

DIPLOMADOLGOZAT

Bartucz Tamás

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Élettani és Takarmányozástani Intézet

**Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök
mesterképzési szak**

**Fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárva liszt alkalmazása afrikai
harcsa (*Clarias gariepinus*) ivadéknevelésében**

Belső konzulens:	Dr. Csorbai Balázs Tudományos munkatárs
Belső konzulens intézete/tanszéke:	MATE AKI, Halgazdálkodási Tanszék
Belső konzulens:	Dr. Bokor Zoltán Tudományos főmunkatárs
Belső konzulens intézete/tanszéke:	MATE AKI, Halgazdálkodási Tanszék
Készítette:	Bartucz Tamás

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	5
1.1.	Célkitűzés	5
2.	Irodalmi áttekintés	6
2.1.	Az afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>) általános jellemzése	6
2.1.1.	<i>Rendszertani besorolása</i>	6
2.1.2.	<i>Morfológiája</i>	7
2.1.3.	<i>Élőhelye, elterjedése</i>	7
2.1.4.	<i>Életmódja, táplálkozása</i>	8
2.1.5.	<i>Szaporodása</i>	9
2.1.6.	<i>Jelentősége</i>	9
2.2.	A fekete katonalégy (<i>Hermetia illucens</i>) általános jellemzése.....	10
2.2.1.	<i>Rendszertani besorolása</i>	10
2.2.2.	<i>Morfológiája</i>	11
2.2.3.	<i>Élőhelye, elterjedése</i>	12
2.2.4.	<i>Életciklusa</i>	12
2.2.5.	<i>Jelentősége</i>	12
2.3.	Intenzív haltenyésztés.....	13
2.3.2.	<i>Az intenzív rendszerek kialakulása, termelési egységei</i>	13
2.3.3.	<i>Afrikai harcsa lárva- és ivadéknevelés intenzív rendszerben</i>	15
2.4.	Fehérjeforrások a teljesértékű takarmányokban	16
2.4.1.	<i>Halliszt</i>	16
2.4.2.	<i>Növényi eredetű fehérjék</i>	17
2.4.3.	<i>Egyéb állati eredetű fehérjék</i>	18
2.4.4.	<i>Mikrobiális takarmány alapanyagok</i>	19
2.4.5.	<i>Rovarliszt</i>	20
2.4.6.	<i>Fekete katonalégy lárva liszt alkalmazása a haltakarmányozásban</i>	20
3.	Anyagok és módszerek.....	23
3.1.	Szaporítás.....	23
3.2.	Ivadéknevelés.....	25
3.3.	Mérés.....	26

4.	Eredmények és értékelésük	29
5.	Következtetések, javaslatok	32
6.	Összefoglalás	33
7.	Köszönetnyilvánítás	35
8.	Irodalomjegyzék	36
9.	Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	44
10.	Nyilatkozatok.....	45

1. Bevezetés és célkitűzés

Napjainkban a leggyorsabban növekvő élelmiszertermelő ágazat az akvakultúra. A népesség növekedésével a hal utáni kereslet is folyamatosan nő. A természetesvízi halászat már nem képes kielégíteni az igényeket. Mára az ember által elfogyasztott hal 50%-át gazdaságokban állítják elő, de ez a szám 2030-ra akár a 60-70%-ot is elérheti (Subasinghe et al., 2009). Az akvakultúra szektor növekedésével párhuzamosan növekszik a teljes értékű takarmányok iránti igény is. A leggyakrabban alkalmazott haltakarmányok magas fehérje- és aminosavtartalmát a gyártók halliszttal biztosítják. Egy tonna halliszt előállításához kb. négy és fél tonna élő hal szükséges, amely máig természetesvízi, ezen belül tengeri halászatból származik. Belátható, hogy a természetesvízi halászatból történő halliszt előállítás nem fenntartható. Kutatások bizonyítják, hogy a tengerek és óceánok élővilága az elmúlt évtizedekben drasztikusan lecsökkent, ez részben a túlhalászásnak köszönhető. Napjainkban egyre több kutatás zajlik a halliszt, mint takarmány komponens kiváltására. A kutatások egyik iránya a rovar eredetű fehérjék hasznosítása a haltakarmányozásban.

Kísérletem során fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárva lisztet alkalmaztam, mivel aminosavprofilja alapján a takarmányozási célra engedélyezett fajok közül a legkedvezőbb lehet a haltakarmányozásban. A kísérletemhez modellfajnak az afrikai harcsát (*Clarias gariepinus*) választottam, mivel hazánkban ez az intenzív rendszerekben legnagyobb volumenben előállított halfaj.

1.1. Célkitűzés

Kísérletemben célul tűztem ki a fekete katonalégy lárva liszt direkt etetési lehetőségeinek vizsgálatát az afrikai harcsa ivadéknevelésében. A kutatás hosszútávú célja megalapozni egy olyan takarmányozási rendszert, mely a későbbiekben alapjául szolgálhat egy, a gyakorlatban is alkalmazható, fenntartható ivadéknevelő takarmány előállításának.

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: Zacskóharcsafélék (*Clariidae*)

Nem: *Clarias*

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



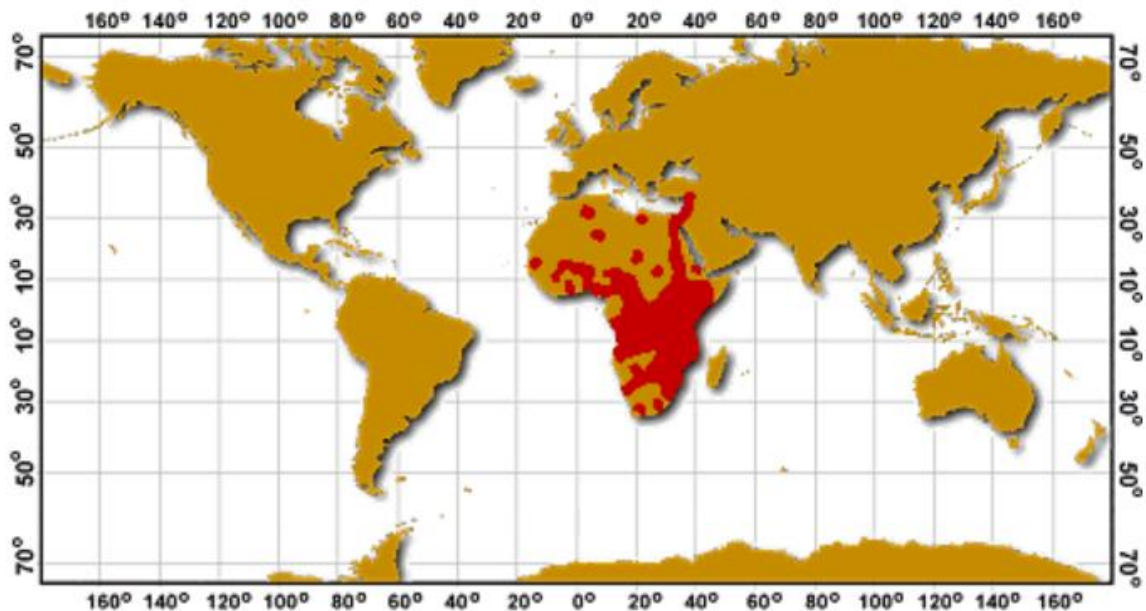
1. ábra Az afrikai harcsa (*Clarias Gariepinus*) (Harka & Sallai, 2004)

2.1.2. Morfológiája

Az afrikai harcsa testehosszú, hengeres alakú. A fejénél felülről, a farok részen oldalról lapított. Lapos feje nagyméretű szájától hátrafelé folyamatosan szélesedik. Szeme viszonylag kicsi. Nagyméretű szája végállású, körülötte nyolc bajuszszáll található. Hosszan elhúzódó hátúszójában 61-79, míg anális úszójában 45-60 úszósugár számolható. A farokúszó lekerekített, nincsen rajta bemetszés. Csupasz, pikkelytelen teste szürkén márványozott, vagy egyöntetű sötétszürke. Hasa piszkosfehér (Harka & Sallai, 2004) (1. ábra).

2.1.3. Élőhelye, elterjedése

Az afrikai harcsa elterjedése eredetileg magában foglalja Afrika szinte teljes területét, valamint megtalálható Törökország déli részén, Libanonban, Szíriában, Izraelben és Jordániában (Kovács et al., 2015) (2. ábra). Eredeti élőhelyén, ahol a vízhőmérséklet ritkán csökken 16°C alá folyókban, tavakban, mocsaras területeken egyaránt megtalálható (Harka & Sallai, 2004). Európába először 1976-ban hoztak be 40 egyedet a Dél-Afrikai Köztársaságból (Hoogendorn, 1983). Hazánkba először 1984-ben, majd 1987-ben került be nemtáplálkozó lárva Hollandiából (Harka & Sallai, 2004). Napjainkban a legtöbb európai országban megtalálható. Az intenzív haltermelés terjedésével a világ sok országába eljutott. Napjainkban több országban, köztük Indiában (Krishnakumar et al., 2011, Weyl et al., 2016) és Brazíliában is találhatóak önálló, szaporodóképes állományaik. A halgazdaságokból megszökött egyedek jó alkalmazkodóképességüknek köszönhetően hamar elszaporodnak, és teret nyernek maguknak. Ezen országokban a faj invazívnek tekinthető (Weyl et al., 2016). Az IUCN vöröslistáján 2018 óta nem fenyegetett státuszban szerepel (Internet 2.).



2. ábra Az afrikai harcsa eredeti elterjedése (Internet 3.)

2.1.4. Életmódja, táplálkozása

Az afrikai harcsa nevelésére az optimális hőmérsékleti tartomány 25-30°C. A gonádfeléréshez legalább 20°C-os vízhőmérsékletre van szüksége. A faj 20°C alatt nagyon érzékeny a különböző bakteriális megbetegedésekre. Természetes körülmények közt képes túlélni akár a 10°C-os vízben is, azonban a nevelés során a nagy egyedsűrűség és a fokozott stressz miatt sokkal fogékonyabb a bakteriális fertőzésekre (Kovács et al., 2015). Az afrikai harcsa édesvízi faj, az általa elviselt maximális sótartalom 1% (Chervinski, 1984). A faj sajátossága a kiegészítő légzőszerve, mely segítségével képes a légköri oxigén felvételére. A karfiol formájú kiegészítő légzőszerv a kopoltyúívek felső részén helyezkedik el. Ez a légzőszerv a halak 15-20 napos korában alakul ki. Mielőtt az afrikai harcsa eléri ezt a méretet a többi melegvízi fajhoz hasonlóan kizárólag a vízből nyeri az oxigént. Később, a légzőszerv kialakulásával a legszélsőségesebb környezeti körülményeket is elviseli. Oxigén szegény vízben, magas ammónia-, nitrit- és kénhidrogén-koncentráció mellett is képes az életben maradásra (Kovács et al., 2015).

Az afrikai harcsa táplálékspektruma széles, természetes körülmények közt mindenevő faj. Rendszeresen fogyaszt vízi és szárazföldi rovarokat, gerincteleneket, növényi eredetű anyagokat, halat (Van der Waal, 1985), de előszeretettel fogyaszt madarakat és kisebb emlősöket is (FAO, 2022.). A fajra jellemző a kannibalizmus, azonban ez inkább a fiatalabb korosztályok sajátossága.

