

Tudományos Diákköri Dolgozat

Csókás Endre

2021



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2021. november 24.

Rovarfehérje-kiegészítés hatásának vizsgálata a kecsge takarmányozásában

Investigation of sterlet feeding with added insect protein

Készítette: Csókás Endre, C1V3AE
Mezőgazdasági mérnök
Nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezetők: **Dr. Bokor Zoltán**
tudományos főmunkatárs
Dr. Csorbai Balázs
tudományos munkatárs
Rideg Árpád
ügyvezető

Szent István Campus, Gödöllő
2021

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
1.1. Célkitűzés.....	4
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. A tokfélék eredete	5
2.2. A kecsge általános bemutatása	6
2.2.1. Rendszertani besorolása	6
2.2.2. Testfelépítése	7
2.2.3. Elterjedése.....	8
2.2.4. Táplálkozása	8
2.2.5. A kecsge takarmányozása.....	9
2.3. A halliszt és annak kiváltása	11
2.3.1. Problémák a hallisztel.....	11
2.3.2. A rovarfehérjék	13
2.3.3. A fekete katonalégy	14
2.4. Az intenzív recirkulációs rendszerek.....	15
2.4.1. Az intenzív rendszerek története	15
2.4.2. Az intenzív rendszerek működése	16
3. Anyag és módszer	18
3.1. Az anyahalak tartása.....	18
3.2. A hormonális indukció	18
3.3. A termékenyítés.....	19
3.4. A kecsgealárvák keltetése, nevelése.....	19
3.5. A takarmányozási kísérlet	22
3.5.1. A kísérleti táp előkészítése	22
3.5.2. A kísérlet lebonyolítása	23
3.5.3. Az etetési ciklusok	26
4. Eredmények és értékelésük	29
4.1. Első etetési szakasz eredményei.....	29
4.2. Második etetési szakasz eredményei	29
4.3. Harmadik etetési szakasz eredményei	30
4.4. Negyedik etetési szakasz eredményei	31
4.5. Ötödik etetési szakasz eredményei.....	32
4.6. Következtetések és javaslatok	34
5. Összefoglalás	36
6. Irodalomjegyzék.....	37
7. Köszönetnyilvánítás	40

1. Bevezetés

Dolgozatomban a kecsege (*Acipenser ruthenus*) növendékhal korosztály nevelése során, rovarból nyert fehérjével való takarmány-kiegészítés hatását vizsgáltam recirkulációs halnevelő rendszerben. Ezen rendszerek esetében elengedhetetlen a költségek optimalizálása, illetve az európai és világtrendekhez illeszkedő fenntartható takarmányozási technológiák kifejlesztése. Napjainkban a világ, ezen belül Magyarország igénye az étkezési céllal termelt halra folyamatosan nő, ezt bizonyítják a FAO által kiadott statisztikai adatok, melyek szerint a haltermelés növekvő tendenciát mutat. Hasonló növekedés figyelhető meg a világ halfogyasztása kapcsán is, 2019-re az egy főre eső elfogyasztott hal mennyisége átlagosan 20,5 kg volt, ami a korábbi évekhez képest rekord. Népélelmezési szempontból tehát az édes-, és sósvízi haltermelés egy nagyon fontos kérdés (FAO 2020). Ezt a tézist erősíti az is, hogy a természetes vízi fogások csökkennek, az akvakultúrában történő haltermelés pedig nő. A halfogyasztás az állati eredetű fehérjefogyasztásnak nagyjából a 17%-át teszi ki, de ez könnyedén 50 százalék fölé is emelkedhet egyes országokban, mint például Banglades, Kambodzsa, Gambia, Ghána, Indonézia, Sierra Leone és Srí Lanka ([http 1](#)). Az egyik leggyakrabban felhasznált fehérjeforrás az intenzív rendszerű haltenyésztésben a halliszt, ennek hosszú távú alkalmazásával kapcsolatban azonban komoly problémák merülnek fel, mivel globálisan a halászatból származó fogások 20%-ából készül halliszt (Payton 2020). A halliszt ipar nagymértékben terheli a tenger élővilágát, tehát nem fenntartható ([http 2](#)). Ezért gondoltuk célszerűnek fenntarthatóbb fehérjeforrás alkalmazásának tesztelését, ami a kecsege intenzív rendszerű tartása során jelenlegi ismereteink szerint még új kutatási területnek minősül. Ez a fehérje forrás a rovarliszt. Fenntarthatósága annak köszönhető, hogy a rovarok táplálékként a mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó szerves hulladék szolgál. Éppen ennél az oknál fogva kezdtük vizsgálni ennek a fehérjeforrásnak felhasználási lehetőségeit, és építettük be a kecsegék takarmányozási technológiájába. A legfőbb kérdés az volt, hogy az új takarmányozási rendszer milyen hatást gyakorol a növekedésre, megmaradásra, és hosszútávon pénzügyileg jövedelmező-e. Végző soron pedig azért a kecsege fajt választottuk kísérleti alanyként, mert hazánk természetes vizeiben populációi egyre csökkennek, intenzív tartási körülmények között azonban sikeresen tenyészthető. A telepítésekkel fenntartott állományai sokszínűbbé és diverzebbé tehetik folyóink halfaunáját. A takarmányozási innováció esetleges sikerével hosszútávon természetvédelmi szempontból fenntartható módon lehetne növelni ezen őshonos halfajunk populációit. Ezen túlmenően a kiváló húsminőséggel rendelkező kecsege

egyre népszerűbb a fogyasztók körében is (pl. füstölt kecsége), így étkezési céllal történő hatékony és fenntartható tenyésztés gazdasági jelentősége sem elhanyagolható.

1.1. Célkitűzés

A vizsgálatok során célul tűztük ki, a katonalégységi liszt takarmány-kiegészítés hatásának vizsgálatát a kecsége intenzív rendszerben történő nevelése során, az alábbi paraméterek vizsgálatán keresztül:

- halak megmaradása;
- halak növekedése;
- a takarmányozási költségek alakulása.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A tokfélék eredete

A tokalakúak (*Acipenseriformes*) rendjébe tartozó fajok egy nagyon ősi rend képviselői, amelyek már kb. 250 millió éve megjelentek az északi félteke tengereiben. Amikor kb. 25 millió évvel ezelőtt a mai Dél-Ukrajna, Dél-Oroszország, Kazahsztán területén fekvő Szarmata tenger, amelyben a tokfélék jelentős egyedszámban fordultak elő, a földtörténeti Negyedkorban a földmozgások, vulkánok tevékenysége folytán kisebb tengerekre szakadozott, a tokfélék virágkorukat élték. Ezeken a sekély, elszigetelt területeken (Fekete-, Azovi-tenger, Kaszpi-tenger, Aral-tó) bőséggel találtak táplálékot, illetve a betorkolló folyókban egészen a középkor végéig megfelelő ívóhelyek álltak a rendelkezésükre (Sternin és Doré 1998).

Már i.e. 600-ból is ismertek emlékek a tokfélékről karthagói pénzérmékről. Ezentúl Arisztotelész (élt i.e. 384 – i.e. 322) is megemlíti ezeket a halakat feljegyzéseiben, miszerint akkortájt a borászatban úszóhólyagjuk egy segédeszköz volt a bor tisztítása során. Nagy méretük miatt a középkorban is előszeretettel halászott halfajok voltak: a rómaiak a fajok védelme érdekében a halpiacokon szabályozták a hal legnagyobb áruba bocsájtható, megtartható méretét. A halakat, amik ezt a súlyhatárt túlléptek, kötelező volt szabadjára engedni. Magyarországon már időszámításunk előtt jelen voltak a tokhalak, amiről későbbi, 7-9 ezer éves Győr környékéről fennmaradt emlékek is tanúbizonyságot tesznek (Bronzi et al. 2011).

Korábban hat őshonos tok faj volt jelen a Kárpát-medencében: a viza (*Huso huso*), a vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*), a söregtok (*Acipenser stellatus*), a kecsge (*Acipenser ruthenus*), a sima tok (*Acipenser nudiiventris*) és a közönséges tok (*Acipenser sturio*). Ma már csak az első négy fajjal találkozhatunk, bár erre is igen csekély az esély. Közülük hármat a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) 2010. évi Vörös Könyve a kritikusan veszélyeztetett fajok közé rangsorol. Kivételt képez a kecsge, mely jelenleg a sebezhető kategóriában van, mivel magasabb egyedszámban fordul elő, mint a fent említett tokfélék (Bronzi et al. 2011).

A tokfélék húsa és az ikrájukból készült fekete kaviár hosszú idők óta kedvelt termékek a luxuspiacon, ezért nagy mennyiségben halászták egyedeiket. Jelentős részben ennek köszönhetően létszámuk jelentősen lecsökkent. Manapság akvakultúrás termelésüké a főszerep, a természetes vizekből történő fogások száma elenyésző. A legnagyobb mennyiségben termelt faj a szibériai tok (*Acipenser baerii*), mely európai halgazdaságokban gyakran fordul elő. Ezt kitűnő adaptációs képességének köszönheti. A faj egyedei melegvízi körülmények (20-22°C) között gyorsabban növekednek, és ivaréretük is hamarabb következik be, mint a természetben,

ami további pozitív ismérve a tenyésztésének. A legtöbb tokféle vándorló életmódot folytat, így miután lárváik kikeltek az ikrából, a folyó sodrása és saját mozgásuk által eljutnak a tengerekig, itt érik el az ivarérettséget, majd a szaporodásra ismételten felúsznak a folyók felsőbb szakaszaira (Ferincz et al. 2019).

2.2. A kecsege általános bemutatása

A kecsege a többi tokféléhez hasonlóan csak az északi féltekén fordul elő. Euro-szibériai eredetű halfaj, a Kárpát-medence nagyobb folyóiban (Duna, Tisza) honos. Folyami hal, természetes közegben nagy folyók mélyebb részein lelhetünk rá, kisebb rajokban úszva. Nagyobb csoportosulásokba télen, illetve ívási időszakban állnak össze. Tavasszal felfele indulnak a folyókon, ívóhelyet keresve. A lassabb vízáramlást kedveli (Szőke 2015). Ivarérettségüket a hímek 4-5, még a nőstények 6-8 év alatt érik el. Szaporodási ideje májusban van, 10-14°C-os hőmérséklet mellett történik meg a természetes ívás. Lerakott ikráinak száma 4000 és 140000 között mozog, az ikraszemek mérete 1,9-2 mm közötti. A tokfélék közül a kecsege rakja a legkevesebb, illetve a legkisebb méretű ikrát (Chebanov és Galich 2011). Íváskor a kecsegék mélyebb, homokos, sóderes folyószakaszokat keresnek, majd több részletben zajlik le a szaporodás (Harkai és Sallai 2004). Ha stressz hatást kiváltó ingerek érik, vagy kiemeljük a vízből, teste nagy mennyiségű nyálkát termel, ami miatt nehezen fogható meg biztonságosan (Rideg 2006).

2.2.1. Rendszertani besorolása

- Ország: Állatok (*Animalia*)
- Törzs: Gerinchúrosok (*Chordata*)
- Altörzs: Gerincesek (*Vertebrata*)
- Ágazat: Állkapcsosak (*Gnathostomata*)
- Ág: Halak (*Pisces*)
- Osztály: Csontos halak (*Osteichthyes*)
- Alosztály: Sugaras úszójúak (*Actinopterygii*)
- Főrend: Porcos ganoidok (*Chondrostei*)
- Rend: Tokalakúak (*Acipenseriformes*)
- Család: Tokfélék /*Acipenseridae*/
- Genus: Tokok /*Acipenser*/
- Faj: Kecsege (*Acipenser ruthenus*) (Pintér 2002).

2.2.2. Testfelépítése

A kecsege a legkisebbre növő hazai tokfélének. Rosztruma viszonylag hosszú, vékony, kissé felfelé ívelődik. Négy meglehetősen rojtozott bajuszszála kicsivel közelebb ered a rosztrumhoz, mint a szájnyíláshoz, hátra simítva elér egészen a száj pereméig. A tokfélék közül a kecsegenek van a legnagyobb szeme a test méretével arányosan. Hátúszóját 32-51 úszósugár támasztja meg, farokalatti úszóját 11-33 alkotja. Úszóinak alapszínezettsége sötét tónusú, szegélyükön általában egy fehér sávval. A 11-18 csontvért szegélyezi hátát, melyek közül az első vért nem ér rá a fejére. Színe a rendszerint sötétbarna, de előfordulnak más színváltozatok is, mint például a fehér (1. ábra). A hasi és az oldalsó vérték csontsínűek, vagy hamvas fehérek (Staszny et al. 2019).

Orsó alakú, barnás-szürke, érdes tapintású testét, amely egyik oldalon hosszú orrban, a másik oldalon heterocerk farok úszóban fejeződik be, 5 sor, a test színétől elütő, világosabb vért sor szegélyezi. Kisméretű szája alsóállású, középen megszakított. Nagy, erős mellúszókkal és a farkához közeli hátúszóval rendelkezik (Rideg 2006).



1. ábra: Egynyaras, fehér színváltozatú kecsege. (Saját felvétel)

2.2.3. Elterjedése

A Kárpát-medencében előforduló 5 tokfajból, 2 anadrom (csak szaporodási céllal hagyja el eredeti élőhelyét): a viza és a sőregtok a Dunára úszott fel a Fekete-tengerből. A vágótok és a sima tok szintén csak szaporodás céljából úszott fel a Dunán, de vannak olyan csoportjaik is, amelyek egész életüket édesvízi környezetben töltik (Pintér 2002).

