lárvát. A lárvák tömegét (csoportonként 10-10 egyed) a kísérlet kezdetétől minden nap 13:00-kor mértük meg.

4.1.5. Kísérletek zárása

A nevelési idő végeztével mind a két kísérlet során hasonlóan jártunk el. A lárvákról eltávolítottuk a nevelőközeget, majd 3 mm-es lukátmérőjű sziták segítségével tisztára mostuk őket (7. ábra). A mérések előtt a lárvákról a nedvességet lecsöpögtettük, majd a feldolgozásig - 20 °C-on fagyaszttva tároltuk azokat.



7. ábra Rovarnevelő közeg eltávolítása a lárvákról szita segítségével (fotó: Kathi László)

4.1.6. Mérés

Az rovarnevelés végeztével minden ládából véletlenszerűen kiemeltünk 10-10 egyedet, és megmértük a testtömegüket. A mérés egy BOECO BAS 32 plus típusú analitikai mérlegen történt, amelyen milligramm pontossággal megmértük az egyedeket. A biomassa és a rovarok tömegének összehasonlítására két mintás t-próbát végeztünk, 95 %-os szignifikancia szint mellett.

4.1.7. Analitikai vizsgálatok

Az analitikai vizsgálatokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Agrártudományi laboratóriuma végezte

A kísérletek során vizsgáltuk a BL és TT csoportban előállított rovar, a BL és TT csoportban előállított zsírtalanított liszt, és a BL csoport szubsztrátjának szárazanyag-, nyersfehérje- és nyerszsír tartalmát. Vizsgáltuk továbbá a BL és TT csoportban előállított, a zsírtalanítás során keletkező zsír szárazanyag tartalmát, nyerszsír tartalmát és zsírsav összetételét (1. táblázat).

1. táblázat Az elvégzett analitikai mérések vizsgált paramétereit és a vizsgálati módszerek

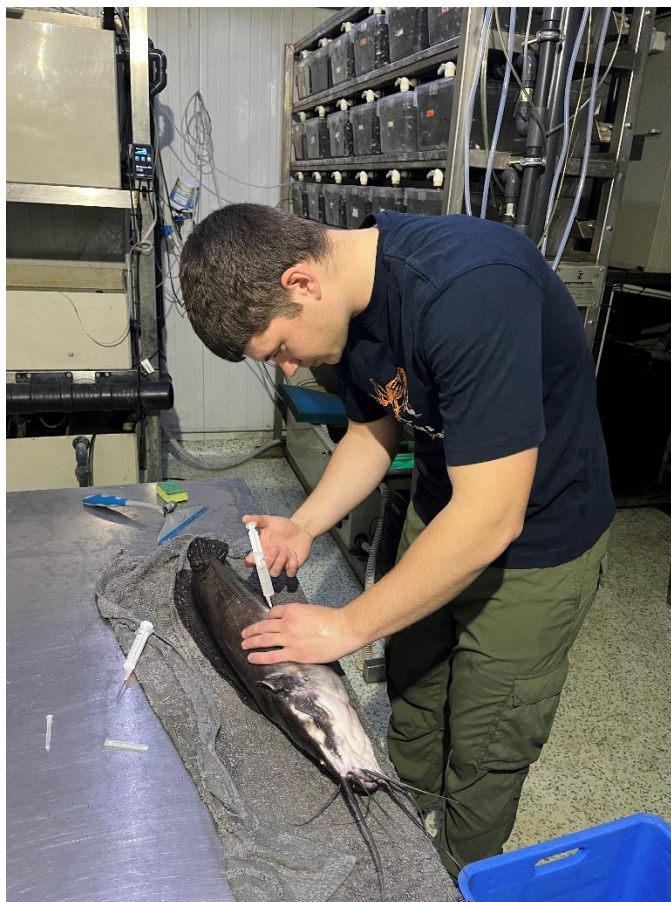
Vizsgált paraméter	Vizsgálati módszer
Nedvesség tartalom	MSZ ISO 6496:2001
Zsírsav-összetétel	MSZ EN ISO 12966-2:2011
Nyersfehérje tartalom	MSZ EN ISO 5983-2:2009
Nyerszsír tartalom	152/2009/EK III/H
Aminosav összetétel	MSZ EN ISO 13903:2005
Nyerszsír tartalom	MSZ 6830-19:1979

4.2 Afrikai harcsa takarmányozási kísérlet

4.2.1. Szaporítás

A kísérletünkhöz a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet biztosította a teret és az anyaállományt. Az anyahalakat 24 °C-on tartottuk, kontrollált körülmények mellett. A napi takarmányadaguk a testtömegük 0,5%-a volt. Az oltás előtt a halakat 2-fenoxietanol vizes oldatában (4 ml/l) bódítottuk. Az indukált szaporításhoz használt készítmény az Ovopel AUV volt. A tejes és az ikrás egyedek is 1 Ovopel golyót kaptak testtömegkilogrammonként. Az Ovopel pelletet mozsár segítségével elporítottuk és 1 golyó/ 1 milliliter vízben feloldottuk, ezután 20 milliliteres fecskendő segítségével juttattuk be a halaknak (8. ábra). 3 ikrást és 2 tejest oltottunk. Az oltást egy adagban kapták meg, a szaporítás előtt 12 órával. A beoltott halakat elkülönítve, tartóhálóra helyeztük a szaporítás megkezdéséig. A szaporítás előtt az ikrás halakat ismételt, az előző napon használt eljárással, 2-fenoxietanollal (4 ml/l) bódítottuk, a tejeseket túlaltattuk. A fejésre készen álló ikrásokat kiemeltük a vízből, ivarnyílásukat és annak környezetét papírtörülkövel szárazra töröltük, hogy az ikrák korai, nem kívánatos aktivációját elkerüljük. A 3 beoltott ikrásból egytől sikerült 598 gramm ikrát fejni. A túlaltatott tejesekből kioperált herék felszínéről óvatosan felitattuk a nedvességet, a heréket bevagdostuk és a spermát az ikratételre csöpögtettük. Az ikrát és a spermát alaposan összekevertük, majd rendszervízzel megtermékenyítettük. Az ikrák duzzasztása Woynárovich-oldattal történt (10l vízhez 40g konyhasó és 30g karbamid). Az egy órát felölelő duzzasztást követően az ikratételt egy 9L-es Zuger-üvegbe helyeztük el, ahol 24±0,5 °C-on és 7±0,5 mg/l oldott oxigéntartalom mellett történt az inkubáció. A 34 órás inkubációt követően elkezdődött a kelés, az ikrát keltető tálakba szívtuk le a Zuger-üvegből, és

a kelés során folyamatosan távolítottuk el a keletkező ikrahéjat. A lekelt lárvát áthelyeztük egy ivadéknevelő medencébe.



8. ábra Afrikai harcsa oltása (fotó: Bartucz Tamás)

4.2.2. Ivadéknevelés

A kelést követő harmadik napra a lárvá szikzacskója felszívódott és táplálkozni kezdett, ezt követően 8 napig élő sórákkal (*Artemia salina* L.) etettük a lárvát. A nevelés $24 \pm 0,5$ °C-on és $7 \pm 0,5$ mg/l oldott oxigéntartalom mellett történt.

4.2.3. Kísérleti beállítás

A 9. napon 10 literes medencékbe helyeztük az állományt, 30 hal/10 literes egyedsűrűség mellett, ami medencénként 300-300 db halat jelentett. A medencék az Intézet L4-es haltartó laboratóriumában helyezkedtek el, egy recirkulációs rendszer részét képezték. A rendszerben állandó, 25 ± 1 °C-os vízhőmérséklet volt, amit egy EHEIM Jäger 300 fűtőbetét biztosított. A kísérleti rendszer része volt egy mozgóágyas biológiai szűrő és egy szivacsszűrő. A kísérlet során az ammónium, nitrit és nitrát koncentrációk nem voltak magasak, nem veszélyeztették a

nevelés sikerességét (ammónium<0,3 mg/l; nitrit <0,1 mg/l; nitrát<10 mg/l). A kísérlet során az oldott oxigéntartalom 6 ± 1 mg/l, a napi pótvíz mennyisége 20% volt.