Az afrikai harcsa éjszaka és nappal is egyaránt táplálkozik (Appelbaum & McGeer, 1998) Fakultatív ragadozóként gyakran választja a könnyebben megszerezhető táplálékot (Van der Waal, 1985).

2.1.5. Szaporodása

Természetes körülmények közt az afrikai harcsa 1-2 éves korában, 20-40 cm-es testhossznál éri el az ivarérettséget. Az ivarérett ikrások könnyedén felismerhetők, mivel az ívára kész egyedek hasa puha, viszonylag nagy és kerek. A felkészült anyák ivarnyílása megduzzad, színe piros. Természetes körülmények közt a petefészek a testtömeg 7-15%-át teszi ki. Medencés tartás esetén a bőséges takarmányozás hatására a halak 6-9 hónapos korban is elérhetik az ivarérettséget, testtömegük ekkor 4-600 gramm. A testtömeg-ivarszerv arány ebben az esetben akár a 25%-ot is elérheti, akár a hasüreg 4/5-öd részét is kitöltheti. A tejesek ivari papillája megnyúlt, a végbélnyílás mögött helyezkedik el. A herék érettsége a hal felnyitása nélkül nem állapítható meg. A gonádérés hőoptimuma 25°C. A magasabb hőmérsékleten tartott halak esetében az éretlen petesejtek aránya növekszik, míg a kikelő lárvák aránya csökken (Kovács et al., 2015). Afrikai harcsa esetében az érett oociták átmérője kb. 1- és 2 mm között van. Az ikraszemek felszínén ragadós, diszkosz alakú réteg található, mely az ikrát az aljzathoz rögzíti. A frissen kelt lárva mérete 3,5-4 mm. A kelés után a szikzacskón található ragadós felület segítségével rögzíti magát az aljzathoz. A szikzacskó kb. 7 nap alatt szívódik fel, akkor a lárvák 7-9 mm hosszúak (Holl, 1968).

2.1.6. Jelentősége

Kiegészítő légzőszervének és magas tűrőképességének köszönhetően az afrikai harcsa nem érzékeny a vízminőségi paraméterekre, ezért alkalmas a különböző intenzív rendszerekben való tartásra és nevelésre (Harka & Sallai, 2004). Kiváló minőségű, szálkamentes húsa fehérjékben és esszenciális zsírsavakban gazdag, ezért kitűnő táplálék (Abdel-Mobdy et al., 2021). Világszinten a legnagyobb volumenű afrikai harcsa előállítás Nigériában zajlik, de jelentős mennyiséget termelnek még Kenyában, Szíriában, Brazíliában, Kamerunban, Maliban valamint a Dél-Afrikai Köztársaságban is. Európában először Hollandiában jelent meg. A holland kutatóintézetekből és termelőktől került ivadék több európai országba, többek közt Belgiumba, Németországba,

Csehországba, Lengyelországba és Magyarországra is. Ezek közül napjainkban csak Magyarországon és Hollandiában folyik számottevő termelés (FAO, 2022) (1. táblázat).

1. táblázat A legnagyobb afrikai harcsa előállító országok termelése 2015 és 2019 közt (FAO, 2021)

	2015	2016	2017	2018	2019
Nigéria	36.234	29.372	30.650	28.227	28.690
Kenya	3.358	1.944	1.606	1.960	2.400
Mali	440	525	490	780	1160
Dél-Afrikai Köztársaság	10	33	20	20	60
Hollandia	~2.900	~2.900	~2.900	~2.500	~2.700
Magyarország	2.840	3.039	3.174	3.333	3.610

2.2. A fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) általános jellemzése

2.2.1. Rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Ízeltlábúak (*Arthropoda*)

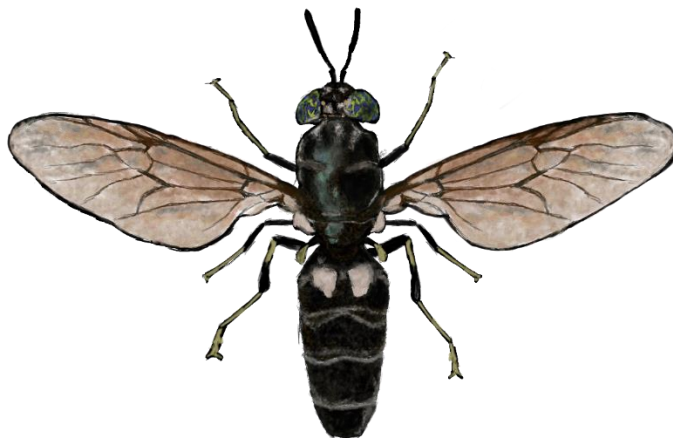
Osztály: Rovarok (*Insecta*)

Rend: Kétszárnyúak (*diptera*)

Család: Katonalégyfélék (*Stratiomyidae*)

Nem: *Hermetia*

Faj: *Hermetia illucens* (Linneus, 1758) (Internet 5.)



3. ábra A fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) (Internet 6.)

2.2.2. Morfológiája

Pete: A fekete katonalégy petéje jellemzően halvány sárga vagy krémfehér színű, majd a kikelés felé közeledve színük sárgás színű lesz. A peték maximális hossza 1 mm, formájuk ovális (Diclaro & Kaufman, 2021).

Lárva: A lárvák elérhetik a 27 mm-es hosszt és a 6 mm szélességet (Hall & Gerhardt, 2002). Fejükön rágószájszerv található, ami a táplálkozás mellett a mozgásban is segíti a lárvát. Színük beige, vagy világosbarna, de a fejlődés során folyamatosan sötétedik. A bábállapot elérése előtt egészen sötét barna színű. A teste 11 szegmensből áll, felülete szőrös, sörtével borított (Caruso et al., 2013).

Báb: A bábállapot körülbelül két hétig tart. A lárva a táplálkozást befejezve a külső váza teljesen be barnul és eltávolodik a táplálkozás helyétől (Diclaro & Kaufman, 2021).

Kifejlett egyed: A kifejlett egyed színe fekete vagy sötétkék. Három pár lábuk van, melyek töve fehér. Testhossza 15-20 mm. Megjelenése darázszerű, azonban a darazsakkal ellentétben csak két szárnyal rendelkezik, és nem képes sem csípésre sem harapásra. A kifejlett egyedek antennái három szegmensből állnak (Hall & Gerhardt, 2002). Az ivarok közt méretbeli különbség van, a hímek kisebbek (Tomberlin et al., 2002). A méreten kívül elkülönítő bélyeg a hasi oldalon található szaporodószerv, mely a nőstény esetében egy visszahúzható, cső alakú petevezeték, míg a hímeknél az úgynevezett aedeagus (a hím nemű rovarok páرزőszerve) és egy pár kapaszkodó kampó található, melyhez a páرزás során a nőstényhez rögzíti (Caruso et al., 2013) (3. ábra).

2.2.3. *Élőhelye, elterjedése*

A fekete katonalégy az amerikai kontinens trópusi, szubtrópusi területein őshonos. A második világháború ideje alatt, a nemzetközi szállítmányozás felélénkülésével mára szinte az összes kontinensre eljutott (Leclercq, 1997). Elterjedése a 40. déli szélességi foktól a 45. északi szélességi fokig terjed. Napjainkban számos országban megtalálható Európában, Afrikában, Óceániában (Ausztrália és Új-Zéland) és Ázsiában (Indonézia, Japán, Fülöp-szigetek és Sri Lanka) is (Caruso et al., 2013).

2.2.4. *Életciklusa*

A fekete katonalégy életciklusa függ a populáció típusától (vad vagy domesztikált), függ a környezeti paraméterektől (hőmérséklet, páratartalom, fényintenzitás) valamint a rendelkezésre álló táplálék mennyiségétől és minőségétől (Kim et al., 2008). Egy nőstény 320-1 000 petét rak. A fészket úgy választja meg, hogy közel legyen a későbbi táplálékhoz. A petéket szűk lyukakba rakják, hogy megvédjék őket a ragadozóktól. A nőstény a peték lerakása után elpusztul (Tomberlin et al., 2002). Az ikra inkubációs időszak 27-29 °C-on 4 napig (Booth & Sheppard, 1984), 30 °C-on 3,5 napig tart (Tomberlin et al., 2002). A lárvák a kikelés pillanatában kb. 0,66 mm hosszúak. A kelés után rögtön megkezdik a táplálkozást. A lárvafejlődés során a környezeti hőmérséklet fontos szerepet játszik. A fejlődéshez szükséges optimális hőmérséklet 20 és 30 °C közt van (Tomberlin et al., 2009). A lárvaállapot a rendelkezésre álló táplálék függvényében 4 héttől akár akár 5 hónapig is (Furman et al., 1959) tarthat. Az öt lárvafejlődési stádium közül az első négy morfológiailag nehezen elkülöníthető (kivéve a testméret alapján). Az ötödik lárvastádium a „prepupa” állapot jól meghatározható, mivel a beige színű lárva sötétbarna lesz (Diener et al., 2011). A metamorfózis körülbelül két héten belül végbemegy (Furman et al., 1959). Kikelés után a kifejlett egyedek percekben belül felszállnak. Az imágó megjelenése után kb. két nap szükséges a párzáshoz és további két nap a peterakáshoz. A kifejlett egyed élettartama 5-14 nap (Caruso et al., 2013).

2.2.5. *Jelentősége*

A fekete katonalégy a történelem során sosem volt jelentős, mint emberi táplálék, azonban a rendelkezésre álló halliszt csökkenése miatt napjainkra egyre inkább előtérbe került, 2020-ra a harmadik legnagyobb mennyiségben előállított rovar eredetű fehérjeforrássá lépett elő. Liszt

előállításához rendszerint nem a kifejlett egyed, hanem a lárvát használják. Az optimális fejlettségi állapot a lárvaállapot vége, mielőtt az egyed barnulni kezd. A termelés fenntarthatóságában fontos szempont, hogy olcsón, akár emberi ételmaradékon is előállítható (Rowe, 2020). A fekete katonalégy piac 2021-ben 180 millió amerikai dolláros bevételt ért el. Piackutatások alapján az iparág globális bevétele 2028-ra elérheti akár a 1 400 millió dollárt is (internet 7.). Napjainkban már több országban zajlik nagyüzemi előállítás, többek között Németországban a Hermetia GmbH, Franciaországban az Innova Feed, Kanadában az Enterra Feed Corporation, az Amerikai Egyesült államokban az Enviro Flight állít elő fekete katonalégy lárvát nagy mennyiségben (Internet 8.). A fekete katonalégy hazánkban is egyre nagyobb figyelmet kap, köszönhetően a Grinsect-nek (BSF System Kft.) akik a kész termékeken kívül az otthoni tenyésztéshez szükséges felszerelést is forgalmazznak (Internet 9.).