A kecsege az egyedüli tokféle, amely a Duna középső, illetve felső szakaszán jelenleg rendszeresen fellelhető. A többi tokfélével ellentétben a kecsege maximálisan az édesvízi életmódhoz adaptálódott faj, a régi időkben egészen a Duna-deltától kezdve az összes mellékfolyón át rendkívül elterjedt hal volt. A Felső-Dunán állománya jelentősen csökkent, a faj populációját pedig rendszeres telepítésekkel, mesterséges utánpótlással tartják fent. A közeli szakaszon él egy kecsegepopuláció, amely bizonyíthatóan önfenntartó: a jochenstein-i és aschach-i erőművek közötti szakaszon 60-150 szaporodóképes ikrás egyeddel lehet számolni (Ferincz et al. 2019).

A Duna magyarországi szakaszán a fent említetténél jóval kedvezőbb a helyzet. A XX. század második felében a halászok fogásaiban végig megtalálható volt a faj. A legkiválóbb eredmények 1995-ben estek, ekkor 12,7 tonna kecsegét fogtak ki. A Vaskapu 1. gátjának megépítése is hatással volt a kecsegeállományokra, az itt élő populáció feljebbi szakaszokra húzódott a Dunán. A Bösi vízlépcső 1992-es üzembe helyezése után a kecsegék állománya csökkenő tendenciát mutatott. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a Duna vízhozamának 80%-a mesterséges üzemvíz-csatornába jut, melynek hatására a kecsegék korábbi szigetközi ívóhelyeik feliszapolódtak, eltűntek. Napjainkban állománydinamikáját legnagyobb mértékben a Duna vízállása, illetve az áradások mértéke, erőssége határozza meg.

A magyar-szlovák Duna-szakaszon a közelmúltban a kecsegék migrációs aktivitását figyelték meg. A Garam-torkolathoz közel 11 kifejlett, jeladóval felszerelt egyed arról tett tanúbizonyságot, hogy a kecsegék a szeptember-októberi, lehűlő, kb. 12°C-os vízben telelni a felsőbb folyószakaszokra vándorolnak. Magyarországon a halgazdálkodásról és a halvédelemről szóló 2013. évi CII. törvény szerint a kecsege a nem fogható kategóriába sorolja, továbbá a 2015-ös, természetes vízi halászat leállítását követően a kecsegefogásról nincs dokumentált adat (Ferincz et al. 2019).

2.2.4. Táplálkozása

A kecsege legfontosabb táplálékát kisebb férgek, csigák, víziállatok, halak ikrája, apró halivadékok alkotják, de kedveli a tiszavirág (*Palingenia longicauda*) lárváját is. Amikor

táplálék után kutat, rostrumával az iszap felszínét bolygatja, bajuszszálaival tapogat, vele egy időben használja harmonikaszzerűen mozgatható ajkait (Till 2003). A kecsege kövekre tapadt apró élőlényekkel táplálkozik, a rovarlárvák, férgek is táplálékát képezik. A nagyobb példányok elpusztult halakat, vagy más elhullók élőlényeket is elfogyasztanak a meder aljáról (Rideg 2006.) Melegebb víz hőmérséklet esetén aktívan táplálkozik, de télen is fogyaszt minimális mértékű eleséget (Pintér 2002).

2.2.5. A kecsege takarmányozása

A tokfélék (így a kecsege is) mesterséges tartási körülmények között takarmányozhatók száraz, illetve nedves takarmányokkal egyaránt, viszont lassan, nehezen adaptálódnak a táplálékváltáshoz. A tokfélékkel feleltetett takarmány általában pisztrángtáphoz hasonló, vagy akár azzal megegyező táplálóanyag tartalmú táp. Táplálkozási szokásaik miatt elsődlegesen extrudált tápok alkalmazhatóak, mivel ezek a tápok a fenékre hullva nem oldódnak fel hamar. A takarmányadag kiszámításakor az adott rendszerben/medencében/kádban található halak testsúlyának 1-1,5%-át célszerű megkapniuk, de az intenzív rendszerben tartott halak számára a saját testsúlyuk 4%-a is adható. Lévén, hogy a tokalakúak rövid, kis űrtartalmú bélcsatornával rendelkeznek, célszerű több kisebb részletben adni az eleséget, mintsem, hogy egy nagy adagban kapják. Táplálkozáskor nem kedvelik a fényt, így hasznos lehet a kora hajnali, illetve az esti etetés természetes megvilágítás esetén. A kecsege takarmányfelvétele a lég hőmérséklet lehűlésével egyenesen arányosan csökken, de mindig gondoskodni kell takarmányozásukról, mert különben éheznek és érzékenyek lesznek a fertőzésekkel szemben. Ami a kecsegék tápanyag-szükségletét kielégítő teljes értékű takarmánykeveréket illeti, nyersfehérje-tartalma 44-48%, olajtartalma 20%, 1,7% nyersrost-tartalma, nyershamu-tartalma 8,5% kell, hogy legyen. Összetevőit tekintve a takarmány leggyakrabban alkalmazott összetevők a halliszt, halolaj, szójadara, kukoricaglutén, illetve búza. Mindemellett tartalmaznia kell A-vitamint, C-vitamint, D3-vitamint, E-vitamint, valamint a vízoldékony vitaminok közül tiamint, riboflavint, niacint, biotint, folsavat, ásványi anyagokat (Mézes 2019). Akbulut és munkatársai (2013). takarmányozási kísérlete során recirkulációs akvakultúra-rendszerben nevelt kecsegék növekedési teljesítményét, takarmányértékesítését vizsgálták. A 45% fehérjét és 6,5% zsírt tartalmazó takarmányt a 187 g átlagtömegű kecsegék három csoportra osztva kapták a takarmány mennyisége szerint: 1, 2 és 3 testtömeg-százalékban, $18,7 \pm 0,97^{\circ}\text{C}$ -on, 60 napon keresztül. Az SGR $1,7 \pm 0,10$, $2,1 \pm 0,11$ és $2,0 \pm 0,11$ volt. Az FCR értéke $1,8 \pm 0,11$, $2,9 \pm 0,15$ és $4,4 \pm 0,14$ volt. Figyelembe véve a testtömeg növekedést és az FCR-adatokat, megállapítható,

hogy 17-19°C-os vízhőmérséklet mellett 2 testtömeg-százalék takarmány etetése mellett növekedtek legjobban a 150-300 g-os kecsegek.

Takarmányozás ivadékstádiumban

A mesterséges körülmények közt tartott kecsegek első eleségeként vágott vörös szúnyoglárvát (*Chironomus* spp.) és a csővájó férget (*Tubifex tubifex*) kaphatnak. A feletetett eleség mennyisége *ad libidum*, azaz étvágy szerinti mennyiségben kerül beszórásra, napjában több alkalommal. Mindemellett javasolt az artémia, azaz a sóféreg (*Artemia salina*) alkalmazása is. Az élő eleség fogyasztása a lárvákra nagyon jó hatással van. Ennek oka, hogy olyan táplálóanyagokat és enzimeket vehetnek fel általa, melyen kiemelten segítik a növekedést, csökkentik az elhullást, növelik a stressz hatásokkal szembeni ellenállóságot. A kecsege nagyon érzékeny a takarmányváltásra, ezért például, ha élő eleségről szoktatjuk át az ivadékokat, az átállási idő minimum 12-15 nap legyen, ez idő alatt az élő eleség mennyiségét apránként 100%-ról 5-7%-ra javasolt csökkenteni (Mézes 2019). Ezt a takarmányozási kísérletet kecsegeken végezték, hossza négy hét volt. A kísérleti tenyésztést a kikelés után 7-38 nappal végezték recirkulációs rendszerben. Négy csoportot hoztak létre (440 egyed/csoport). Két csoport Artémiát kapott eleségeként, kettő pedig takarmánykeveréket. A lárvákat üvegtartályokban (44 l térfogat, 10 egyed/l) tartották, $18 \pm 0,5^\circ\text{C}$ hőmérsékleten, 1-L/perc vízáramlási rendszerrel. Az eredmények azt mutatták, hogy az élő táplálékkal (*Artemia nauplii*) táplált lárvák magasabb növekedést produkáltak, és jobbak voltak túlélőképességei, mint a takarmánykeverékekkel etetett lárváknak (Laczynksa et al. 2017).

A fehérje szerepe a kecsege takarmányozásában.

Habár a kecsege jelentős faj az akvakultúrában, a faj tápanyagszükségletére vonatkozó információk korlátozottak. A következőkben bemutatott takarmányozási kísérlet kecsegeivadékokon történt. A halak csoportjaihoz (átlagos kezdeti testtömeg $\pm$ SD: $7,02 \pm 0,02$ g; N = 3) szárazanyag százalékában hat fehérjemennyiséget rendeltek: 29,1%, 39,1%, 46,8%, 49,2%, 53,7% és 57,6%. Az izokalorikus (eltérő összetételű, de azonos mennyiségű kalóriát tartalmazó) ($18,3 \pm 0,2$ kJ GE/g) étrend fő fehérjeforrásaként fehér hallisztet és kazeint használtak fel. A 8 hetes etetési kísérlet alatt a 49,2% fehérjetartalom mellett produkálták az ivadékok a legjobb eredményeket a súlygyarapodásban, még az 53,7% és 57,6% fehérjetartalmú étrend hatására a növekedés gyengének volt mondható (Lee et al. 2021). A takarmányban található fehérje jelentős részét állati eredetű fehérjével kell biztosítani, mivel a növényi eredetű fehérjeforrások huzamos ideig nem tudják helyettesíteni eme fehérjeforrást. A

tokfélék kiemelten igénylik a telítetlen zsírsavakat, melyet halolajjal biztosíthatunk (Mézes 2019).

2.3. A halliszt és annak kiváltása

A halliszt egy olyan tápanyagforma, amely legfeljebb 6% olajat és 4 % sót tartalmaz, halakból, vagy halhulladékból, például filézett belsőségből nyerik. Általában por formájában árusítják, főként baromfi, sertés és tenyésztett hal összetett élelmiszereiben használják (Windsor 2001). A halaknak 30-55% nyersfehérjét és aminosav-ellátást tartalmazó étrendre van szükségük, amely illeszkedik az optimális növekedéshez. A halliszt ideális fehérjeforrás az intenzív recirkulációs rendszerekben, mivel magas fehérjetartalommal (65–72%) rendelkezik, és ideális arányban tartalmazza mind a tíz nélkülözhetetlen aminosavat, amelyek eleget tesznek minden halfaj szükségleteinek (Tacon 1987).

2.3.1. Problémák a halliszttal

Minden évben a világ vadon fogott halainak egyötödét szárítják, préselik, olajba és őrleménybe kerül felhasználásra, majd más halakat és rákféléket takarmányoznak vele, ami az asztalunkra kerül később (Evans 2019)

Jelenleg az akvakultúra halait hallisztból és növényi alapú takarmányokból, valamint halakból és növényekből származó olajjal táplálják. A halliszt és a halolaj növekvő árai miatt egyre több hüvelyesből, olajos magvakból vagy gabona gluténból származó növényi alapú anyag kerül a takarmányba. Azonban nem tanácsos nagy mennyiségű hallisztet és halolajat növényi eredetű anyaggal helyettesíteni. A legtöbb növényi alapú takarmány-alapanyag kevésbé ízletes, magas rost- és keményítőmentes poliszacharid tartalmú, és kevésbé megfelelő zsírsav- és aminosav-profillal rendelkezik (Ebertz 2019).

A halliszt sokféle állattakarmányban megtalálható összetevő. Olyan árutermék, amelyből évente több millió tonna kerül értékesítésre a nemzetközi piacokon. Ugyanakkor környezeti károk forrása és nagyon megterhelő fizikai munka a dolgozók számára. A halászok, akik rosszul fizetett munkát végeznek a halászhajókon, húzóhálóval maximalizálják a gyenge minőségű halak fogási mennyiségét, amelyek hallisztként használhatók. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO 2015) kiadványa, a „Halászati és Akvakultúra Világállapot” szerint a 2014-es teljes halfogás 20%-át közvetlenül halliszt vagy halolaj előállítására használják fel. Ez több mint 20 millió tonna halat jelent a világ tengereiből. Van szabvány a halliszt és a halolaj felelősségteljes előállítására, de jelenleg úgy becsülik, hogy a világ teljes termelésének mindössze 42%-a felel meg az előírásoknak. A halliszt túlnyomó

részét az akvakultúrában, halgazdaságokban használják, de sok más termékben is előfordul. Különösen nagy mennyiségű hallisztet használnak haszonállatok takarmánykeverékeiben kedvező ára miatt (Turner 2014).

A halliszt alternatíváinak felkutatása elengedhetlenné vált annak érdekében, hogy csökkentsük az akvakultúra tengeri élőlények fehérjetartalmára utaltságát. Az állati melléktermékekből készült takarmányösszetevőket (húsliszt, csontliszt, vérliszt, baromfi melléktermékliszt, hidrolizált toll-liszt) alternatív fehérjeforrásként használják az európai országok haltermelésében. Európában nagy figyelmet fordítottak a piacon nagy mennyiségben elérhető növényi fehérjeforrások használatára. A halak étrendjébe való beépítésük korlátai a fehérje szintjéhez, az aminosavprofilokhoz és a táplálkozást gátló tényezők (anti-nutritional factors, ANF) jelenlétéhez kapcsolódnak. Az olajos magvakból és gabonafélékből származó fehérjekivonatok magasabb fehérjetartalmúak, mint a hüvelyesekben, és alacsonyabbak az ANF tekintetében, ugyanakkor jelenleg drágábbak, ezáltal korlátozott a felhasználásuk. A szükséges esszenciális aminosavakkal megfelelően kiegészített növényi fehérjeforrások keverékei szinte minden fajban helyettesíthetik a halliszt 75-95%-át, ezáltal csökkentve az akvakultúra tengeri erőforrásokra nehezedő nyomását (Francoise és Sadasivam 2009).

