MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november. 22.

ROVARFEHÉRJE KIEGÉSZÍTÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA MENYHAL *(LOTA LOTA L.)* IVADÉK TAKARMÁNYOZÁSA SORÁN

Study on the effect of insect protein supplementation in the feeding of burbot (*Lota lota L.)* fry

Készítette: **Ádám Róbert**
GZT9M8
Mezőgazdasági mérnök alapképzés
levelező tagozat
Szent István Campus

Témavezetők: **Dr. Bokor Zoltán** tudományos főmunkatárs
MATE, AKI, Halgazdálkodási Tanszék

Dr. Csorbai Balázstudományos munkatárs
MATE, AKI, Halgazdálkodási Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi Szekció

Szent István Campus, Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés ... 2

1.1. Célkitűzés ... 3

2. Irodalmi áttekintés ... 4

2.1. A menyhal (Lota lota L.) általános bemutatása ... 4

2.1.1. Tőkehal félék családja *(Gadidae)* ... 4

2.1.2. Rendszertan ... 5

2.1.3. Morfológia ... 5

2.1.4. Elterjedés ... 6

2.1.5. Biológia ... 6

2.1.6. Tenyésztés ... 7

2.2. Alternatív fehérjeforrások a takarmányozásban ... 9

2.2.1. A fenntartható takarmányozás ... 9

2.2.2. Alternatív takarmányozási módszerek tőkehalféléknél ... 10

2.2.3. A rovarfehérje, mint alternatív fehérje forrás ... 12

2.2.4. Fekete katonalégy alkalmazása a haltakarmányozásban ... 14

3. Anyagok és módszerek ... 15

3.1. Indukált szaporítás ... 15

3.1.1. Hormonindukció és szaporítás ... 15

3.2. Keltetés és nevelés ... 16

3.3. A takarmányozási kísérlet beállítása ... 17

3.3.1. A takarmány előkészítése ... 18

3.3.2. A kísérlet környezeti paraméterei ... 21

3.4. Mérések ... 22

3.5. Adatok értékelése ... 22

3.6. A rovarliszt beltartalmi értékeinek vizsgálata ... 23

4. Eredmények és értékesülések ... 25

4.1. Takarmányozási kísérlet eredményei ... 25

4.1.1. Testhossz, nedves és száraz testtömeg mérés a kísérlet félidejénél ... 25

4.1.2. Testhossz, nedves és száraz testtömeg mérés a kísérlet zárásakor ... 27

4.1.3. Megmaradás ... 29

4.2. Rovarliszt beltartalmi értékei (nyersfehérje, nyerszsír) ... 30

4.3. Következtetések és javaslatok ... 32

5. Összefoglalás ... 34

6. Irodalomjegyzék ... 35

7. Köszönetnyilvánítás ... 40

1. Bevezetés

Dolgozatban a menyhal *(Lota lota L.)* ivadékkori takarmányozásában alkalmazott rovarfehérjével kiegészített takarmány hatásainak vizsgálatát tűztük ki célul. Több szempontból is fontos, hogy ezt a jellegű takarmányozási kísérletet sikeresen végre tudtuk hajtani. Az pedig külön érdekességnek tartom, hogy ennek a halfajnak a bevonásával sikerült ezt megvalósítani.

Az akvakultúra terén napjaink egyik legégetőbb kérdése a fenntartható takarmányozással kapcsolatos. A jövőben a tengeri halászat hosszú távon nem fogja tudni biztosítani a haszonállatok takarmányozásában használt halliszthez, halolajhoz szükséges alapanyagokat. Emiatt fontos, hogy a fehérjék más forrásból biztosíthatóak legyenek (FAO 2014). Ilyen alternatív forrás lehet a rovarfehérje, mely kiváló beltartalmi értékekkel rendelkezik.

Továbbá azt is figyelembe kell venni, hogy a világon a halfogyasztás volumene lassan, de növekvő tendenciát mutat. Így könnyen belátható, hogy a halászat nemhogy a takarmány előállításhoz szükséges alapanyagokat, de a halfogyasztás igényét sem fogja tudni kielégíteni, ami előrejelzések szerint 2035-re 1,4%-kal fog növekedni (FAO 2018). Ezért is fontos, hogy az általunk végzetthez hasonló kísérleteket megvalósuljanak és a kapott eredmények intenzív haltermelő rendszerekben alkalmazhatóak legyenek.

A másik nem elhanyagolható szempont, hogy a menyhal populációk napjainkban csökkenő tendenciát mutatnak, aminek bár pontos okai egyelőre tisztázatlanok, egyes szerzők szerint az antropogén hatásokra és a természetes vizek éghajlatváltozás miatt bekövetkező felmelegedésére vezethető vissza (Stapanian et al. 2010; Pandakov et al. 2020; Kucska et al. 2022). Az utóbbi időben növekvő érdeklődés mutatkozik az olyan hidegvízi fajok akvakultúrába való bevonása iránt, mint amilyen a menyhal (Jensen et al. 2011; Wocher et al. 2011), aminek ráadásul a gasztronómiai értéke is kimagasló. A menyhal tenyésztéséhez a RAS (Recirculating Aquaculture Systems) rendszerek kiváló lehetőséget nyújtanak amiatt, mert az ilyen rendszerekben a víz fizikai és kémiai paramétereit viszonylag könnyen szabályozhatjuk emellett a halak egészségi állapotának monitorozása folyamatos, valamint a takarmányadagokat is a halak igényeihez tudjuk igazítani (Blancheton 2000; Remen et al. 2008; Żarski et al. 2008; 2010).

1.1. Célkitűzés

A kísérlet céljául tűztük ki, a menyhal *(Lota lota L.)* takarmányozása során a rovarliszt kiegészítés ivadékfejlődésre gyakorolt hatásának vizsgálatát. A kísérlet során az alábbi paramétereket terveztük vizsgálni:

- takarmány hasznosulása,
- mortalitás/megmaradás,
- növekedési mutatók (tömeg és testhossz).

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A menyhal (Lota lota L.) általános bemutatása

A menyhal *(Lota lota L.)* a tőkehalfélék (*Gadidae*) családjának egyetlen édesvízi és Magyarországon őshonos képviselője (1. ábra). Fő táplálékát más halfajok és édesvízi gerinctelen élőlények alkotják (Jari-Pekka et al. 1999). Három alfaja különíthető el: a *Lota lota leptura,* a *Lota lota maculosa* és a *Lota lota lota.* Népies nevei: kutyahal, ménhal, ményhal, nagyagyú hal, tarka meny, törzsökhal (Keresztessy 1991). Már Herman Ottó is külön fejezetet szentelt neki A Magyar halászat könyve című munkájában, ahol többek között gasztronómiai fontosságát is kiemeli *„Most a meny mája ínyenczek keresett falatja”*, *„Húsa fehér, kitűnően tiszta, finom ízű s a piacz keresett czikke*” (Herman 1887). Külön érdekesség, hogy a Bibliában, Tóbiás Könyvében is említés esik a menyhal májából és epéjéből készült olajról, amelyet leginkább szembetegségek gyógyítására alkalmaztak (Solymos 2011). A halfaj egyedei a tél beköszöntével sikeresen foghatók folyóvizeken. Magyarországon az eddig legnagyobb kifogott példány 3,56 kg volt. (Harka 2004; internet 1). A Magyar Haltani Társaság által meghirdetett az év hala címért folytatott versenyen 2013-ban az első helyezést érte el (Wilhelm 2013).

1. ábra A menyhal (*Lota lota* L.) (Internet 1.)

2.1.1. Tőkehal félék családja *(Gadidae)*

A család tagjai leginkább az északi tengerekben fordulnak elő. Főleg különféle gerinctelenekkel és halakkal táplálkoznak. Morfológiai szempontból általánosságban elmondható, hogy testüket apró cikloid pikkelyek borítják, szájuk nagy, az úszók lágy sugarúak. A nemzettségben a hátúszók száma három a hasúszóké kettő. Kevés kivétellel az alsó állkapcson egy bajuszszál található, aminek jelentősége egyes feltételezések szerint a táplálékkeresésben segíti a halat. Legfontosabb fajuk a

közönséges vagy atlanti tőkehal *(Gadus morrhua L.)* (Bjorn et al. 2010). Az atlanti tőkehal mája körülbelül a hal tömegének a 13%-át teszi ki és 50% olajat tartalmaz. A májból kinyerhető olaj az emberi szervezet számára is fontos omega-3 zsírsavakat tartalmaz. A faj húsából és szerveiből kinyerhető halolaj miatt nagy kereskedelmi értéket képvisel. Alaszkában a halászatát kvótával szabályozzák (Jacobsen et al. 2013).

2.1.2. Rendszertan

Ország: Állatok *(Animalia)*
Törzs: Gerinchúrosok *(Chordata)*
Altörzs: Gerincesek *(Vertebrata)*
Főosztály: Állkapcsosok *(Gnatostomata)*
Osztály: Csontos halak *(Osteichthyes)*
Alosztály: Sugarasúszójúak *(Actinopterygii)*
Rend: Tőkehal-alakúak *(Gadiformes)*
Család: Tőkehalfélék – *(Gadidae)*
Faj: Menyhal *(Lota lota L.)* (Nelson 2016)

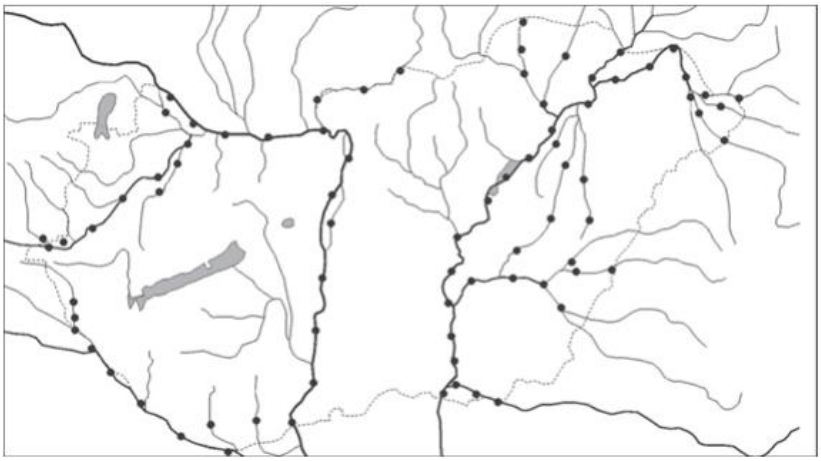
2.1.3. Morfológia

Testformája leginkább a harcsáéra emlékeztet, de egyedi morfológiai bélyegnek tekinthető az alsó állon található egyállású szakáll és az orrnyílások előtt elhelyezkedő bőrnyúlványok. Ezek a jegyek egyértelműen megkülönböztetik a harcsától. Feji része a békáéhoz hasonlóan lapított. Szája félig alsó állású, a fogak kicsik és hegyesek. A száj hasíték oldalról nézve a szem hátsó vonaláig ér (Pintér 2015). Hátúszói közül az első rövidebb, ezt 9-15 sugár alkotja, a hosszabbikat 68-90. Farokúszója kicsi és lekerekített. A hasúszók toroktájékon helyezkednek el, torokállásúak. Pikkelyei nagyon aprók, alig észrevehetőek, cikloid alakúak. Az oldalvonal a test elején folytonos, majd a farokúszóhoz közelítve szakadozottá válik (Harka és Sallai 2004). Színe a test felsőrészén és az oldalakon barnás zöld, sötétbarna. A hátúszók, a mellúszók, a farokúszó és a farok alatti úszó márványozott mintázatú. Ez a márványozottság a háti rész felől indulva a hasi rész felé halványodik (Pintér 2015).

2.1.4. Elterjedés

Elterjedése világviszonylatban igen nagynak tekinthető. Populációi a hideg és a mérsékelt övben élnek, a Holaritikus régióban jellemző. A *Lota lota lota* többnyire Eurázsiában és Alaszkában él. Négy filogenetikai klád különböztethető meg: Balti-tenger régió, Észak-Európa, Közép-Európa, Nyugat-Európa (McPhail és Paragamian, 2000; Pintér 2015). Magyarországi vizeinkben őshonos halfaj. Az eddig észlelések többek között az alábbi hazai vizekben voltak (2. ábra):

- Öreg-Duna, Mosoni-Duna, Duna, Rába, Lapincs, Láhn-patak, Marcal, Ipoly
- Dráva, Mura, Kerka, Fekete-víz, Karasica
- Tisza, Öreg-Túr, Szamos, Kraszna, Bodrog
- Hármas-Körös, Hortobágy-Berettyó, Kettős-Körös, Sebes-Körös, Maros
- Tisza-tó (Harka és Sallai 2004).