A kísérletbe 12 medencét vontunk be, amelyben 3 kísérleti csoportot állítottunk be 4 ismétlésben. A medencék elrendezése random módon történt.

Az alábbi csoportokat alakítottuk ki:

Kontroll (K): Aller Infa ivadéknevelő táp 0,4mm-es méretben (Nyers fehérje: 64%, Nyers zsír: 10%, Nyers hamu: 12,1 %)

Békalencsés 33 (BL33): A rovarnevelés alatt a békalencsés (BL) nevelő közeget fogyasztó fekete katonalégység lárvából készült zsírtalanított rovarliszttel helyettesítettük az ivadéknevelő takarmány 33%-át

Tojótápos 33 (TT33): A rovarnevelés alatt a tojótápot (TT) tartalmazó nevelő közeget fogyasztó fekete katonalégység lárvából készült zsírtalanított rovarliszttel helyettesítettük az ivadéknevelő takarmány 33%-át

Az etetési kísérlet 28 napig tartott, a halakat végig *ad libitum* (étvágy szerint) takarmányoztuk napi három alkalommal. A kísérlet zárásakor megszámoltuk az életben maradt halakat (megmaradás), a kapott eredményeket Kruskal-Wallis teszttel értékeltük.

A kísérletünkhöz a fekete katonalégység lárváinak feldolgozását az Agrloop Hungary Kft. segítségével végeztük el. A feldolgozás után kapott zsírtalanított pelyhet egy Sencor SCG 2050RD elektromos kávédaráló segítségével ledaráltuk, majd ezt követően 0,35-0,5 mm-es sziták segítségével az ivadéknevelő takarmánnyal megegyező méretűre szitáltuk (9. ábra).



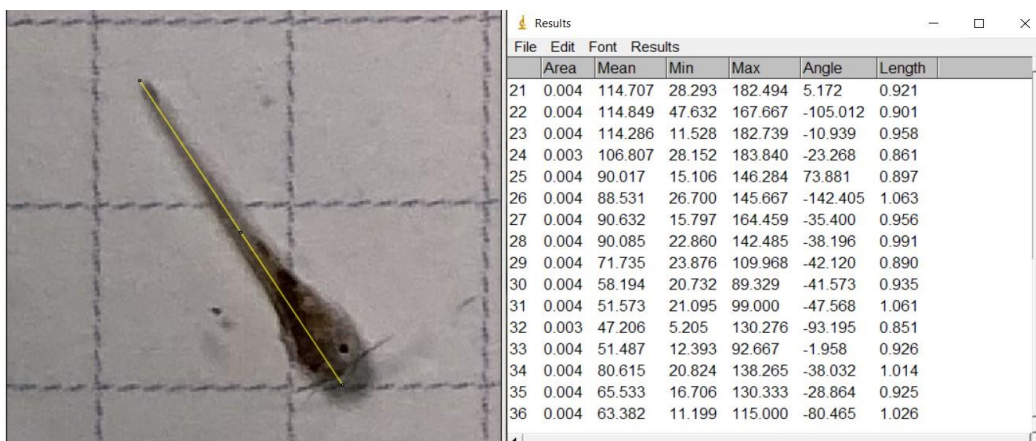
9. ábra A fekete katonalégy lárvából készült pehely (baloldali kép) és a kimért, ledarált takarmányösszetevők (jobboldali kép) (fotó: Kathi László)

4.2.4. Mérés

A kísérlet zárásakor véletlenszerűen kiemeltünk 20-20 egyedet medencénként. Az állatokat egy Petri-csészében 2-fenoxietanollal túlaltattunk, majd lemértük a testtömegüket és testhosszukat.

Testhossz mérés

A Petri csésze alá egy négyzetrácsos papírt helyeztünk, amely esetében a négyzetek oldalainak hossza 5 mm volt. A halakról felülről egy jó minőségű képet készítettünk, ahol minden egyed jól látható volt. Ezt követően a halak testhosszát az ImageJ szoftver (fejlesztő: Wayne Rasband, verzió: 1.54) használatával mértük meg. Amely a következőképpen működött: Az elkészült képet feltöltöttük a számítógépes alkalmazásba, majd az alkalmazás rajzeszközével megmértük, hogy az általunk lefotózott papír 5 mm-es beosztásai hány pixelnek felelnek meg. A megmért pixelszámot beállítva skálának, pedig le tudtuk mérni a halak testhosszát (10. ábra). A testhosszak értékelésére egyszempontos varianciaanalízist alkalmaztunk 95%-os szignifikancia szint mellett.



10. ábra Afrikai harcsa testhossz mérés az ImageJ szoftver használatával (fotó: Kathi László)

Testtömeg mérés

A túlaltatott halakat a testhossz méréshez szükséges fotózás után egy BOECO BAS 32 plus típusú analitikai mérlegen milligramm pontossággal megmértük. A halak mérése egy egyedileg megszámozott alufólia lapon történt (11. ábra), amelybe a mérést követően csomagoltuk a halakat, hogy a későbbiekben a száraz testtömeg mérésnél visszamérhetőek legyenek. A Petri-csészéből kiemelt halakat papírtörülkövel szárazra töröltük, majd a mérleg lapjára helyezett megszámozott és lemért alufóliára helyeztük. A fólia tömegét, illetve a hal és fólia együttes tömegét is feljegyeztük. A mérést követően a halakat 24 órán keresztül szárítottuk 60 °C-on szárítószekrényben az OECD protokoll szerint (OECD, 2013). A halakat ismételtén megmértük az alufóliával együtt, a mért adatokból pedig kiszámolható az egyedek nedves és légszáraz tömege. A testtömegek összevetésére egyszempontos varianciaanalízist alkalmaztunk 95%-os szignifikancia szint mellett.



11. ábra Afrikai harcsa testtömeg mérése (fotó: Kathi László)

4.3. Statisztikai értékelés

A rovarnevelés során a keletkező biomassa értékeit, a rovarok testtömegét az első és a második rovarnevelési kísérlet során, kapott eredményeket kétmintás T-próbával hasonlítottuk össze. A haltakarmányozási kísérlet során a nedve- és légszáraz testtömeget, valamint a halak átlagos testhosszát egyszempontos varianciaanalízissel, míg a megmaradás és a biomassa eredményeket nem paraméteres próbával, Kruskal-Wallis teszttel hasonlítottuk össze az alacsony elemszám miatt. Az eltéréseket minden esetben 95%-os szignifikancia szint mellett vizsgáltuk. A statisztikai elemzéshez Graphpad Prism 4.0 szoftver használtunk.

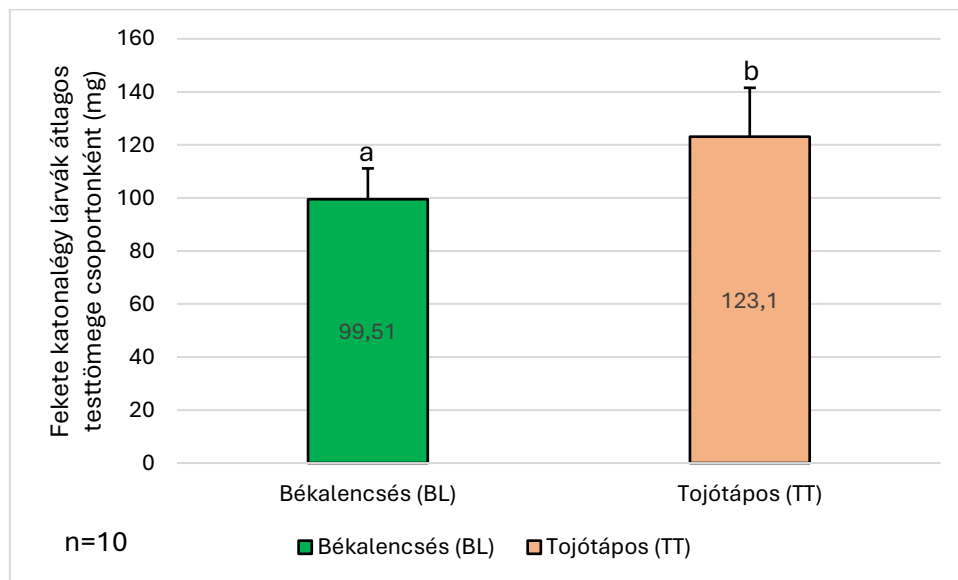
5. Eredmények és értékelésük

5.1. Fekete katonalégység lárvák nevelés eredményei

5.1.1. Első lárvanevelési kísérlet eredményei

A nevelő szubsztrátra helyezés előtt a fekete katonalégység lárvák állományából kiemeltünk 10 db egyedet és megmértük a testtömegüket. A lárvák átlagos testtömege a kihelyezéskor $10,4 \pm 2,8$ mg volt, ami azt jelenti, hogy a kihelyezéskor a lárvák biotömege rekeszenként ~ 200 g volt.