A halliszt kiváltására alkalmas alternatív fehérje források a haltakarmányozásban:

Növényi eredetű:

- Szójadara
 - Repcedara
 - Napraforgó dara
 - Zab dara
 - Gyapotmag dara
 - Búzadara
 - Borsó
 - DDGS
- Fehérje tartalom %: 15-50

Állati eredetű:

- Baromfi hús/csontliszt
 - Toll liszt (hidrolizált)
 - Rákliszt
 - Vérliszt
 - Hal-szilázs
 - Húsliszt
- Fehérje tartalom %: 50-85

Egyéb:

- Rovarlárva

- Egy-sejt fehérje
 - Fűfélék
 - Levél fehérje
 - Növény szilázs
 - Zooplankton
 - Élesztő
 - Fitoplankton
 - Algaliszt
- Fehérje tartalom %: 4-85 (Mézes 2010).

2.3.2. A rovarfehérjék

A rovarliszt ígéretes fehérje- és lipidforrás a haltakarmányozásban. Az atlanti lazacn (*Salmo salar*) történő takarmányozási kísérletek szerint a halliszt jelentős részben, vagy teljesen helyettesíthető rovarfehérjével, amit fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárváiból állítanak elő, ebben az esetben 33- és 66%-os étendbe építése hozta a legjobb eredményt a halak tömegének növekedésében (Biancarosa et al. 2019). Általában a rovarlisztben magasabb a nélkülözhetetlen aminosav-tartalom, mint más takarmánytípusokban. A rovarok jó lipid- és zsírsavforrások, fontos azonban, hogy a zsírsavak mennyisége és típusa a fajtól, a fejlődési stádiumtól és a takarmány összetételétől függően változik. A rovarliszt további olyan vegyületeket is tartalmaz, mint a kitin, amelyet elsősorban rostnak tekintünk, de emellett jelentős nitrogén forrás is. A kórokozó mikroflóra elleni aktivitással rendelkező rovarpeptidek jelentősen javíthatják az állatok egészségét, ellenállóságát (Noagles-Mérida et al. 2018). A rovarliszt aminosavprofilja jobban hasonlít a hallisztéhoz, mint a növényi alapú takarmányhoz, ezért a rovarok jó alternatívát jelentenek a szója helyett. A felhasznált nyersfehérje rovarfajoktól függően azonban még mindig hiányt szenvedhet egyes aminosavakban, mint például a metionin és a lizin. Lehetséges, hogy ezeket az aminosavakat ki kell egészíteni az állati takarmányokban, hogy kielégítsék a tenyésztett fajok igényeit. A különböző rovarfajok kombinált használata azonban kompenzálhatja bizonyos aminosavak hiányát. Például a fekete katonalégy és a házi légy (*Musca domestica*) lárvái aminosav-profiljai kiegészítik egymást, és együtt sokkal kiválóbb alternatívái lehetnek a hallisztnek. Haltakarmány-termelésre engedélyezett rovarfajok közé az uniós jogszabályok értelmében hét rovarfaj tartozik (2017/893 (EU) rendelet):

1. fekete katonalégy
2. házi légy
3. közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*),

4. alombogár (*Alphitobius diaperinus*),
5. házi tücsök (*Acheta domesticus*),
6. sávós tücsök (*Gryllodes sigillatus*),
7. banán tücsök (*Gryllus assimilis*).

Ezek a fajok nem paraziták, nem jelentenek kockázatot az emberi, állati vagy növényi egészségre. Előnyük, hogy nem továbbítanak emberi, állati vagy növényi kórokozókat, azaz nem tekinthetők vektornak, se nem védett, se nem invazív állatok. Ezek a fajok a „tenyésztett rovarok” közé sorolandók (az új jogszabály EG 1069/2009 szerint). E hét rovar új jogi státusza bizonyos további következményekkel és előírásokkal jár, amelyeket be kell tartani. Állattáplálási célokra e rovarok tenyésztése csak meghatározott módszerekkel engedélyezett (Ebertz 2019).

2.3.3. A fekete katonalégy

A katonalégy-félékből (*Stratiomyidae*) kinyert fehérjével kiegészített takarmányozás még nem közismert, különösen nem a halnevelésben. Terráriumban, akváriumban, háziállatként tartott állatok (békafélék, gyíkfélék, kaméleonok, halak) számára magas árával (1000 gramm élő fekete katonalégy lárva kiskereskedelmi ára átlagosan 3950 Ft és 4470 Ft közé tehető, a rovarból készült liszt ára pedig hozzávetőleg 3500-3700 Ft/kg) arányosan kiemelkedő tápértékekkel rendelkezik ([http 3](http://3)).

A fekete katonalégy tenyésztése, nevelése jelenleg a legelterjedtebb rovargazdálkodási forma a világon. Gyors termelési ciklussal és magas fehérjetartalommal rendelkezik. A rovar lárváinak magas fehérjetartalma ideális táplálékforrássá teszi őket. A tenyésztési szakaszban, amelyet keltető fázisnak is neveznek, a kifejllett fekete katonalegyek által lerakott tojásokat függőlegesen elhelyezett, komposztal töltött tartályokba helyezik, amelyek szerves élelmiszerhulladékot tartalmaznak. Teljesen szabályozott környezeti körülmények között a tojások nagyon gyorsan kikelnek. A termelési szakaszban a hőmérsékletet, a páratartalmat és az élelmiszerellátást gondosan ellenőrzik és optimalizálják a lárvák növekedéséhez, amelyek mindössze 6 nap alatt érik el maximális testtömegüket. Amikor felhasználásra készek, a lárvák 40-65% fehérjét és más alapvető tápanyagokat tartalmaznak. A szárított rovarokat ezután feldolgozzák, hogy rovarlisztet készítsenek belőle, amely készen áll a forgalmazásra, vagy további feldolgozási folyamatokban való felhasználásra ([http 4](http://4)). Az alább bemutatott tanulmány (Rawski et al. 2020) azt vizsgálja, hogy a fekete katonalégy-lárva milyen mértékben képes helyettesíteni a hallisztet és a halolajat szibériai tokok takarmányozása során. Azokban a csoportokban, ahol a takarmány 5-30% rovarlisztet tartalmazott, a kísérleti halak növekedése,

valamint takarmányhasznosítási paraméterei javultak. Az alkalmazott rovarfehérje arány az étrend 5%, 10%, 15%, 20%, 25% és 30%-a volt. A katonalégy-lárva örleménnyel kiegészített csoportokban javult a testsúlygyarapodás, a fajlagos növekedési sebesség, a takarmány és a fehérje konverziós aránya. Az eredmények azt mutatják, hogy a rovarfehérje kiváló alternatív fehérjeforrás a halliszt és halolaj helyettesítésére tokfélék takarmányozásában (Rawski et al. 2020).

2.4. Az intenzív recirkulációs rendszerek

2.4.1. Az intenzív rendszerek története

A halászat közel egyidős az emberiséggel, hiszen a hal a kezdetektől fogva biztos táplálékforrásnak számított. Az 1930-as évektől kezdve jelentek meg az intenzív rendszerek kezdetleges formái. Ezekben az időkben a szivárványos pisztrángot (*Oncorhynchus mykiss*) próbálták meg kontrollálható körülmények között nevelni. Áttörő fejlődés a II. világháború után következett be. Az intenzív rendszerek közös jellemzője volt, hogy különféle tartó egységekben, eltérő korosztályú halakat neveltek, bizonyos méretig, mindezt teljesen, vagy közel teljesen ellenőrzött körülmények között. Az intenzív haltenyésztés fejlődése két, egymástól földrajzilag elkülönülő helyen történt, szinte egyazon időben. A két helyszín Japán, illetve Norvégia volt. Az első rendszerek úgynevezett úszó ketrecek voltak, ezeket édesvízben (Norvégia) és tengeri (Japán) körülmények között is használták. Különös fontossággal bírt a faj- és korosztály-specifikus teljes értékű takarmányok felhasználása a halak etetésénél. Az első valódi intenzív telep hazája Dánia, 1962-ben létesült, és szivárványos pisztrángot neveltek ipari körülmények között. Lényeges előrelépést jelentett az átfolyó-vizes rendszerek használata, melyeket az 1970-es években kezdtek alkalmazni (Shepherd és Bromage 1992). A következő ugrás a recirkulációs rendszerek haltenyésztésbe való bevonás volt. A víz visszaforgatását az akvarisztikában már korábban is alkalmazták. Ez a tudás elegendőnek bizonyult ahhoz, hogy haltenyésztési technológiákba is beépítésre kerülhessen ez az elv. Majd a víz hőmérsékletének szabályozhatóságával megépültek az első recirkulációs rendszerek. Az intenzív rendszerekben ez a nevelési forma jelenti a legmagasabb termelési kontrollt (Wedemeyer 1996). A fejlődés a ketreces akvakultúrában sem állt meg. A 2000-es évektől kezdve a ketreces haltartó rendszereket szárazföldi medencékkel egészítették ki, melyeket, tengervízzel működtetnek (pl.: atlanti lazac tenyésztése). E kombinált rendszereknél a medencék biztosítják a halak számára szükséges életfeltételeket egészen a nevelés legelső fázisának végéig (smolt-előnevelt méret) majd az utónevelés már kihelyezett ketrecekben valósul meg (Urbányi 2015).

2.4.2. Az intenzív rendszerek működése

Az intenzív rendszerek jellemzője, hogy relatíve kis helyigényük van és a nevelés minden lépése jól átlátható, irányítható. További előnyeihez sorolható, hogy csak teljes értékű takarmányokkal történő etetés és magas haltelepítési, illetve tartási sűrűség jellemzi a technológiát. Hátrulütője azonban, hogy működtetése szakképzett munkaerőt igényel és igen magas beruházási, illetve fenntartási költségekkel üzemeltethető. Alapvetően három típusát különböztetjük meg a népesítési sűrűség alapján: félintenzív, intenzív, és szuperintenzív rendszerek. Mint azt korábban írtuk a leggyakrabban alkalmazott formái a ketreces, az átfolyóvízes, valamint a recirkulációs halnevelő rendszerek. Az utóbbi számos előnnyel rendelkezik halastavi gazdálkodással szemben. A vízminőség folyamatos ellenőrzés alatt tartható és viszonylag kicsi helyigénnyel kerülhetnek megépítésre. A víz-visszaforgatása révén jóval kevesebb friss víz szükségeltetik a fenntartásához, ezáltal sokkal környezetbarátabb, mint más intenzív, sőt extenzív rendszerek. A sok előny ellenére létesítéséhez komoly költségekkel kell számolni, hiszen a korszerű technikai háttér és a minőségi anyagok ára igen magas. A folyamatos áramfelvétel jelentős állandó kiadást jelent, üzemeltetése magas fokú szakmai hozzáértés nélkül nem kivitelezhető. A recirkulációs rendszerek két részből épülnek fel: egy halnevelő, és egy használtvízkezelő részből. Az utóbbi egyik eleme a mechanikai szűrés, melynek feladata a különböző lebegő anyagok eltávolítása. Ezt a feladatot jellemzően a mikroszűrők végzik el, melynek egyik legáltalánosabb és leggyakrabban alkalmazott formája a dobszűrő. Itt a víz egy forgó felületen, belülről kifelé folyik át. A szükségtelen lebegő anyagok a hálón fennragadnak, amit egy magasnyomású vízszugár mos bele egy elvezető csatornába (Ebeling és Vinci 2006, Timmons és Ebeling 2007).

Következő lényeges technológiai lépés a biológiai szűrés, mely nitráttá alakítja át a halak és a rendszer által kibocsájtott szerves anyagban található ammóniát (Guerdat et al. 2010; Gutierrez-Wing és Malone 2006; Hochheimer és Wheaton 1998; Wheaton et al. 1994). Erre a célra olyan nagyfelületű anyagot használnak, melyen meg tudnak telepedni a baktériumok. Működésüket tekintve kétféle típust alkalmaznak leggyakrabban a haltermelésben: kevertágyas filterek, illetve a cső jellegű szűrők. A kevertágyas reaktorban a víz egy tartályba kerül, ahol az áramló víz és a hozzáadott levegő folyamatosan keveri a biomédiát (műanyagból készült hordozófelület, amin baktériumtelepek tapadnak meg.), így az nem ragad össze (Watten és Sibrell 2006). A cső jellegű (pug-flow) filterek jellemzője, hogy a csőben felfelé áramló víz találkozik a filteren megtelepedett baktériumokkal és hártájukon közben ammóniát, oxigént, és oldott szerves anyagot vesz fel és nitrátot, széndioxidot ad le (Nijhof 1995). Hátránya a

kevertágyas szűrővel szemben, hogy felépítése miatt gyakran eldugul, de eme probléma megfelelő hozzáértés mellett gyorsan orvosolható.

A recirkulációs rendszerekben létfontosságú a heterotróf baktériumok számának csökkentése, azoknak a lehető legalacsonyabb szinten való tartása. Akvakultúrák rendszereiben az ózonnal, mint erős oxidáló hatású anyaggal történő vízkezelés, továbbá az UV fénnel való besugárzás kiválóan felhasználható a vírusok, baktériumok, gombák és egysejtűek elpusztítására, mivel fertőtlenítő, tisztító hatásuk jelentős (Timmons és Ebeling 2007).

A rendszer oxigénellátottsága nagyban függ a rendszerben tartott halfajtól és annak egyedszámától, továbbá olyan külső és belső tényezőktől, amiktől a halakat esetleges stressz hatás éri. Jelentősen befolyásoló tényező a hőmérséklet is, valamint, hogy a halak milyen összetételű táplálékot fogyasztanak. A megfelelő oxigénmennyiség szinten tartására vagy a levegőből beoldott, vagy cseppfolyós oxigént alkalmaznak. A cseppfolyós oxigén mellett szól, hogy esetleges áramszünet esetén is alkalmazhatjuk, ezzel szemben hátránya, hogy magas költsége. Bejuttatásukra célszerű beoldó kúpokat alkalmazni, illetve az úgynevezett „U” csövek is segítséggel szolgálhatnak. A beoldó kúpok felső részén az áramló víz sebessége, 1,8-2 m/s, míg az alján jóval lassabb, így a bejuttatott oxigén beleoldódik a vízkörforgásba. Az olyan légköri oxigénbeoldó eszközök, mint a kompresszorok, befúvók lényegesen kisebb költséggel üzemeltethetők és folyamatosan, üzembiztosan alkalmazhatóak. Az oxigén vízbe oldását porlasztókövekkel célszerű megoldani. Hátrányuk, hogy működtetéséhez áramellátás szükséges (Péteri és Janurik 2015).