2. ábra A menyhal (*Lota lota* L.) magyarországi elterjedése (Harka és Sallai 2004)

Tavakban akár 200 méteres mélységben is előfordulhat. Az édesvizeken kívül megtalálható még a félsós (brack) vizű folyótorkolatokban (Pintér 2015). 1961-ig a Balatonban is gyakorinak számított, eltűnésének oka feltehetően az angolna *(Anguilla anguilla)* tóba történő betelepítésének negatív hatása volt, mivel nemcsak táplálék konkurense, hanem tápláléka is lett (Bokor et al. 2019).

Nagyobb, élénkebb sodrású folyók pér-, paduc és márnazónájában fordul elő leggyakrabban, de jó alkalmazkodó képességének köszönhetően a dévérzónában is megél. A kis vízhozamú középhegységi patakokat nem kedveli. A kövek között és a part üregeiben húzódik meg (Harka és Sallai 2004).

2.1.5. Biológia

A menyhal mesotherm halfajnak tekinthető mivel a hőmérsékleti preferenciája a hidegvíz-kedvelő pisztráng félék és a meleg kedvelő pontyfélék közé esik (Nikcevicet et al. 1995). A kemény homokos vagy sóderes aljzatot részesíti előnyben (Boag 1989). A menyhal természetes körülmények

között 0 és 6 °C között csoportosan ívik (Becker 1983). A kifejlett egyedek ritkán figyelhetőek meg 12 °C feletti hőmérsékleten (Bernard et al. 1993; Carl 1995). Egyes szerzők szerint nyári álmot alszik (Pintér 2015), ennek ellenére vannak tapasztalati felmérések, amelyek azt bizonyítják, hogy a menyhal 20 °C körül is aktívan táplálkozik. Erre példa a Tisza szolnoki szakaszán végzett vizsgálat, ahol az egyedek, az 1. táblázat szerinti időpontban és vízhőmérsékletnél kerültek begyűjtésre.

1. táblázat Menyhal egyedek begyűjtésének időpontja és a napi vízhőmérséklet (Szendőfi 2012.)

Dátum	Vízhőmérséklet °C
2012. augusztus 19.	23,6
2012. szeptember 8.	23,8
2012. szeptember 16.	21,4
2012. szeptember 23.	20,1

A helyszínen végzett gyomortartalmi vizsgálatok alapján elmondható, hogy a 20 vizsgált egyedből 9 hal gyomra volt üres, 11-nél pedig táplálék maradványok voltak találhatóak az emésztőrendszervben (Szendőfi 2012).

Szaporodásbiológiai szempontból nem szokványos halfaj, mivel az ívási időszak a téli hónapokra esik, amely decembertől februárig tart. Ivarérettségüket 3-4 éves korban érik el. Az ikrások körülbelül 300 ezer és 1 millió darab közötti ikraszemet raknak le. Az ikrák 1 mm nagyságúak és egy olajcseppet tartalmaznak (Harka és Sallai 2004). Az ívás időszakában folyóvízi rendszerekben nagy távolságokat, akár 100-200 km-t is megtesznek (Breeser et al. 1988; Evenson 1993).

2.1.6. Tenyésztés

A menyhal az elmúlt évtizedekben több országban került a tenyésztési kutatások középpontjába. Amerikában több vizsgálat is azért kezdődött, mert a menyhal élettere az antropogén hatások miatt egyre jobban szűkült. Erre egyik példa az Idaho állambeli Kootena folyó alsó szakasza, ahol először tudták Amerikában sikeresen nagy létszámban visszatelepíteni ezt a halfajt. A tenyésztési technológiával kapcsolatban rendelkezésre álló növekvő számú információ, valamint a menyhal kiváló húsa, a tőkehalfélékre jellemző mája és a bőréből készíthető különleges termékek miatt az akvakulúrába való termelésbe vonása is felmerült (Timothy et al. 2016).

A faj megőrzésével kapcsolatos szaporítási és visszatelepítési programok hazánkban is elkezdődtek. A Balatoni Halgazdálkodási Nonprofit Zrt. és az akkor még Szent István Egyetem Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,

Halgazdálkodási Tanszékével közösen 2016. és 2017. között 46.550 darab menyhalat telepített a Balatonba. A cég visszatelepítési törekvései a mai napig megmaradtak (Szári 2017).

A menyhal szaporítása nem egyszerű feladat. Azonban a növekvő gazdasági jelentősége miatt és a természetes vizekben az állományok megerősítésének érdekében fontos a szaporítás és a nevelés technológia fejlesztése. A keltetőházi szaporítás nehézségét az adja, hogy természetes körülmények között a menyhal a téli hónapokban ívik. Az ikrák keléséhez 0 és 4 °C közötti hőmérsékletre van szükség. Ezt mesterséges körülmények között igen nehéz megteremteni és igen nagy energia költségekkel jár (Szári 2017).

Magyarországon többen vizsgálták már keltetőházi szaporításukat (Keresztessy et al. 2002; Żarski et al. 2010; Bokor et al. 2018, 2019).

Szaporításukra további példa a Kucska et al. (2022) által végzett - elméletben kevesebb energiát igénylő - ketreces ívtatási lehetőség. Ez a kísérlet sajnos nem volt eredményes, mivel a *Saprolegnia*-fertőzés a kísérlet félidejénél az ikrákat megtámadta, így nem volt sikeres a keltetés.

Akad olyan tanulmány is, amely azt vizsgálja, hogy a hőmérséklet és a fényklíma megváltoztatásával befolyásolható-e a menyhal ívási szezonon kívüli szaporítása. A kísérletben célul tűzték ki a kutatók az ívási időszak 6 hónappal való eltolását. A szerzők szerint ezt azért volt fontos vizsgálni, mert a menyhal intenzív rendszerben történő termelésének egyik fő akadálya az egy hónapos ívási időszak. A kísérlet bebizonyította, hogy e két paraméter megváltoztatásával lehetséges az ívási időszak megváltoztatása (Luke et al. 2021).

2.2. Alternatív fehérjeforrások a takarmányozásban

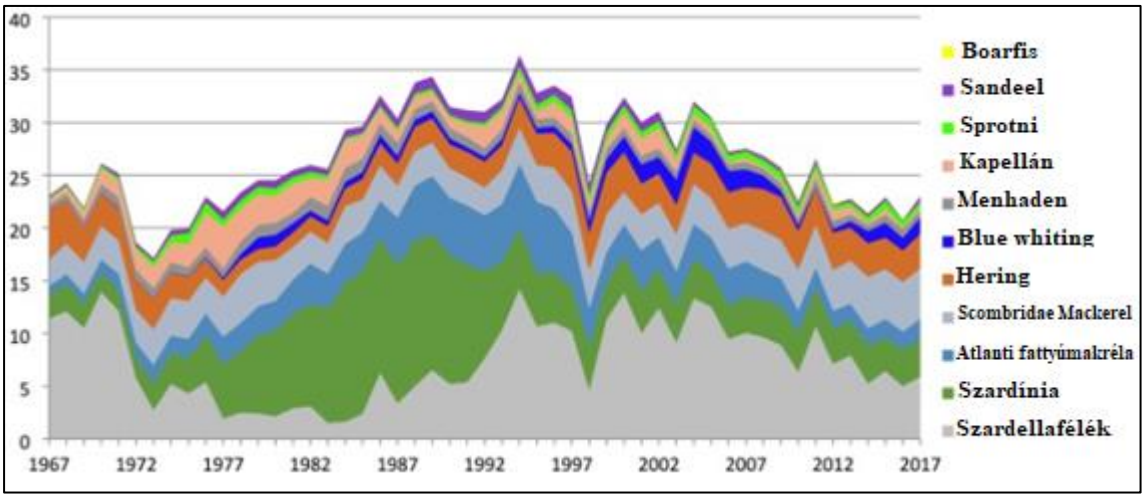
2.2.1. A fenntartható takarmányozás

Napjainkban egyre nagyobb igény mutatkozik szója- és halliszt kiváltására a haszonállatok takarmányozásában. Ezeket az alternatív fehérje forrásokat alapvetően az alábbi 7 csoportba sorolhatjuk (2. táblázat) (Mézes 2018).

2. táblázat Alternatív fehérje források halliszt és a szójaliszt helyett (Ibrahim 2019)

Kategória	Fehérje forrás
Olajos magvak	repcemag, napraforgómag, gyapotmag, pálmamag
Hüvelyes magvak	édes csillagfürt, borsó, borsóbükköny, csicseriborsó, bársonybab
Hüvelyes zöldtakarmányok	lucerna
Levél fehérjék	fű, cukorrépa levél
Vízi fehérje források	mikor- és makro algák, békalencse
Rovarfehérjék	fekete katonalégy, házi légy, liszthernyó, házi tücsök, selyemhernyó
Ipari melléktermékek	DDGS, CGF

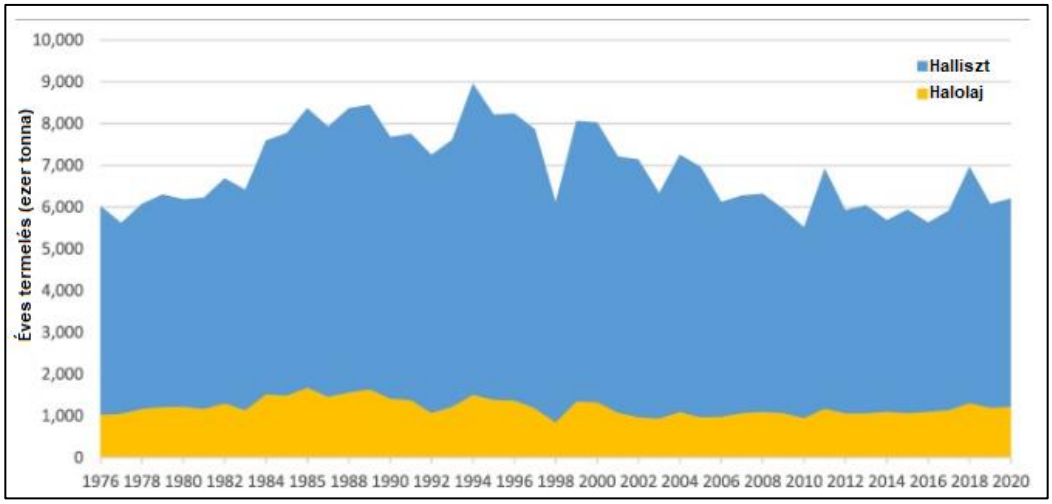
A halliszt egy barna por állagú takarmány, amely nagy mennyiségű fehérjét, valamint jelentős mennyiségű lipidet, illetve ásványi anyagokat tartalmaz. Esszenciális aminosavakban gazdag, különösen a lizin és a kéntartalmú aminosavak dominálnak az összetételében. A 3. ábrán látható, hogy 1967-2017 között mely halfajok domináltak a világ halászatában, amelyek emberi fogyasztásra nem használt részéből halliszt és halolaj került előállításra (Richard et al. 2023).



3. ábra A legfontosabb halfajok összesített fogása a világon 1967-től 2017-ig (Richard et al. 2023)

A 2015-ös ENSZ-csúcstalálkozón elfogadták a 17 fenntartható fejlődési célt, amelbyen tööbbek között deklarálták a tengerek és az óceánok erőforrásainak fenntartható (internet 3). Az akvakultúra jelenleg a legnagyobb halolaj és halliszt felhasználó ágazat, amelyben a halliszt felhasználása 78%

illetve a halolajé 68% (EUMOFA 2021). A halliszt és a halolaj előállításához szükséges tengeri halfajok fogásai ugyan csökkenő tendenciát mutatnak, de a takarmány szükséglet 2000 és 2017 között megháromszorozódott (Naylor 2021). Előrejelzések szerint 2025-ig az akvakultúrában használt takarmányok előállítása további 37,4 millió tonnával fog növekedni (Hua 2019). A 4. ábrán látható a világ halliszt és halolaj termelés 1967 és 2020 között (Richard et al. 2023).