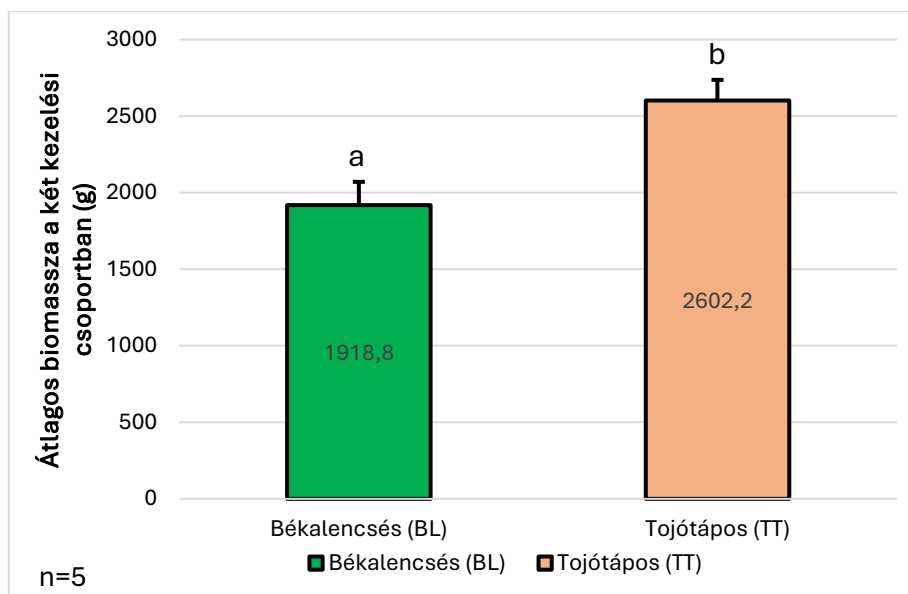
A kísérlet végeztével ládánként megmértük 10-10 fekete katonalégység lárvák átlagos testtömegét, mely a 'BL' csoport esetében $99,51 \pm 11,63$ mg, míg a 'TT' csoport átlagos testtömege $123,1 \pm 18,44$ mg volt. A két csoportban a lárvák átlagos testtömege között statisztikailag igazolható különbség volt ($P=0,0031$) (12. ábra). Az eredményeinket Eggink et al. kísérleteivel összehasonlítva elmondhatjuk, hogy az általunk a 'BL' csoportban 5 nap alatt elért testtömeg meghaladja garnéla hulladékon, a kagylót tartalmazó szubsztráton és a sörtörkölyön nevelt lárvák testtömegét. A nevel során hasonló növekedést értünk el, mint az említett kísérletben a repcepogácsa felhasználásával.



12. ábra Fekete katonalégység lárvák átlagos testtömege csoportonként (n=10)

A 'TT' csoport átlagos biotömege ládánként $2602 \pm 134,9$ g, míg a 'BL' csoporté $1919 \pm 152,1$ g. A két csoport között szignifikáns eltérés volt kimutatható, a TT csoport szignifikánsan nagyobb volt ($P<0.0001$) (13. ábra). A kísérletünkben felhasznált BL csoportban 1 kg nedves

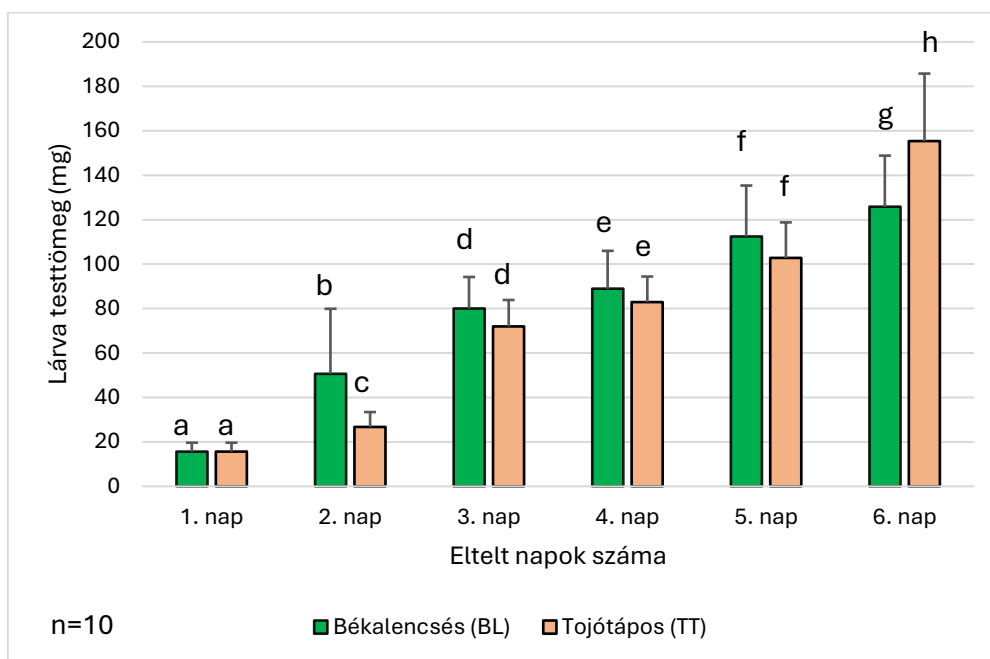
szubsztráton átlagosan 159 g lárvát állítottunk elő. Ez azt jelenti, hogy a biomassa átalakítási hatékonyság 15,9% volt, ami megegyezik az irodalmi adatokban fellelhető termelési adatokkal (Lopes et al., 2023).



13. ábra A két kezelési csoport átlagos biomasszája (n=5)

5.1.2. Második lárvanevelési kísérlet eredményei

A második nevelési kísérlet során az első eltelt nap után a 'BL' csoport átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb volt ('TT': $26,76 \pm 6,673$ mg; 'BL': $50,65 \pm 29,27$ mg) ($P=0,0329$). Az ezt követő 3 nevelési napon a csoportok közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség ((2. nap: 'TT': $71,99 \pm 11,88$ mg; 'BL': $80,06 \pm 14,18$ mg; $P=0,1846$) (3. nap: 'TT': $82,94 \pm 11,48$ mg; 'BL': $88,9 \pm 17,09$ mg; $P=0,3721$) (4. nap: 'TT': $102,8 \pm 16,04$ mg; 'BL': $112,5 \pm 22,88$ mg; $P=0,2849$)). Az 5. napra a 'TT' csoportban lévő lárvák átlagos testtömege ($155,3 \pm 30,42$ mg) szignifikánsan nagyobb volt, mint a 'BL' csoportban ($125,8 \pm 23,05$ mg) ($P=0,0249$) (14. ábra). A korábban részletesen ismertetett kutatással összevetve a kagyló mellékterméket tartalmazó szubsztráton 7 nap alatt $48,9 \pm 7,3$ mg-os nedves testtömegről, a garnéla mellékterméket, valamint a sörtörkölyt tartalmazó közeg esetében $36,0 \pm 4,1$ mg-os testtömeget érték el (Eggink et al., 2022). Az általunk mért átlagos nedves testtömeg az 5. napot követően a 'BL' csoportban $125,8 \pm 23$ mg volt, amely jócskán meghaladja Eggink et al. által, már felhasznált melléktermékek alkalmazásával elért eredményeket. Következtetésül levonható, hogy a békalencse beépíthető a fekete katonalégy lárvá nevelésbe. A nevelésben gyakran használt melléktermékekhez viszonyítva kedvező növekedés érhető el a felhasználásával.