3. Anyag és módszer

3.1. Az anyahalak tartása

A kísérlet legelső lépése az indukált szaporítás volt, mely 2021. február végén, Szarvason, a MATE AKI Halászati Kutató Központjában (HAKI) történt. A szaporításra szánt egyedek eredetüket tekintve a HAKI génbankjából származtak. A kísérletek ideje alatt az anyahalakat nem takarmányoztuk. Az elkülönített ikrás, illetve teljes egyedek egymás közötti megkülönböztetésére eltérő színű cérnaszálakat használtunk, melyet a halak farokúszójának tövében helyeztünk el. A módszerrel elkerülhettük az egyedek többszöri vizsgálatát, csökkentve ezzel a szaporítás hatékonyságát és sikerességét negatív irányba befolyásoló stresszhatásokat.

3.2. A hormonális indukció

A szaporítást megelőző lépés a hormonális indukció volt, melyet ponty hipofízis felhasználásával végeztünk. Az oltás előtt ivaronként elkülönítve, átfolyó-vizes medencékben tároltuk a szaporításra használt kecségeket 16°C-os vízhőmérséklet mellett. A műveletet megelőzően a halak bódítását szegfűszegolajjal végeztük 5 ml/100 liter dózisban. A bódított halak hasúszójának tövénél injektáltuk a halak testüregébe a ponty hipofízist (2. ábra).



2. ábra: A tokféléknél a hormonális indukció beinjektálása a hasüregbe történik. (Rideg Árpád felvétele)

Ikrásoknál 6, tejeseknél 3 mg/testtömeg kilogramm dózisban, egy adagban, 24 órával a tervezett szaporítási időpont előtt történt a hormonális indukció. Amikor az oltás után nagyjából 20-22 óra eltelt, rendszeresen ellenőriztük a medencék alját, hogy az anyahalak szórják-e az ikrát. Az ikraleadás megkezdésének vizsgálata úgy történt, hogy a vízből egyenként óvatosan kiemeltük a halakat, ezt követően a szaporító asztalon egy ember törölközővel megragadta a farkát, hogy a hal ne törje magát az ugrálás hatására, illetve a stressz mértékének csökkentése érdekében letakarta a szemét, miközben egy másik személy a hasfal kézi nyomásával ellenőrizte, hogy kinyerhető-e az ikra.

3.3. A termékenyítés

A mesterséges szaporításhoz 7 anyától fejtünk ikrát. A halak egyedi tömege 2,5-3 kg volt. Az ikra fejését megelőzően a kecségeket szegfűszeg olajjal bódítottuk (5 ml/100 liter), majd nedvesített törölközőre helyeztük őket. Ezt követően az ikrát a hasfal hosszanti irányú masszírozásával nyertük ki, mely egy száraz műanyag tálba került. Ezt követően szárazon összekevertük az ikratételeket a lefejt haltejjel, majd vizet hozzáadva megtörtént az aktiváció. Összesen 2 liter ikra került megtermékenyítésre. A spermát kb. 1,5 kg-os tejes halakból nyertük, és 3 egyedre volt szükség az elegendő spermamennyiséghez. Ahhoz, hogy az ikraszemek ne tapadjanak össze, talkumos vizet alkalmaztunk (0,5 g talkum/10 liter víz). Ezt követően 45 percen át libatollal végeztük az ikrák keverését, így gátolva az összeragadást és elősegítve a megtermékenyülést.

3.4. A kecsgelárvák keltetése, nevelése

Kísérleteinket a Homokmégyen található Rideg&Rideg Fish Farm Kft. intenzív recirkulációs halnevelő egységeiben végeztük. Az ikra inkubációja 5 darab 10 literes Zuger-üvegben történt. A kecsgelárvák március 3-án keltek ki a termékenyítést követő 6. napon. A termékenyülési arány megfelelő volt, elérte a 90%-ot. A Zugerekben lévő víz hőmérséklete a kelésig 14 és 15,5°C között változott. A vízipénész által megtámadott ikraszemek terjedését 100 mg/l Actomar K30 (hatóanyag: Polyvinylpyrrolidone-iodide-iodine komplex) készítménnyel előztük meg. A keltetés befejezését követően kb. 150.000 kecsgelárva kelt ki, 90 napokra, ami ebben az esetben 15 °C-os átlaghőmérséklet mellett 6 nap volt. A kelési százalékot közvetlenül kelés előtt vizsgáltuk az összes ikraszem és a kikelt lárvák számának arányából. Az ikrákat Leica M205 FA típusú fluoreszcens sztereomikroszkóppal vizsgáltuk. A kishalak 8 nap után kezdtek el enni, 17°C-os vízhőmérsékletnél. Miután az állomány stabilan

elkezdte felvenni az első eleséggként szolgáló Tubifexet (csővájó féreg), melyet *ad libidum* artémiával egészítettünk ki, ezt követően 10 kádas recirkulációs rendszerbe kerültek a kecsegek (3. ábra).



3. ábra: A 10 kádas nevelőegység, beüzemelés előtt. (Saját felvétel)

Az áthelyezés előtt a kecsege-lárvákat „számloló pohárral” (kis edény, megszámloltuk, hogy egy merítésre hány ivadékot tudunk vele áthelyezni, majd a továbbiakban ezt a számot használtuk minden merítésnél a halak számlálásához) 10 nagyjából egyenlő részre osztottuk, majd a 10 kádas rendszerbe helyeztük ki őket, így mindenhová közel azonos mennyiségű hal került. Áthelyezéskor a nevelőegység víz hőmérséklete 18 °C, a vízben oldott oxigén tartalma 7,58 mg/l, míg a pH-ja 8,23 volt. A rendszer 20-22 °C hőmérsékletű kútvízzel üzemelt, a medencéken a vízátfolyás 30 liter/óra volt. A halakat nagyságuk szerint rendszeresen válogattuk.

A rendszer, melyben az ivadéknevelés, majd az etetési kísérletek zajlottak az alábbi egységekből épült fel:

1. 10 db 1500 literes üvegszálas halnevelő-kád: 2x2x0,7 m
2. Biológiai és mechanikai szűrőrendszer, előüleptető medence, 15.000 literes szűrőegység, víztároló medence
 - Mechanikai szűrők: dobszűrő, 70 mikronos lyukbőségű szitaszövettel, gyártó: Fémipari KFT. Gyula.

- Álló golyós szűrő (fixed bed), RK Plast/Dánia által gyártott PE anyagú szűrő töltettel, töltet víz arány: 2:1.
 - Biológia szűrő I. és II. -> mozgóágyas szűrők (moving bed) Levapor (német) töltettel -> aktív szénnel impregnált PU, nyílt cellás habszivacs, töltet víz arány 1:7.
3. Búvárszivattyú, típusa: Grundfos Unilift 350 A. Q: 14 m³/h, P: 0,7 kW/230 V.
 4. UV, típusa: 2 X 80 W/230 V, gyártó: UV Tech Magyarország.
 5. Légfúvó: 2 db Siemens 1 kW/400 V. Légfúvó kapacitás: 80 m³/h. Egyik megy folyamatosan a mozgó ágyas szűrőben, a másik csak akkor megy, ha kimossuk az álló golyóst.
 6. Kádanként 1 db Aqua Mini víz levegőztető, P: 0,07 kW/230 V.
 7. Oxigénpalackok, oxigént vezető csövek, porlasztókövek.
 8. Beépített riasztórendszer: jelez az áramszünetre, továbbá a szivattyú nyomócsövében egy német áramlásérzékelő, típusa: SW-1E lett beépítve, ha leáll a szivattyú, szól a sziréna és kapjuk az SMS-t mobiltelefonokra (3 telefonra), az egyik kádba egy Hach Lange (USA) oxigénszonda figyel az oldott oxigén szintet, ha 5 mg/l alá kerül, indul a helyi és a GSM rendszeren keresztüli riasztás is.

A vízcseré, átmosás során a rendszer vizének nagyjából 6-8%-át cseréltük le naponta. A lárvák takarmányozását ebben az új közegben is élő eleséggel kezdtük meg, napjában 4 alkalommal (kora reggel, délelőtt, délután, késő este) kaptak Tubifexet. A második héttől elkezdtünk 1 mm-es Alltech Coppens Start Premium 54%-os nyersfehérje tartalmú starter tápot is beépíteni az étrendjükbe *ad libidum* mennyiségben. Az elhullás mindvégig alacsony volt, kb. 12%-ra tehető. Az elpusztult halak torz testfelépítéssel rendelkeztek, vagy kisebb méretűek voltak, mint a teljesen egészséges egyedek. A lárvanevelés befejeztével a lárvákat méret szerint szétválogattuk, majd a vállalkozás 4 kádból álló recirkulációs halnevelő rendszerében helyeztük el őket. Saját kútvizet használtunk a recirkulációs rendszerekben, még a keltetőben is, mert a hálózati víz klórtartalma miatti kockázatot szerettük volna kiküszöbölni. A vízellátást egy 18 méter mély csőkút szolgáltatta, melynek vízhozama kb. 12 m³/óra volt, amit egy 650 W-os teljesítményű Grundfos szivattyú biztosított. A pH, valamint a halak és a baktériumok légzése (CO₂ termelése) miatt állandóan csökkent, amit még a fent említett napi kb. 6-8 %-os napi vízcserével féken lehetett tartani. A víz pH-értéke nagyjából 6,7-6,8 volt. Akkor sem cseréltünk több vizet, ha rosszabbak voltak az ammónium-, illetve a nitrit ion értékek, legfeljebb a takarmányadagokat csökkentettük. A víz oldott oxigén tartalma a halas kádakban 100 %-os

telítettség körül alakult, általában 7-10 mg/l (20°C-os 100 %-os telítettség 7,6 mg/l). Ezt csak tiszta oxigén gáz, vízben úszó gépekkel történő bekeverésével tudtuk fenntartani, halas medencénként (kb.: 50 m³ hasznos víztérfogat, kb. 40-45 kg/m³ kecsege ivadék sűrűség). Típusa: Loxo 0.65 → P: 0,65 kW/400 V, Q max. oxigénbekeverő kapacitás: 25 mg/l = 1,5 m³/h. A megfelelő, aktuális oxigén szükségletet, a Hach Lange oxigén szondák mérés értékei alapján állítottuk be, úgy, hogy az oxigén bekeverő gépek oxigén ellátását szabályzó rotamétereken beállítottuk manuálisan a szükséges, bekeverendő gázmennyiséget.

3.5. A takarmányozási kísérlet

3.5.1. A kísérleti táp előkészítése

Mivel a rovarfehérje-kivonat száraz, porállagú volt, ilyen állapotban nem lehetett hozzáadni a 3 mm-es szemcseméretű Alltech-Coppens Supreme-10 táphoz, ami az egyik általam vizsgált kecsegecsoport alaptakarmányaként szolgált. Ezért kötőanyagként a Szilasfood Kft. által forgalmazott őrölt zselatint alkalmaztunk (4. ábra), hogy a haltáp felületére ragasszuk.



4. ábra: A felhasznált étkezési zselatin. (Saját felvétel)

Legelső lépésként kimértük a napi rovarfehérje adagot, majd egy tálba a fehérje nedvesítéséhez megfelelő mennyiségű langyos vizet töltöttünk. Ehhez hozzáadtunk kb. 1 grammnyi étkezési zselatint, ezután elkevertük benne. Mikor a zselatin feloldódott a langyos vízben, a kimért fehérjeport hozzáöntöttük, majd hozzávetőleg 3 percen át kevertük, így minden apró fehérjeszemcse nedvességet vett fel. Végeredményként egy enyhén folyós masszát kaptunk. A kimért tápot egy edénybe helyeztük, majd a masszát hozzáadtuk és jó alaposan elkevertük. Megvártuk, míg a fehérje megszikkad a táp felszínén. Erre azért volt szükség, mert

folyós állapotban igen hamar leoldódnak a táp felszínéről és így a halak nem lennének képesek felvenni azt. Mikor elérte a megfelelő nedvességi fázist a massa, egy stabil bevonatot adott haltápnak, nem hullottak le róla a szemcsék. Takarmányozáskor az egészséges kecsék azzal elfogyasztják a kijutatott takarmányt, így nem kellett attól tartani, hogy bevonatos táp túl hosszú ideig feküdne a fenéken, ezáltal egy idő után leválna róla a rovarliszt. A takarmány elkészítése előtt minden alkalommal pontosan kimértük az általunk szükségesnek vélt takarmány, illetve a vele összekeverendő fehérje mennyiségét, majd kádanként porcióztuk az eleséget. A kísérlet során felhasznált rovarlisztet a magyarországi Forráskúton található Grinsect-től (BSF Systems Kft.) vásároltuk. Alapanyagát, a fekete katonalégy lárvájának őrlménye adja. GMO- mentes, antibiotikumot nem tartalmazó termék.

A rovarliszt garantált beltartalmi értékei az alábbiak:

- Nyersfehérje: 55,7%
- Nyerszsír: 10%
- Nedvességtartalom: 4%.

A kecsék takarmánya Alltech Coppens SUPREME-10 haltáp volt, 3,00 mm-es szemcseméretben, a kísérlet során ezt az eleséget használtuk végig alaptakarmányként minden kádban.