4. ábra A világ halliszt és halolaj termelés 1967 és 2020 között (Richard et al. 2023)

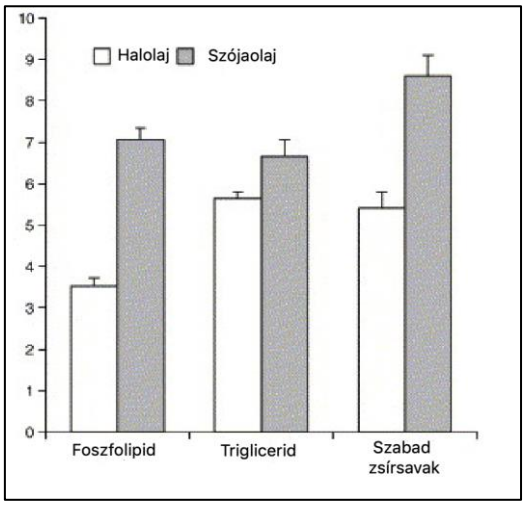
2.2.2. Alternatív takarmányozási módszerek tőkehalféléknél

Szójafehérjére alapozott takarmányozási kísérletet (Timothy et al. 2021) már végeztek menyhalnál, amelyben azt vizsgálták, hogy milyen hatást vált ki a menyhal immunválaszába Aeromonas sp. baktérium fertőzés mellett ha a hallisztet 25%-ban illetve 50%-ban szója fehérjével helyettesítik. Ugyan akkor a kísérlet során adatok gyűjtöttek arról is, hogy szója fehérje milyen hatást gyakorol a halak testtömeg gyarapodására. Ennek eredményeként kimutatható volt, hogy a szójafehérje a testtömeg gyarapodásra és az immunválaszra is pozitív hatást gyakorolt. A kísérletben az alábbi három fajta szója fehérje kiegészítést alkalmazták, amelyeknek beltartalmi mutatói a 3. táblázatban olvashatóak.

3. táblázat A különböző szójafehérje források összetétele (Timothy et al. 2021)

	Halliszt	SBM (szójaliszt)	SPC (szójafehérje koncentrátum)	BSBM (biofeldolgozott szója liszt)
nyersfehérje (%)	63,45	48,20	65	73,1
nyers lipid (%)	8,98	5,67	1	0,96
nyersrost (%)	-	2,13	3,5	7,1
hamu (%)	17,71	5,63	6,5	1,36
nedvesség (%)	8,86	6,84	7	2,96

Az atlanti tőkehal *(Gadus morhua L.)* esetében is történtek már arra irányuló kísérletek, hogy a takarmányban lévő halolajat 100%-ban szójaolajjal helyettesítik. A vizsgálat fő célja az volt, hogy a szójaolaj milyen hatással van a lipid komponensekre és a húsminőségi paraméterekre. A kísérlet eredményeként kimutatható volt, hogy a szójaolaj hatása a zsírsavprofilt jelentősen megváltoztatta a tőkehal filében, a kísérlet legfontosabb eredménye az 5. ábrán látható (Turid et al. 2007).



5. ábra Zsírsavprofil változása tőkehal filében a szójaolaj hatására (Turid et al. 2007)

Annak ellenére, hogy a fenti példák azt mutatják, hogy a szójadara és szójaolaj is alkalmas lehet a halliszt bizonyos százalékban történő kiváltására, sajnos akad néhány probléma vele. Az egyik ilyen, hogy a szójadara és szójaolaj előállítására termesztett növények jelentős része géntechnológiával módosított fajtákból áll, amelyeknek használatát kritikusok ökológiai és gazdasági okokból aggályosnak tartanak. (Mézes 2018). Emellett a szélsőséges időjárási viszonyok növénytermesztésre gyakorolt hatása negatívan befolyásolhatja a szójadara előállítását. Kísérletek bizonyítják, hogy a hősokkot szenvedett szójabab beltartalmi mutatói lényegesen lecsökkenek, így az aminosav és a fehérje koncentráció csökkent, míg ezzel szemben az olajkoncentráció jelentősen megnőtt (Janda 2023).

2.2.3. A rovarfehérje, mint alternatív fehérje forrás

Az előzőekben említett problémák miatt, a hal- és szójaliszt kapcsán az akvakultúrában is egyre nagyobb figyelmet kapnak a rovar alapú takarmányok. A rovarliszt felhasználásával már több halfaj esetében eredményes takarmányozási kísérleteket hajtottak végre, így például az atlanti lazac *(Salmo salar L.)* vonatkozásában, ahol a takarmány alapját a fekete katonalégy *(Hermetia illucen L.)* lárváiból előállított rovarfehérje alkotta. Itt a kísérlet során a hallisztet rovarliszttel 33 és 66%-os arányban váltották ki (Biancarosa et al. 2019).

A szivárványos pisztrángra *(Oncorhynchus mykiss)* vonatkozóan is található már szakirodalom, amely vizsgálja, hogy ha a katonalégy lárvákat omega-3 zsírsavban gazdag szubsztráton nevelik, majd az ebből készült rovarfehérjével egészítik ki a takarmányt akkor az milyen hatással lesz a halfilé ízére. A kísérletben három kezelési csoportot alakítottak ki, 3 ismétlésben:

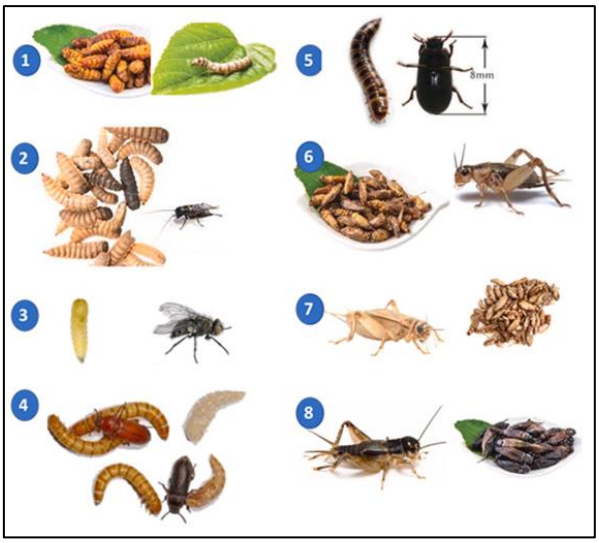
- első csoport: normál hallisztre alapozott takarmány;
- második csoport: normál szubsztráton nevelt katonalégy lárvák;
- harmadik csoport: Omega-3 zsírsavakkal dúsított szubsztráton nevelt katonalégy lárvák.

A tápok fehérje tartalma 45%, míg a lipid 20% volt. A kísérlet végén egy 30 fős csoportot kértek fel a különböző halfilék kóstolására. A kóstolás eredménye nem mutatott ki szignifikáns különbséget a különböző tápokon nevelt halfilékre vonatkozólag (Wendy et al. 2011).

A rovarfehérje előnye, hogy a rovarok könnyen és gyorsan nevelhetőek és magas a fehérje tartalmuk (Llagostera et al. 2019), a haszonállatok takarmányozásában a beltartalmi értékük miatt kiválóan hasznosítható. Például a fekete katonalégy lárvájából előállított rovarliszt magas fehérje (32-58%) és lipid (15-39%) tartalmú. A fehérje tartalom a lárvák zsírtalanítása után akár 55-65%-ra növelhető. Az összetétel szempontjából tovább növeli az értékét a laurinsav és a kitin tartalom (Zhi-Jue Kuan et al. 2022).

Hazánkban a rovarfehérje takarmány alapanyagként való hasznosítását Európai Uniós jogszabályok írják elő. Az haszonállatok takarmányozására az EU által jogszabályban (1925/2021 EU) meghatározott takarmány alapanyagként használható rovarok az alábbiak (6. ábra):

1. Selyemhernyó *(Bombyx mori L.)*
2. Fekete katonalégy *(Hermetia illucens L.)*
3. Házi légy *(Musca domestica L.)*
4. Sárga lisztkukac *(Tenebrio molitor L.)*
5. Alombogár *(Alphitobius diaperinus Panzer, 1797)*
6. Házi tücsök *(Acheta domesticus L.)*
7. Szalagos tücsök *(Gryllodes sigillatus Walker, 1869)*
8. Mezei tücsök *(Gryllus assimilis Fabricius, 1775)* (893/2017 EU)



6. ábra Halliszt helyettesítésére használt rovarok, a fajok nevei a kép feletti felsorolásban találhatóak (Yuzer 2022)

Az EU az előbb említett jogszabályban biztonsági okokból rögzíti azt is, hogy a rovarok etetésére szánt szubsztrát nem tartalmazhat állati eredetű hulladékot. Ennek oka, hogy megelőzze a prion és egyéb patogén fertőzéseket (Hetényi et al. 2023). További élelmiszer biztonsági kockázatokat elemezve született Mézes et al. (2020) tanulmánya, amelyben az alábbi veszély forrásokazt elemzi:

- mikrobiális,
- penészgombák és mikotxinok,
- paraziták, allergiás reakciók,
- toxinok,
- környezetben lévő fém és szerves anyag szennyeződés,
- fizikai veszélyek.

Mind ezeket szemelőt tartva elmondható, hogy a haszonállatok takarmányozására szánt rovarokból előállított tápok, vagy akár emberi fogyasztásra alkalmas állapotban más élelmiszerekhez hasonlóan ugyanúgy bizonyos veszélyekkel járhatnak. Okozhatnak allergiás tüneteket, tartalmazhatnak különböző patogén baktériumokat és parazitákat, de megfelelő kezelés után kórokozóktól mentes alapanyagokat lehet előállítani. A kémiai szennyeződések által okozott mérgezések kockázata is fennáll, de ez csökkenthető, ha a rovarok nevelésére szánt szubsztrátot kellő körül tekintéssel alkalmazzuk. Az emberi étkezésre alkalmas rovarok fogyasztása napi gyakorlat azokban az országokban, ahol az élelmiszer hiánycikk és az élelmiszerbiztonsági előírásokat betartják (Mézes et al. 2020).

2.2.4. Fekete katonalégy alkalmazása a haltakarmányozásban

A fekete katonalégy egy Amerikában őshonos, a világ trópusi és mérsékelt égövi vidékein elterjedt, a *Stratiomyidae* családba tartozó légyfaj (Wang és Shelomi 2017). A fajt 41 napos rövid életciklus jellemzi, de a táptalaj tápanyag- és energia összetétele (4. táblázat), valamint a környezeti paraméterek - leginkább a hőmérséklet - befolyásolásával 131 napra is megnőhet (Chia et al. 2018). Nagyüzemi előállításuk technológiája már jól kidolgozott. Fejlődésük teljes átalakulással történik, amelyből a lárva állapot 18-36 napig tart, ezt követi egy 5-8 napos perputa állapot, amit 1-2 hetes bábállapot zár le (Tomberlin et al 2002; van Huis & Tomberlin, 2017).

4. táblázat Száraz és zsírtalanított fekete katonalégy lárvák tápanyagtartalma (Cullere et al. 2016)

Tápanyag	Szárított lárva	Zsírtalanított lárva
nyersfehérje (%)	40,88	60,69
nyerszsír (%)	20,99	7,97
lizin (%)	1,93	2,96
metionin (%)	0,49	0,72
cisztein (%)	0,31	0,47
treonin (%)	1,37	2,01
triptofán (%)	0,45	0,71

A lárvákkal kapcsolatban érdemes kiemelni, hogy az összes zsírsav tartalomból kiemelkedően magas (21,4-49,3%) a laurinsav tartalom. Ennek szintje megfelelő takarmányozással akár a 60%-ot is elérheti (Makkar et al. 2014; Liu et al. 2017). A laurinsavval kapcsolatban több tanulmány született, ami bizonyította antibakteriális tulajdonságát és a termelésre gyakorolt pozitív hatását. Ez annak köszönhető, hogy egy rövid szénláncú zsírsavról beszélünk, amelynek tulajdonsága, hogy könnyen oxidálódik, így ennek eredményeként a halaknál meggátolja a zsírdeponálást (Belghit et al. 2019).

Több tanulmány született arról, ami azt bizonyítja, hogy a lizin tartalom magasabb a rovarlisztben mint a hallisztben. Ezek az értékek 1,68-4,49 g 100 g $^{-1}$ között vannak (Hussein et al 2017; Hall et al. 2018). Ez a mennyiség elegendőnek tűnik bizonyos halfajok lizin szükségleteinek a fedezésére. Ilyen például az atlanti tőkehal is, amelynek a szükséglete 2,62 g kg $^{-1}$ (Grisdale-Helland et al. 2011).

Hazánkban, a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékének kollégái által elvégzett olyan kísérletre is adóik példa, amelyben a fekete katonalégy lárva direkt etetését vizsgálják afrikai harcsa (*Claries hariepinius x Heterobranchus longifilis*) nevelése során. Ennek a kísérletnek az eredményeként elmondható, hogy a katonalégylárva az afrikai harcsa takarmányozásában sikerrel alkalmazható volt (Csorbai et al. 2023).