2.3. Intenzív haltenyésztés

2.3.2. Az intenzív rendszerek kialakulása, termelési egységei

Az első intenzív rendszerek az úgynevezett úszó ketreces rendszerek voltak, melyeket ma is egyaránt alkalmaznak sós- és édesvízi körülmények közt is. Az első “igazi” intenzív telepét 1962-ben Dániában hozták létre, melyben szívárványos pisztrángot (*Oncorhynchus mykiss*) neveltek, ipari körülmények között. Az átfolyóvízes rendszerek meghonosítása újabb mérföldkövet jelentett az 1970-es években. A következő előrelépést az akvarisztikában és keltetőházakban már alkalmazott, a víz visszaforgatásán alapuló, úgynevezett recirkulációs (RAS) rendszerek jelentették. Ezen alapokból kiindulva, valamint a temperált vízhőmérséklet technológiájának kidolgozásával készültek el az első recirkulációs intenzív rendszerek. Fontos előrelépést jelentett a takarmányozás technológiájának fejlődése is. A szakemberek felfedezték, hogy különböző fajú, korosztályú és méretű halak különböző mennyiségű és összetételű takarmányt igényelnek, megnyílt az út a teljesértékű haltakarmányok kidolgozásához (Urbányi, 2015).

Az intenzív rendszerek legfontosabb jellemzői a kis helyigény, a nagy telepítési és tartási halsűrűség, a kor- és fajspecifikus mesterséges takarmányozás, valamint, hogy a termelés minden lépése, paramétere kontrolálható legyen. Az intenzív rendszerekben fajtól, és korcsoporttól függően általában 20-100 kg hal tartható köbméterenként (Urbányi, 2015). Megfelelő körülmények mellett a telepítési sűrűség akár ennek többszöröse is lehet. Kutatások kimutatták,

hogy fiatal afrikai harcsa esetében az akár 320 kg/m^3 –es népesítési sűrűség sincs negatív hatással a halak életkörülményeire (van de Nieuwegiessen, 2009).

Az intenzív rendszerek megítéléséhez tisztában kell lenni azok előnyeivel és hátrányaival is, melyek a következők:

Előnyei:

- kevesebb vízfelhasználás egységnyi hal megtermeléséhez (recirkulációs rendszerek előnye az átfolyóvizes rendszerekkel szemben),
- kis területigény, ez jelentős előny a halastavakkal szemben,
- a víz minőségének folyamatos ellenőrzése és kontrollálhatósága,
- alacsony lehalászási költség.

Hátrányai:

- a létesítési és bekerülési költség magasabb,
- az üzemeltetési költség magasabb,
- speciális szakmai hozzáértést igényel.

A hátrányok ellenére elmondható, hogy az intenzív rendszerekben történő haltenyésztés mind az európai, mind a hazai akvakultúra jövőjének egyik legfontosabb fejlesztési területe (Urbányi, 2015).

Az átfolyóvizes medencék olyan halnevelésre szolgáló egységek, melyekben a halak számára szükséges oxigént a víz áramlása szállítja. A medencében keletkező anyagcseretermékek is a vízárammal távoznak. Az átfolyóvize halnevelő medencékben oxigén bevezetése nélkül $30\text{-}35 \text{ kg/m}^3$, levegőztetéssel akár $60\text{-}80 \text{ kg/m}^3$, míg oxigén bevezetése esetén akár $100\text{-}200 \text{ kg}$ hal is tartható köbméterenként. A medencékben törekedni kell a megfelelő vízáramlás beállítására. Ez segíti a szennyező anyagok mielőbbi kimosódását, valamint az áramlóvízben nevelt halaknak magasabb a túlélési aránya és jobb a táplálékhasznosítása. Az úszásba fektetett energia megtérül, mert a halaknak a gyorsan áramló vízben nem kell folyamatosan mozgatni a kopoltyúikat, hogy oxigénhez jussanak. A halak növekedése akár 40%-kal nagyobb lehet, ugyanazon takarmánymennyiség mellett (Khoury, 2004.).

2.3.3. Afrikai harcsa lárva- és ivadéknevelés intenzív rendszerben

A zárt, medencés intenzív rendszerekben tartott halak takarmányozása minden esetben teljesértékű száraz haltakarmányokra (röviden tápokra) épül. A megfelelő mennyiségű és minőségű tápok kiválasztása, az optimális adagok kiszámítása, az etetés módszerének megválasztása határozza meg a termelés és a rendszer üzemeltetésének hatékonyságát. Főként lárvakorban fontos a megfelelő méretű táp kiválasztása, ilyenkor a szájrés méretéhez kell szemcseméretet választani. A bevitt táplálékmenyiséget nagyban befolyásolja a fogak/garatfogak megléte vagy azok hiánya és az ízlelőbimbók elhelyezkedése. Fontos befolyásoló tényező továbbá a táp és a víz kémiai összetétele, valamint a víz hőmérséklete, mivel annak növekedése vagy csökkenése befolyásolja az anyagcsere-intenzitást. A túl sok mozgás szintén növelheti a táplálékfelvételt, mivel energiaigényes folyamat, azonban ez a többlet bevitel a termelésben nem jelenik meg. Ez megfelelő egyedsűrűséggel kiküszöbölhető. A túlnépesítés is kerülendő azonban, mivel az általa okozott szociális stressz csökkenti a táplálékfelvételt (NRC, 2011).

A nem táplálkozó lárvaállapot a keléstől az önálló táplálkozás megkezdéséig tart. Ebben az időszakban a lárva a hasoldalon található szikzacskó tartalmából, a petesejt szikanyagából él, a szikanyag felszívódása után a lárvák megkezdik a táplálkozást. Ezen állapot időtartama fajonként változó (Harka & Sallai, 2004), afrikai harcsa esetében a harmadik napra tehető. A táplálkozás megkezdése egy könnyen észrevehető folyamat. A halak a vízoszlopban kezdik keresni a lehetséges táplálékot (Kovács et al., 2015). Az ivadék előneveléséhez legalkalmasabbak a poliészterből, polipropilénből vagy üvegszálból készült négyszögletes 2x2x0,5 m-es, vagy azonos térfogatú, kerek medencék. Fontos a kifolyó befedése hálóval, melynek szemcseméretét az ivadék gyarapodásával párhuzamosan növeljük a medence megfelelő öntisztulása érdekében. A népesítési sűrűség, a vízátfolyás mértéke, az oxigénkoncentráció és hőmérséklete fajtól függően változik (Viveen et al., 1985), afrikai harcsa esetében az optimális népesítési sűrűség 50-70 lárva/liter. A megfelelő vízátfolyás az ivadéknevelés első szakaszában 5-7 l/perc, majd a lárvák növekedésével folyamatosan kell emelni 10-15 l/percig (Kovács et al., 2015).

A frissen kelt, még nem táplálkozó lárvákat lárwanevelő edényekbe, vagy a nevelő medencékben található keltetőtálcákra helyezzük. Utóbbi esetben a kis halak a tálca felszínén maradnak, később az egészséges lárvák a tálcából kiúszva benépesítik a medencét. Az elúszást követően a deformált lárvák és a nem kelt ikraszemek maradnak csak a keltetőtálcán. Ha a lárvákat közvetlenül az ivadéknevelő medencébe engedjük, viselkedésük akkor is hasonló. Az elúszást

követő napon az egészséges lárvák elúsznak, míg a deformált lárva, a nemkelt ikra és a visszamaradt ikraburok egy szifonnal könnyedén eltávolítható. A nevelés első pár hetében az ivadék fő tápláléka jellemzően a sórák (*Artemia salina*) élő naupliusza, vagy dekapszulált cisztája. A teljes értékű takarmányra való fokozatos átszoktatást a 10. nap környékén célszerű kezdeni, ekkor a lárva számára az ideális szemcseméret 0,3 mm. A hal növekedésével a szemcseméret is folyamatosan növelhető. Az afrikai harsca számára kifejlesztett indítótakarmányok fehérjetartalma 55-60%. A napi takarmánymennyiség a nevelés kezdetén a testtömeg 10%-a, majd a kezdeti nagy mennyiség után 7%-ra kell csökkenteni. A takarmányadagot célszerű a kora reggeli órától késő estig egyenletesen elosztva 4-5 részletben adagolni. Automata, szalagos etető használatával a takarmányértékesítés növelhető, mivel ezáltal a halak éjszaka is folyamatosan hozzájuthatnak a takarmányhoz (Kovács et al., 2015).

2.4. Fehérjeforrások a teljesértékű takarmányokban

2.4.1. Halliszt

A halat, mint takarmánykiegészítőt először i.sz. 800 körül alkalmazták Norvégiában. Akkor még primitív technológiával nyertek ki olajat, és az így keletkezett melléktermékeket hasznosították. Később Marco Polo a XIV. század elején is említést tesz a halliszt egy kezdetleges formájáról, mellyel a hajózásaik során állataikat etették (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000).

Napjainkban a halliszt egy, az állati takarmányozásban általánosan elterjedt termék. A magas fehérjekoncentrációja (kb. 65-70%) és kitűnő fehérjeösszetétele miatt alkalmazzák, de esszenciális aminosavakban és többszörösen telítetlen zsírsavakban is gazdag. Rendszerint vadvízi, tengeri fogásból állítják elő (Miles & Chapman, 2012). A halliszt olyan kisméretű, csontokban és olajokban gazdag fajokból készül, melyek általában nem alkalmasak közvetlen emberi fogyasztásra. A különböző fajokból előállított hallisztek tápláléértéke jelentősen eltér egymástól (2. táblázat).

2. táblázat Halliszt típusok beltartalmi értékei (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000)

	Száranyag %	Nyersfehérje %	Nyerszsír %	Hamu %
Hering	90,0	74,4	9,0	15,0
Makréla	92,0	66,4	10,3	21,1
Szardínia	93,0	65,2	5,0	19,8
Menhaden	92,7	66,6	11,1	20,9
Fehér halliszt (vegyes faj)	91,5	65,8	8,5	19,5
Barna halliszt (vegyes faj)	91,3	69,0	6,0	14,8
Halliszt (hulladékból)	90,0	49,2	9,0	34,4

Az előállított halliszt néhány százalékban készül feldolgozási melléktermékekből, nyesedékből. Az előállítás során a halat először megfőzik, ezután összepréselik, így nyerve ki az olajat. Az olaj kinyerése után a masszát szárítják, majd őrlik. Egy tonna halliszt előállításához körülbelül 4-5 tonna élő halra van szükség (Olsen & Hasan, 2012; Miles & Chapman, 2012). A legnagyobb előállító Peru, amely a világ halliszt termelésének egy harmadát adja. Nagy halliszt termelő országok még Chile, India, Kína, Thaiföld, Izland, Norvégia, Dánia, Japán és az Amerikai Egyesült Államok. A tavalyi évben világszinten 2 443 millió tonna hallisztet állítottak elő (Internet 10.). Az elmúlt évek statisztikái alapján ennek a mennyiségnek több mint a fele a halgazdálkodásban kerül felhasználásra (Boyd, 2015; Miles & Chapman, 2012). Belátható, hogy a természetesvízi halászatból történő halliszt előállítás nem fenntartható. Kutatások bizonyítják, hogy a tengerek és óceánok élővilága az elmúlt évtizedekben drasztikusan lecsökkent, ez részben a túlhalászásnak köszönhető (Pauly & Christensen, 1995.).