Az Alltech Coppens SUPREME-10, 3,00 mm beltartalmi értékei a következők:

- Nyersfehérje: 49%
- Nyerszsír: 10%
- Nyersrost: 1,9%
- Nyershamu: 7,7%
- Foszfor: 1,27%
- Kalcium: 1,4%
- Nátrium: 0,3%.

3.5.2. A kísérlet lebonyolítása

A takarmányozási kísérletet a vállalkozás korábban bejutatott 10 kádból álló halnevelő egységében végeztük. Itt az üvegszálas kádak mindegyikében 30 egyedet helyeztünk el. Az összesen 300 kihelyezett kecske átlag sztetend testhossza $31 \pm 5,4$ cm, átlagos testtömege $116,0 \pm 40$ g volt. A kihelyezést megelőzően minden egyed súlyát lemértük, ami összesen 34800 g volt. A kihelyezést véletlenszerűen végeztük.

A takarmányozási kísérlet menete

A kecsek a súlygyarapodásuktól függően napi 1,4-2,2 testtömeg % takarmányt kaptak, mivel 20-22°C-os víz, megfelelő oxigénellátottság és vízminőség mellett a vállalkozás nevelési protokollja szerint ez a javasolt mennyiség 100-250 gramm súlyú kecsek esetében. A kontroll csoport mindvégig azonos mennyiségű takarmányt kapott, mint a rovarfehérjés csoport, esetükben a 49%-os nyersfehérje tartalom állandó volt. A takarmányozást az órás etető segítségével szinte folyamatosan végeztük, a napi adag 60%-át szalagos, órás önetető rendszerrel juttattuk be (5. ábra), ami a nap 8 órájában folyamatos ellátást biztosított a kecseknek. A további 20-20%-ot kora reggel, illetve késő este juttattuk be kézi etetéssel a medencék oldala mellé hintve. A víz hőmérsékletet a rendszer nappal nyitott ajtó miatt a külső hőmérséklet is befolyásolta.



5. ábra: Szalagos, órás önetető. (Saját felvétel)

A medencéket úgy számoztuk be a kísérlet szempontjából egységességre törekedve, hogy a 2 sorból, soronként 5 medencéből álló egység egyik felén 2, még a másik felén 3 medence kapta a rovarfehérje-bevonatos tápot. Egymás melletti halnevelő medence nem részesült ugyanabban az eleségben (6. ábra). Ennek az az oka, hogy az egységben található ablakokon és ajtókon beszűrődő fény befolyásolhatja a növekedést, illetve az elhullásokat a takarmány összetételétől függetlenül (egy korábbi kísérletünk során vizák ivadéknevelése esetén a jobb fényellátottságú kádakban a halak kevesebb takarmányt vettek fel, mint a sötétebb részekben elhelyezett halak, emellett ebben az egységben az elhullások száma is magasabb volt).

TAKARMÁNYOZÁS BEOSZTÁS KÁDANKÉNT



6. ábra: A kísérleti elrendezés.

A kísérlet 10 héten át tartott. Kísérleteink során a kihelyezéskori mérés után további 5 alkalommal, kéthetenkénti rendszerességgel megmértük kádanként 4 egyed testtömegét, illetve teljes testhosszát. Minden alkalommal kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze a csoportonként a kapott eredményeket. A mintavételek közötti időszakokra kiszámítottuk a fajlagos növekedési rátát (SGR) és a takarmánykonverziós arányt (FCR).

A takarmányadagok kiszámítása

Kádanként átlagosan 3,5 kg hal került kihelyezésre, így $10 \times 3,5 = 35$ kg. 1,5 testtömeg-százalék takarmánnyal kezdtük meg az etetést, ami napi $35 \times 0,015 = 0,525$ kg = 525 gramm takarmányt jelent, egy kádra kivetítve pedig 52,5 grammot. A páratlanul számozott kádak halait (1,3,5,7,9) Alltech kontroll táppal etettük kizárólag. A páros számozású kádak (2,4,6,8,10) az első periódusban az előbb említett tápot kapták, azonban a takarmány mennyiségét 8%-kal lecsökkentettük, a hiányzó részt pedig Grinsect rovarliszt-bevonattal egészítettük ki a korábbiakban taglalt módon. Ez azt jelentette, hogy naponta 21 g rovarfehérjével pótoltuk a hiányzó takarmányrészt.

A kísérlet első napja

2021. július 20-án kezdődött a takarmányozási kísérlet, melyet megelőzően a halak tömegét és hosszát lemértük (7. ábra). Délelőtt 10 órakor 21,2 °C-os víz hőmérsékletnél, 7,85 mg/l oxigénellátottságnál etettem először fehérje bevonatos tápot a későbbiekben taglaltak szerint. A kádba kihelyezett kecsgecsoportok mindegyike egyazon eleségben részesült a 10 hetes periódust megelőzően. A halnevelő medencékbe helyezett egyedek súlya, illetve hossza

között szignifikáns különbség nem volt megfigyelhető. A kísérlet alatt a víz pH-értéke mindvégig 6,7 és 6,9 között volt.



7. ábra: Kecsege hosszának mérése. (Saját felvétel)

3.5.3. Az etetési ciklusok

Első etetési ciklus

Megfigyelések az első fehérje-kiegészítéssel ciklusban: a július 20-ától augusztus 3-áig tartó időszak alatt a kecsgeállomány takarmányadagját tömegük növekedésével egyenesen arányosan növeltük. A növekedésük mértéke 7% volt, így a 2 hét alatt a kezdeti, napi 525 gramm eleséget 565 grammra emeltük. A 8%-nyi rovarliszt arányt a periódus végéig tartottuk. Az eleséget a kézi beszórás, illetve az órás etetőről való lehullást követően a vízbe hullva hamar elfogyasztották. A periódus végén a kecsgek hosszát mérőszalaggal teljes hosszban, súlyát Steinberg SBS-LW-10000A típusú digitális mérleggel mértük. Az etetési módszeren nem változtattunk eme időszak alatt, mivel semmilyen időjárási front nem volt, ami miatt lecsökkenne a halak takarmányfelvétele. Az átlagos víz hőmérséklet ezen periódus alatt 22,5 °C volt. Összességében 7630 g takarmányt kaptak a tokfélék 14 nap alatt, ebből 305,2 g volt rovarfehérje, amit öt kád kapott. Ez azt jelenti a takarmánykeverék nyersfehérje-tartalmát tekintve, hogy az Alltech haltápból 1719,8 g, a Grinsect rovarlisztból 167,86 g, a kettő együtt pedig összesen 49,48%-os nyersfehérje-tartalmat jelent, így 0,48%-kal növeltük a dózist az eredeti táphoz képest.

Második etetési ciklus

Az augusztus 4-től 18-ig tartó fázis során a 10 kádas rendszerben át kellett értékelnem az etetési metódust, mivel az első mérés alkalmával, amikor rovarlisztet is kaptak, gyengébb eredmények születtek, amire számítottunk. Az utóbbi csoport kezdeti csekélyebb fejlődését annak tudtam be, hogy túl nagy dózisban kezdtem meg a takarmányváltást. A kecsge tipikusan olyan halfaj, amelyet fokozatosan kell átszoktatni más típusú takarmányra, így feltehetően túl nagy dózisban kezdtük etetni a hagyományostól eltérő összetételű eleséget. Külső konzulensemmel úgy döntöttünk, hogy a következő szakaszban a 8% rovarlisztet 10%-ra felemeljük. Abban reménykedtünk, hogy a ciklus végére az egyedek hasonló mértékben növekednek, mint a tisztán tápon nevelt halak, és a jövőben tovább tudjuk emelni a bevitt rovarliszt mennyiségét. A körülményeket egy erős hidegfront is nehezítette azáltal, hogy augusztus 3-a után 32 órán belül 9°C-kal csökkent a léghőmérséklet. A halak valószínűsíthetően a frontot megérezve nem vettek fel minden takarmányt, ezért úgy határoztunk, hogy egyenlőre a takarmányadag emelése helyett, amit a következő ciklus kezdete miatt szükséges lett volna felemelnünk, nem eszközölünk újabb mennyiségi és összetételi változtatást egyik csoportban sem, és tartjuk a 10% rovarfehérje arányt. A víz hőmérsékletét esetlegesen befolyásoló tényező a napközben nyitott ajtó lehetett, az átlagos víz hőmérséklet ebben a szakaszban 21°C volt. A víz pH- értéke átlagosan 6,8 volt, ez arra engedett következtetni, hogy a fehérje-kiegészítés a rendszerbe kerülve nem rontja a vízminőséget.

Takarmányozás: a halak mindvégig jó étvággal ettek, a takarmányadagot testtömegszázalékban nem változtattuk. Összesen 7800 g takarmányt kaptak a halak ezen időszak alatt. A páratlan számozású medencék egyenként 3900 g Alltech tápot kaptak tisztán, ami napi 55,7 grammot jelent egy kádra kivetítve. A páros számozásúak 3510 g komplex takarmánykeveréket kaptak, amihez 390 g rovarlisztet adtunk a 14 nap alatt. Az említett mennyiséget az 5 kád között egyenlő arányban osztottuk el. A keverék nyersfehérje-tartalmának kiszámítása: 3510 g Alltech Coppens Supreme 10 összesen 1719,9 g, a 215,6 g rovarfehérjéé 39 g, ami összesen 1935,5 g. Ez azt jelenti, hogy a takarmánykeverék 49,62% nyersfehérjét tartalmazott.

Harmadik etetési ciklus

Augusztus 18. és szeptember 1. között a kecsgék a megszokott és elvárt ütemben növekedtek. Fokozatosan tudtuk emelni a takarmányadagot, amit minden etetés alkalmával elfogyasztottak. Szerettük volna látni, hogy a tápra felvitt rovarfehérje mennyiségének növelése milyen hatást gyakorol az állományra, így 13%-ra növeltük az arányát. Az átlagos víz hőmérséklet 22,5 °C, a vízben oldott oxigéntartalom 7,9 mg/l, a pH átlagos értéke 6,8 volt.

Takarmány mennyisége, nyersfehérje-tartalma a következő volt:

(1,3,5,7,9. medence): a kontroll takarmányt kapták a halak 1,5 testtömeg-százalékában.

(2.4.6.8.9. medence): az Alltech tápot 13% Grinsect rovarliszttel egészítettük ki, így kádanként 3593 g Alltech Coppens Supreme 10 mellé 537 g fekete katonalégy lárvá örleményt jelentett a teljes ciklus alatt. A keverék nyersfehérje tartalmának kiszámítása: Alltech Coppens Supreme 10 táp 3593 grammjának nyersfehérje tartalma- 49% tehát 1760,6g. A Grinsect rovarliszt 537 grammjának nyersfehérje tartalma 55,7%, tehát 295,35 g. A kettő összesen 2055,95 g nyersfehérjét tartalmaz, ami 49,78%-ot jelent. Ezáltal e keverék 0,78%-al több nyersfehérjét tartalmazott, mint a hagyományos eleség. A nyerszsír-tartalom mindkét esetben 10% volt.

Negyedik etetési ciklus

Szeptember 2 és 15. között végeztük ezt a periódust. A takarmányozás módszerét tekintve változtattunk a táp felszínére felvitt rovarliszt mennyiségén, amit 13%-ról 16%-ra emeltünk. A halak növekedésének tekintetében emeltünk a napi takarmányadagon, amit továbbra is hozzávetőleg 1,4-1,6 testtömeg-százalékban kaptak. Az átlagos víz hőmérséklet 23 °C, a vízben oldott oxigéntartalom 7,9 mg/l, a pH átlagos értéke 6,8 volt. A komplex takarmánykeverék nyersfehérje-tartalma a 16%-os rovarfehérje-kiegészítés hatására 49,9% volt, ami 0,9%-kal több, mint az Alltech Coppens Supreme 10-ben.