3. Anyagok és módszerek

3.1. Indukált szaporítás

3.1.1. Hormonindukció és szaporítás

A kísérleti ivadékállomány előállításához az anyahalakat a H&H Carpio Halászati Kft. biztosította. Az indukált szaporítására 2022. decemberében került sor a cég ócsárdi telephelyén lévő keltetőházban. (7. ábra) A szaporítás napján (2022.12.27.) összesen 6 darab anyahal állt rendelkezésre. Az anyahalak a hormonkezelést megelőzően külön anyahaltartó kádakba kerültek elhelyezésre, ahol a vízhőmérséklet 6-8 °C volt. A hormonindukciót és a szaporítást is nehezítette, hogy az egyedek ivara nem volt egyértelműen megállapítható, a hasi rész finom mozdulatokkal történő masszírozásával sem lehetett ivarterméket kinyerni. A szaporítás során a vállalkozás saját technológiáját alkalmaztuk.

A hormonális kezelésre porított, fiziológiás sóoldatban feloldott ponty hipofízist alkalmaztunk, egy adagban. A tejeseket 3 mg/ttkg, az ikrásokat pedig 4 mg/ttkg hipofízissel oltottuk a hasúszó tövénél (7. ábra).

A hormon kezelés napján sajnos már volt spontán elszórt ikra a kádban, melynek megmentése érdekében a kád aljáról a lehető legtöbb ikrát próbáltuk begyűjteni, amit a 8. ábrán látható bal oldali McDonald üvegbe kerültek inkubálásra. Ezek után sajnos feltételezhető volt, hogy a halak a kádban már elívtak. Az anyahalakat a hormonkezelést követően óriás Zugerbe helyeztük. Mivel az ívás nem történt meg, ezért az anyahalak újbóli vizsgálatára került sor 2023.01.02-án. Ennek eredményeként a 6 darab anyahalból 1 darab ikrás és 1 darab tejes tűnt felkészültnek a szaporításra.

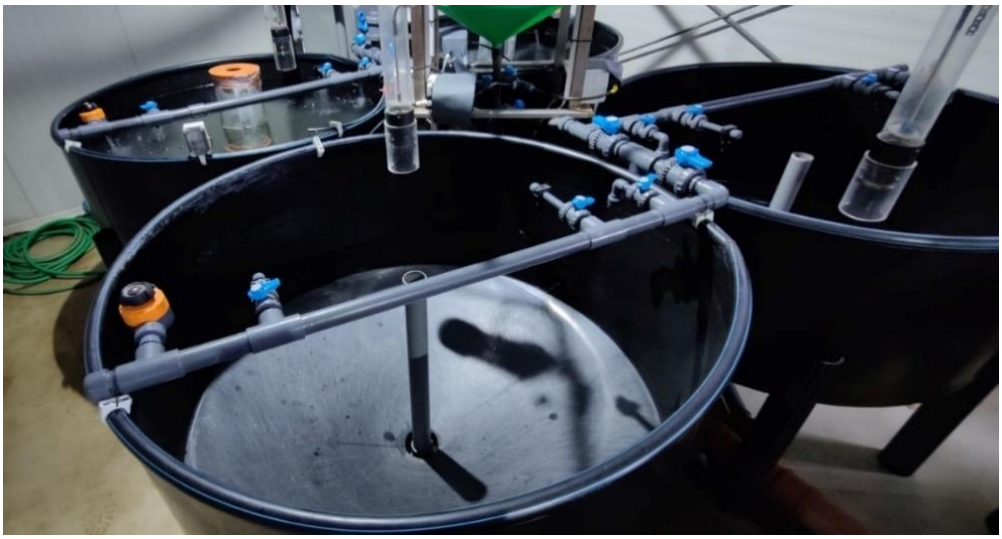
7. ábra Hormonindukció (fotó: ifj. Horváth Zoltán)

3.2. Keltetés és nevelés

A megközelítőleg 400 ezer darab ikra inkubációja kettő darab McDonald üvegben történt (8. ábra). A kelés 2023. február 20-án történt a szaporítástól számított 50. napra. Az inkubáció alatt az ikra egy külön álló helyiségbe került, ahol az átfolyóvíz stabil hőmérsékletszabályozása egy hőszivattyú segítségével valósult meg, kiegészítve a helyiségben található klíma berendezéssel. Ezeknek a technikai eszközöknek a használatával volt biztosítható az inkubáció teljes ideje alatt a szakirodalom által is javasolt 4 °C. (Bokor et al. 2018) A gombás fertőzések elkerülésének érdekében reggel és este 6 ml formaledehides kezelést végeztünk. A lárvák az első táplálék felvételig ugyanazon helyiségben, óriás Zugerbe kerültek elhelyezésre.

8. ábra Az ikra inkubálása McDonald üvegben (fotó: Saját kép)

Az első táplálékfelvétel a kelést követő 10. napon történt, 2023. március 2-án. Ezt követően a lárvák áthelyezésre kerültek egy 8 kádas recirkulációs rendszerbe. (9. ábra) Az etetés *ad libitum* élő artémiával kezdődött meg, ami a helyszínen került keltetésre. Az artémia medencékbe juttatása a cég saját fejlesztésű önetetője segítségével valósult meg. A lárvák tápra szoktatása 2 héttel az első takarmányfelvétel után kezdődött. Az artémia etetés a táppal párhuzamosan tovább folytatódott. A medencék takarítása napi 3 alkalommal valósult meg reggel, kora délután, és este. A takarmány bejuttatására használt önetető adagolása rendszeresen korrigálásra került, annak függvényében, hogy a medencékben mennyi felesleges üledék gyülemlett fel. A vízhőfokot az ivadék nevelés során a kezdeti 4 °C-ról fokozatosan 17 °C-ig emeltük.

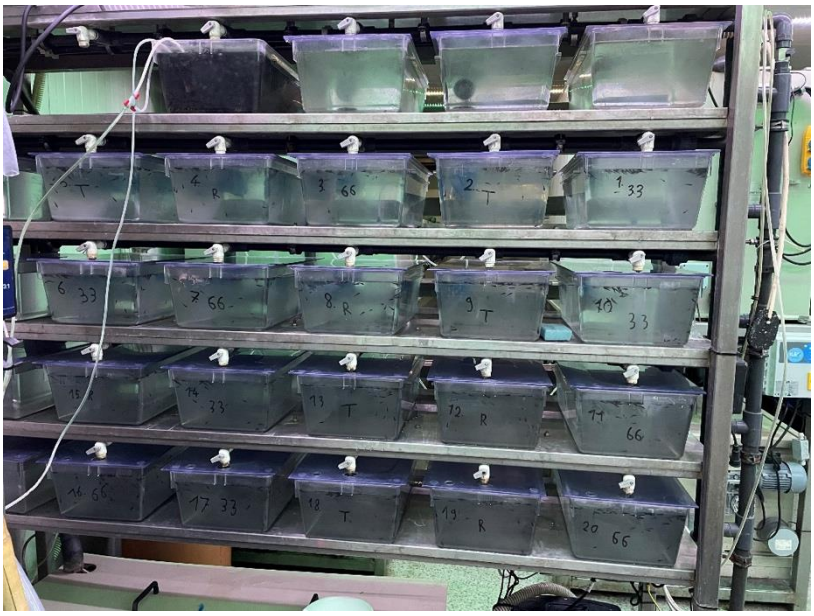


9. ábra Körmedence az ivadékok neveléséhez (fotó: Saját kép)

3.3. A takarmányozási kísérlet beállítása

A menyhal ivadékok 2023. április 5-én kerültek a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet Halgazdálkodási Tanszékére, ahol a kísérlet 28 napig tartott. A szállítás miatt kialakult stressz hatása miatt ezen a napon a lárvákat már nem etettük. Így a kísérletet hivatalosan 2023. április 6-án kezdtük meg. Négy kezelési csoport került kialakításra, kezelésenként 5 ismétlésben. Így összesen 20 medencét népesítettünk, amelyek elhelyezése véletlenszerűen történt (10. ábra). A medencék elkülönítésére külön betű és szám jelölést használtunk:

1. kezelés: Formázott, a H&H Carpio Halászati Kft. által készített kontroll takarmány 100% (T)
2. kezelés: Formázott, a H&H Carpio Halászati Kft. által készített kontroll takarmány, amely 30%-ban rovarlisztet tartalmaz (30)
3. kezelés: Keverék takarmány, amely 66%-ban a kontroll keverék takarmányt és 33%-ban hozzákevert rovarlisztet tartalmazott (K)
4. kezelés: Rovarliszt 100% (R)



10. ábra A kísérleti csoportok kialakítása (fotó: Saját kép)

3.3.1. A takarmány előkészítése

A kísérlet teljes ideje alatt egyedi receptúra alapján készült takarmányokat használtunk, amelyet a H&H Carpio Halászati Kft. gyártott és biztosított. A kísérlethez szükséges rovarliszt mennyiséget pedig a Agroloop Hungary Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. Az alap táp egy általánosnak mondható halliszt alapú takarmány, a másik pedig egy rovarfehérjével kiegészített táp volt. Ezek fontosabb beltartalmi mutatóit a 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat Normál és rovarliszttel kiegészített tápok beltartalmi értékei

Megnevezés	Alap táp	Rovarfehérjével kiegészített táp
nyersfehérje (%)	59,9	59,4
nyerszsír (%)	12,4	14,3
lizin (%)	7,5	7,7
glutamin (%)	12,6	12,4
leucin (%)	6,4	6,5
aszparagin (%)	7,2	7,2

Mivel jelenlegi ismereteink szerint a szakirodalomban menyhaltápról nem található információ, a tápok összetételének meghatározása előtt, kettő darab menyhal testösszetétel vizsgálata történt meg. A vizsgálateredményei a 6. és 7. táblázatban olvashatóak. A vizsgálatot a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszékének kollégái végeztek.

A beltartalmi értékek kimutatása *Kjeldahl-féle* módszerrel készült. Az eljárás lényege, hogy a mintákban lévő fehérjéket több órás tömény savban történő forralással elroncsolják. Ennek során az aminosavak aminocsoportjaiból, valamint az egyéb nitrogén tartalmú anyagok nitrogénjéből ammónia keletkezik, ami a tömény savban NH_4HSO_4 (ammónium-hidrogén-szulfát) formában oldódik ki. A kihűlést követően az ammóniát 33%-os NaOH-oldattal felszabadítják, majd hígítás után átdesztillálják és kénsav- vagy bórsavoldatban felfogják (Csapó et al. 2020).

Ennek alapján a minták előkészítése 24 órán át 6 N HCL oldatban történt, 120 °C-on. Ezt követően a mérés INGOS AAA400 aminosav analizátorral, ioncserélő oszlopban készült. A vizsgálat eredményeként a két mintában az alábbi szárazanyag és fehérjetartalom volt kimutatható.