2.4.2. Növényi eredetű fehérjék

Az extenzív haltermelésben régóta alkalmaznak növényi eredetű takarmányokat a természetes táplálékforrás kiegészítéséhez. Ezek elsősorban termények, például gabonamagvak. Az intenzív rendszerekben, ahol nincs természetes fehérjeforrás a gabonamagvaknál koncentráltabb fehérje-tartalmú takarmánykomponensekre van szükség, ezért a teljes értékű

takarmányokban más fehérjehordozókat kell használnunk (Hancz, 2011). Lehetséges növényi eredetű fehérjeforrás a haltakarmányozásban az extrahált szójadara. Az extrahált szójadara fehérjetartalma magas, 44-48% (függ az előállítás módjától). A hőkezelt extrahált szójadara akár a ragadozóhalak takarmányozásában is kiválthatja az állati eredetű fehérjeforrások egy részét. Alkalmazásával akár a halliszt 30-75%-a is kiváltható aminosavkiegészítés mellett. Takarmányborsó használata esetén lizin- és metionin-kiegészítés használata szükséges. A fehérjetartalma magas (25%) és jól emészthető, azonban keményítőtartalma akár 50% is lehet. Az extrahált napraforgódara és az extrahált repcedara fehérjetartalma is magas (34-39%), de magas nyersrost tartalmuk miatt az akvakultúrában történő felhasználásuk lehetősége korlátozott. Esetleges használatuk esetén aminosavkiegészítés mindenképpen szükséges. A burgonya is tekinthető jó fehérjeforrásnak burgonyafehérje-kivonat formájában. Fehérjetartalma kb. 73,8%, mely a halak számára kedvező aminosav-összetétellel rendelkezik (Mézes & Bódis, 2015). Lazacon (*Salmo salar*) és szivárványos pisztrágon végzett kísérletek azt mutatták, hogy a búza-glutén is alkalmas akár 40%-ig a halliszt kiváltására (Hodar, et al., 2020). A haltakarmányozásban szerepe lehet a különböző növényi eredetű ipari melléktermékeknek is, mint a DDGS és a CGF (Mézes & Bódis, 2015). A DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles) magyarrá szárított gabonatörkölyként fordítható, melynek alapanyaga kukorica., (Internet 11.) A DDGS az egyik legnagyobb mennyiségben keletkező melléktermék a bioetanol gyártása során. Magas szárazanyag tartalma mellett 26-26% lizinben és triptofánban szegény fehérjét tartalmaz. Alkalmazása aminosav kiegészítés mellett 15-40%-os arányban ajánlják. A CGF (Corn Gluten Feed) magyarul kukorica glutén takarmány a keményítőgyártás során keletkező melléktermék (Internet 12.). Takarmányozásban közepes fehérjetartalma miatt maximum 35%-ban helyettesítheti a hallisztet megfelelő aminosavkiegészítés mellett (Mézes & Bódis, 2015).

2.4.3. *Egyéb állati eredetű fehérjék*

A baromfi-feldolgozás során keletkező melléktermékek használata egy jó lehetőség lehet a halliszt kiváltására. A leggyakrabban használt alapanyag a poultry bypass meal, ami a baromfi-feldolgozás során fel nem használt részekből, belsőszervekből áll. Fehérjetartalma magas és az aminosav-profilja is kedvező, halak számára jól emészthető. Szivárványos pisztrággal végzett kísérletek során sikerült 50%-ban kiváltani a hallisztet a nevelés során (Hodar et al., 2020). A baromfi-feldolgozás során keletkező másik fontos melléktermék a toll liszt, amely szintén

alkalmazható haltakarmányokban, fontos előnye az alacsony bekerülési költség (Hasan et al., 1997). Korábbi kutatások azt mutatják, hogy a halliszt kiváltása fajtól függően 0,5-50%-os arányban kiváltható toll liszt használatával (Higgs et al., 1979; Fowler, 1990; Hasan et al., 1997). Az előnyök mellett meg kell említeni azt is, hogy a toll liszt aminosav összetétele nem optimális, a halak számára esszenciális aminosavakból csak kis mennyiséget tartalmaz, ezért a nagy arányú használata csak aminosav kiegészítéssel lehetséges (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000). Alternatív fehérjeforrásként a vérliszt is szóba jöhet egyes kutatások szerint. Magas fehérjetartalma mellett a fehérjék emészthetősége is kiváló. A fehérjék emészthetősége nagyban függ a szárítás módjától. A legjobb technológia a porlasztva szárítás, ezzel a módszerrel a fehérjék emészthetősége 99% (Bureau et al., 1999). Előnevelt afrikai harcsán végzett 120 napos etetési kísérlet során kimutatták, hogy a halliszt teljes helyettesítése vérliszttel, nem eredményez lassabb növekedést (Agbebi et al., 2009).

2.4.4. Mikrobiális takarmány alapanyagok

Az elmúlt évtized során a mikrobiális táplálékkiegészítők használata az akvakultúrában egyre nagyobb szerepet kap. A mikrobiális takarmányösszetevők elsősorban mikroalgákat, élesztőket és baktériumokat jelentenek. Ezen termékek többsége vagy ipari melléktermékként képződik, vagy valamilyen finomítási eljárás során nyerik ki őket (Bandara, 2012). Az algák, elsősorban a *Spirulina* fajok kiváló alternatív fehérjeforrások lehetnek a jövőben. A *Spirulina* algafajok fehérjetartalma magas (55-70%), aminosav-összetétele kedvező, már kis mennyiségű adagolása is hozamnövekedést eredményez. Nagy mennyiségben tartalmaz omega-3 és omega-6 zsírsavakat. Magas táplálóanyagtartalma mellett fontos immunerősítő hatása is van, melyet több fajban is leírtak (Zhang et al., 2020). Hátránya, hogy a finomított *Spirulina* alga jelentősen drágább, mint a halliszt (Hodar et al., 2020). Az élesztők egysejtű mikroorganizmusok, melyeket elsősorban a sör, és sütőiparban alkalmaznak. Magas, 42-55%-os fehérjetartalma mellett probiotikus hatása is kimutatható. A magas fehérjetartalma legtöbb gazdasági haszonhalunk számára kiválóan emészthető (Tacon, 2014). A baktériumliszt fehérje és lipid tartalma halliszthez nagyon hasonló, B vitamin tartalma igen magas. A kutatások azt mutatják, hogy a metanotróf baktériumok képesek lehetnek kiváltani a hallisztet. Alkalmazásuk gyorsabb növekedést, jobb takarmányhasznosítást és

jobb egészségi állapotot eredményez. Lazac esetében elősegítheti a felépülést a szójaliszt okozta bélgyulladásból (Øverland et al., 2010).

2.4.5. *Rovarliszt*

Rovarfehérje kiváló alternatív fehérjeforrás, amely a jövőben kiválthatja a hallisztet. Ugyan baromfitakarmányozásban már 1969 óta kísérleteznek vele (Calvert et al., 1969), az akvakultúras termelésbe csak a 2000-es évekbe kapott nagyobb figyelmet (Ogunji et al., 2008). A napjainkban is folyamatosan zajló etetési kísérletek azt mutatják, hogy a teljes értékű takarmányokban található halliszt 30%-a kicserélhető rovarlisztra a termelési volumen csökkenése nélkül (Hua, 2021). Napjainkban a rovarliszt előállítás egy igen intenzíven növekvő ágazat, elsősorban Kínában, Európában, Észak-Amerikában, Ausztráliában és Ázsia déli részén. Jelenleg 16 elismert rovar fajt használhatnak a gyártók az akvakultúrában. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott rovarfajok a selyemhernyó (*Bombyx mori*), a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), a házilégy (*Musca domestica*), a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), az alombogár (*Alphitobius diaperinus*), a házi tücsök (*Grylodes sigillatus*), a trópusi házi tücsök (*Grylodes sigillatus*) és a jamaikai mezei tücsök (*Gryllus assimilis*). Ez a nyolc faj napjainkban a legjobban kutatott alternatíva a halliszt helyettesítésére. Ezen fajok tápláléértéke jól ismert, illetve a takarmánygyártásban ezen fajok alkalmazása engedélyezett az Európai Unióban. Az összes fajnak ismert a fehérje- és aminosav valamint nyerszsír- és ásványianyagtartalma és zsírsavösszetétele (Alfiko et al., 2022).

2.4.6. *Fekete katonalégy lárva liszt alkalmazása a haltakarmányozásban*

Korábban már több kísérletet is végeztek, melyben a hallisztet fekete katonalégy lárva liszttel váltották ki teljes értékű takarmányokban. Egy 2012-ben végzett kutatás során, előnevelt lepényhal (*Psetta maxima*) takarmányozásában próbálták a halliszt 33%-ának kiváltását fekete katonalégy lárva liszttel, azonban a táplálékfelvétel csökkent és a növekedés is lassabb volt. Ez az eredmény valószínűleg a magas kitintartalomnak tudható be (Kroeckel et al., 2012). Egy nyolchetes kísérlet során kutatók bebizonyították, hogy előnevelt sárga tuskésharcsa (*Pelteobagrus fulvidraco*) esetében a teljes értékű takarmány halliszt tartalmának 20%-a felcserélhető fekete katonalégy lárva lisztre a növekedés csökkenés nélkül (Hu et al., 2017). Egy másik kutatás során előnevelt jian pontyoknál (*Cyprinus carpio var. Jian*) különböző mennyiségben váltották ki a hallisztet

rovarliszttel a takarmányban. A kísérlet kimutatta, hogy míg 75%-os zsírtalanított fekete katonalégy lárva liszt használata esetén bélszöveti károsodás, és táplálkozási stressz következett be, addig az 50%-os katonalégy lárva liszt használata esetén nem volt megfigyelhető ilyen jellegű változás (Li et al., 2017). Szivárványos pisztráng esetében sikeresen alkalmaztak zsírtalanított fekete katonalégy lárva lisztet (max. 40%-ban) a halliszt kiváltására. Ez nem volt hatással se a mortalitási eredményekre, se a halak növekedésére és a filé minőségére sem (Renna et al., 2017). Korábbi tanulmányok bizonyítják, hogy a zsírtalanítási eljárásan átesett fekete katonalégy lárva az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) számára könnyebben emészthető, mint a hagyományos liszt. A kísérlet során előnevelt halakkal végeztek 91 napos takarmányozási kísérletet, mely során bebizonyították, hogy a fekete katonalégy lárva liszt 30%-os adagolásig nincs hatással a húsminőségre, és az emésztőrendszerben sem okoz elváltozást. Az a rovarliszt, amelyen még nem végezték el a zsírtalanítási eljárást maximum 10%-ban adagolható a takarmányba. Fontos előny az is, hogy a zsírtalanítási eljárásnak köszönhetően a liszt tovább eltartható (Talamuk, 2016). Egy előnevelt afrikai harcsákon végzett tanulmány során 30 literes medencékbe helyeztek ki 30-30 halat. A kísérlet során bebizonyították, hogy azon csoportok, melyek kizárólag halliszt alapú takarmányt fogyasztottak, valamint azok, melyekben a hallisztet 25%-ban, illetve 50%-ban zsírtalanított fekete katonalégy lárva lisztre cserélték nem volt kimutatható szignifikáns különbség sem növekedésben, sem elhullásban. Azokban a csoportokban, melyekben a hallisztet 100%-ban lecserélték, statisztikailag igazolható volt a táplálékfelvétel csökkenés, valamint a növekedés csökkenése, azonban a mortalitásra ez az arány sem volt hatással. A fekete katonalégy lárva lisztet fogyasztó csoportokon hematológiai tesztet is végeztek, azonban ezen, és a kontroll (a halliszt alapú takarmányt fogyasztó csoportok) csoportok közt nem volt eltérés (Adeoye et al., 2020). Egyes kutatások azt bizonyítják, hogy a fekete katonalégy lárva lisztnak pozitív hatása van a húsminőségre, elsősorban az afrikai harcsa számára esszenciális aminosav tartalmat befolyásolja kedvező irányba (Maina et al., 2015). Egy 60 napos nevelési kísérlet során 12 medencébe helyeztek ki 15-15 afrikai haresát, melyeket 4 takarmányozási csoportra osztottak. A kontroll csoport csak hagyományos halliszt tartalmú takarmányt kapott, a többi csoportban a hallisztet 25, 50 és 75%-ban váltották ki fekete katonalégy lárva liszttel. A takarmányértékesítés statisztikailag igazolhatóan az 50%-ban kiváltott csoportban volt a legjobb. A vérparaméterekben nem volt megfigyelhető változás, azonban a máj funkciós enzimek (AST és ALT) aktivitása az 50%-ban fekete katonalégy lárva liszttel takarmányozott csoportban volt a legalacsonyabb (Fawole et al., 2020). Az 50%-os