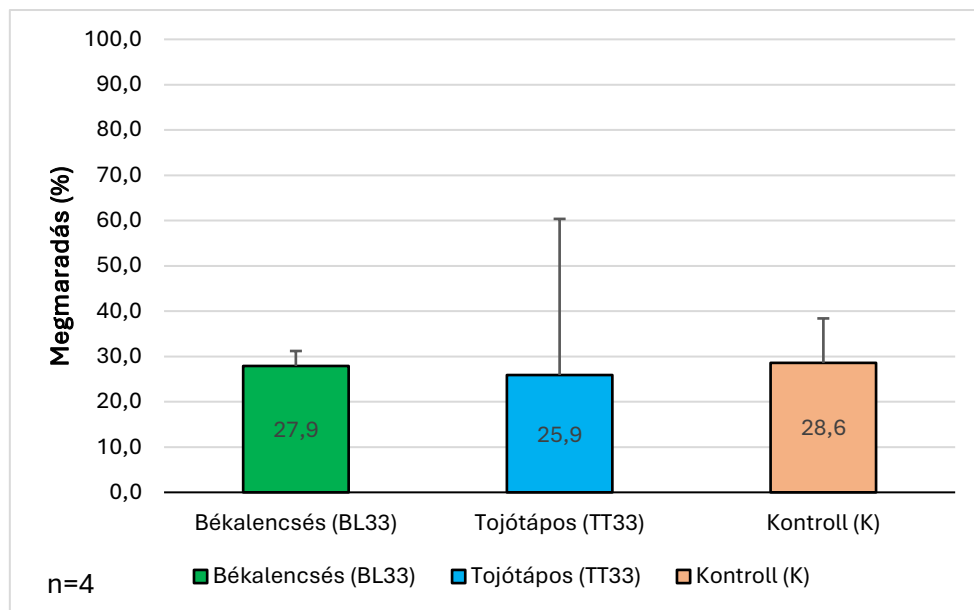


14. ábra A két kezelési csoport napi növekedése a második kísérlet során (n=10)

5.2. Afrikai harcsa takarmányozási kísérlet eredményei

5.2.1. Megmaradás eredményei

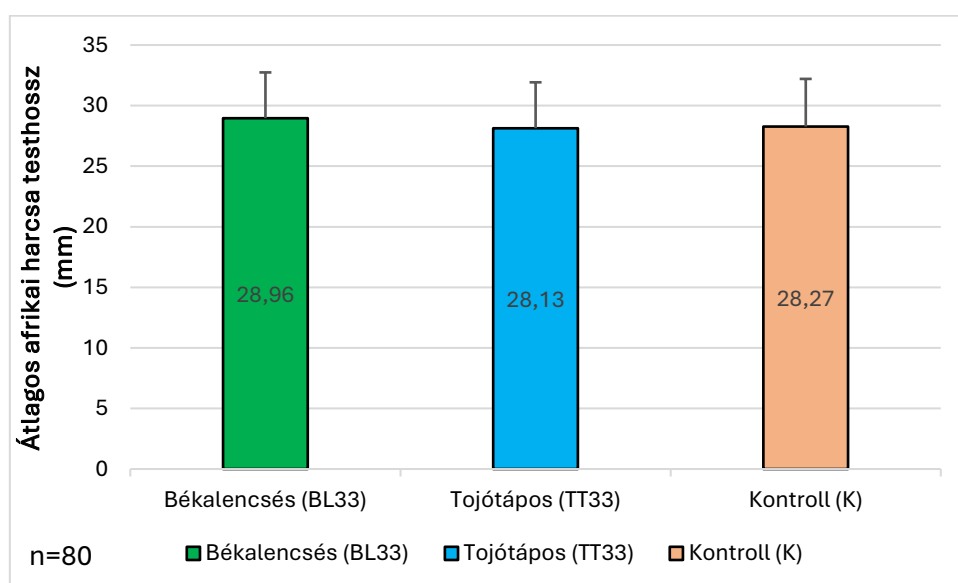
A harcsa ivadéknevelés során 'K' csoportban az átlagos megmaradás $27,9 \pm 3,3\%$, a 'BL33' csoportban $25,9 \pm 34,5\%$, a 'TT33' csoportban pedig $28,6 \pm 9,8\%$ volt. A három csoport megmaradásában nem volt szignifikáns eltérés ($P=0,3941$) (15. ábra). Egy kísérletben, ahol hasonló körülmények között vizsgálták a rovarfehérje beillesztését az afrikai harcsa takarmányozásába a kontroll csoport esetében $57,48 \pm 13,76\%$ volt, míg a rovarfehérjével 33%-ban kiegészített esetében $60,36 \pm 10,58\%$ volt a megmaradás. Elmondható, hogy ebben a kísérletben a csoportok sokkal jobban teljesítettek a megmaradás tekintetében, amely feltehetően a népesített ivadék minőségén múltott, ugyanis a kísérlet kontroll takarmánya megegyezett a fentebb részletezett tanulmányával (Bartucz et al., 2023).



15. ábra Az afrikai harcsa ivadékok megmaradása csoportonként (n=4)

5.2.2. Testhossz mérés eredményei

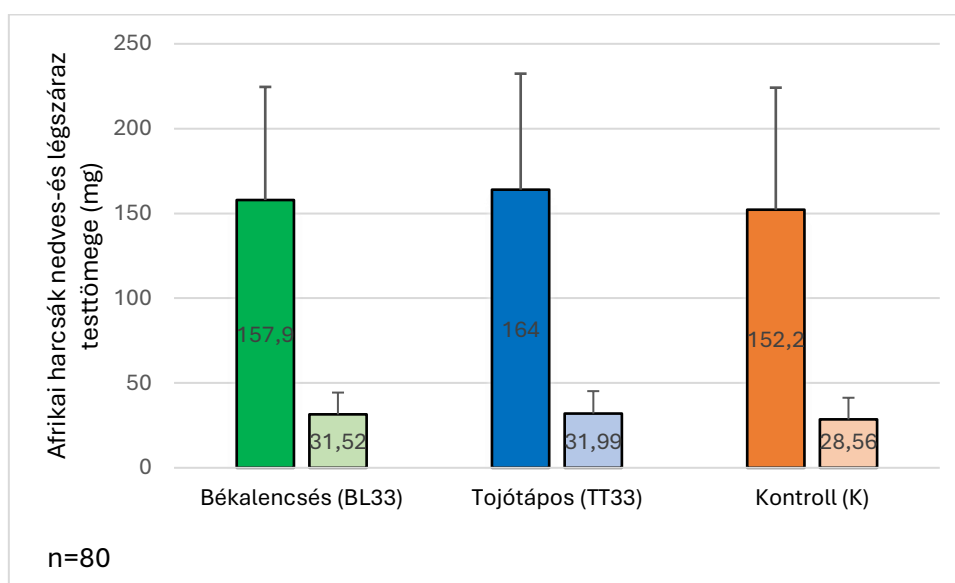
A kísérlet zárásakor a 'K' csoport átlagos testhossza $28,27 \pm 3,934$ mm volt, a 'BL33' csoporté $28,13 \pm 3,794$ mm, míg a 'TT33' csoporté $28,96 \pm 3,781$ mm. A csoportok között nem volt megfigyelhető szignifikáns eltérés ($P=0,3423$) (16. ábra). A fent említett Bartucz et al. által végzett kísérlet esetében az átlagos testhossz a kontroll csoportban $36,46 \pm 6,5$ mm, míg a 33%-os csoportban $36,72 \pm 5,8$ mm, (Bartucz et al., 2023). A két kísérlet eredményei ebben az esetben is jelentősen eltérnek. A gyengébb növekedés vélhetően a népesítőanyag minőségének tudható be.