6. táblázat A két menyhal minta szárazanyag tartalmának mérési eredményei

mg/kg szárazanyag	A minta	B minta
As	<2,5	<2,5
Ca	3400	4600
Cd	<0,5	<0,5
Co	<0,5	<0,5
Cr	4,2	1,6
Cu	1,4	2,6
Fe	42	37
K	14000	14000
Mg	1000	690
Mn	1,7	2,3
Mo	<0,5	<0,5
Na	3400	3500
Ni	<0,5	<0,5
P	11000	12000
Pb	<0,5	<0,5
Sr	5,9	8,4
V	<0,5	<0,5
Zn	33	44

7. táblázat A két menyhal minta nyersfehérje tartalmának eredményei

mg/g	A minta	B minta
Aszparaginsav	16,73	15,48
Treonin	7,20	5,78
Szerin	7,38	7,08
Glutaminsav	30,13	27,50
Prolin	2,51	2,97
Glicin	8,44	7,78
Alanin	8,84	8,06
Valin	5,72	5,64
Cisztein	1,70	1,60
Metionin	5,56	4,99
Izoleucin	3,86	3,73
Leucin	13,83	13,19
Tirozin	5,56	5,29
Fenilalanin	6,56	6,11
Lizin	14,90	14,29
Hisztidin	2,54	2,44
Arginin	9,94	9,28
Összes aminosav tartalom (mg/g)	**151,40**	**141,21**
Összes aminosav tartalom (%)	**15,14%**	**14,12%**

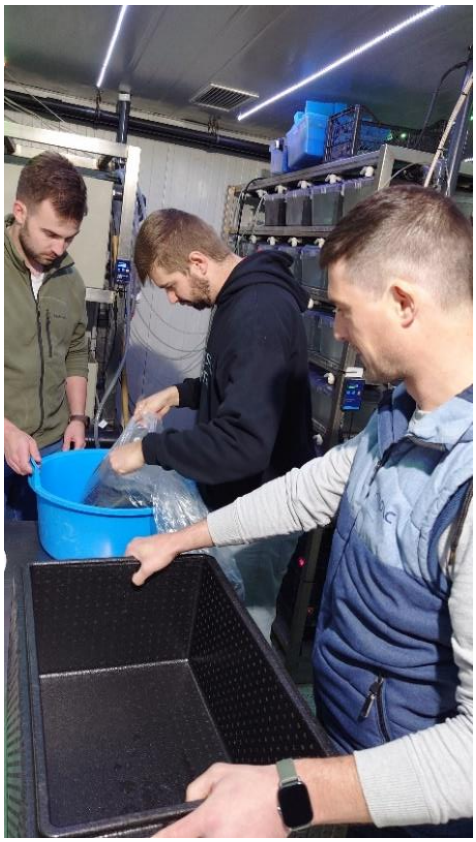
Az ivadék számára felvehetőség szempontjából fontos volt meghatározni a tápszemcse méretét. Ezt úgy vizsgáltuk, hogy kis mennyiséget a medencékbe szórva megfigyeltük, hogy a lebegő szemcsékből melyik méretet veszik fel nagyarányban, majd így került kiválasztásra 0,2 mm szemcseméret. Ezt a kísérlet félidejénél 0,5 mm szemcse méretre próbáltunk meg cserélni, de ez nem járt sikerrel, mivel az ivadékok ezt a szemcseméretet nagyságából adódóan nem tudták elfogyasztani.A napi takarmány adagok számítása

A kezdő, napi takarmányadagok mennyiségének meghatározása a rendelkezésre álló szakirodalmak szerint 4% ttkg-ban került megállapításra. (Karol et al. 2013; Katarzyna et al. 2015) Az etetések naponta 4 alkalommal történtek: 8:00-kor, 12:00-kor, 16:00-kor és 19:00-kor. A tápadagokat Mettler Toledo AB204-S típusú (11. ábra) analitikai mérlegen, milligramm pontossággal mértük ki napi rendszerességgel. A napi takarmányadagok az etetési időpontoknak megfelelően 4 egyenlő részletben kerültek mérőkanál segítségével bejuttatásra a medencékbe. A takarmányadagok mennyiségét naponta további 4%-kal emeltük.

11. ábra Takarmányadagok mérése analitikai mérlegen (fotó: Saját kép)

3.3.2. A kísérlet környezeti paraméterei

A kísérlet a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékén zajlott, ahol a kísérlet céljának megfelelően polcrendszerű, kis medencés, vályús elvezetésű recirkulációs rendszerben 2000 db menyhal ivadék került kihelyezésre, 100 db/medence sűrűségben. (12. ábra) A rendszer részét képezi egy mechanikai és egy biológiai szűrő, UV fénnyel működő fertőtlenítő berendezés és egy automata hőszabályzó. Ezek vezérlése PLC (Programmable logic controll- programozható logikai vezérlő) segítségével koordináltuk. A medencék egyenként 10 literes űrtartalmúak, amelyekbe a kísérlet ideje alatt a megfelelő oxigén szint biztosítása érdekében porlasztó köveket helyeztünk. A helyiség világítása automatikusan 8:00 és 20:00 óra között világos szakaszra, ezt követően pedig 20:00 és 8:00 óra között sötét szakaszra váltott. A medencék takarítása az esti etetést megelőzően történt meg. A vízminőségi paraméterek napi rendszerességgel ellenőrzésre kerültek. A vízminőségi paraméterek napi rendszerességgel ellenőrzésre kerültek. A nitrogénformák ellenőrzésére (NH_4^+, NO2−, NO3-) MACHEREY-NAGEL NANOCOLOR Kompakt fotométert PF-12Plus és MACHEREY-NAGEL PF-3 kompakt fotométert, az oldott oxigén (DO) és pH mérésére pedig HQ2100 Portable Multi-Meter eszközt használtunk.. A víz hőmérséklete a kísérlet alatt, a szakirodalmaknak megfelelően 13 C± 1,5 ºC volt beállítva (Alireza et al. 2003; Jacek & Leszek 2002).



12. ábra A kísérleti csoportok kialakításának előkészületei (Fotó: Bokor Zoltán)

3.4. Mérések

Az ivadék medencébe helyezése előtt véletlenszerűen 50 db egyed került kiválasztásra, amelyeket 2-fenoxietanollal (5 ml/l) túlaltattunk, majd ezt követően nagyfelbontású képet készítettünk róluk. A fényképfelvételeken szerepelt egy skála ennek és az Image J programnak a segítségével lemértük a halak teljes testhossszát mm-es pontossággal. Ezt követően megmértük a halak nedves testtömegét mg-os pontossággal. Majd az ivadékot szárítószekrényben 60 °C-on 24 órán keresztül az OECD protokoll szerint (OECD 210, Fish, Early-life Stage test) (internet 4) szárítottuk . Amikor ez megtörtént a száraz testtömeget is megmértük mg-os pontossággal. A kísérlet 14. napján megismételtük a mérési procedúrát medencénként 10-10 hallal, majd a kísérlet zárásakor 20-20 hallal.

3.5. Adatok értékelése

A rendelkezésre álló adatok statisztikai összehasonlítása Graphpad Prism 4.0 szoftverrel készült. A csoportok közötti szignifikáns eltérések kimutatásának az igazolására egyszempontos varianciaanalízist, illetve ha az adatok eloszlása nem volt természetes, vagy a varianciák nagyon jelentősen eltértek egymástól nem paraméteres Kruskal-Wallis próbát alkalmaztunk. Ez utóbbira a félidős mérések esetében a nedves és száraz testtömeg adatok összehasonlításakor, valamint a 28. napi mérés esetében a hossz és megmaradási értékek összevetésénél került sor.

3.6. A rovarliszt beltartalmi értékeinek vizsgálata

A katona légy lárva liszt abszolút szárazanyagtartalom, nyersfehérje (kitin nélkül), nyerszsír és nyershamu, valamint szénhidrát összetételének kimutatására a MATE Szent István Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék laboratóriumában került sor.

Az abszolút szárazanyag-tartalom kimutatására 2 darab fémtégelyt alkalmaztunk, amelyek tömege rögzítésre került, ezután 2*2g rovarlisztet mértünk ki. A kimért mintákat ezt követően 4 órán keresztül 104 °C szárítószekrényben szárítottunk. A szárítási folyamatot követően azabszolút szárazanyagtartalom: 865,40 g/kg tak. volt.

A nyersfehérje tartalom vizsgálatának érdekében 1-1 g rovarlisztet mérünk ki két roncsoló csőbe. Ezt követően 2-2 darab Kjeltabs katalizátor tablettát, 15 ml cc. kénsavat és néhány csepp hidrogénperoxidot adtunk hozzá. A csöveket 1 órán keresztül 400 °C FOSS Digestor 2508 típusú roncsoló készülékbe helyeztük (13 kép).

A roncsolás után a csöveket és ezzel egyidőben Erlenmeyer lombikot félautomata FOSS Kjeltech 8100 típusú desztillálóba helyeztük (13 kép). A gép a megfelelő programot elindítva automatikusan, 3 percen keresztül desztillálta a mintát, amelyhez időközben a 40%-os NaOH és 4%-os bórsav oldatot adagolta. A gép a desztillátumot (kb. 100 ml) az Erlenmeyer lombikban gyűjtötte. Ezt követően titráltuk 0,2n kénsavval lila színátcsapásig. Az így kapott nyersfehérje érték: 412,29 g/kg sz.a.

13. ábra FOSS Digester 2508 roncsoló és FOSS Kjeltech 8100 desztillátor (fotó: Saját kép)

A nyerszsír meghatározása Soxhlet extraháló berendezés segítségével valósult meg. Kezdeti lépésként 2*5 g minta került kimérésre extraháló hüvelybe, amit ezt követően vattával lezártuk végül lemértük és az eredményt rögzítettük. Az extrahálás első lépéseként a lombikot 103 °C-on 1,5 órára szárítószekrénybe helyeztük, majd a szárítószekrényből a lombikot exikátorba tettük és hagytuk kihűlni, majd ezt követően lemértük. Következő lépésben újra szárítószekrénybe helyeztük a mintát 103 °C-on 30 percre, majd ugyanúgy exikátorba helyeztük és miután kiűlt lemértük. Ezt a folyamatot addig ismételtük, amíg a lombik tömege már nem csökkent. A nyerszsír tömege a mérést követően: 91,29 g/kg sz.a. volt.

A nyershamu tömegének kimutatására 2 darab kvarctégelyt üresen lemértünk majd 2-2 g rovarlisztet belehelyeztünk. Ezt követően a mintákat 3 órára kemencébe helyeztük 550 °C-ra. Az így kapott nyershamu tömege: 89,32 g/kg sz.a volt.

14. ábra Soxhlet extraháló berendezés (Fotó: Saját kép)

4. Eredmények és értékesülések

4.1. Takarmányozási kísérlet eredményei

4.1.1. Testhossz, nedves és száraz testtömeg mérés a kísérlet félidejénél

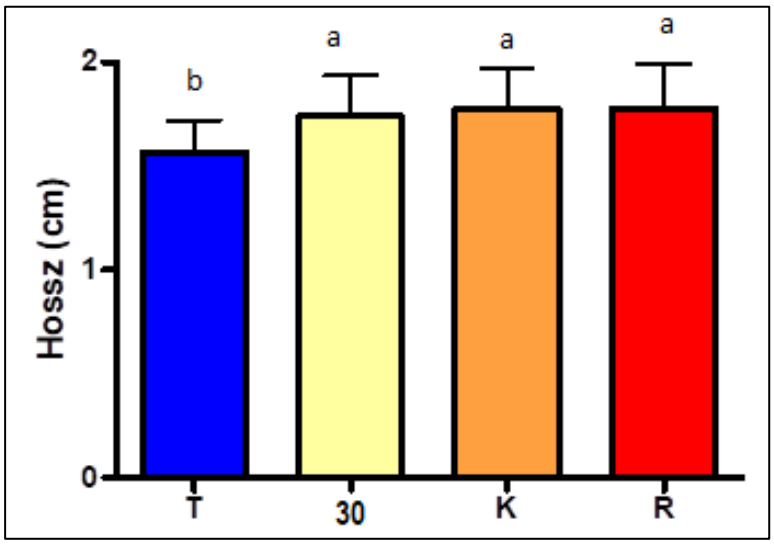
Az átlagos testhossz félidei mérésének eredményei a 8. táblázat szerint alakultak. A kezelési csoportok megkülönböztetésére a táblázatokban és az ábrákon az alábbi jelöléseket használjuk:

- Kontroll takarmány 100% **(T)**
- Kontroll takarmány, melyhez a formázás előtt 30%- rovarlisztet kevertünk **(30)**
- Keverék takarmány, amely 66%-ban a kontroll takarmányt és mellé adagolva 33%-ban hozzákevert rovarlisztet tartalmaz **(K)**
- 100% Rovarliszt **(R)**

8. táblázat A kísérlet félidejénél mért testhossz értékek

	T	30	K	R
Testhossz (cm)	1,564±0,1552	1,737±0,1976	1,776±0,193	1,777±0,2149

A statisztikai adatok összehasonlításának eredményeként kimutatható volt, hogy a kontroll takarmánnyal (T) etetett csoportokhoz képest a 30, K és R jelzésű kezelésicsoportok szignifikáns eltérés mutattak ($P<0,05$) (15. ábra).

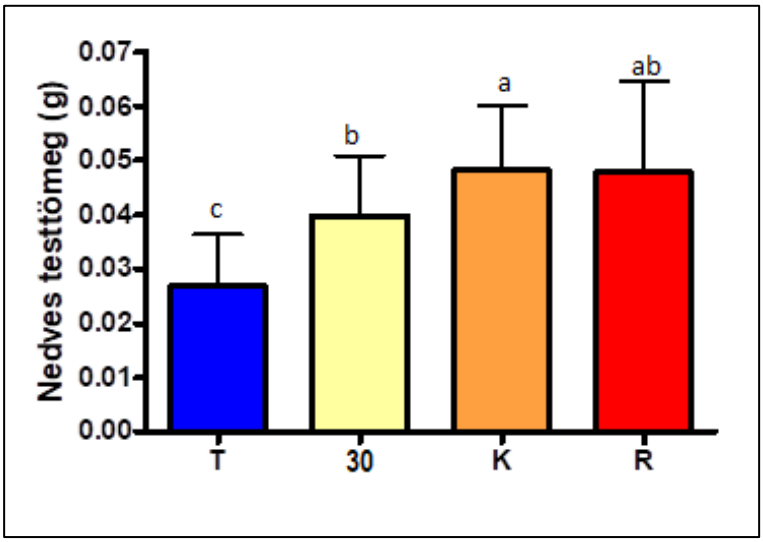


15. ábra Az etetési kísérlet 14. napján mért átlagos testhossz (ANOVA, N=50, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

A kezelési csoportok átlagos nedves testtömege a 9. táblázatban olvashatók. A nedvestömeg statisztikai összehasonlításának eredményeként kimutatható volt, hogy a kontroll takarmánnyal (T) etetett csoporthoz képest a 30, K és R jelzésű csoportok statisztikailag igazolhatóan nagyobbak voltak. Igazolható különbség volt a K és 30as csoport között is. Azonban a R csoport nem tért el a K és 30-as csoporttól (16. ábra).