kiváltás eredményességét egy másik kutatócsoport is igazolta. Muhammad et al. (2020) is szignifikáns növekedés különbséget mutattak ki azon halak esetében, melyeknél a pelletált tápban lévő halliszt felét fekete katonalégy lárvá lizsrtre cserélték. Végeztek kísérleteket különböző szubsztráton előállított fekete katonalégy lárvá lizsrtekkel is. Egy 2018-as kutatásban kávébabon (továbbiakban: „A” csoport) nevelt lárvák lizsrtjét hasonlították össze növényi maradványokon és kukoricaliszten nevelt lárvák lizsrtjével (továbbiakban: „B” csoport) takarmányozási szempontból. Literenként 10 zebraadánió (*Danio rerio*) lárvát népesítettek 20 literes medencékbe és ebben 3 különböző takarmányozási rendszert alakítottak ki. A kontroll növekedése és túlélése minden esetben kedvezőbb volt, mint az A és B csoportokban, azonban ez a különbség statisztikailag nem volt igazolható. Vizsgálták a halakban felhalmozódott zsírok összetételét is. Az A csoport sem telített, sem telítetlen zsírsav tartalmában nem mutatott különbséget a kontroll csoporttól, azonban a B csoport szignifikánsan magasabb értéket mutatott ezen zsírsavak mennyiségében (Vargas et al., 2018). Egy friss tanulmányban, amiben szintén zebraadániót használtak modellállatnak, a 6 hónapos kísérlet során táplálkozó lárvá kortól figyelték a fekete katonalégy lárvá lizsrt fiziológiai hatását ikrás halak esetében. Az eredmények azt mutatták, hogy a halliszt 50%-ig kiváltható anélkül, hogy a hal fiziológiai állapotára, az oocytákérésére, és egyéb szaporodásbiológiai paraméterekre hatással lenne (Chemello et al., 2022).

3. Anyagok és módszerek

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

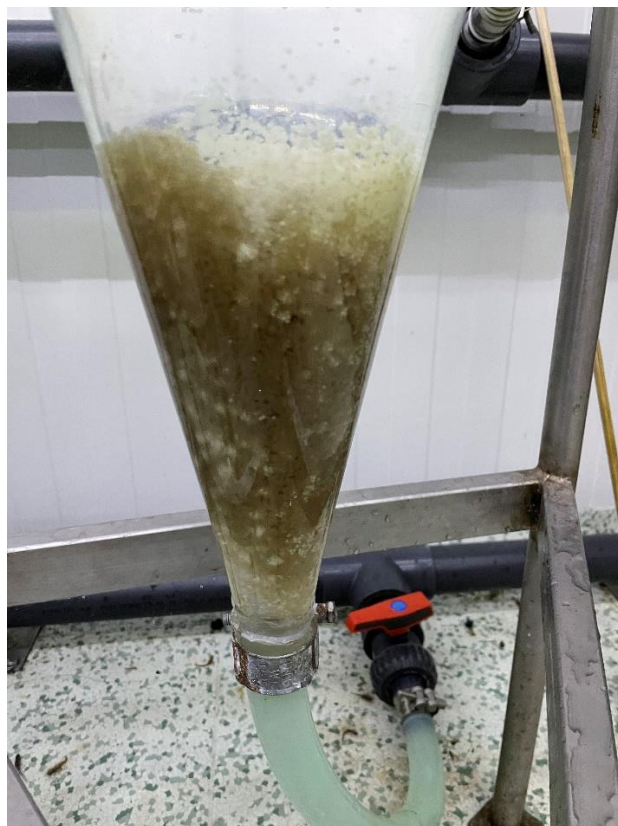
3.1. Szaporítás

Kísérletemhez az anyaállományt a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet biztosította. Az anyaállománynak és a szaporításnak az Intézet L1-es haltartó laboratóriuma adott helyet. Az anyahalakat folyamatosan kontrolált körülmények között 24°C-on tartottuk, napi takarmánymennyiségük a testtömegük 0,5%-a volt. Az indukált szaporításhoz Ovopel AUV-t használtunk (4. ábra). Az oltás megkezdésekor a víz hőmérsékletet elkezdtük 25°C-ra emelni. Az anyahalas medence hőmérséklete a szaporítás napján érte el a 25°C-os hőmérsékletet. Az ikrás egyedek testtömegkilogrammonként 1 Ovopel golyót kaptak, míg a tejeseket nem kezeltük. A szaporítás során 3 ikrást oltottunk. Az oltás egy adagban történt, a tervezett szaporítás előtt 12 órával.



4. ábra Afrikai harcsa oltás (Fotó: Petényi Róbert)

A halakat az oltás előtt fenoxi-etanol vizes oldatában altattuk (2,5 ml fenoxietanol/ 1 l víz) (Popoola, 2016). A halakat az oltás után tartóhálón különítettük el. Szaporítás során az ikrásokat szintén fenoxi-etanol oldatban elbódítottuk (2,5 ml 2-fenoxietanol/1 liter víz), a tejeseket pedig túlaltattuk. Fejés előtt a szaporításhoz használt edényeket és az ikrás halak ivarnyílása körüli testfelületet papírtörülkövel szárazra töröltük, így megelőzve az ikrák idő előtti aktivációját. A szaporítás során a 3 beoltott ikrából 2-t sikerült lefejteni. A tejesekből kioperált heréket szárazra töröltük, majd késsel sűrűn bevagdostuk. A spermát egy gézlap segítségével préseltük ki a heréből. A két spermamintát pooloztuk, és a két ikrátételre öntöttük, majd elkevertük. A 2 ikrástól nyert 270 és 365 gramm ikrát, 4,5-4,5 ml spermával termékenyítettük. A termékenyítést rendszervízzel végeztük. Az ikrátétel duzzasztása Woynárovich-féle krabamidós-sós oldatban (10 l vízben 40 g konyhasó és 30 g karbamid) történt. Ezt követően a két tétel termékenyített ikrát két külön 9 literes Zuger-üvegbe helyeztük és $24\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ -on inkubáltuk, $7\pm 0,5$ mg/l oldott oxigéntartalom mellett (5. ábra).



5. ábra Afrikai haresa ikrák inkubálása (Fotó: Bartucz Tamás)

A szaporítást követő 12 órával a termékenyülést Leica EZ4 E mikroszkóp alatt ellenőriztük 8x-os nagyításon. Az ikrá a termékenyítéstől számított 24 órára kelni kezdett (6. ábra). A Zuger-üvegekből szifon segítségével nagyméretű keltető tálakba szívtuk az ikrát, ahol a kelést lámpával segítettük elő. A lekelt lárvát Zuger-üvegekkel azonos vízparaméterekkel (hőmérséklet és oxigén) rendelkező ivadéknevelő medencébe (146 cm*76 cm*21 cm) helyeztük át.



6. ábra Frissen kelt afrikai harcsa lárva (Fotó: Volner Cintia)

3.2. Ivadéknevelés

A kelés utáni 3. napon a lárva táplálkozni kezdett. A táplálkozás megkezdésétől számított 6. napig dekapszulált sórák (*Artemia salina*) petével etettük az ivadékot. A 7. napon 10 literes medencékbe helyeztük 50 hal/liter egyedsűrűségben az állományt (medencénként 500-500 egyed). A medencék egy állandó környezeti paramétereket biztosító recirkulációs rendszerhez tartoztak. A rendszer részét képezte továbbá egy biológiai és egy mechanikai szűrő, valamint egy UV fényel működő csírátlanító berendezés. Az állandó hőmérsékletet egy automata rendszer szabályozta. A kísérlet során a vízhőmérséklet $25 \pm 1^\circ\text{C}$, míg az oldott oxigén mennyisége 6 ± 1 mg/l volt. A kísérletbe bevont 20 medencét random módon 4 csoportra osztottuk, melyekben 4 különböző

takarmányozási rendszert alkalmaztunk öt ismétlésben. Az egyik csoport etetéséhez hagyományos, az Aller cég által gyártott és forgalmazott Infa indító takarmányt alkalmaztunk 400 mikronos méretben, aminek beltartalma az alábbi volt:

- Nyers fehérje: 64%
- Nyers zsír: 10%
- Nyers hamu: 12,1%

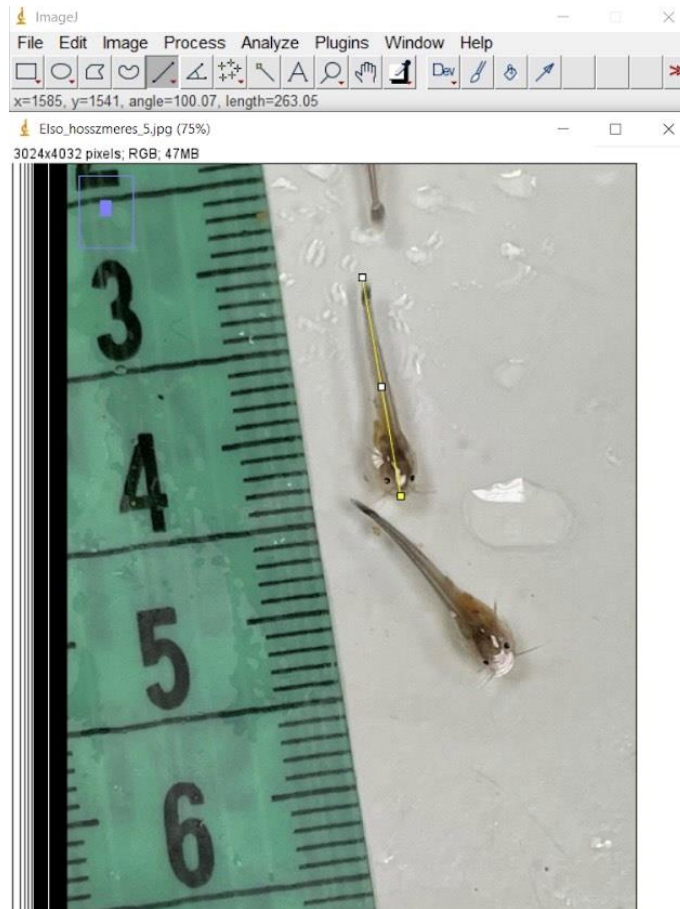
A második csoport esetében a takarmány 33%-át zsírtalanított fekete katonalégy lárva liszttel helyettesítettük, míg a harmadik csoport esetében ez az arány 66% volt. A negyedik csoport esetében tisztán csak rovarlisztet etettünk. A halakat a kísérlet során *ad libitum* (étvágy szerint) takarmányoztuk. Az etetési kísérlet 28 napig tartott. A fekete katonalégy liszt alapanyagát az Agroloop Hungary Kft. biztosított pehely formájában, melyet kézi mozsárral porítottunk és a halliszt alapú takarmány méretével azonos frakciót alkottunk.