16. ábra Átlagos afrikai harcsa testhossz csoportonként (n=80)

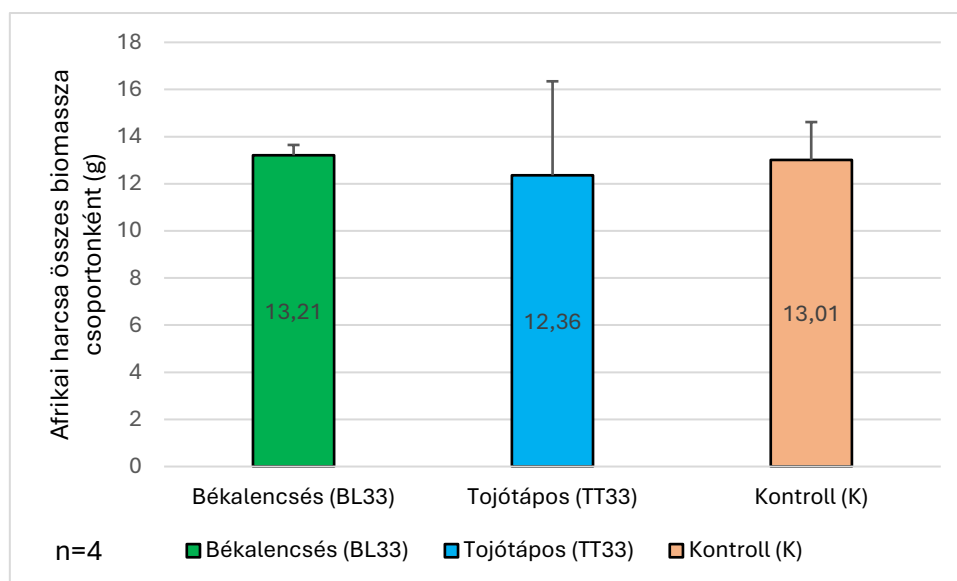
5.2.3. Testtömeg mérés eredményei

A kísérlet végeztével minden medencéből véletlenszerűen kiválasztott 20-20 hálnak megmértük a testtömegét. A 'K' csoport átlagos nedves testtömege $152,2 \pm 71,95$ mg, a 'BL33' csoporté $157,9 \pm 66,7$ mg, míg a 'TT33' csoporté $164 \pm 68,41$ mg volt. A csoportok közt nem volt statisztikailag igazolható különbség ($P=0,558$). A 'K' csoport átlagos légszáraz testtömege $31,99 \pm 13,21$ mg volt, a 'BL33' csoporté $31,52 \pm 12,84$ mg, a 'TT33' csoporté pedig $28,56 \pm 12,74$ mg. A korábbi eredményekhez hasonlóan a légszáraz testtömegek közt sem volt tapasztalható szignifikáns eltérés a csoportok közt ($P=0,1927$) (17. ábra). Bartucz et al. által végzett kísérletben a kontroll csoport eredményei $463,2 \pm 246,9$ mg volt nedves tömegre nézve és $71,2 \pm 36,4$ mg száraz tömegre, míg a 33%-os esetben $429,788 \pm 239$ mg nedves tömegre és $71,1 \pm 42,4$ mg száraz tömegre. Az elért testtömeg itt is alacsonyabb, mint a korábbi kísérlet esetében. Vélhetően ebben az esetben is a népesítőanyag minőségének tudható be, mivel a takarmányozás módja és a kontroll takarmány minősége is megegyezett a korábban bemutatott kísérlettel. A korábbiaknál kisebb elért testtömegek mellett is kijelenthető azonban, hogy az általunk 'TT' és 'BL' csoportban használt takarmányok alkalmazhatósága nem megkérdőjelezhető.



17. ábra Az afrikai harcsák nedves (sötétebb)-és légszáraz (halványabb) testtömegei csoportonként (n=80)

A csoportokra vetített összes biomassza a 'K' csoport esetében $13,01 \pm 1,607$ g, a 'BL33' csoportnál $13,21 \pm 0,4367$ g, a 'TT33' csoportnál pedig $12,36 \pm 3,987$ g volt. A három csoport eredményei között nem volt kimutatható szignifikáns eltérés ($P=0,3679$) (18. ábra).



18. ábra Az afrikai harcsák összes biomassa tömege csoportonként (n=4)

5.3. Analitikai vizsgálatok eredményei

5.3.1. Nedvesség tartalom, nyersfehérje tartalom, nyerszsír tartalom

2. táblázat A fekete katonalégy lárva és a zsírtalanított rovarliszt beltartalmi értékei

Vizsgált tétel	Nedvesség-tartalom %	Nyersfehérje tartalom %	Nyerszsír tartalom %
TT lárva	72,5	12,1	7,8
BL lárva	72,8	10,6	8,8
TT lárva liszt	4,3	50,5	11,1
BL lárva liszt	4,2	49,9	8,9

A 'TT' lárva szárazanyagra vetített zsírtartalma 28,4% míg a 'BL' csoporté 32,4%. Az irodalmi adatok alapján a szárazanyagra vetített zsírmennyiség jellemzően 11% és 57% közt változik a szubsztrát függvényében. Az általunk mért zsírtartalom közepesnek mondható a fekete katonalégy lárva esetében (Ewald et al., 2020). A 'BL' szubsztráton nevelt lárva beltartalmi értékeiben (Nyers fehérje: 10,6; Nyerszsír: 8,8) nem mutatkozott nagy különbség a 'TT' szubsztráton nevelt lárvákhoz képest (Nyers fehérje:12,1; Nyerszsír: 7,8) (2. táblázat). A lárvákból készült zsírtalanított rovarliszt esetében a szárazanyagra vetített fehérjetartalom 52,77% volt a 'TT' csoport esetében és 52,09% a 'BL' csoport esetében. A 'BL' csoportban elért

nyersfehérje tartalom a garnéla mellékterméken előállított lisztet leszámítva mind a 6 korábban vizsgált mellékterméken nevelt rovarlisztnél magasabb volt (Eggink et al., 2022).

5.3.2. Zsírsav összetétel

3. táblázat A békalencsés kísérleti szubsztrát és a zsírtalanítás során kinyert rovarlárva zsírok zsírsavösszetételei

	BL szubsztrát	TT lárva zsír	BL lárva zsír
Zsírsav csoportok	Zsírsav metilészter %		
SFA	41,61	55,22	54,60
MUFA	20,54	9,88	12,50
PUFA	37,86	34,90	32,90
PUFA ω-6	35,16	34,39	32,64
PUFA ω-3	2,69	0,51	0,26

SFA – (Saturated Fatty Acids) telített zsírsavak

MUFA – (Monounsaturated Fatty Acids) egyszeresen telítetlen zsírsavak

PUFA – (Polyunsaturated Fatty Acids) többszörösen telítetlen zsírsavak

A vizsgált zsírsav csoportokban nem volt jelentős különbség, azonban mind a 'TT' mind a 'BL' csoportok esetében elmondható, hogy a telítetlen zsírsavak aránya magas, ami kedvező és kívánatos a haltakarmányozásban (3. táblázat). A telített zsírsavak aránya a 'BL' csoport esetében 54,6%. Ez a korábban Ewald et al. által végzett kísérlettel összevetve egy közepesen magas arány. kísérletükben a telített zsírsavak aránya 37% és 73% közt változik a nevelőközeg függvényében. Ugyan ehhez a kísérlethez viszonyítva az általunk mért 32,9%-os többszörösen telítetlen zsírsav arány kiemelkedően magas, Ewald et al. csak csirketápon ért el ilyen magas arányt. Valamennyi kísérleti szubsztrátban a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya alacsonyabb volt (Ewald et al., 2020).