9. táblázat A kísérlet félidejénél mért nedves testtömeg értékek

	T	30	K	R
Nedves testtömeg (g)	0,027±0,0093	0,03981±0,0110	0,04829±0,0119	0,04792±0,0166

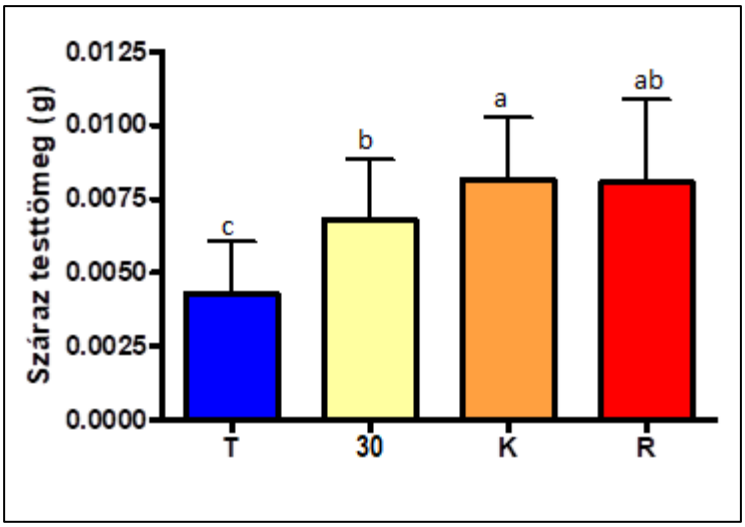


16. ábra Az etetési kísérlet 14. napján mért átlagos nedves testtömeg (Kruskal-Wallis teszt, N=50, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

A kezelési csoportok átlagos száraz testtömege a 10 táblázatban olvasható. A száraztömeg statisztikai összehasonlításának eredményeként a nedves testtömeghez hasonló megállapítások tehetők (17. ábra).

10. táblázat A kísérlet félidejénél mért testhossz értékek

	T	30	K	R
Száraz testtömeg (g)	0,0043± 0,0017	0,0068± 0,0020	0,0081± 0,0021	0,0080± 0,0028



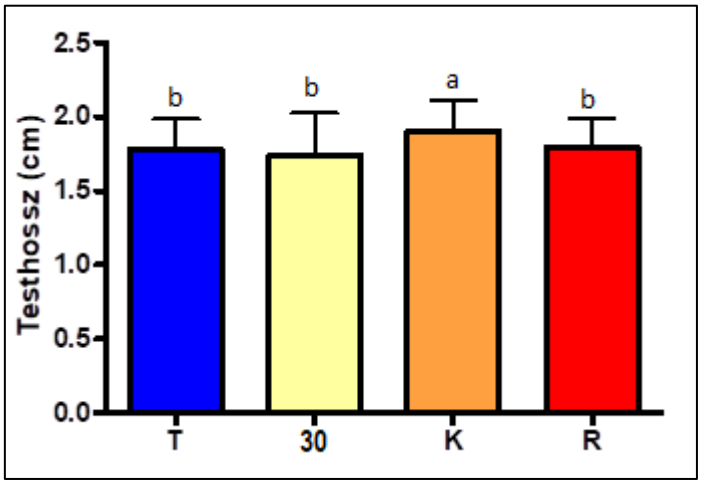
17. ábra Az etetési kísérlet 14. napján mért átlagos nedves testtömeg (Kruskal-Wallis teszt, N=50, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

4.1.2. Testhossz, nedves és száraz testtömeg mérés a kísérlet zárásakor

A csoportonkénti átlagos testhosszokat a 11. táblázat szemlélteti. A statisztikai adatok összehasonlítása alapján elmondható, hogy a kezelési csoportok közül a K jelzésű csoport testhossz értékei szignifikánsan magasabbak a T, 30 és az R jelzésű csoportoknál (P<0,05) (18. ábra).

11. táblázat A kísérlet félidejénél mért testhossz értékek

	T	30	K	R
Testhossz (cm)	1,779±0,2082	1,738±0,2892	1,898±0,2065	1,796±0,1942

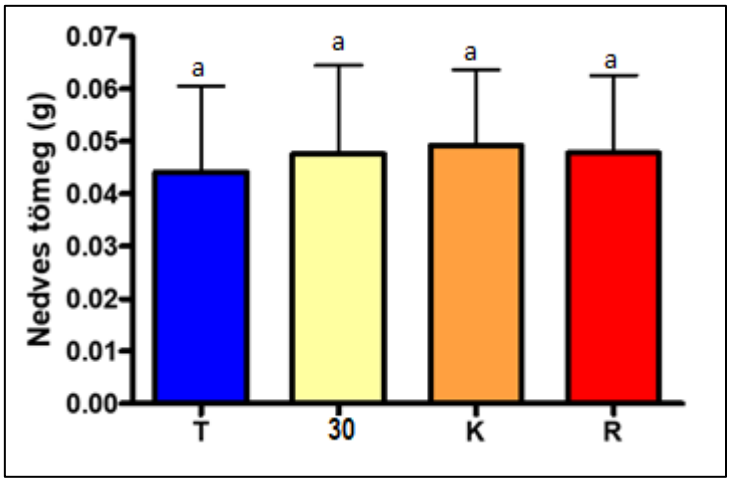


18. ábra Az etetési kísérlet 28. napján mért átlagos nedves testtömeg (ANOVA, N=100, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

A kezelési csoportok átlagos nedves testtömege a 12. táblázatban olvashatóak. A nedvestömeg statisztikai összehasonlításának eredményeként megállapítható, hogy a kezelési csoportok között szignifikáns eltérés nem mutatható ki (P<0,05) (19 ábra).

12. táblázat A kísérlet félidejénél mért testhossz értékek

	T	30	K	R
Nedves testtömeg (g)	0,0440± 0,0164	0,0476± 0,0168	0,0492± 0,0144	0,0477± 0,0148

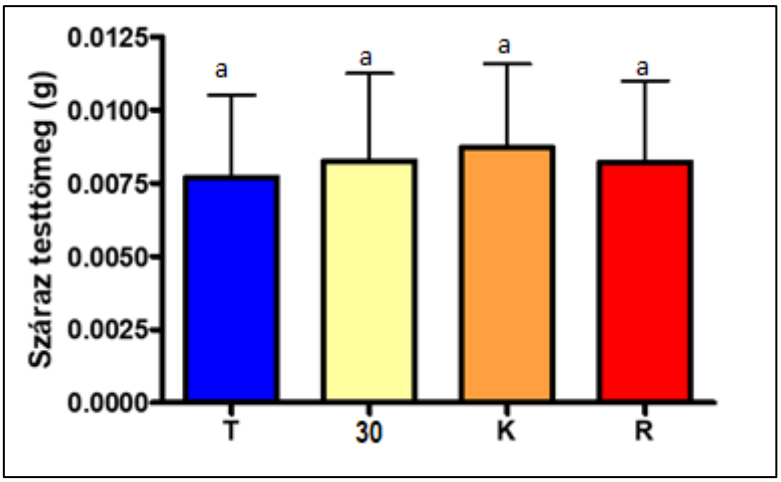


19. ábra Az etetési kísérlet 28. napján mért átlagos nedves testtömeg (ANOVA, N=100, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

A kezelési csoportok átlagos száraz testtömege a 13. táblázatban olvashatóak. A száraztömeg statisztikai összehasonlításának eredményeként kimutatható volt, hogy a kezelési csoportok között szignifikáns eltérés nem volt (P<0,05) (20. ábra).

13. táblázat A kísérlet félidejénél mért testhossz értékek

	T	30	K	R
Száraz testtömeg (g)	1,779±0,2082	1,738±0,2892	1,898±0,2065	1,796±0,1942



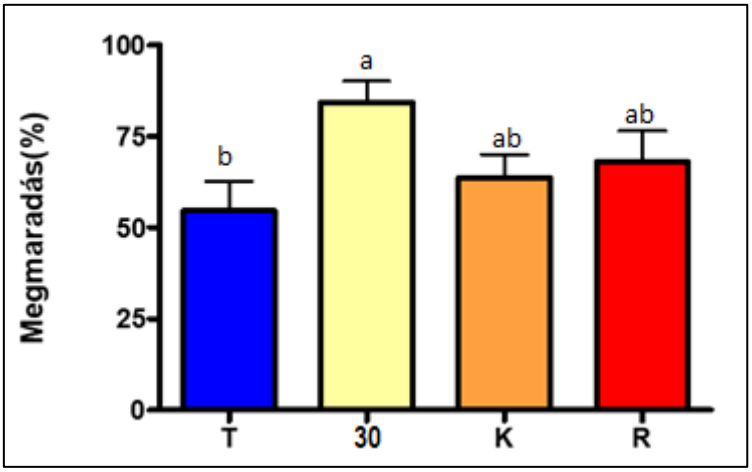
20. ábra Az etetési kísérlet 28. napján mért átlagos száraz testtömeg (Kruskal-Wallis teszt, N=50, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

4.1.3. Megmaradás

A kísérlet teljes ideje alatt a napi elhullás rögzítésre került. A csoportonkénti százalékos megmaradási arányt a 14. táblázat szemlélteti. A megmaradási eredmények alapján elmondható, hogy annál a kezelési csoportnál, amely a kontroll takarmányt kapta (T) a 30%-os rovarliszt kiegészített keverék takarmány szignifikánsan nagyobb elhullást mutatott (P<0,05) (21. ábra).

14. táblázat A kísérlet zárásakor kapott megmaradás

	T	30	K	R
Megmaradás (%)	54,6± 8,019	84,25± 5,852	63,6± 6,465	68± 8,485



21. ábra Az etetési kísérlet zárónapján mért megmaradási értékek (Kruskal-Wallis teszt, N=50, az eltérő betűk, statisztikailag igazolható különbséget jelölnek, P<0,05)

4.2. Rovarliszt beltartalmi értékei (nyersfehérje, nyerszsír)

A rovarliszt további pontos beltartalmi mutatók meghatározásának érdekében aminosav összetétel és nyersfehérje tartalom meghatározására is sor került a MATE Kaposvári Campus Agrártudományi Vizsgálólaboratóriumában. Ennek eredményei az 15 táblázatban láthatóak.

15. táblázat Rovarliszt aminosav összetétel

Aminosav	**g AS/100g minta**
Aszparaginsav	4,59
Treonin	1,97
Szerin	2,08
Glutaminsav	6,01
Prolin	3,23
Glicin	2,61
Alanin	3,67
Cisztein	0,37
Valin	2,98
Metionin	0,87
Izoleucin	3,20
Leucin	3,32
Tirozin	2,87
Fenilalanin	1,96
Hisztidin	1,53
Lizin	2,69
Ammónia (NH_3)	1,05
Arginin	2,35
Összeessen:	47,35

A kísérletben alkalmazott rovarliszt pontos beltartalmi értékeinek meghatározásának érdekében a MATE Kaposvári Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Élettani és Állategészségügyi Tanszék segítségével pontos meghatározásra került a zsírsavösszetétel, amelynek eredményei a 16 táblázat tartalmazza. A zsírsav összetétel kimutatása a Soxhlet féle éteres extrakció alkalmazásával valósult meg. A vizsgálat igazolta, hogy a laurinsav tartalom értéke kimagasló a többi zsírsavhoz képest, amelyet Askela et al. (2023) Zhi-Jue Kuan et al. (2022), Liu et al. (2017) és Makkar et al. (2014) is tanulmányaikban igazoltak.