3.3. Mérés

A medencék népesítésével egy időben 50 halat kivettünk egy Petri-csészébe, 2-fenoxietanollal túlaltattuk, majd lemértük az egyedek teljes testhosszát és testtömegét.

Hosszmérés

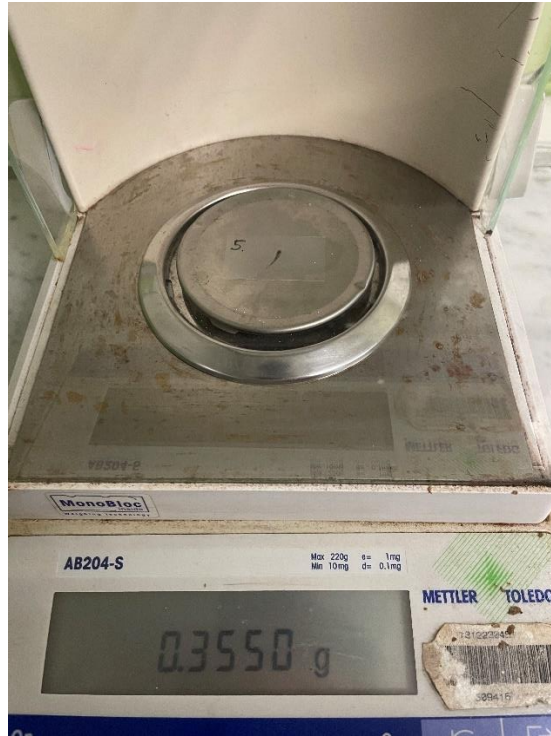
A halakat Petri-csészébe helyeztük és egy centiméterenként beosztott mérőszalagot helyeztünk a Petri-csésze alá. A Petri-csészéről felülről, közélről fényképet készítettünk úgy, hogy a halak jól elkülönüljenek egymástól, ne legyenek átfedésben. Az így készült fényképeket számítógépre másoltuk. A képet ImageJ program (Fejlesztő: Wayne Rasband, verziószám: 1.52) segítségével megnyitottuk, ahol megmérhető a halak és a referencia tárgy hossza pixelben kifejezve (7. ábra). Az alkalmazás saját rajz eszközével megjelöltük a már megmért halakat. Standardként használt mérőszalag pixeleinek megmérése után a halak hosszát is megmértük, szintén pixelben. A pixelszámok ismeretében egy egyenes arányossággal könnyen kiszámítható volt a halak teljes testhossza milliméterben kifejezve.



7. ábra Afrikai harcsa lárvák mérése ImageJ alkalmazás segítségével (Fotó: Bartucz Tamás)

Nedves és légszáraz testtömeg mérés

A testtömeg mérések méretre vágott alufólia darabokon történtek, melyeket felszámoltunk a visszakövethetőség érdekében. A nedvestömeg méréséhez először az alufólia tömegét mértük meg Mettler Toledo AB204-S típusú analitikai mérlegen, milligramm pontossággal, majd feljegyeztük a mért értéket (8. ábra). A túllatott halakról az alufóliára helyeztük, a rajtuk lévő nedvességet papírtörülőkendővel leitatottuk, majd megtörtént a tömegmérés.



8. ábra Afrikai harcsa lárva mérése analitikai mérlegen (Fotó: Bartucz Tamás)

A nedves testtömeg mérése után a halakat szárítószekrénybe helyeztük, és az OECD protokoll szerint 24 óra alatt 60 °C-on (OECD 210, Fish, Early-life Stage test) (Internet 13.) szárítottuk légszáraz állapotig. A halakat ismét megmértük a számozott alufóliával együtt. A mért adatokból kivonva az alufólia tömegét kiszámolható, mind a nedves, mind a légszáraz tömeg.

A 28 napos kísérlet 14. és 28. napján végeztünk méréseket. Ilyenkor minden medencéből 20-20 egyedat vettünk ki. A kísérlet során minden nap dokumentáltuk a vízparamétereket (oldott oxigén és hőmérséklet), és a munkafolyamatokat, valamint feljegyeztük az elhullást. A 14. és a 28. napon végzett mérések eredményeit a megmaradás, a testhossz, a nedves- és légszáraz testtömeg esetében is egyszempontos varianciaanalízissel, majd Tukey's utótesztet alkalmazásával hasonlítottuk össze. Az eltéréseket minden esetben 95%-os szignifikancia szint mellett vizsgáltuk. A statisztikai elemzéshez Graphpad Prism 4.0 szoftver használtunk.

4. Eredmények és értékelésük

3. táblázat A kísérlet során mért eredmények összefoglalása (Variansciaanalízis esetében P érték minden esetben <0,01)

	Testhossz a 14. napon (mm)	Nedves testtömeg a 14. napon (mg)	Légszáraz testtömeg a 14. napon (mg)	Testhossz a 28. napon (mm)	Nedves testtömeg a 28. napon (mg)	Légszáraz testtömeg a 28. napon (mg)	Megmaradás %
Táp	22,81±0,88 ^a	104,9±18,36 ^a	16,25±2,43 ^a	36,46±3,7 ^a	463,29±133,84 ^a	72,57±16,54 ^a	57,48±13,76 ^a
33% rovar liszt	22,81±0,58 ^a	103,36±14,53 ^a	16,18±3,37 ^a	36,72±2,97 ^a	429,79±97,08 ^a	69,7098±21,54 ^a	60,36±10,58 ^a
66% rovar liszt	21,94±1,53 ^{ab}	95,28±14,19 ^a	15,21±2,87 ^a	35,03±2,8 ^a	415,01±119,94 ^a	65,3946±19,28 ^a	56,6±17,36 ^a
Rovar liszt	19,16±1,17 ^b	70,15±10,18 ^b	9,94±1,29 ^b	23,82±2,94 ^b	207,57±62,29 ^b	27,7926±11,31 ^b	15,88±6,8 ^b

Megmaradás

A szaporítást követő 12 órával a termékenyülést mikroszkóp alatt értékeltük, 40%-os arányt kaptunk. A kísérlet kezdetekor minden medencébe 500-500 halat helyeztem ki. A napi takarítás elvégzése során minden alkalommal leszámoltam az elhullott tetemet. A jelentkező kanibalizmus miatt a tetemek leszámolása nem adott pontos eredményt, csak a tendenciák követésére volt alkalmas. A kísérlet felszámolásakor minden medencében megszámoltuk a megmaradt halakat. A kizárólag teljes értékű takarmányt fogyasztó csoportok (továbbiakban 'A' csoport) átlagos megmaradása $57,48\% \pm 13,76$, a 33%-ban fekete katonalégy lárva lisztet fogyasztó csoportoké (továbbiakban 'B' csoport) $60,36\% \pm 10,58$, a 66%-ban rovarlisztet fogyasztó csoportoké (továbbiakban 'C' csoport) $56,6\% \pm 17,36$, míg a kizárólag rovarliszttel takarmányozott csoportoké (továbbiakban 'D' csoport) $15,88\% \pm 6,8$ volt. Az 'A' a 'B' és a 'C' csoportok megmaradásában nem volt statisztikailag kimutatható különbség. A 'D' jelű csoport túlélési aránya szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a többi három ($P < 0,001$) csoporté.

Testtömeg mérés

A kísérlet kezdetekor random módon kiválasztottam 50 halat, melyeket megmértem. Nedves testtömegük átlagosan $14,43 \pm 3,04$ mg, légszáraz testtömegük $0,4 \pm 0,15$ mg volt. A következő mérésre a kísérlet 14. napján került sor. A méréshez minden medencéből random módon kivettem 20-20 halat. Az 'A' csoport átlagos nedves testtömege $104,9 \pm 18,36$ mg, légszáraz testtömege $16,25 \pm 2,43$ mg volt. A 'B' csoport nedves testtömege $103,36 \pm 14,53$ mg, a légszáraz testtömege $16,18 \pm 3,37$ mg. A 'C' csoport átlagos testtömege $95,28 \pm 14,19$ mg, légszáraz tömege $15,21 \pm 2,87$ mg, a 'D' csoport nedves tömege $70,15 \pm 10,18$ mg légszáraz tömege pedig $9,94 \pm 1,29$ mg volt. A statisztikai értékelés alapján az 'A', 'B' és 'C', valamint a 'C' és 'D' csoportok közt nem volt kimutatható szignifikáns különbség a nedves testtömeg tekintetében, azonban a 'D' jelű csoport szignifikánsan kisebb volt az 'A' ($P < 0,001$) és 'B' ($P < 0,05$) jelű csoportoknál. A légszáraz testtömeg esetében a 'D' csoport szignifikánsan kisebb volt, mint az 'A' ($P < 0,01$), a 'B' ($P < 0,01$) és a 'C' ($P < 0,05$) csoportok. A kísérlet zárásakor az 'A' csoport átlagos nedves testtömege $463,29 \pm 133,84$ mg légszáraz tömege $72,57 \pm 16,54$ mg, a 'B' csoport nedves tömege $429,79 \pm 97,08$ mg, légszáraz tömege $69,7098 \pm 21,54$ mg volt. A 'C' csoport nedves tömege $415,01 \pm 119,94$ mg, míg légszáraz tömege $65,3946 \pm 19,28$ mg. A 'D' csoport nedves tömege $207,57 \pm 62,29$ mg légszáraz tömege pedig $27,7926 \pm 11,31$ mg volt. Az 'A', 'B' és 'C' jelű csoportok között nem volt

kimutatható szignifikáns különbség sem a nedves testtömeg mérések, sem pedig a légszáraz testtömeg mérések során. A 'D' jelű, kizárólag rovarlisztet fogyasztó csoport nedves tömege a kísérlet lezárásakor statisztikailag kimutathatóan kisebb volt, mint az 'A' ($P < 0,01$), a 'B' ($P < 0,05$) és a 'C' ($P < 0,05$) jelű csoportoknak. A légszáraz testtömegek is hasonlóan alakultak. Az 'A', 'B' és 'C' csoportok közt nem volt szignifikáns különbség, a 'D' csoport szignifikánsan kisebb volt, mint az 'A' ($P < 0,01$), a 'B' ($P < 0,01$) és a 'C' ($P < 0,05$) jelű csoportok.