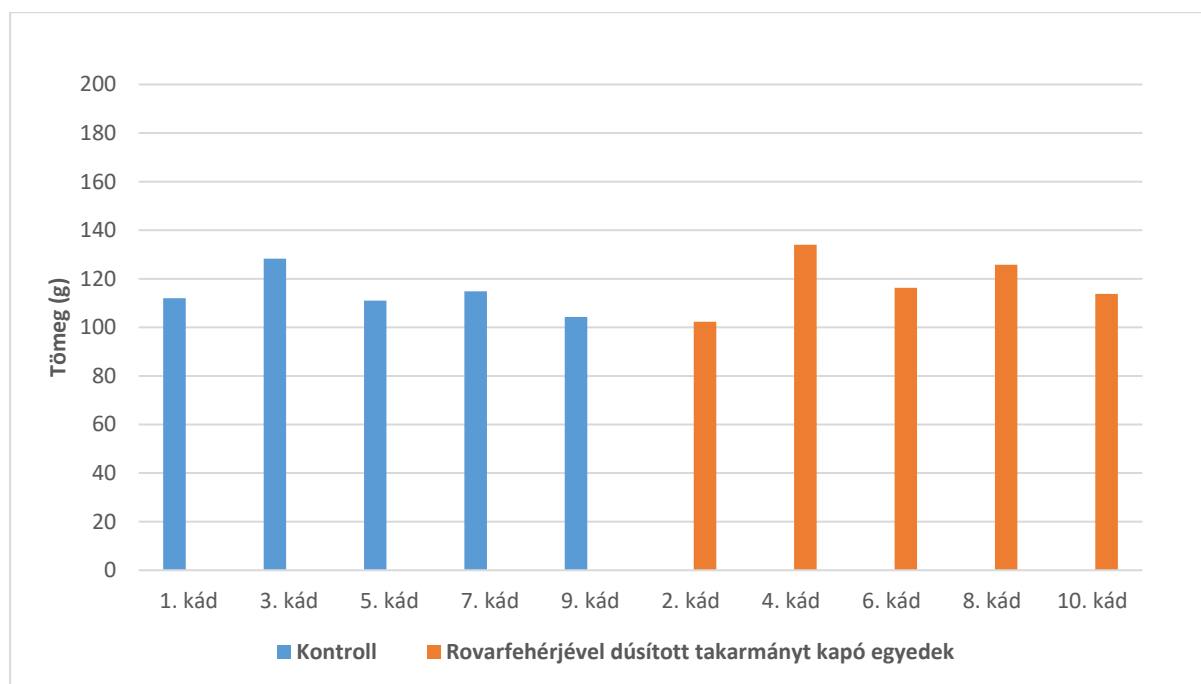
Ötödik etetési ciklus

Szeptember 15-e után 29-én mértük ismételten a kecsegék súlyát, illetve hosszát, ami a kísérlet gyakorlati szempontját tekintve az utolsó lépés volt a haltelepen. A kísérlet utolsó szakaszának elején 16%-ról 20%-ra emeltük a rovarfehérje mennyiségét, a takarmányadagot pedig halak növekedésével párhuzamosan emeltük. A léghőmérséklet a korábbiakhoz képest enyhén csökkent, ami nem befolyásolta negatív irányba a takarmányfelvételt. Az átlagos víz hőmérséklet 22 °C, a vízben oldott oxigéntartalom 7,9 mg/l, a pH átlagos értéke 6,9 volt. A komplex takarmánykeverék nyersfehérje-tartalma a 20%-os rovarliszt-kiegészítés hatására 1,2%-kal növekedett, mivel a 49%-os nyersfehérje-tartalmú, 3376,8 g Alltech Coppens Supreme 10 és a 844,2 g 55%-os rovarliszt összekeverésével 50,12%-os elegyet kaptunk.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Első etetési szakasz eredményei

Az elvégzett két mintás t-próba 95%-os szignifikanca szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést a növekedésben: P-érték: hossz vizsgálat esetében: 0,8013 tömeg esetében: 0,5741. A tisztán Alltech Coppens Supreme 10 táppal nevelt egyedek hossza átlagosan 6,2 cm-t, míg a tömegük 17,7%-kal növekedett a 14 nap leforgása alatt. A tápot rovarfehérje-kiegészítéssel kapó kecsegéknél ez az emelkedés 6,1 cm, illetve 14,3% volt. Így összességében hosszban több, mint 0,37%-kal, súlyban 2,55%-kal jobban növekedtek a kontroll kádak halai. A fajlagos növekedési ráta (SGR) és a takarmánykonverziós arány (FCR) kontroll kecségék esetében: SGR: 1,3%, FCR: 1,25 g/g. Fehérjével dúsított takarmánykeveréket kapó kecségék esetében: SGR: 1,09%, FCR: 1,51 g/g. Egy kádban sem tapasztaltunk elhullást, illetve beteg, vagy rossz egészségügyi állapotban lévő egyedeket. A kecségék kádankénti tömeggyarapodásának eloszlása a 8. ábrán látható.

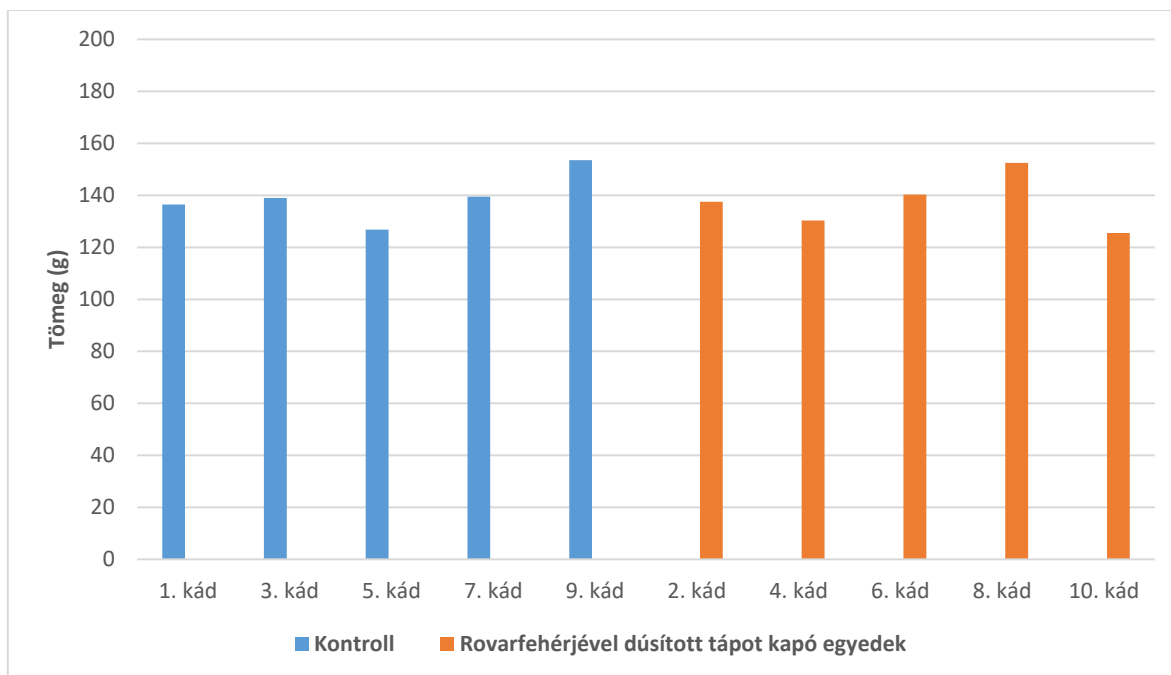


8. ábra: A kecségék átlagos tömegének eloszlása kádanként az első etetési szakasz végén.

4.2. Második etetési szakasz eredményei

A tisztán Alltech Coppens Supreme 10 táppal nevelt egyedek hossza átlagosan 7,1 cm-t, míg a tömegük 21,91%-kal növekedett a 14 nap leforgása alatt. A tápot rovarfehérje-kiegészítéssel kapó kecségék ez az emelkedés 6,47 cm, illetve 15,87% volt. Így összességében hosszban több, mint 0,5%-kal, súlyban 6%-kal jobban növekedtek a kontroll kádak halai. A

fajlagos növekedési ráta (SGR) és a takarmánykonverziós arány (FCR) kontroll kecsegék esetében: SGR: 1,41%, FCR: 1,02 g/g, a fehérjével dúsított takarmánykeveréket kapó kecsegék esetében: SGR: 1,05%, FCR: 1,35 g/g. Az elvégzett két mintás t-próba 95%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést a növekedésben: P-érték: hossz vizsgálat esetében: 0,9605 tömeg esetében: 0,6548. Augusztus 8-án egy elhullást tapasztaltunk a tápon nevelt halak közt. Ez az egyed kisebb volt, mint fajtársai, betegség szempontjából tetemét nem vizsgáltuk. A kecsegék átlagtömegének kádankénti eloszlása a 9. ábrán látható.

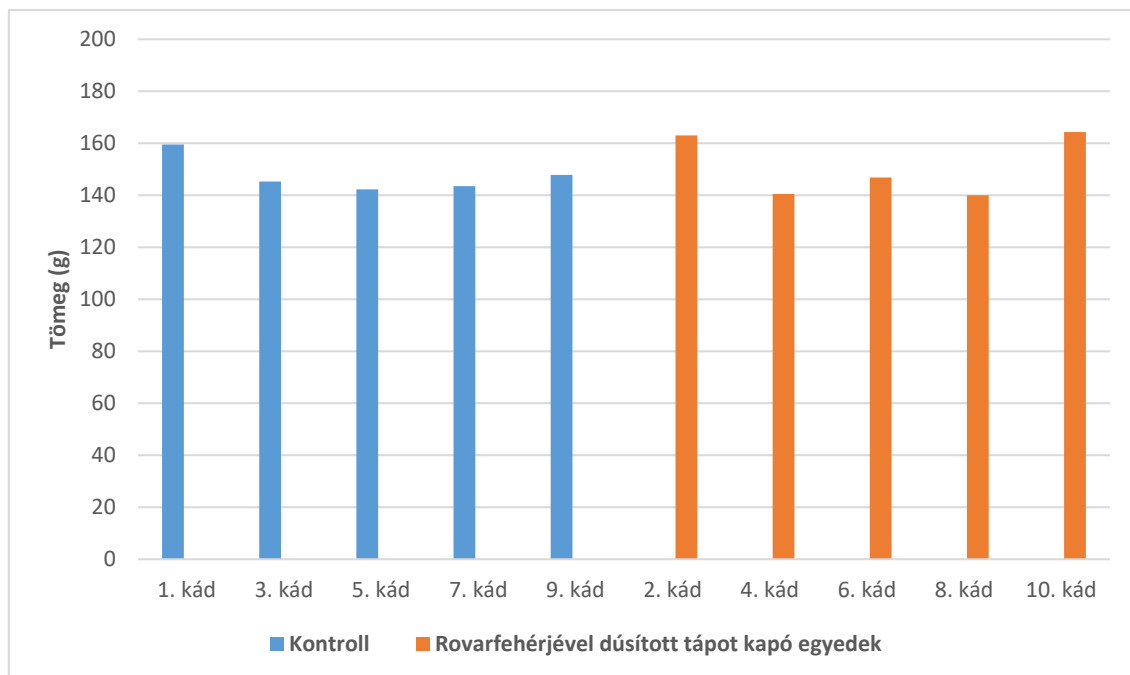


9. ábra: A kecsegék átlagos tömegének eloszlása kádanként a második etetési szakasz végén.

4.3. Harmadik etetési szakasz eredményei

A testsúly-gyarapodás összehasonlítása során a kísérlet első napján mért testtömeget hasonlítottam össze a 3. periódus végén mért átlagtömegekkel. A tápon nevelt kecsegék növekedésének mértéke a kísérlet kezdete óta 29,44% volt, a fehérje-kiegészítéseké pedig 27,44%. Ez önmagában nem pozitív mérleg, viszont a 2. periódus végétől számítva az utóbbi csoport 3,7%-kal nagyobb súlygyarapodást produkált. Ezt annak tudtuk be, hogy kezdeti csekélyebb növekedés után sikeres volt a teljes átállás a rovarlisztes tápra. Az augusztus 18-ai hidegfront ezúttal nem volt hatással a növekvő kecsegék takarmányfelvételére. A fajlagos növekedési ráta (SGR) és a takarmánykonverziós arány (FCR) kontroll kecsegék esetében: SGR: 0,92% FCR: 3,02 g/g, a fehérjével dúsított takarmánykeveréket kapó kecsegék: SGR: 0,87%, FCR: 1,89 g/g. Az elvégzett két mintás t-próba 95%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést a növekedésben: P-érték: hossz vizsgálat esetében:

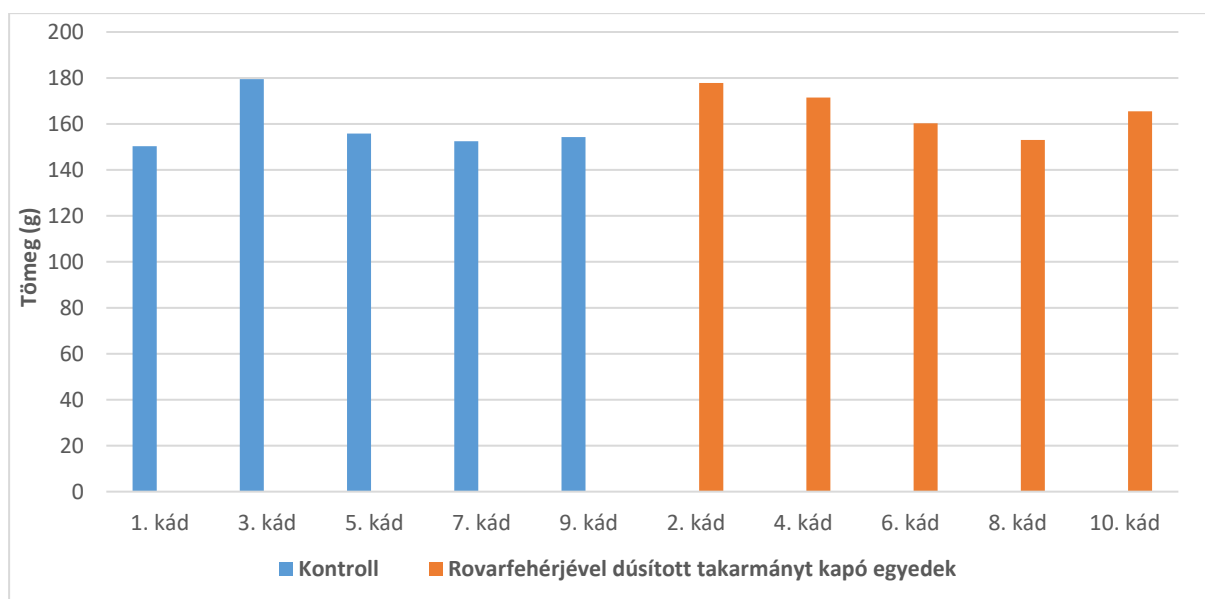
0,6201 tömeg esetében: 0,7057. Elhullást nem tapasztaltunk. A kecsék tömeggyarapodásának megoszlása a 10. ábrán látható.



10. ábra: A kecsék átlagos tömegének eloszlása kádanként a harmadik etetési szakasz végén.