6. Összefoglalás

A népesség növekedésével népelelmezési problémákba ütközünk, melyek kiküszöbölésére a körforgásos gazdaság adhat megoldást (de Boer & Ittersum, 2018). Az akvakultúrák termelésben erre kínálhat lehetőséget a fekete katonalégylárva nevelés integrálása. Kísérleteink során egy akvakultúrában keletkező mellékterméket, a békalencsét használtuk fel nevelő közegként, egy hosszútávon is fenntartható fehérjeforrás, a fekete katonalégylárva előállításában. A nevelés és feldolgozás után keletkező magas tápanyagtartalmú rovarlisztet építettük be az afrikai harcsa ivadék takarmányozásába.

Kutatásunkat a fekete katonalégylárva neveléssel kezdtük, az első kísérlet során az átlagos biomassa a kontroll csoportban, ahol szubsztrátként tojótápot használtunk (TT) $2602 \pm 134,9$ g, míg azon csoportokban, ahol a szubsztrát békalencse és kukorica keveréke volt (BL) $1919 \pm 152,1$ g volt ládánként. A második nevelési kísérlet során megpróbáltuk a kísérleti szubsztrátot a lárvák számára megfelelőbb állagúvá tenni. Az első eltelt nap után a 'BL' csoport átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb volt ($P=0,0329$). Az ezt követő 4 nevelési napon a csoportok közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség (2. nap: $P=0,1846$; 3. nap: $P=0,3721$; 4. nap: $P=0,2849$). Az 5. napra a 'TT' csoportban lévő lárvák átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb volt, mint a 'BL' csoportban ($P=0,0249$). Ezen adatok alapján elmondható, hogy az általunk felhasznált szubsztrát számos, az irodalmi adatokban fellelhető, felhasznált mellékterméknél kedvezőbb növekedést eredményezett (Eggink et al., 2022). Ezáltal megállapíthatjuk, hogy a békalencse alkalmas a fekete katonalégylárva nevelésére, azonban a technológia további kidolgozást igényel.

Az afrikai harcsa ivadék takarmányozási kísérletet tekintve a medencénként kihelyezett 300-300 hal megmaradásában (K: $27,9 \pm 3,3\%$; BL33: $25,9 \pm 34,5\%$; TT33: $28,6 \pm 9,8\%$) nem volt sztatistikailag kimutatható különbség. A kísérlet végeztével a 28. napon megmértük a halak átlagos nedves testtömegét (K: $152,2 \pm 71,95$ mg; BL33: $157,9 \pm 66,7$ mg; TT33: $164 \pm 68,4$ mg) és légszáraz testtömegét (K: $28,56 \pm 12,74$ mg; BL33: $31,52 \pm 12,84$ mg; TT33: $31,99 \pm 13,21$ mg). A három csoportot figyelembe véve a nedves- és légszáraz testtömeg esetében a mért eredmények között nem volt szignifikáns különbség. A kísérlet zárásával a halak testhosszárol (K: $28,27 \pm 3,93$ mm; BL33: $28,13 \pm 3,79$ mm; TT33: $28,96 \pm 3,78$ mm) is elmondható, hogy a 3 csoport között nem volt szignifikáns különbség. Kísérletünk során az intézetben korábban publikált kutatásokhoz hasonló eredményt kaptunk (Bartucz et al., 2023). Megállapítható, hogy a békalencsén nevelt fekete katonalégylárvából készült zsirtalanított

rovarliszt 33%-os beépítése a komplex ivadéknevelő takarmányba nem mutatott negatív hatást az ivadéknevelés során.

7. Irodalomjegyzék

1. Abdul-Halim, H.H., Aliyu-Paiko, M., Hashim, R., 2014.: Partial replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets for snakehead, *Channa striata* (Bloch, 1793), fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society* 45. pp. 233–241.
2. Adeoye, A.A., Akegbejo-Samsons, Y., Fawole, F.J., 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. *J World Aquacult Soc.* 51. pp. 1024–1033.
3. Admassu, D., Abera, L., Tadesse, Z., 2021.: Global Journal of Fisheries and Aquaculture The food and feeding habits of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell), in Lake Babogaya, Ethiopia. *Glob. J. Fish. Aquac.*, 3.4. pp. 211-220.
4. Agbebi, O.T., Otubusin, S.O., Ogunleye, F.O., 2009.: Effect of different levels of substitution of fish meal with blood meal in pelleted feeds on catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) culture in net cages. *European Journal of Scientific Research* 31. pp. 6-10.
5. 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.
6. Appenroth, K.J., Sree, K.S. Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., Jahreis, G., 2017.: Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food, *Food Chem.*, 217, pp. 266-273,
7. Bandara, T., 2018.: Alternative feed ingredients in aquaculture: Opportunities and challenges. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 6.2. pp. 3087-3094.
8. Barros, L.M., Gutjahr, A.L.N., Ferreira-Keppler, R.L., Martins, R.T., 2019.: Morphological description of the immature stages of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: *Stratiomyidae*). *Microsc Res Tech.* 82. pp. 178–189.
9. Barros-Cordeiro, K.B., Bão, S.N., Pujol-Luz, J.R., 2014.: Intra-puparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*, *Journal of Insect Science*, 14, 1. p. 83.
10. Bartucz, T., Csókás, E., Nagy, B., Gyurcsák, M.P., Bokor, Z., Bernáth, G., Molnár, J., Urbányi, B., Csorbai, B., 2023.: Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as Direct Replacement of Complex Fish Feed for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Life* 13. p.1978.

11. Bava, L., Jucker, C., Gislon, G., Lupi, D., Savoldelli, S., Zucali, M., Colombini, S., 2019.: Rearing of *Hermetia illucens* on different organic by-products: Influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals*, 9. p. 289.
12. Berggren, Å., Jansson, A., and Low, M., 2019.: Approaching ecological sustainability in the emerging insects-as-food industry. *Trends Ecol. Evol.* 34. pp. 132–138.
13. Bhanthumnavin, K., McGarry, M., 1971.: *Wolffia arrhiza* as a Possible Source of Inexpensive Protein. *Nature* 232. p. 495.
14. Booth, D.C., Sheppard, C., 1984.: Oviposition of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environ. Entomol.*, 13. pp. 421–423.
15. Borisjuk, N., Peterson, A.A., Lv, J., Qu, G., Luo, G., Shi, L., Chen, G., Kishchenko, O., Zhou, Y., Shi, J. 2018.: Structural and biochemical properties of duckweed surface cuticle. *Front Chem* 6. p. 317.
16. Brits, D., 2017.: Improving Feeding Efficiencies of Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: *Stratiomyidae*: *Hermetiinae*) through Manipulation of Feeding Conditions for Industrial Mass Rearing. Faculty. In: of Conservation Ecology and Entomology. Stellenbosch University.
17. Bruton, M.N., 1979.: The breeding biology and early development of *Clarias gariepinus* (Pisces: *Clariidae*) in Lake Sibaya, South Africa, with a review of breeding in species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) The Transactions of the Zoological Society of London 35.1. pp. 1–45.
18. 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.
19. Daubs, E.H., 1962.: *A monograph of Lemnaceae*. University of Illinois at Urbana-Champaign. pp. 9-60.
20. De Beukelaar, M. F., Zeinstra, G. G., Mes, J. J., Fischer, A. R., 2019.: Duckweed as human food. The influence of meal context and information on duckweed acceptability of Dutch consumers. *Food quality and preference*, 71, pp. 76-86.
21. De Boer, I.J., Van Ittersum, M.K., 2018.: *Circularity in agricultural production*. Wageningen University & Research. pp. 9-15.