Testhossz mérés

A népesítés előtt kiválasztott 50 egyednek megmértem a testhosszát, melyek átlaga $12,58 \pm 0,29$ mm volt. A 14. napon minden medencéből 20-20 egyedet vettem ki, melyek testhosszát megmértem. Az 'A' és 'B' jelű csoportok testhossza megegyezett, mindkét csoport átlagos testhossza 22,81 mm ('A' csoport: $22,81 \pm 0,88$; 'B' csoport: $22,81 \pm 0,58$) volt. A 'C' jelű csoport átlagos testhossza $21,94 \pm 1,53$ mm-es, míg a 'D' csoport esetében $19,16 \pm 1,17$ mm volt. Az 'A', 'B' és 'C' csoportok közt nem volt kimutatható statisztikai különbség, de a 'D' csoport szignifikánsan kisebb volt, mint az 'A' ($P < 0,001$), 'B' ($P < 0,001$) és 'C' ($P < 0,01$) jelű csoportok. A kísérlet lezárásakor az 'A' csoport átlagos testhossza $36,46 \pm 3,7$ mm, a 'B' csoporté $36,72 \pm 2,97$ mm, a 'C' csoporté $35,03 \pm 2,8$ mm, míg a 'D' jelű csoporté $23,82 \pm 2,94$ mm volt. A kísérlet zárásakor az 'A', 'B' és 'C' jelű csoportok között nem volt kimutatható szignifikáns különbség a halak testhosszában. A 'D' jelű, csoport testhossza statisztikailag igazolhatóan kisebb volt, mint a többi csoporté ($P < 0,001$).

5. Következtetések, javaslatok

A kísérlet során a hipotézist igazoló eredményeket kaptunk. A fekete katonalégy lárvából előállított zsírtalanított rovarliszt alkalmas a gazdasági körülmények közt is használt teljes értékű indítótakarmány részleges kiváltására. A korábban citált tanulmányok már bizonyították, hogy a halliszt fajtól és korosztálytól függően kiváltható fekete katonalégy lárvá liszt alkalmazásával, azonban jelen ismereteink alapján komplex haltakarmányt még nem helyettesítettek rovarliszttel. Kísérletem során sikerrel váltottam ki a teljes értékű ivadéknevelő takarmányt 66%-ig fekete katonalégy lárvá liszttel, úgy, hogy a csoportok testhossza, nedves- és légszáraz testtömege valamint megmaradása közt sem volt kimutatható szignifikáns különbség.

Egy kilogramm, az Aller cég által gyártott Infa indítótakarmány ára 2,77€/kg, azonban az egyre drágább és egyre kisebb mennyiségben rendelkezésre álló halliszt miatt a teljes értékű haltakarmányok ára a jövőben tovább fog emelkedni. Egy kilogramm zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszt nagykereskedelmi ára a Távol-Keleten már napjainkban is 2-2,3 €/kg. A rovariparág folyamatos növekedése és a technológia folyamatos fejlődése hosszútávon a rovarliszt világpiaci árának csökkenéséhez vezet. Az árkülönbség mellett fontos előny, hogy a halliszt részleges lecserélése zsírtalanított fekete katonalégy lárvá liszttel nagy lépés a fenntartható haltermelés irányába. Ezen tények összessége miatt egyre nagyobb lehetőség nyílhat a fekete katonalégy lárvá liszt, mint alternatív fehérjeforrás alkalmazására az akvakultúrában ipari körülmények közt is.

Kísérletemből kiderül, hogy a fekete katonalégy lárvá liszt a jövőben alapjául szolgálhat egy fajspecifikus indítótakarmány megalkotásához. A jövőbeli kutatások választ adhatnak arra, hogy az ivadéknevelés mely szakaszában, és pontosan milyen mennyiségben érdemes rovarlisztet alkalmazni az afrikai harcsa ivadéknevelésében. Javaslom továbbá olyan kísérletek elvégzését, mely a különböző szubsztráton nevelt, eltérő beltartalmi értékű fekete katonalégy lárvá lisztek összehasonlítására irányul, ezzel is elősegítve egy rovarliszten alapuló, komplex takarmányozási rendszer kialakítását.

6. Összefoglalás

Napjainkban a leggyorsabban növekvő élelmiszertermelő ágazat az akvakultúra. A népesség növekedésével a hal utáni kereslet is folyamatosan nő. A természetesvízi halászat már nem képes kielégíteni az igényeket. Mára az ember által elfogyasztott hal 50%-át gazdaságokban állítják elő, de ez a szám 2030-ra akár a 60-70%-ot is elérheti (Subasinghe et al., 2009). Az akvakultúra szektor növekedésével párhuzamosan növekszik a teljes értékű takarmányok iránti igény is. A leggyakrabban alkalmazott haltakarmányok magas fehérje- és aminosavtartalmát a gyártók halliszttal biztosítják. Egy tonna halliszt előállításához kb. négy és fél tonna élő hal szükséges, amely máig természetesvízi, ezen belül tengeri halászatból származik. Belátható, hogy a természetesvízi halászatból történő halliszt előállítás nem fenntartható. Kutatások bizonyítják, hogy a tengerek és óceánok élővilága az elmúlt évtizedekben drasztikusan lecsökkent, ez részben a túlhalászásnak köszönhető. Napjainkban egyre több kutatás zajlik a halliszt, mint takarmány komponens kiváltására. A kutatások egyik iránya a rovar eredetű fehérjék hasznosítása a haltakarmányozásban. Kísérletem során fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárva lisztet alkalmaztam, mivel aminosavprofilja alapján a takarmányozási célra engedélyezett fajok közül a legkedvezőbb lehet a haltakarmányozásban. A kísérletemhez modellfajnak az afrikai harcsát (*Clarias gariepinus*) választottam, mivel hazánkban ez az intenzív rendszerekben legnagyobb volumenben előállított halfaj.

Kísérletemben célul tűztem ki a fekete katonalégy lárva liszt direkt etetési lehetőségeinek vizsgálatát az afrikai harcsa ivadéknevelésében. A kutatás hosszútávú célja megalapozni egy olyan takarmányozási rendszert, mely a későbbiekben alapjául szolgálhat egy, a gyakorlatban is alkalmazható, fenntartható ivadéknevelő takarmány előállításának.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézetének kísérleti rendszerében végzett kísérleteink során indukált szaporításból származó afrikai harcsa lárvákat népesítettünk 50 egyed/liter egyedsűrűségben. A 10 literes medencéket egy azonos vízminőséget biztosító recirkulációs rendszer részét képezték. A kísérletbe vont 20 medencét random módon 4 csoportra osztottunk. A 4 csoportban különböző takarmányozási rendszereket állítottunk be. A kontroll csoport hagyományos, teljes értékű indítótakarmányt kapott, a második csoportban a teljes értékű táp 33%-át zsírtalanított fekete katonalégy lárva lisztre cseréltük, a harmadik csoportban ez az arány 66% volt. A negyedik csoport kizárólag rovarlisztet fogyasztott.

Az eredmények azt mutatják, hogy kontroll és a 33% valamint 66%-ban fekete katonalégy lárva lisztet fogyasztó csoportoknál nem mutatható ki szignifikánsan alacsonyabb megmaradás ($57,48 \pm 13,76$; $60,36 \pm 10,58$; $56,6 \pm 17,36$). A halak nedves ($463,29 \pm 133,84$; $429,79 \pm 97,08$; $415,01 \pm 119,94$) és légszáraz testtömege ($72,57 \pm 16,54$; $69,7098 \pm 21,54$; $65,3946 \pm 19,28$), valamint testhossza ($36,46 \pm 3,7$; $36,72 \pm 2,97$; $35,03 \pm 2,8$) közt sincsen statisztikailag kimutatható különbség. A kizárólag rovarlisztet fogyasztó csoportok megmaradása ($15,88 \pm 6,8$), száraz- ($27,7926 \pm 11,31$) és nedves ($207,57 \pm 62,29$) testtömege valamint testhossza ($23,82 \pm 2,94$) is szignifikánsan alacsonyabb volt. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a teljes értékű indítókarmány 66%-ig kiváltható az afrikaiharcsa ivadéknevelésében.

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 segítségért.

Szeretném megköszönni Nagy Borbálának, Molnár Józsefnek, Láng Levente Zetének, Csókás Endrének, Gyurcsák Márknak, Várkonyi Dávidnak, Petényi Róbertnek, Bartos Istvánnak, és Volner Cintióának, valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék összes munkatársának, hogy segítették a munkám szervezését és lebonyolítását.

Köszönettel tartozok Dr. Urbányi Béla Professzor Úrnak, hogy kísérletemhez teret és infrastruktúrát biztosított az Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet recirkulációs rendszerében.

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

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani a munkámat támogató Nemzeti Tehetség Program- Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíj (NTP-NFTÖ-22-B) pályázatnak, mely biztosította a kísérletem lebonyolításához, és kiértékeléséhez szükséges eszközöket.

8. Irodalomjegyzék

- Abdel- Mobdy, H. E., Abdel-Aal, H. A., Souzan, S. L., & Nassar, A. G., 2021.: Nutritional value of African catfish (*Clarias gariepinus*) meat. Asian Journal of Applied Chemistry Research. 8(2). pp. 31-39.
- Adeoye, A. A., Akegbejo-Samsons, Y., Fawole, F. J., & Davies, S. J., 2019.: Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larva meal in the African catfish (*Clarias gariepinus*): Impact on growth, body index and hematological parameters. Journal of the World Aquaculture Society. 51. pp. 1024-1033.
- Agbebi O T, Otubusin S O and 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, 6-10.
- 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.
- Appelbaum, S. & McGeer, J.C. 1998.: Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. Aquaculture Nutrition sz. 4. pp. 157-164.
- Bandara, T., 2018.: Alternative feed ingredients in aquaculture: Opportunities and challenges. Journal of Entomology and Zoology Studies 2018; 6(2). pp. 3087-3094
- Booth D.C. & Sheppard, C., 1984.: Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. Environmental Entomology. 13. 421-423.
- Boyd, C. E., 2015.: Overview of aquaculture feeds. Feed and Feeding Practices in Aquaculture, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition., Pp. 3-25.
- Bureau, D. P., Harris, A. M. & Cho, C. Y., 1999.: Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 180. pp. 345–358.
- Calvert, C., Martin, R., & Morgan, N. 1969.: House fly pupae as food for poultry. Journal of Economic Entomology, 62, pp. 938-939.

- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I W., Talamond, P., & Baras, E., 2013.: Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Kampus IPB Taman Kencana Bogor. Percetakan IPB. pp. 1-10.
- Chemello, G., Zarantoniello, M., Randazzo, B., Gioacchini G., Truzzi, C., Cardinaletti, G., Riolo, P., Olivotto, I., 2022.: Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) enriched with *Schizochytrium* sp. on zebrafish (*Danio rerio*) reproductive performances Aquaculture. 550. 737-853.
- Chervinski, J., 1984.: Salinity tolerance of young catfish, *Clarias lazera* (Burchell). Journal of Fish Biology. 25. pp. 147-149.
- Diclaro, J. W., & Kaufman, P. E., 2021.: Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae) UF IFAS Extension University of Florida. EENY 461.
- 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.
- Fawole, F.J., Adeoye, A.A., Tihamiyu, L.O., Ajala, K.I., Obadara, S.O., and Ganiyu, I.O. 2020.: Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. Aquaculture. 518, pp. 734-849.
- Fowler, L.G., 1990. Feather meal as a dietary protein source during Parr-smolt transformation in fall chinook salmon. Aquaculture, 89. pp. 301-314.
- 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.
- 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.
- Hall, E.A., 3 968. Notes of spawning behaviour of barbel *Clarias gariepinus* Burcheil in Rhodesia. Zool. Afr., 3. pp. 185-188.

- Hancz, Cs., 2011.: Halkarmányozás. Kaposvári Egyetem. pp. 1-14.
- Harka, Á. & Sallai, Z., 2004.: Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület: Szarvas, pp 146-147.
- 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.
- Hertrampf, J., W., Piedad-Pascual F. 2000.: Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. 1, Springer, Netherlands, 2000. pp. 450-500
- Higgs, D.A., Markert, J.R., Macquarrie, D.W., McBride, J.R., Dosanjh, B.S., Nichols, C. and 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.
- Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R. & Joshi, N. H., 2020.: Fish meal and fish oil replacement for aquafeed formulation by using alternative source.: a . *J. Exp. Zool. India* Vol. 23, No. 1, pp. 13-21.
- Hoogendorn, H., 1983. The African catfish (*Clarias lazera* C.& V., 1840) – A new species for aquaculture. Doktori értekezés. Wageningen. p. 22.
- Hu, J. R., Wang, G. X., Huang, Y. H., Sun, Y. P., He, F., Zhao, H. X., Li, N., 2017.: Effects of substitution of fish meal with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal, in Yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) diets. *Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*. 69. p. 1382.
- Hua. K. 2021.: A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. *Aquaculture*, 530. 735732.
- Khoury, R.M., 2004.: Intensive Fish Farming aquaculture technology (South Africa) Johannesburg. pp. 1-330.

- 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.
- 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.
- Krishnakumar, K., Ali, A., Pereira, B. & Raghavan, R. (2011): Unregulated aquaculture and invasive alien species: a case study of the African Catfish *Clarias gariepinus* in Vembanad Lake (Ramsar Wetland), Kerala, India. Journal of Threatened Taxa 3, 1737– 1744.
- Kroeckel, S., Harjes, A. G. E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C. 2012.: When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fishmeal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture. 364. pp. 345-352.
- 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.
- Li, S. L., Ji, H., Zhang, B. X., Zhou, J. S., & Yu, H. B., 2017.: Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larva meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. Aquaculture. 477. pp. 62-70.
- Maina, A., 2015.: Growth performance and carcass characteristics of the african catfish (*Clarias gariepinus*) Reared on diets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal, Agriculture and Enterprise Development of Kenyatta University. Doktori disszertáció. pp. 32-59.
- 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.
- Mézes M, Bódis M. (2015): Takarmányozási rendszerek és takarmányok. in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk)., Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp.78-86.

- Muhammad, A. H., Mas T. D. S., Moch, N., 2020.: Potential addition of black soldier fly carcass meal in sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus*) feed formulation. AACL Bioflux. 13. 5. pp. 2567-2576.
- NRC, 2011.: Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academy Press, Washington D.C pp. 34-229
- Ogunji, J., Schulz, C., & Kloas, W. 2008.: Growth performance, nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed housefly maggot meal (maggmeal) diets. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8, pp. 141-147.
- Olsen, R. G. & Hasan, M. R., 2012.: A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. Trends in Food Science & Trends, 27. évf. 2. sz. pp. 120-128.
- Øverland, M., Tauson, A. H., Shearer K, Skrede A. 2010.: Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. Archives of Animal Nutrition. 64. pp. 171-89.
- Pauly, D. & Christensen, V., 1995.: Primary production required to sustain global fisheries. Nature. 374. pp. 255-257.
- Popoola, O., M., 2016.: Comparative Effects of Clove Oil and 2-phenoxy ethanol on the Anaesthetic and Haematological Properties of *Clarias gariepinus* juveniles. Applied Tropical Agriculture, 21, 3, pp. 215-222.
- Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., Prearo, M., Capucchio, M. T., Biasato, I., Biasibetti, E., De Marco, M., Brugiapaglia, A., Zoccarato, I., & Gasco, L., 2017.: Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. Journal of Animal Science and Biotechnology. 8, 57.
- Rónyai, A., & Váradi, L., 1995.: The sturgeons. In: World Animal Science C8, (Eds.: C. E. Nash and A.J. Novotny) Production of Aquatic Animals. ELSEVIER, Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo, pp: 95-108.
- Rowe, A., 2020.: Insects raised for food and feed – global scale, practices, and policies. Effective Altruism Forum. Elérhető: <https://tinyurl.com/yxzf8hec>

- Subsinghe, R., Soto, D. & Jia, J., 2009.: Global aquaculture and its role in sustainable development. Review in Aquaculture. 1. pp. 2-9.
- Tacon, P. 2014.: Understanding yeast, in Aquafeed. Aqua feed international, United Kingdom, pp. 13-16.
- Talamuk, R., 2016.: Comparisions 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. Doktori disszertáció. pp. 25-53.
- Tomberlin J.K., Adler P.H. & Myers, H.M., 2009.: Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. Environmental Entomology. 38. pp. 930-934.
- 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.
- Urbányi, B. 2015.: Afrikai harsa (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk)., Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia-Print Kft pp. 5-10..
- van de Nieuwegiessen, P. G., 2009.: Welfare of African catfish, effect of stocking density. PhD dissertation. Wageningen University. Wageningen. pp. 43-60.
- 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.
- Vargas, A., Randazzo, B., Riolo, P., Truzzi, C., Gioacchini, G., Giorgini, E., Loreto, N., Ruschioni, S., Zarantoniello, M., Antonucci, M., Polverini, S., Cardinaletti, G., Sabbattini, S., Tulli, F., Olivotto, I., 2018.: Rearing Zebrafish on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*): Biometric, Histological, Spectroscopic, Biochemical, and Molecular Implications. Zebrafish. 15. 4.
- Viveen, W.J.A.R., Richter, C.J.J., van Oordt, P.G.W.J., Janssen, J.A.L., Huisman, E.A. 1985.: Practical manual for the culture of the African catfish (*Clarias gariepinus*). Published by: Directorate General International Coopeartion of the Ministry of Foreign Affairs, The Hague, the Netherlands; Dept. of Fish Culture and Fisheries of the Agricultural University of Wageningen, the Netherlands; Research Group for Comparative Endocrinology, Dept. of Zoology of the University of Utrecht, the Netrelands. pp.50-107.

Weyl, O. L. F., Daga, V. S., Ellender, B. R., & Vitule, J. R. S., 2016.: A review of *Clarias gariepinus* invasions in Brazil and South Africa. *Journal of Fish Biology*. 89. pp. 386-402.

Woyanovich, A.; Hoitsy, Gy., & Moth-Poulsen, T., 2011.: Small-scale rainbow trout farming. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 561. Rome, FAO. 2011. pp. 1-81.

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) pp. 582-599.

Internetes hivatkozások:

Internet 1. Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (letöltés: 06/2022)

Internet 2. IUCN, 2019. IUCN Red List of Threatened Species. [Online], Available at: <http://www.iucnredlist.org>, (letöltés dátuma): 14.07.2022].

Internet 3. FAO 2022. *Clarias gariepinus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Pouomogne, V.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. [Cited Friday, September 30th 2022].

Internet 4. FAO. 2021. FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. Rome/Roma. pp. 10-35.

Internet 5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/taxonomy/tree/?taxon=343691> (letöltés: 22/09/2022)

Internet 6. <https://www.insectrearing.com/black-soldier-flies-and-composting>(letöltés: 20/10/2022)

Internet 7. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/03/29/2411890/0/en/Black-Soldier-Fly-Market-Future-Growth-Dynamics-2022->

CAGR-of-34-00-Forecast-During-2022-2026-with-Market-Set-to-Reach-US-1400-Million-by-2028-Vantage-Market-Research.html (letöltés: 23/09/2022)

Internet 8, <https://www.adroitmarketresearch.com/industry-reports/black-soldier-fly-market> (letöltés: 23/09/2022)

Internet 9. <https://grinsect.com/> (letöltés: 23/09/2022)

Internet 10. <https://www.iffco.com/increased-fishmeal-production-36-while-fish-oil-production-dropped-6-january-december-2021> (letöltés: 23/09/2022)

Internet 11. <https://agrarium7.hu/cikkek/868-cgf-dgs-ddgs-a-takarmanyozasban> (letöltés: 23/09/2022)

Internet 12. <https://magyarmezogazdasag.hu/2015/07/08/ddgs-takarmanyozas-aranytartaleka> (letöltés: 23/09/2022)

Internet 13. OECD, 1992. <https://www.oecd-ilibrary.org>. [Online] Available at: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-210-fish-early-life-stage-toxicity-test_9789264070103-en [Hozzáférés dátuma: 18.10.2019].

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák

1. ábra Az afrikai harcsa (<i>Clarias Gariepinus</i>) (Harka & Sallai, 2004)	6
2. ábra Az afrikai harcsa eredeti elterjedése (Internet 3.).....	8
3. ábra A fekete katonalégység (<i>Hermetia illucens</i>) (Internet 6.).....	11
4. ábra Afrikai harcsa oltás (Fotó: Petényi Róbert).....	23
5. ábra Afrikai harcsa ikra inkubálása (Fotó: Bartucz Tamás).....	24
6. ábra Frissen kelt afrikai harcsa lárva (Fotó: Volner Cintia).....	25
7. ábra Afrikai harcsa lárvák mérése ImageJ alkalmazás segítségével (Fotó: Bartucz Tamás).....	27
8. ábra Afrikai harcsa lárva mérése analitikai mérlegen (Fotó: Bartucz Tamás).....	28

Táblázatok

1. táblázat A legnagyobb afrikai harcsa előállító országok termelése 2015 és 2019 közt (FAO, 2021).....	10
2. táblázat Halliszt típusok beltartalmi értékei (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000)	17
3. táblázat A kísérlet során mért eredmények összefoglalása (Varianciaanalízis esetében P érték minden esetben <0,01)	29

10.Nyilatkozatok

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

NYILATKOZAT

Bautucz Tamás (név) (hallgató Neptun azonosítója: LIAPFDP)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év 11 hó 03 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

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

NYILATKOZAT

Bartucz Tamás (név) (hallgató Neptun azonosítója: HAPFDP)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekinttem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*³

Kelt: 2023 év 11 hó 03 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: Bartucz Tamás
A Hallgató Neptun kódja: HAPFDP
A dolgozat címe: Fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárvá liszt alkalmazása afrikaiharcsa (*Clarias gariepinus*) ivadéknévelésében
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Halgazdálkodási Tanszék

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

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

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

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

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

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

Kelt: 2023 év 11 hó 05 nap



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.