16. táblázat Rovarliszt zsírsavösszetétel

Zsírsav megnevezés	**%**
C10:0 (Kaprinsav)	0.704
C12:0 (Laurinsav)	41.87
C14:0 (Mirisztinsav)	8.561
C14:1n5	0.198
C15:0 (Pentadekánsav)	0.084
C16:0 (Palmitinsav)	15.67
C16:1n7	3.909
C17:0 (Margarinsav)	0.144
C18:0 (Szterainsav)	2.623
C18:1n9	13.34
C18:1n7	0.168
C18:2n6	11.57
C18:3n3	0.890
C20:0 ()	0.075
C20:1n9	0.045
C20:2n6	0.013
C20:3n3	0.005
C22:0	0.011
C24:0	0.005
C22:6n3	0.129
SFA telített zsírsavak	69.74
MUFA egyszeresen telítetlen zsírsavak	17.66
PUFA többszörösn telítetlen zsírsavak	12.60
n6	11.58
n3	1.024
n6/n3	11.31

4.3. Következtetések és javaslatok

A takarmányozási kísérlet eredményeként elmondható, hogy a menyhalivadékkori takarmányozásában jelenlegi ismereteink szerint először mi alkalmaztuk sikeresen a rovarliszt kiegészítést. Kifejezetten sem a menyhalnál, sem tőkehalfélék családjában nem vizsgálták még a fekete katonalégy lárvájából előállított rovarliszt takarmány kiegészítés hatását egyik korosztályban sem. Az eredményeket tekintve a rovarliszttel kezelt csoportok a kísérlet elejétől a kísérlet félidejéig statisztikailag igazolt jobb eredményeket mutattak a kontroll takarmányhoz képest és a kísérlet végéig megőrizték előnyüket, noha szignifikáns különbség a végére nem volt kimutatható.

Összehasonlításként a Bartucz et al. (2023) által afrikai harcsán és szivárványos pisztrángon végeztek takarmányozási kísérletet, amely során e két halfajjal fekete katonalégy lárvájából előállított rovarlisztet alkalmaztak direkt etetésre. A különböző arányban bekevert rovarliszt az afrikai harcsa esetében 33% és 66% hasznosult a legjobban. Azonban a 100%-ban rovarliszttel etetett csoportok mind száraz testtömegben és megmaradásban is gyengéb eredményeket mutattak. További hasonló kísérlet a Csókás et al. (2022) által végzett kutatás, amelyben a kecsege *(Acipenser ruthenus)* takarmányozásában sikerrel alkalmazták a fekete katonalégy lárva lisztet.

A szivárványos pisztráng esetében a megmaradás és a száraz testtömeg is kimagasló eredményeket mutatott hasonlóan a menyhalhoz képest. Ajánlott lenne a közeljövőben további vizsgálatokat végezni annak kapcsán, hogy a menyhal és a szivárványos pisztráng esetében mi okozza a rovarliszt jobb hasznosulását.

A nedves és száraz testtömeg mérések arra engednek következtetni, hogy a rovarliszt kiegészítéssel kezelt csoportok a kezdeti takarmányozáshoz jobban alkalmazkodtak és hosszabb távon is megőrizték előnyüket a kontroll takarmánnyal kezelt csoporthoz képest.

A 14. napi mérés eredményeként kimutatható volt a rovarliszt előnye, amely a 30%-ban hozzáadott rovarliszt kiegészítés és a tisztán rovarfehérjével takarmányozott csoportok esetében volt kimagasló.

A 28 napos kísérlet alatt tapasztalataink azt mutatják, hogy a rovarfehérjével kiegészített takarmányok gyorsabb növekedési eredményeket mutattak, gyorsabban tudta az ivadék beépíteni. Azonban a kontroll táp hosszabb távon utolérte a rovarliszttel kezelt csoportokat. Ezzel szemben a megmaradási eredmények azt mutatják, hogy amíg a kontroll takarmánnyal kezelt csoportnál a megmaradási arány csupán 54,6% volt, addig a legmagasabb megmaradási százalék (84,3%) a 30%-ban rovarlisztet tartalmazó keverék takarmány etetése során volt. Az is látszott, hogy a másik két rovarliszttel kiegészített takarmánnyal etette csoport is magasabb megmaradási eredményeket mutatott, mint a kontroll. Az ivadék testhosszára sem a felidéi, sem a záró méréseknél nem volt kimutatható hatása a rovarlisztnek.

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a rovarliszt a jövőben alkalmas lehet arra, hogy a hallisztet és a halolajat bizonyos százalékban, vagy akár 100%-ban kiváltsa ezzel is támogatva a fenntartható takarmányozási törekvéseket.

A rovarliszt költségeit tekintve a halliszthez és halolajhoz képest egylőre drágább, azonban a fenntartható takarmányozást szem előtt tartva a jövőben egyre nagyobb kereslet mutatkozhat a rovar alapú takarmányokra, amelynek hatására nőhet a termelés volumene és ezzel párhuzamosan az ár csökkenése várható.

A jövőt tekintve fontos lenne minél több gazdaságilag fontos halfajnál elvégezni az ehhez hasonló kísérleteket annak érdekében, hogy minél hatékonyabban tudjuk alkalmazni a rovarliszt kiegészítést a különböző halfajok takarmányozása során.

5. Összefoglalás

Az akvakultúrában a haltakarmányozásra használt alapanyagok közül a magas fehérje tartalma miatt a halliszt és a halolaj dominál. Ezek előállítására a tengeri halászatokból származó fogások közel egy ötödét használják fel. Ennek hosszú távon akár visszafordíthatatlan következményei is lehetnek. Annak érdekében, hogy ez az arány csökkenjen az Európai Unió 2017/893-as rendeletben olyan rovarok takarmányozási célú felhasználását engedélyezte, amelyekből rovarliszt állítható elő és alkalmasak haszonállatok takarmányozásban.

A rovarliszt összetételét tekintve alkalmas arra, hogy a haltakarmányozásban alternatív alapanyagként tudjuk hasznosítani. Ennek okán kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy a fekete katonalégyből előállított rovarliszt milyen hatást vált ki a menyhal *(Lota lota L.)* ivadékkori fejlődésében.

A kísérletre a MATE AKI Halgazdákodási Tanszékén lévő polcrendszerű, kis medencés, vályús elvezetésű recirkulációs rendszerben került sor. Ebben 2000 db menyhal ivadék került elhelyezésre 20 darab medencében (100 egyed/medence). A kísérlet 28 napja alatt 4 kezelési csoportot vizsgáltunk, csoportonkénti 5 ismétléssel. A 4 kezelési csoportokat az alábbiak szerint alakítottuk ki:

- Kontroll takarmány 100%,
- Kontroll takarmány, mely 30%-ban rovarlisztet tartalmaz,
- Keverék takarmány, amely 66%-ban a kontroll keverék takarmányt és 30%-ban hozzákevert rovarlisztet tartalmazott,
- Rovarliszt 100%.

A kísérlet első napja és a félidei mérés között eltelt 14 nap azt az eredményt mutatta, hogy a rovarfehérjével kiegészített takarmányok jobban hasznosulnak az ivadéknál. Azonban a kísérlet végére a kontroll takarmánnyal etetett csoportok kismértékben lemaradva, de felzárkóztak a rovarliszttel kiegészített kezelési csoportokhoz. Teljes testhosszban sem a kísérlet felénél, sem a kísérlet végén nem volt kimutatható különbség. Azonban a megmaradási adatok alapján az a csoport, amely a 30%-ban rovarlisztet tartalmazó keveréktakarmányt kapta kimagasló eredményt mutatott.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a menyhal ivadékkori takarmányozásában a rovarliszt kiegészítést sikeresen alkalmaztuk, így a jövőben mindképp érdemes további vizsgálatokat végezni, hogy a rovarliszt miként építhető be a menyhal nevelés teljes vertikumába.

6. Irodalomjegyzék

1. Alireza Shiri Harzevili, Inge Dooremont, Inne Vught, Johan Auwerx, Paul Quataert, Daniel De Charleroy (2003). First feeding of burbot, *Lota lota* (Gadidae, Teleostei) larvae under different temperature and light conditions, Aquaculture Research. Volume 35, Issue 1 p. 49-55.
2. Becker G. (1983). Fishes of Wisconsin. The University of Wisconsin Press, Madison, WI
3. Belghit, I. - Waagbø, R. - Lock, E. J. - Liland, N. S. (2019). Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. Aquac. Nutr., 25. 343-357
4. Bernard, D.R., Parker, J.F. & Lafferty, R. (1993). Stock assesment of burbot populations in small and moderate-sized lakes. N. Amer. J. Fish. Man. p. 657-675.
5. Biancarosa, I., Sele, V., Belghit I., Ørnsrud, R., Lock, E-J., Amlund, H. (2019). Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet, Food Additives & Contaminants: Part A, 36:8, pp 1191-1205,
6. Bjorn Bjornsson & Matthew Kenneth Litvak & E. A. Trippel, M. Suquet (2010). The codfishes (Family: Gadidae) Finfish aquaculture diversification. Wallingford UK: CABI p. 290-322.
7. Blancheton JP (2000). Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. Aquac Eng 22:17–31
8. Bokor Z., Csorbai B., Várkonyi L., Szári Z., Fodor F., Ittzés I., Żarski D., Urbányi B., Bernáth G. (2018). Effects of chilled storage and pH of activating solution on different motility parameters in burbot (*Lota lota*) sperm. Czech Journal of Animal Science 63: 429–434.
9. Bokor Z., Bernáth G., Ittzés I., Szabó Z., Żarski D., Várkonyi L., Ferincz Á., Staszny Á., Csorbai B., Szári Zs., Urbányi B. (2019). Experiences of the rearing of Burbot (*Lota lota*) in Hungary. Hungarian Agricultural Research Vol. 28. (4) 17-19.
10. Breeser, S. W., F. D. Stearns, M. W. Smith, R. L. West, and J. B. Reynolds. (1988). Observations of movements and habitat preferences of Burbot in an Alaskan glacial river system. Transactions of the American Fisheries Society p. 506–509.
11. Boag, T. D. (1989). Growth and fecundity of Burbot, *Lota lota* L., in two Alberta lakes. Master's Thesis, University of Alberta, Edmonton, Edmonton, Alberta
12. Carl, L.M. (1995). Sonic tracking of burbot in Lake Opeongo, Ontario. Trans. Amer. Fish. Soc. p. 77-83.
13. Charlotte Jacobsen, Nina Skall Nielsen, Anna Frisenfeldt Horn, Ann-Dorit Moltke Sørensen (2013). Food enrichment **w**ith omega-3 fatty acids. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition
14. Chia SY, Tanga CM, Khamis FM, Mohamed SA, Salifu D, Sevgan S, Komi K. M. Fiaboe, Saliou N.,Joop J. A. van Loon ,Marcel D.,Sunday E (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: implications for mass production. PloS one. p. 13.
15. Cullere, M.,Tasoniero, G.,Giaccone, V.,Miotti-Scapin, R.,Claeys, E.,De Smet, S.,Dalle Zotte, A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice,performance, carcass and meat traits. Animal. 10: 1923–1930.
16. Csapó János, Albert Csilla, Kiss Dóra (2020). Analitikai kémia élelmiszermérnököknek, Scientia Kiadó, Kolozsvár p. 213.
17. Csókás E., Csorbai B., Rideg Á., Bokor Z. (2022). A kecsege takarmányozási technológiájának rovarfehérje-kiegészítéssel történő fejlesztése. In Pepó Péter (Szerk.): „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár

felsőoktatásban ” EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008: Hallgatói tudományos publikációk gyűjteménye oldalszám?