22. de Graaf, G., Janssen, H., 1996.: Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa - A handbook *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 362. Rome, FAO. p. 73.
23. Diclaro II, J. W., Kaufman, P. E., 2009.: Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae): EENY 461/IN830, 6/2009. *Edis*, 2009. 7. pp. 2-4.
24. Eggink, K.M., Lund, I., Pedersen, P.B., Hansen, B.W., Dalsgaard, J., 2022.: Biowaste and by-products as rearing substrates for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Effects on larval body composition and performance. *PLOS ONE* 17.9.: e0275213. pp. 1-14.
25. El-Kheir W.A., Ismail, G., El-Nour, A., Tawfik, T. and Hammad, D., 2007.: Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5. pp, 681-689.
26. EU 2013/56 rendelet: A Bizottság EU 2013/56 rendelete, 2013. január 16., az egyes fertőző szivacsos agyvelőbántalmak megelőzésére, az ellenük való védekezésre és a felszámolásukra vonatkozó szabályok megállapításáról szóló 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének módosításáról
27. EU 2017/893 rendelet: A Bizottság EU 2017/893 rendelete, 2017. május 24., a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról
28. Európai Bizottság, 2019.: A BIZOTTSÁG JELENTÉSE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK, A TANÁCSNAK, AZ EURÓPAI GAZDASÁGI ÉS SZOCIÁLIS BIZOTTSÁGNAK ÉS A RÉGIÓK BIZOTTSÁGÁNAK a körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési terv végrehajtásáról
29. Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., & Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste management*, 102, pp. 40-47.
30. FAO 2024a - FAO. 2024.: The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome. pp. 31-221.
31. FAO 2024b - FAO. 2024.: World fish production from 2007 to 2023, by fishing and aquaculture (in million metric tons) [Graph]. In *Statista*. Retrieved October 09, 2024.
32. Fowler, L.G., 1990.: Feather meal as a dietary protein source during Parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*, 89. pp. 301-314.

33. Gál D., Kerepeczki E., Kosaras T., Hegedűs R., Pekar F., Váradi L., 2009.: Water treatment of intensive aquaculture systems through wetlands and extensive fish ponds- case studie in Hungary. In SustainAqua-Integrated approach for sustainable and healthy fresh water aquaculture, SustainAqua handbook- A handbook for sustainable aquaculture. pp. 26-42.
34. Gunben, E.M., Senoo, S., Yong, A., Shapawi, R., 2014.: High potential of poultry by-product meal as a main protein source in the salmon (*Salmo salar* L.) in sea water. I: effects on growth performance, and whole body and fillet proximate and lipid composition. Aquaculture Research 37, pp. 180–191.
35. Hall, D.C., Gerhardt, R.R., 2002.: Flies (*Diptera*). In Mullen G, Durden L. (editors). Medical and Veterinary Entomology. Academic Press. San Diego, California. pp 127-161
36. Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., D'Amico, M., 2021.: Circular economy models in agro-food systems: a review. Sustainability. 13.6. pp. 34-53.
37. Harka, Á. & Sallai, Z., 2004.: Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület: Szarvas, pp 146-147.
38. Hasan, M.R., Chakrabarti R., 2009.: Floating aquatic macrophytes-Duckweeds. In: Use of algae and aquatic macrophytes as feed-in small-scale aquaculture- A review FAO Fish. Tech. Pap., 531, pp. 29-51.
39. Hassan, M.R., Haq, M.S., Das, P.M., Mowlah, G., 1997.: Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* fry. Aquaculture 151 1-4 pp. 47-54.
40. Hertrampf, J., W., Piedad-Pascual F. 2000.: Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. 1, Springer, Netherlands, pp. 450-500
41. Higgs, D.A., Markert, J.R., Macquarrie, D.W., McBride, J.R., Dosanjh, B.S., Nichols, C., Hoskins, G., 1979.: Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry by-product meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein sources. szerk.: J.E. Halver and K. Tiews, Finfish Nutrition and Fish Feed Technology, Vol. II, Heenemann, Berlin, pp. 191-218.
42. Hu, X., Zhang, H., Pang, Y., Cang, S., Wu, G., Fan, B., Liu, W., Tan, H., Luo, G., 2024.: Performance of feeding black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae on shrimp

- carcasses: A green technology for aquaculture waste management and circular economy. *Science of The Total Environment*, 928, p. 172491.
43. Hua, K., 2021.: A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish, *Aquaculture*, 530, p. 735732
 44. Jannathulla, R., Rajaram, V., Kalanjiam, R., Ambasankar, K., Muralidhar, M., Dayal, JS., 2019.: Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. *Aquac Res.*;00: pp. 1–14.
 45. Janse, J.H., Van Puijenbroek, P.J.T.M., 1998.: Effects of eutrophication in drainage ditches. *Environ. Pollut.* 102 suppl. 1, pp. 547-552.
 46. Journey, W. K., Skillicorn, P., and Spira, W., 1991.: Duckweed Aquaculture: A New Aquatic Farming System for Developing Countries, pp. 1-76.
 47. Khosravi, S., Kim, E., Lee, Y.-S., and Lee, S.-M., 2018.: Dietary inclusion of mealworm (*Tenebrio molitor*) meal as an alternative protein source in practical diets for juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Entomological Research*, 48: pp. 214–221.
 48. Kim, W., Bae, S., Park, H., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S. and Koh, Y., 2010.: The larval age and mouth morphology of the black soldierfly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology* 21. pp. 185-187.
 49. Kiss, G., 2024.: Lehalászás jelentés 2023. év, XXIX. évfolyam 1. szám pp. 3-31.
 50. Kovács, É., Péteri, A., Moth-Poulsen, T., Tóth, I., Woynárovich, A., 2015.: Afrikai harcsa In: Csorbai, B., Péteri A., Urbányi, B. (Szerk): Intenzív haltenyésztés, Vármédia-Print Kft., Gödöllő., pp. 122-152.
 51. Lalander, C., Ermolaev, E., Wiklicky, V., Vinnerås, B., 2020.: Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content. *Sci. Total Environ.*, 729, p. 138968.
 52. Landolt, E., 1986.: The family of *Lemnaceae* - monographic study, Vol. 1. - Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 2, pp. 71.
 53. Lindner, E. 1936. Die amerikanische *Hermetia illucens* L. im Mittelmeergebiet
 54. Lock, E.R., Arsiwalla, T. and Waagbø, R., 2016.: Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquacult Nutr*, 22: pp. 1202-1213.

55. Lopes, I. G., Wiklicky, V., Ermolaev, E., & Lalander, C. (2023). Dynamics of black soldier fly larvae composting—Impact of substrate properties and rearing conditions on process efficiency. *Waste Management*, 172. pp. 25-32.
56. Maddison, D.R., Schulz, K-S., Maddison, W.P., 2007.: The Tree of Life Web Project.
57. Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuze, V., and Ankers, P., 2014.: State-of-the art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, pp. 1–33.
58. Marshall, S. A., Woodley, N. E., & Hauser, M., 2015.: The Historical spread of the Black Soldier Fly. *Hermitia illucens* (L.) (*Diptera, Stratiomyidae, Hermetiinae*), and its establishment in Canada. *Journal of the Entomological Society of Ontario*. pp. 146, 51–54.
59. Muin, H., Taufek, N.M., Kamarudin, M.S., Razak, S.A., 2017.: Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 16. 2. pp. 567 - 577.
60. Munthali, M. G., Chilora, L., Goliath, M., Burke, W. J., Benbow, E., Kang'ombe, J., & Safalaoh, A., 2023.: The Economic Cost-benefit Analysis of Black Soldier Fly as an Alternative Animal and Fish Feed Ingredient in Malawi. pp. 1-16
61. Muscat, A., de Olde, E.M., Ripoll-Bosch, R., Van Zanten, H.H.E., Metze, T.A.P., Termeer, C.J.A.M., van Ittersum, M.K., de Boer, I.J.M., 2021.: Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nat Food*. 2. 8. pp. 561-566.
62. Nairuti, R.N., Musyoka, S.N., Yegon, M.J., Opiyo, M.A., 2022.: Utilization of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) Larvae as a Protein Source for Fish Feed – a Review. *Aquaculture Studies*, 22.2, p. AQUAST697.
63. Nayak, A., Rühl, M., Klüber, P., 2024.: *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*): Need, Potentiality, and Performance Measures. *Agriculture*, 14. p. 8.
64. Newton, G.L., Sheppard, D.C., Watson, D.W., Burtle, G., Dove, R., 2005.: Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Animal and Poultry Waste Management Center*, North Carolina State University, Raleigh, NC, p. 17.
65. OECD, 2013.: *Test No. 210: Fish, Early-life Stage Toxicity Test*, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris
66. Okwuosa, B., Eyo, J., Amadi-Ibiam, C.O., 2021.: Growth and Nutritional profile of Duckweed (*Lemna minor*) cultured with different organic manure, *International*

Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology 8., 12 pp. 122-134.