4.4. Negyedik etetési szakasz eredményei

A tisztán Alltech Coppens Supreme 10 táppal nevelt egyedek hossza átlagosan 0,9 cm-t, míg a tömegük 10,7 g-ot növekedett a 14 nap leforgása alatt. A tápot rovarfehérje-kiegészítéssel kapó kecsék ez az emelkedés 1,1 cm, illetve 14,6 g volt. A fajlagos növekedési ráta (SGR) és a takarmánykonverziós arány (FCR) kontroll kecsék esetében: SGR: 0,78, FCR: 2,59, a fehérjével dúsított takarmánykeveréket kapó kecsék esetében: SGR: 0,8, FCR: 1,88. Az elvégzett két mintás t próba 95%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést a növekedésben: P-érték: hossz vizsgálat esetében: 0,0821, tömeg esetében: 0,2873. Elhullást nem tapasztaltunk. A kecsék tömeggyarapodásának megoszlása a 11. ábrán látható.



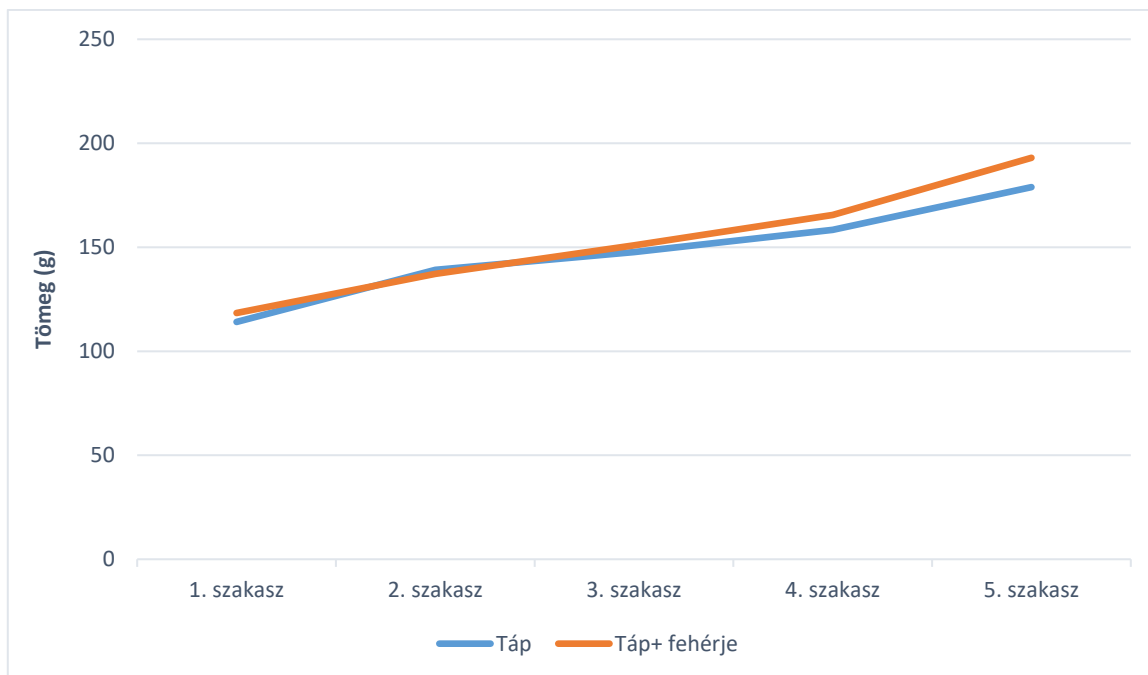
11. ábra: A kecsek átlagos tömegének eloszlása kádanként a negyedik etetési szakasz végén.

4.5. Ötödik etetési szakasz eredményei

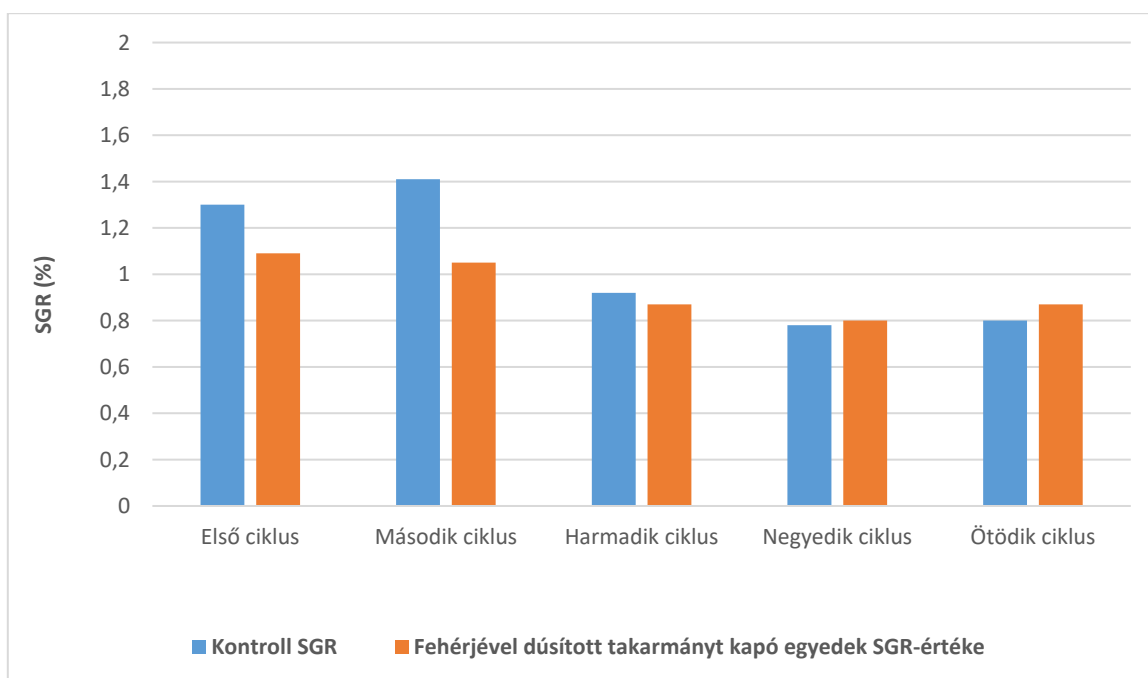
A tisztán Alltech Coppens Supreme 10 táppal nevelt egyedek hossza átlagosan 1,4 cm-el, míg a tömegük 20,5 g-mal növekedett a 14 nap leforgása alatt. A tápot rovarfehérje-kiegészítéssel kapó kecsek ez az emelkedés 2 cm, illetve 27,5 g volt. Így összességében hosszban több, mint 0,028%-kal, súlyban 5,63%-kal jobban növekedtek a rovarfehérje-kiegészítésben részesülő kádak halai. A fajlagos növekedési ráta (SGR) és a takarmánykonverziós arány (FCR) kontroll kecsek esetében: SGR: 0,8%, FCR: 1,37 g/g, a fehérjével dúsított takarmánykeveréket kapó kecsek esetében: SGR: 0,87%, FCR: 1,02 g/g. Az elvégzett két mintás t próba 95%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést a növekedésben: P-érték: hossz vizsgálat esetében: 0,0996 tömeg esetében: 0,1004.

A kísérlet lezárultával elkészítettük a teljes nevelési időszak tömeggyarapodását bemutató grafikont (12. ábra), valamint az FCR és SGR-értékekre vonatkozó adatok összegzését (13. és 14. ábra). A kísérlet során felhasznált Alltech Coppens Supreme 10 takarmány ára 1,22 Euró/kg, ami 360 Ft-os árfolyammal számolva 439,2 Ft kilogrammonként. A felhasznált rovarfehérje mennyisége 2780,4 g, amit kilogrammonként 10,29 Euróért, azaz 3704,4 Ft-ért tudtunk megvásárolni. A felhasznált mennyiségért 10.298,3 Ft-ot fizettünk. A tisztán Alltech Coppens Supreme 10 táppal nevelt kecsek takarmányozása során 20.081 g eleségben részesültek, aminek ára 8819 Ft volt. A rovarliszt-kiegészítésben részesülő tokfélék takarmányozásból adódó költsége 7598 Ft volt a felhasznált 17.300 g Alltech táp által, továbbá

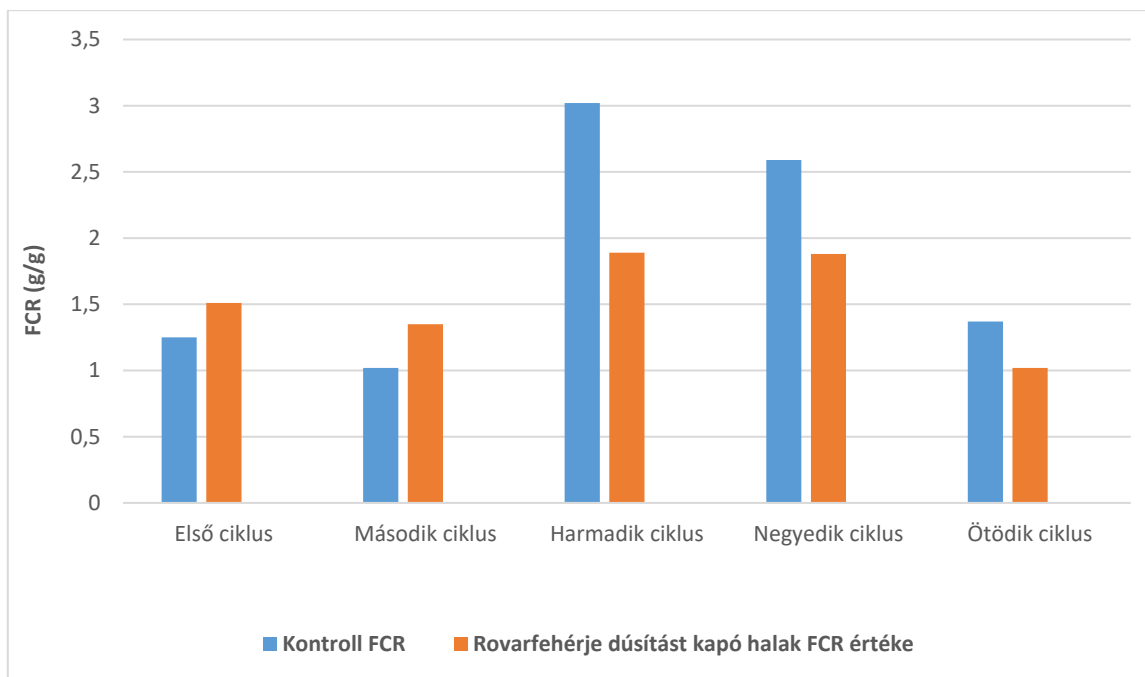
10.289,3 Ft adódott hozzá a rovarliszt miatt. Összesen ez a keverék 17.887,3 Ft-ba került, ami 9068,3 Ft-tal több, mint a kontroll csoporté.



12. ábra: Tömeggyarapodás összehasonlítása az összes szakasz figyelembevételével.



13. ábra: SGR értékek változása a kísérlet során.



14. ábra: FCR-értékek változása a kísérlet során.

4.6. Következtetések és javaslatok

Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy kísérletünk során sikeresen építettük be a katonalégység lárvájából készült fehérjeport növendék kecsék takarmányozásába. A kezdeti lassabb fejlődés ellenére átszoktatás után a fehérje-kiegészítést kapó kecsék fokozatosan kezdték felvenni a versenyt a tisztán teljesértékű takarmánnyal etetett egyedekkel. A 10. hét, azaz az utolsó ciklus végére már jobb eredményt is kaptunk a kísérleti csoportban, ami azt jelentette, hogy a rovarliszt-kiegészítés hatására a hosszú szoktatás és liszt mennyiségi növelése után a kecscecsoport erőteljesebben fejlődött. A fehérje-kiegészítéses halcsoport súlybéli növekedése 69,3% volt, még a tisztán táppal nevelteké pedig 56,8%. Ez azt jelenti, hogy több, mint 12%-kal jobb eredményt értünk el a kezelt állományon 70 nap leforgása alatt. Tapasztalatunk szerint minimális mértékben kell kezdeni a rovarliszt beépítését a takarmányozásba, máskülönben a kecsék nem fogják maradéktalanul elfogyasztani eleinte az eleséget. A legnagyobb mértékű fejlődést 16% rovarliszt hozzáadása esetén figyeltük meg, ami kivétivé 100 g takarmányra 55,7% nyersfehérje tartalmú rovarliszt révén 50,08% nyersfehérje tartalomra egészítette ki az egyébként 49 % nyersfehérjét tartalmazó tápot.

A kísérlet azt mutatja továbbá, hogy a halak tömeggyarapodásának mértéke nem olyan volumenű, mint amennyivel drágább a rovarfehérje használata a hagyományos takarmánynál. Elmondhatjuk tehát, hogy gazdaságilag egyelőre nem jövedelmező, viszont fenntartható ezt a takarmányozási módot választani. Kísérletünk végeredményei hasonlítanak (Rawski et al.

2020) szibériai tokokon végzett katonalégylárvával kiegészített takarmányozási tesztjére, mely szerint a jövőbeli fenntarthatóságra való tekintettel ez a fehérjeforrás alkalmas lehet a halliszt kiváltására. Egy idei rovarfehérje-kiegészítéssel vizsgálat során (Rawski et al. 2021) kimutatták, hogy eme fehérjeforrás beépítése a szibériai tokon takarmányozásába jövedelmezőbb is lehet, mint a teljesen halliszt és halolaj alapú etetés, így ez a kísérlet volt az első, ami gazdaságilag hatékonynak számít ebben a témakörben. Növekedési eredményeink elmaradnak a 8%-os, a 10%-os, a 13%-os, 16%-os és 20%-os katonalégylárva kiegészítéssel is Rawski et al. (2021) tömeggyarapodásaihoz képest. Kísérletünk azt mutatta, hogy 2 testtömeg-százalék takarmány etetése mellett növekednek legjobban a kecsegék, ez a mennyiség megegyezik Akbulut et al. (2013) szintén kecsegéken végzett tesztjeinek eredményeivel. Pozitívum, hogy a kecsege jó áron értékesíthető, a Rideg&Rideg Fish Farm Kft 2750 Ft/kg + 5% áfával adja el a kb. 25 dkg-os halakat. A rovarfehérjék köztudatba való jelentősebb mennyiségben való bekerülésekor és ezzel párhuzamosan az ipari termelés elindulásával, valószínűleg az árak mérséklődésével jár együtt és ebben az esetben valós alternatíva lehet a rovarlisztek gazdaságos felhasználása.