18. Csorbai B., Várkonyi D., Bartucz T., Gyurcsák M., Molnár J., Urbányi B., Bernáth G., Bokor Z. (2023). Examination of the direct feeding possibilites of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larve in the feeding technology of an African catfish hybrid (*Clarias gariepinius x Heterobranchus longifilis*). Halászat 116. évfolyam 2. szám p. 34-38
19. EUMOFA (2021).European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. Fish Meal and Fish Oil: Production and Trade Flows in the UE; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 31p.
20. Evenson, M. J. (1993). Seasonal movements of radio-implanted Burbot in the Tanana River Drainage. Anchorage, AK. pp 25. 93-47.
21. FAO (2014): The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. FAO. Rome.
22. FAO (2018). The State of Word Fisheries and Aquaculture 2018- Meeting the sustainabledevelopment goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
23. Grisdale-Helland B, Hatlen B, Mundheim H, Helland SJ (2011). Dietary lysine requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic cod. Aquaculture 315: 260–268.
24. G. Tran, V. Heuzé, H. Makkar (2015). Insects in fish diets. Anim. Front., 5 , p. 37-44.
25. Harka Á., Sallai Z. (2004). Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas, 163-164. p.
26. Hall HN, Masey O'Neill HV, Scholey D, Burton E, Dickinson M, Fitches EC (2018). Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens. Poultry Science 97: 1290–1297.
27. Herman Ottó (1887). A Magyar halászat könyve 683. p.
28. Hertrampf J. W. ,Piedad-Pascual (2003) Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds , Kluwer Academic Publishers , Dordrecht , Hollandia , 482-483.
29. Hua, K.; Cobcroft, J.M.; Cole, A.; Condon, K.; Jerry, D.R.; Mangott, A.; Praeger, C.; Vucko, M.J.; Zeng, C.; Zenger, K.; Strungell J. M. (2019).The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture Diets. One Earth 316-329 p.
30. Hussein M, Pillai V. V., Goddard J. M., Park H. G., Kothapalli K. S., Ross D. A., Selvaraj V. (2017). Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. PLoS One 12: e0171708.
31. Ibrahim A. Elsayed (2019). Alternative protein source in the nutrition of farm animals. The Arab Journal of Scientific Resarch 2. p.
32. Hetényi, N., Nagyné Bíró, J., Bersényi, A., Jakabné S., Zs(2021). A fekete katonalégy lárva felhasználása a haltakarmányozásban (2021) Animal Breeding & Feeding 70. 4 306. p.
33. Jacek W., Leszek M. (2002). Temperature-influenced growth and survival of burbot *Lota lota* (L.) larvae fed live food under controlled condition.Fisheries & Aquatic Life. 10 (1) 109-113.
34. Joseph S. Nelson, Terry C. Grande, Mark V.H. Wilson (2016). Fishes of the world fifth edition kiadó, oldalszám?
35. Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., ur Rehman, K., Li, W., Cai, M., Li, Q., Mazza, L., Zhang, J., Yu, Z., Zheng, L. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. PLoS ONE. 12, e0182601.

36. Luke P. Oliver, Joseph T. Evavold, Kenneth D. Cain (2021). Out-of-season spawning of burbot (*Lota lota*) through temperature and photoperiod manipulation. Aquaculture Volume 543, 15 October 2021, 736917
37. Karol Trejchel, Daniel Żarski, Katarzyna Palińska-Żarska, Sławomir Krejszeff, Bartłomiej Dryl, Krzysztof Dakowski & Dariusz Kucharczyk (2014). Determination of the optimal feeding rate and light regime conditions in juvenile burbot, *Lota lota* (L.), under intensive aquaculture 1 Aquaculture international 22 195-203.
38. Katarzyna Palińska-Żarskaa, Daniel Żarskib, Sławomir Krejszeffa, Krzysztof Kuprena, Beata Łączyńskaa, Dariusz Kucharczyka (2015). Optimal feeding level of Burbot larvae fed *Artemia* spp. and reared under controlled conditions; North American Journal of Aquaculture 77.3 295-301. 1.
39. Keresztessy K. (1991). A menyhal biológiájáról. – Állattani Közlemények, Magyar Biológiai Társaság állattani szakosztályának folyóirata, Szerk: Andrássy István, 69-78. p.
40. Keresztessy K., Nagy Z., Bercsényi M., Rideg Á. (2002). A menyhal (*Lota lota* L. 1758) vizsgálata és mesterséges szaporítása. Hidrológiai közlöny 82:1-12 Különszám 50–51.
41. Kucska B., Kiss P., Bógó B., Horváth J., Urbányi B., Müller T. (2022). A menyhal (*Lota lota*) indukált ketreces ívatásának tapasztalatai – előzetes megfigyelések Pisces Hungarici (XVI) p. 101-103.
42. Janda Tibor (2023). A növények és a stressz, Libri könyvkiadó, Budapest p. 102.
43. Jari-Pekka J. Pääkkönen & Timo J. Marjomäki (1999). Feeding of burbot, *Lota lota*, at different temperatures, Environmental Biology of Fishes 58: 109–112. p.
44. Jensen NR, Anders PJ, Hoffman CA, Porter LS, Ireland SC, Cain KD (2011). Performance and macronutrient composition of Age-0 Burbot Fed four diet treatments. N Am Aquac 73:360–368
45. Makkar, H. P. S. - Tran, G. - Heuzé, V. - Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol., 197. 1-33.
46. McPhail J.D. & Paragamian V. L. (2000). Burbot biology and life history. In: Burbot: Biology, Ecology, and Management (eds V.L. Paragamian and D.W. Willis). 11-23
47. Mézes, M., & Erdélyi, M. (2020). Food safety of edible insects. African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components, 83-94. p.
48. Mézes Miklós (2018). Alternative protein sources in the nutrition of farm animals. Acta Agraria Debreceniensis, 21-31.
49. M. Henry, L. Gasco, G. Piccolo, E. Fountoulaki (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future Anim. Feed Sci. Technol., 203, p. 1-22.
50. Naylor R. L., Hardy R. W., Buschmann A. H., Bush S. R., Cao L., Klinger D. H., Troell M(2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. Nature 591, 551–563.
51. Nikcevic M, Hegedis A, Mickovic B, Bakovic A, Andjus RK (1995). The burbot (*Lota lota* L.) in Yugoslavia:habitats and thermal acclimation capacity. Ichthyologia (Yugoslavia) 27(1): 5–11.
52. Pintér K. (2015). Magyarország halai Biológiájuk és hasznosításuk. Mezőgazda kiadó, 259-263. p.
53. Szári Zs. (2017). Menyhalszaporítás és telepítés a Balatonba, Balatoni Halgazdálkodási Zrt. 1. p.
54. Szendőfi B. (2012). Néhány adat a menyhal *(Lota lota*) nyári aktivitásáról és táplálkozásáról akváriumi megfigyelések és gyomortatalom-vizsgálatok alapján Pisces Hungarici VI. 53-54. p.
55. Llagostera P. Ferrer, Z. Kallas, L. Reig, D. Amores de Gea (2019). The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. Journal of Cleaner Production 229 10-21p.

56. Remen M, Imsland AK, Steffanson SO, Jonassen TM, Foss A (2008). Interactive effects of ammonia and oxygen on growth and physiological status of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). Aquaculture 274:292–299.
57. Richard W. N., Silvia M., Wesley M., Little D. C.(2023). Life Cycle Inventories of marine ingredients.Aquaculture Volume 565, 25 February 2023, 739096
58. Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (2013). m Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Copyright 1993, Academic Press .
59. Solymos E. (1963). Halból készült népi gyógyszerek. Communicationes ex Bibliotheca Historiae Medicae Hungarica 27 289. p.
60. Sorokin, V. N. (1971). The spawning and spawning grounds of the Burbot, (*Lota lota* L.). Journal of Ichthyology 11:907–916.
61. Stapanian, M. A., Paragamian, V. L., Madenjian, C. P., Jackson, J. R., Lappalainen, J., Evenson, M. J., Neufeld, M. D. (2010). Worldwide status of burbot and conservation measures. Fish and Fisheries 11:1 1467–2960.
62. Szendrő Zs., Szendrő K. (2021). Értékes rovarok; Kistermelők Lapja 2021/1.
63. Timothy J. Bruce, Sinem Gulen, Luke P. Oliver, Jie Ma, Kenneth D. Cain (2016). Evaluation of commercial and experimental grower diets for use in intensive burbot (*Lota lota maculosa*) Aquaculture, 528, 735490.
64. Timothy J. B., Luke P. O., Jie M., ,Brian C. S., ,Ronald W. H., ,Michael L. B., Steven R. C., Kenneth D. C. (2021). An initial evaluation of fishmeal replacement with soy protein sources on growth and immune responses of burbot (*Lota lota maculosa*) Aquaculture, 545, 737157.
65. Tomberlin, J. K. - Sheppard, D. C. - Joyce, J. A. (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. Ann. Entomol. Soc. Am., 95. 379–386.
66. Turid M., Charlotte N., Lars J., Jana P. (2007). Impact of dietary oil source on product quality of farmed Atlantic cod, *Gadus morhua* Aquaculture Volume 267, Issues 1–4, 3 Pages 236-247.
67. Van Huis, A. - Tomberlin, J. K. (2017). Insects as food and feed: from production to consumption. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 231-246. p.
68. Wang Y-S, Shelomi M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. Foods. 2017;6(10):91.
69. Wilhelm S., Harka Á. (2013). A menyhal lett az év hala, Élet és Tudomány p. 155.
70. Wocher H, Harsanyi A, Schwarz FJ (2011). Larviculture of burbot (*Lota lota* L.): larval rearing using Artemia and weaning onto dry feed. Aquac Res 44:106–113.
71. Kuan-Nang Chan,Samuel Ken-En Gan (2022). Worming the Circular Economy for Biowaste and Plastics: Hermetia illucens, Tenebrio molitor, and Zophobas morio p. Sustainability 14.3
72. Yuzer A., Dizhi Xie., Retno Tri Astuti., Joey Wong., Le Wang (2022). Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends Aquaculture and Fisheries Vol. 7 (2). pp. 166-178.
73. Wendy M. Sealey, T. Gibson Gaylord, Frederic T. Barrows, Jeffery K. Tomberlin, Mark A. McGuire, Carolyn Ross, Sophie St-Hilaire (2011)Sensory analysis of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*, Journal of the World Aquaculture Society p. 34-45.
74. Zhi-Jue Kuan, Barnabas Kuan-Nang Chan, Samuel Ken-En Gan (2022). Worming the Circular Economy for Biowaste and Plastics*: Hermetia illucens, Tenebrio molitor*, and *Zophobas morio Sustainability, 14(3)*

75. Żarski D, Kucharczyk D, Targońska K, Chyła B, Dobrołowicz A (2008). Dynamics of changes in nitrogen and phosphorus compounds during intensive culture of ide *Leuciscus idus* (L.) in a recirculating system. Arch Pol Fish 16:459–467.
76. Żarski, D. - Kucharczyk D. - Sasinowski, W. Targońska, K. – Mamcarz, A. (2010). The influence of temperature on successful reproductions of burbot *Lota lota* (L.) under hatchery conditions, Polish Journal of Natural Sciences. Vol. 25(1): 93–105.

Internetes hivatkozások:

Internet 1. https://www.fishworld.eu/hu/fogas/9 (Letöltve: 2023. 09. 25.)

Internet 2. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1533117126291&uri=CELEX:02011R0142-20170802 (Letöltve: 2023. 09.26.)

Internet 3. https://unis.unvienna.org/unis/en/topics/sustainable_development_goals.html (Letöltve: 2023.10.20)

Internet 4 https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/1948269.pdf (Letöltve: 2023. 10. 23.)

Jogszabályok:

1. 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
2. 2021/1925 COMMISSION REGULATION (EU) of 5 November 2021 amending certain Annexes to Regulation (EU) No 142/2011 as regards the requirements for placing on the market of certain insect products

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek Dr. Csorbai Balázsnak és Dr. Bokor Zoltánnak, hogy bizalmat szavaztak a közös munkának és hogy szakmai támogatásukkal és idejükkel hozzájárultak a dolgozat megírásához.

Köszönöm a Halászati és Horgászati Szakkollégium tagjainak Bartucz Tamásnak, Csókás Endrének, Petényi Róbertnek, Bartos Istvánnak, Molnár Józsefnek, Gyurcsák Márknak, hogy mindig minden esetben számíthattam rájuk a kísérlet során felmerülő munkák elvégzésében.

Továbbá szeretném megköszönni a H&H Carpio Halászati Kft.-nek id. Horváth Zoltánnak és ifj. Horváth Zoltánnak, hogy biztosították a kísérlethez szükséges menyhalivadék állományt és a takarmányozásukhoz szükséges tápot elkészítették és rendelkezésünkre bocsátották.

A menyhal testösszetétel vizsgálatért köszönettel tartozom a MATE Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet vezetőjének Dr. Friedrich László egyetemi tanárnak, Jónás Gábor egyetemi adjunktusnak (Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék), Dr. Mednyánszky Zsuzsanna egyetemi docensnek (Táplálkozástudományi Tanszék), Jókainé Dr. Szatura Zsuzsanna egyetemi docensnek (Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék).

A zsírsavösszetétel vizsgálatért köszönet illeti a MATE Kaposvári Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Élettani és Állategészségügyi Tanszéken, Dr. Szabó András egyetemi tanárt és Omeralfaroug Ali predoktort.

A katonalégy lárva liszt összetétel vizsgálatában a száraz anyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyershamu, és szénhidrát vizsgálatot szeretném megköszönni a MATE Szent István Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszéken Dr. Erdélyi Márta tanszékvezetőnek Dr. Mézes Miklós egyetemi tanárnak és Kulcsár Szabina PhD hallgatónak.