67. Oliveira, F.R., Doelle, K., Smith, R.P., 2016.: External Morphology of *Hermetia illucens Stratiomyidae: Diptera* (L.1758) Based on Electron Microscopy. Annual Research & Review in Biology, 9. 5. pp. 1-10.
68. Olsen, R.G., Hasan, M.R., 2012.: A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. Trends in Food Science & Trends, 27. 2. pp. 120-128. 3
69. Pauly, D., Watson, R., & Alder, J., 2005.: Global trends in world fisheries: Impacts on marine ecosystems and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360. pp. 5–12.
70. Payne, C.L.R., Scarborough, P., Rayner, M., and Nonaka, K. 2016.: Are edible insects more or less “healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. Eur. J. Clin. Nutr. 70, pp. 285–291.
71. Pintér, K, Pócsi, L., 2002.: A hazai halfajok: afrikai harsa In: Gazdasági állataink – Fajtan Hal. Szerk. Dr. Mihók Sándor, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 62- 64
72. Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., Ormazabal, M., 2018.: Towards a consensus on the circular economy. J Clean Prod.;179, pp. 605-615.
73. Regueiro, L., Newton, R., Soula, M., Méndez, D., Kok, B., Little, D.C., Pastres, R., Johansen, J., Ferreira, M., 2022.: Opportunities and limitations for the introduction of circular economy principles in EU aquaculture based on the regulatory framework. Journal of Industrial Ecology, 26, pp. 2033–2044.
74. Rema, P., Saravanan, S., Armenjon, B., Motte, C., Dias, J., 2019.: Graded Incorporation of Defatted Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Diet Improves Growth Performance and Nutrient Retention. Animals, 9, p. 187.
75. Richter, C.J.J., Viveen, W.J.A.R., Eding, E.H., Sukkel, M., Rothuis, A.J., Van Hoof, M.F.P.M., Van Den Berg, F.G.J., Van Oordt, P.G.W.J., 1987.: The significance of photoperiodicity, water temperature and an inherent endogenous rhythm for the production of viable eggs by the African catfish, *Clarias gariepinus*, kept in subtropical ponds in Israel and under Israeli and Dutch hatchery conditions. Aquaculture, 63. pp. 169-185.

76. Rosa, R., Bandarra, N. M., & Nunes, M. L. (2007). Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): a positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International journal of food science & technology*, 42.3., pp. 342-351.
77. Rozkosny, R. 1982.: A biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera). Dr. W Junk, The Hague, Boston, London. vol. 1 - Series Entomologica 21, p. 401.
78. Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro, F., 2014.: Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review, *Journal of Cleaner Production*, Volume 65, pp. 16-27.
79. Scheffer, M., Szabo, S., Gragnani, A., Van Nes, E.H., Rinaldi, S., Kautsky, N., Norberg, J., Roijackers, R.M., Franken, R.J., 2003.: Floating plant dominance as a stable state. *Proc Natl Acad Sci U S A* 100. pp. 4040–4045
80. Schremmer, F., 1986.: Die polymetabole larval-entwicklung der waffenfliegenart *Hermetia illucens*. in Beitrag zur Metamorphose der *Stratiomyidae*. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie B*, 88/89, pp. 405–429.
81. Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Sumner, S.M., 2002.: Rearing methods for the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*). *Journal of Medical Entomology* 39. pp. 695–698.
82. Sree, K. S., Sudakaran, S., and Appenroth, K. J. 2015.: How fast can angiosperms grow? Species and clonal diversity of growth rates in the genus *Wolffia* (*Lemnaceae*). *Acta Physiol. Plant.* 37. p. 204.
83. Supriyatna, A., Manurung, R., Esyanti, R.R., Putra, R.E., 2016.: "Growth of black soldier larvae fed on cassava peel wastes, An agriculture waste." *Journal of Entomology and Zoology Studies* 4.6 pp. 161-165.
84. Talamuk, R., 2016.: Comparisons of growth performance of african catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerling fed different inclusion levels of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal diets. Stellenbosch University. Doktor disszertáció. pp. 25-53.
85. Tesfahun, A., 2018.: Feeding biology of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) in some of Ethiopian Lakes: A review *International Journal of Fauna and Biological Studies* 5.1.: pp. 19-23
86. 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. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 95, pp. 379–386.

87. Urbányi, B., Szentes, K., 2011.: A harcsaalakúak bemutatása In: Horváth, L., Urbányi, B., Horváth, Á. (Szerk): A harcsa (*Silurus glanis*) biológiája, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő., pp. 17-34.
88. Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., Van Huis, A., Lakemond, C.M.M., Ottevanger, E., Boekel, M.A.J.S., 2012.: Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Report 38, Wageningen UR Livestock Production, Wageningen, the Netherlands. pp. 1-48.
89. Warburton, K., Hallmann, V., 2002.: Processing of organic materials by the soldier fly, *Hermetia illucens*. In Integrated Biosystems for Sustainable Development; Warburton, K., Pillai-McGarry, U., Ramage, D., Eds.; Rural Industries Research and Development Corporation; University of Queensland: St Lucia, QLD, Australia, pp. 115–126.
90. Ziegler, P., Adelmann, K., Zimmer, S., Schmidt, C. and Appenroth, K. J., 2015.: “Relative in Vitro Growth Rates of Duckweeds (*Lemnaceae*) - The Most Rapidly Growing Higher Plants,” Plant Biology, 17.1., pp. 33–41.

Internetes hivatkozások

1. <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/glossary/circular-economy.html#:~:text=Egy%20k%C3%B6rforg%C3%A1sos%20gazdas%C3%A1g%20olyan%20rendszer,%2C%20megjav%C3%ADtj%C3%A1k%2C%20%C3%BAjragy%C3%A1rtj%C3%A1k%20vagy%20%C3%BAjrafeldolgozz%C3%A1k.>
(Hozzáférés dátuma: 2024. 10.24.)
2. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=13013&lvl=3&keep=1&srchmode=1&unlock&lin=s&log_op=lineage_toggle (Hozzáférés dátuma: 2024. 10.24.)
3. <https://www.biolib.cz/en/image/id414720/> (Hozzáférés dátuma: 2024. 10.24.)
4. <https://www.inaturalist.org/photos/97683465> (Hozzáférés dátuma: 2024. 10.24.)

8. Köszönetnyilvánítás

Ezennel szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Csorbai Baláznak és Bartucz Tamásnak az óriási szakmai segítségükért, rám szánt idejükért és a dolgozat írása közben nyújtott támogatásért.

Szeretném megköszönni Várkonyi Dávidnak, Bartos Istvánnak, Ádám Róbertnek, Petényi Róbertnek, valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék összes munkatársának, hogy segítő kezet nyújtottak a munkám szervezése és lebonyolítása során.

Köszönöm az Agroloop Hungary Kft.-nek, hogy biztosította a kísérletemhez szükséges rovar népesítő anyagot és segítséget nyújtott a lárva feldolgozásában.

Köszönöm Dr. Urbányi Bélának és Dr. Horváth Ákosnak, valamint a MATE AKI-nek, hogy lehetőséget biztosított a kísérletem lebonyolításához, és támogatták munkásságom.

Köszönöm a Nemzeti Tehetség Program - Szakkollégiumok tehetséggondozó programjainak támogatása című (NTP-SZKOLL-24) pályázatnak, hogy a támogató segíti a szakkollégiumi hallgatóság szakmai és tudományos fejlődését, munkásságát.

Köszönöm a kutatás támogatását a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának, illetve a Kiemelt kutatócsoportok Programjának.