5. Összefoglalás

Dolgozatomban a kecsge takarmányozás fejlesztésének lehetőségét vizsgáltuk és célul a tűztük ki a takarmányozás során mért paraméterek összehasonlítását a kontroll és a kezelt csoportok között. A tengerekből, óceánokból lehalászott halak közel egyötödéből halliszt készül, ami hatalmas veszélyt jelent számos populációra és könnyen kihalásukhoz vezethet. A haltakarmányozásban nagy szerep jut a hallisznak, mivel magas fehérjetartalma miatt a legtöbb komplex haltakarmány alapanyagaként szolgál. Mivel ez a forrás természetvédelmi okokból nem fenntartható, ezért egy olyan fehérjeforrás beépítésével kísérleteztünk, ami nem károsítja a környezetet, viszont tápértéke vetekszik a hallisztével. A rovarfehérje alapját katonalégylárvái adták, melyeket mezőgazdasági hulladékon neveltek abszolút fenntartható módon. Kutatásunk eredményei hozzájárulhatnak a fenntartható haltakarmányozás fejlesztéséhez az intenzív recirkulációs rendszerekben. Vizsgálatainkhoz szükséges kísérleti állomány a szarvasi MATE AKI HAKI-ból származott, ahol a szaporítás zajlott. Ezt követően a Rideg&Rideg Fish Farm Kft. homokmégyi haltelepén neveltünk kecsge ivadékokat, majd 4 hónappal később megkezdtük a növendék halak rovar fehérje-kiegészítéses takarmányozását. Ez a kísérlet 10 hétig tartott. Az etetési kísérlet júliusban kezdődött, amikor egy 10 kádas recirkulációs rendszerbe helyeztük ki az állomány egy részét. A kádak egyik fele (30 egyed/kád, összesen 150 hal) a hagyományos, komplex takarmányt kapott, a másik fele (szintén 30 egyed/kád, összesen 150 hal) pedig ugyanazon takarmányt kapta rovarfehérje bevonattal. A kísérlet során öt alkalommal, 2 hetes időközönként mértük minden medence 4, véletlenszerűen kiválasztott egyedének testtömegét és teljes testhosszát. Azt tapasztaltuk, hogy a kecsge egy nagyjából 2 hetes periódust igényel, amikor fokozatosan szoktatjuk rá a fehérje-kiegészítéses tápra, ám ezt követően 20% rovarliszt tartalom esetén sem tapasztaltunk jelentős eltérést a két csoport között. A fehérje-kiegészítéses kecsgek súlybéli növekedése 69,3% volt, a tisztán táppal nevelteké pedig 56,8%. Ez azt jelenti, hogy több, mint 12%-kal jobb eredményt értünk el a kísérleti állományon 70 nap leforgása alatt, azonban ez az eltérés nem volt szignifikáns. A rovarliszt-kiegészítésben részesülő tokfélék takarmányozási költsége 7598 Ft volt a felhasznált 17.300 g Alltech táp tekintetében, továbbá 10.289,3 Ft adódott hozzá a rovarliszt miatt. Összesen ez a keverék 17.887,3 Ft-ba került, ami 9068,3 Ft-tal több, mint a kontroll csoporté. Kísérletünkkel hozzájárultunk a fenntartható, csökkentett halliszt-tartalmú takarmányra alapozott, intenzív rendszerben történő kecsgeneveléséhez, amelyet később kitelepíthetünk természetes vizeinkbe, elősegíthetjük az egyre ritkuló faj populációinak újbóli megerősödését. Ezentúl éttermeket, halgazdaságokat szolgálhatunk ki az általunk felnevelt halakkal.

6. Irodalomjegyzék

- Akbulut, B., Feledi, T., Lengyel, S., és Rónyai, A. (2013): Effect of feeding rate on growth performance, food utilization and meat yield of sterlet (*Acipenser ruthenus* Linne, 1758). *Journal of Fisheries Sciences* 7(3) pp 216-224
- Biancarosa, I., Sele, V., Belghit I., Ørnsrud, R., Lock, E-J., Amlund, H. (2019): Food Additives & Contaminants, Department of Requirement and Welfare, Institute of Marine Research, Bergen, Norway. 1191-1205 p.
- Bronzi, P., Rosenthal, T., Gessner, J. (2011): Global sturgeon aquaculture production: an overview. *J. Appl. Ichthyol.* 27. 169–175
- Chebanov S., Galich V. (2013): Sturgeon Hatchery Manual, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 558. Ankara, FAO. 1-297 pp.
- Ebeling, J.M., Vinci, B. (2006): Recirculating Aquaculture systems, University of Arizona, p. 1-47.
- EG 1069/2009: AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1069/2009/EK RENDELETE (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályaon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet). 2009R1069 — HU — 01.01.2014 — 002.003
- FAO (2020): The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en> p. 1-244.
- Ferincz, Á., Staszny, Á., Juhász, V., Weiperth, A. (2019): Tokfélék a Duna vízrendszerében: a populációk hosszú idejű változásai és a jelenlegi helyzet. In Urbányi, B., Horváth, Á. (Szerk.): A tokalakúak biológiája és tenyésztése, Vármédia Print Kft., Gödöllő 53-56p.
- Francoise, M., Sadasivam, K. (2009): Protein sources in feed for farmed fish. *Cahiers Agricultures* (John Libbey Eurotext ltd), 2009-04 , Vol. 18 , N. 2, 103-111p.
- Guerdat, T. C., Losordo, T. M., Classen, J. J., Osborne, J. A., DeLong, D. P., (2010): An evaluation of commercially available biological filters for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* (42) pp. 38-49.
- Gutierrez-Wing, M.T., Malone, R.F. (2006): Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering* (34) pp. 163-171p.
- Harkai, Á., Sallai, Z. (2004): Magyarország halfaunája, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas. 74-76p.
- Hochheimer, J.N., Wheaton, F. (1998): Biological Filters: Trickling and RCB Design. in *Proceedings of the Second International Conference on Recirculating Aquaculture*, Roanoke, Virginia, 291-314p.
- Laczynska, B., Siddique, M., Liszewski, T., Kucinski, M., Fopp-Bayat, D. (2017): Effects of feeding rate on the growth performance of gynogenetic albino sterlet, *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) larvae *Journal of Applied Ichthyology* 33.323-327.
- Lee, D., Lim, S., Lee, S. (2021): Dietary protein requirement of fingerling sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). *Journal of Applied Ichthyology*, 37(5), 687–696.
- Mézes, M. (2019): A tokalakúak táplálkozása és takarmányozása In: Urbányi, B., Horváth, Á. (Szerk.): A tokalakúak biológiája és tenyésztése, Vármédia Print Kft., Gödöllő, 109-116p.
- Nijhof, M. (1995): Bacterial startification and hydraulic loading effects in plugflow model for nitrifying trickling filters applied in recirculating fish culture systems. *Aquaculture* (134) 49-64. p.
- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B. & Józefiak, A. (2018): Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture* (2019) 11, pp. 1080–1103.
- Péteri A., Janurik E. (2015): Az oxigénellátás levegőztetéssel és tiszta oxigénnel In: Csorbai, B., Péteri A., Urbányi, B. (Szerk.): Intenzív haltenyésztés, Vármédia-Print Kft., Gödöllő, 54-66p.

- Pintér, K. (2002): Magyarország halai, Akadémia Kiadó, Budapest, 22-32p.
- Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kieronczyk, B., Jozefiak, D. (2020): Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization. *Animals* 2020, 10(11), 2119.
- Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kieronczyk B., Józefiak, D. (2021): Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal Is More Profitable Than Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Farming: The Effects on Aquaculture Sustainability, Economy and Fish GIT Development. *Animals* 2021, 11(3), 604.
- Rideg, Á. (2006): Egynyaras kecsege (*Acipenser ruthenus*) nevelés néhány lehetősége- eredmények és kudarok. Szakdolgozat, SZIE, Gödöllő, 3-23p. 42pp
- Shepherd, C. J., Bromage, N. R. (1992): Intensive Fish Farming, Wiley- Blackwell kiadó, 420. p
- Staszny, Á., Weiperth, A., Juhász, V. & Ferincz, Á. (2019): Alaktan és testfelépítés In: Urbányi, B., Horváth, Á. (Szerk.): A tokalakúak biológiája és tenyésztése, Vármédia Print Kft., Gödöllő, 240p., 25-31p.
- Sternin, V., Doré, I., (1998): Le Caviar de la peche au grain, INRA, Paris, 1-216p.
- Till, J. (2003): Magyarország halainak rendszertani leírása, PRESS-G-96 Bt. nyomdaüzem, Dorog, 17p.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M. (2007): Recirculating Aquaculture Cayuga Aqua Ventures, Ithaca. p. 1-976.
- Urbányi B. (2015): Az intenzív haltenyésztés története, definíciói. In Csorbai Balázs, Péteri András, Urbányi Béla (Szerk.): Intenzív haltenyésztés. Gödöllő, Vármédia Kft. 5-11. p.
- Watten, B.J., Sibrell, P.L. (2006): Comparative performance of fixed-film biological filters: Application of reactor theory. *Aquacultural Engineering* (34) p. 198-213.
- Wedemeyer G.A. (1996): Physiology of Fish in Intensive Culture Systems, Springer kiadó, p. 229.
- Wheaton, F.W. Hocheimer, J., Kaiser, G.E., Malone, R.F. (1994): Nitrification Filter Design Methods. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 27. p. 127-166.
- 2017/893 (Európai Unió): 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. L 138/92

Internetes források:

- Evans, M. (2020): Catching fish to feed fish: Report details ‘unsustainable’ fishmeal and oil industry, Mongabay. <https://news.mongabay.com/2019/12/catching-fish-to-feed-fish-report-details-unsustainable-fishmeal-and-oil-industry/> (elérve: 2020.12.)
- Ebertz, A. (2019): Why Insect Meal Will Be the New Feed for Animals in Aquaculture, Technology Networks. <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/articles/why-insect-meal-will-be-the-new-feed-for-animals-in-aquaculture-316569> (elérve: 2021.07.)
- Payton, B. (2020): Taking the Fish Out of Fish Feed, Hakai Magazine. <https://www.hakaimagazine.com/features/taking-the-fish-out-of-fish-feed/> (elérve: 2021.10.01.)
- Szőke, V. (2015): Bajszok és vérték a mélyből I., Magyar Természettudományi Múzeum Blog. https://mttmuzeum.blog.hu/2015/07/29/bajszok_es_verték_a_melybol_i (elérve: 2021.07.)
- Tacon, A. (1987): The Nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - A training manual. FAO Report, Brasilia <https://www.fao.org/3/ab470e/ab470e00.htm#TOC> (elérve: 2021.10.20.)
- Turner, J. (2014): The problem of fishmeal, <https://medium.com/science-and-its-communication/the-problem-of-fishmeal-d0dbef07a970> 2 (elérve: 2021.09.)
- Windsor, L. (2001): Fish meal, Department of trade and industry, Torrey Research Station, Torrey Advisory Note No. 49 <https://www.fao.org/3/x5926e/x5926e00.htm> (elérve: 2021.10.)

http1: Magro.hu. <https://www.magro.hu/agrahirek/rekord-halfogyasztas-a-vilagon-egyre-bovul-a-haltermeles-ami-gondokkal-is-jar/> (elérve: 2021.07.)

http2: Changing Markets Foundation and Compassion in World Farming (2019): Until the Seas Run Dry, How industrial aquaculture is plundering the oceans. 65p. 5-15p <https://changingmarkets.org/wp-content/uploads/2019/04/REPORT-WEB-UNTILL-THE-SEAS-DRY.pdf> (elérve: 2021.10.)

http3: Black Soldier Fly, Grinsect.hu
https://grinsect.com/?gclid=CjwKCAjw2bmLBhBREiwAZ6ugo1ouWLYGbEa-Q4w2Pi9Qvd0bADHIU8NMfxqy_cgQXuMcPtgC4JyIFRoCn84QAvD_BwE (elérve: 2021.07.)

http4: Black Soldier Fly Farming. <https://www.insectengineers.com/black-soldier-fly-farming> (elérve: 2021.09.)

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megragadni az alkalmat, hogy köszönetet mondjak belső konzulenseimnek, **Dr. Bokor Zoltánnak**, aki évek óta támogat és segít szakmai tanulmányaimban és számos hasznos tanáccsal lát el, valamint **Dr. Csorbai Balázsnak**, aki kreatív ötleteivel mindig fényt mutatott az alagút végén, segített és biztatott munkámat illetően. Elfoglaltságuk és a koronavírus okozta nehézségek ellenére mindig számíthattam rájuk, ha nehézségbe ütköztem. Köszönet illeti **Láng Levente Zetét** és **Molnár Józsefet**, illetve az Intézet minden dolgozóját, aki segítette dolgozatom létrejöttét.

Köszönettel tartozom **Dr. Urbányi Béla** professzor úrnak, hogy szakdolgozatomat és halas tanulmányaimat az Intézet kötelékében végezhettem.

Végezetül pedig hálás köszönettel tartozom külső konzulensemnek, **Rideg Árpádnak**, a **RIDEG& RIDEG FISH FARM KFT.** ügyvezetőjének, akire minden nehézség közepette számíthattam, rendelkezésemre bocsátotta vállalkozása infrastruktúráját, amire a kísérletem sikerességéhez szükséges volt. Az elmúlt év alatt még jobban megszerettette velem a halakat azzal, hogy mindig betekintést nyertem nála a haltenyésztés kulisszái mögé.

A kutatást az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.